

A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO





A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério do Meio Ambiente

Marina Silva
Ministra

Agência Nacional de Águas**Diretoria Colegiada**

José Machado – Diretor-Presidente
Benedito Braga
Oscar de Moraes Cordeiro Netto
Bruno Pagnoccheschi
Dalvino Troccoli Franca

Coordenação-Geral das Assessorias

Antônio Félix Domingues
Coordenador-Geral

Instituto Brasileiro de Mineração**Conselho Diretor**

Edmundo Paes de Barros Mercer – Presidente
César Weinschenck de Faria – Vice-Presidente

Diretoria Executiva

Paulo Camillo Vargas Penna – Diretor-Presidente
Marcelo Ribeiro Tunes – Diretor de Assuntos Minerários
Rinaldo César Mancin – Diretor de Assuntos Ambientais

Vice-Presidente (até 28 de fevereiro de 2006)

José Mendo Mizaél de Souza

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO

Organizadores:

Antônio Félix Domingues
Patrícia Helena Gambogi Boson
Suzana Alípaz

A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO

COORDENAÇÃO-GERAL DAS ASSESSORIAS

Brasília-DF
Junho/2006

© 2006 Todos os direitos reservados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). Os textos contidos nesta publicação, desde que não usados para fins comerciais, poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte. As imagens não podem ser reproduzidas, transmitidas ou utilizadas sem expressa autorização dos detentores dos respectivos direitos autorais.

Agência Nacional de águas (ANA)

Setor Policial – Área 5, Quadra 3, Bloco L
CEP 70.610-210 – Brasília-DF
PABX: (61) 2109-5400
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Instituto brasileiro de Mineração (Ib RAM)

SAUS – Quadra 6 – Bloco K – 4º andar – sala 401
Ed. Belvedere – Brasília-DF – CEP 70.070-915
Telefone: (61) 3226-9367
Endereço eletrônico: <http://www.ibram.org.br>

Equipe editorial:

ANA - Agência Nacional de Águas
Coordenadoria-Geral das Assessorias
Antônio Félix Domingues – Coordenador
Suzana Alípaz – Consultora

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração
Patrícia Helena Gambogi Boson – Consultora

Catálogo na fonte - CEDOC - Biblioteca

A265g Agência Nacional de Águas (Brasil).
A gestão dos recursos hídricos e a mineração. / Agência Nacional de Águas, Coordenação-Geral das Assessorias ; Instituto Brasileiro de Mineração ; organizadores, Antônio Félix Domingues, Patrícia Helena Gambogi Boson, Suzana Alípaz. Brasília : ANA, 2006.
334 p. : il.

1. Recursos Hídricos. 2. Gestão de Recursos Hídricos. 3. Mineração. I. Domingues, Antônio Félix. II. Boson, Patrícia Helena Gambogi. III. Alípaz, Suzana. IV. Agência Nacional de Águas (Brasil). Coordenação-Geral das Assessorias. V. Instituto Brasileiro de Mineração.

CDU 556.18 : 622.2 (81)

APRESENTAÇÃO

A Agência Nacional de Águas (ANA) destaca a satisfação de ter contribuído para a publicação do documento *A gestão dos recursos hídricos e a mineração*, em parceria com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM).

Historicamente, o Brasil tem registrado uma relação importante entre o aproveitamento dos recursos minerais e o crescimento da economia nacional. Os registros iniciais da mineração remontam ao final do século XVII com a descoberta do ouro em Minas Gerais. Atualmente, a mineração é um dos setores básicos da economia do Brasil, representando cerca de 9% do PIB e gerando aproximadamente 500 mil empregos diretos.

A atividade da mineração provoca, como várias outras atividades econômicas, problemas ambientais, de modo geral, e aos recursos hídricos, em particular, principalmente no que se refere à poluição das águas e à degradação de áreas sob exploração mineral, não obstante os avanços, especialmente observados nos últimos dez anos, de iniciativas para a implementação de ações que visam à mitigação desses impactos.

A ANA é a entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, mediante a integração dos organismos que compõem o Sistema e a articulação entre eles, bem como a aplicação dos instrumentos de gestão insculpidos na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Entre os cinco instrumentos de gestão previstos na mencionada Lei, destaca-se a outorga de direito de uso de recursos hídricos relativos aos rios de domínio da União, cuja responsabilidade de coordenação e implementação é um dos focos de atuação da Agência. Nesse particular, convém mencionar a função da ANA no que se refere à implementação do disposto na Resolução CNRH nº 29, de 11 de dezembro de 2002, relativamente à outorga de direito de uso de recursos hídricos na atividade minerária. Esse ponto vem reforçar não só nosso interesse e preocupação com esse segmento, mas a importância e a pertinência desta iniciativa conjunta que reúne a ANA e o IBRAM.

A presente publicação, ao contemplar uma abordagem inter-relacionada da gestão de recursos hídricos e mineração e apresentar o estado da arte de significativos casos da atividade minerária no Brasil, contribuirá efetivamente para um melhor entendimento da interação entre a mineração e o uso da água, dos impactos ambientais produzidos e de sua possível reversão, dos instrumentos de gestão de recursos hídricos aplicáveis e, por fim, dos requerimentos para que essa atividade se desenvolva de forma sustentável.

A Agência Nacional de Águas tem um papel protagonista na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e no processo de aperfeiçoamento do arcabouço legal para a gestão dos recursos hídricos, o que tem colocado o país na vanguarda da gestão das águas em termos mundiais. A parceria com o IBRAM exemplifica a prioridade de fortalecer e aproximar as ações de nossa competência institucional com as atividades do setor industrial de modo que possamos dar à sociedade brasileira a garantia de promovermos o desenvolvimento econômico aliado à preservação e a conservação dos recursos hídricos.

José Machado

Diretor-Presidente da ANA



APRESENTAÇÃO

Minerar sim, pois os bens minerais são essenciais à qualidade de vida almejada pela humanidade e à própria sobrevivência: mas fazê-lo com permanente atenção e todo cuidado no que respeita ao meio ambiente.¹

Nossa civilização é uma civilização mineral, e o Brasil, um país mineiro.

Para o atendimento de nossas necessidades, precisamos, pois, dispor de uma oferta adequada de bens minerais, eis que estes são essenciais ao agronegócio, à construção civil e à indústria, às artes, ou seja, a todas as cadeias produtivas e manifestações culturais da humanidade: por exemplo, o avião, o carro, o computador, as igrejas, as esculturas, os instrumentos musicais e tantos outros nada mais são que bens minerais transformados.

Dentre estes bens minerais essenciais destaca-se, sem sombra de dúvidas, a água, sendo unânime a visão de que nosso século XXI será o Século da Água, como o século XIX foi o do carvão mineral e o século XX o do petróleo.

“A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água”, destaca a Agenda 21.

É exatamente por ser a água um importantíssimo bem mineral, que a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) decidiram oferecer à sociedade brasileira este livro.

É que os dois parceiros – a ANA, essencial para o sucesso do gerenciamento e do uso sustentável dos recursos hídricos e o IBRAM, em sua missão de contribuir para termos, cada vez mais, uma mineração sustentável no país – uniram seus esforços para produzir este livro.

Como já afirmou o IBRAM em publicação anterior,² “acreditamos que a implementação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, tal como preconizado na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1992, fundamentada na participação e na gestão descentralizada, instrumentaliza a sociedade na busca do equilíbrio e da convivência, com justiça e liberdade, do progresso e da vida – instrumento de construção de uma nova ética que carrega em si o desafio desse equilíbrio”.

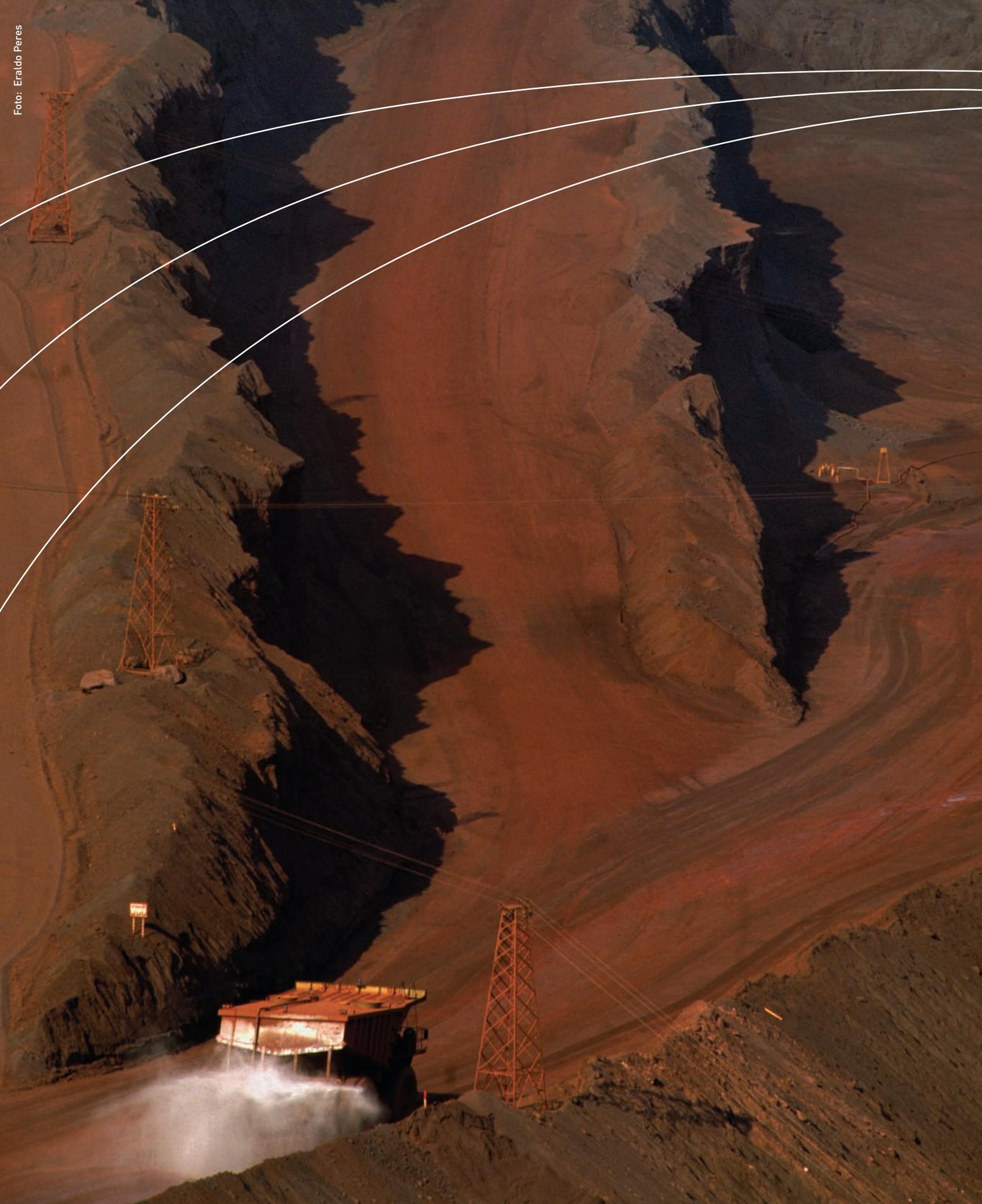
Se este livro “A Gestão de Recursos Hídricos e a Mineração” conseguir contribuir para que o Brasil melhore de alguma forma a gestão dos seus recursos hídricos tornando-a sustentável, a ANA e o IBRAM considerarão atingidos seus objetivos.

Edmundo Paes de Barros Mercer

Presidente do Conselho Diretor do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

¹ IBRAM. *Mineração e Meio Ambiente*, 1992 (esgotado).

² IBRAM. *Modelo Nacional de Gestão de Recursos Hídricos: a posição do setor mineral na visão do Ibram*, 2002 (esgotado).



SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO: VISÃO INTERNACIONAL 17

1	INTRODUÇÃO	19
2	ÁGUA E MINERAÇÃO	19
3	ÁGUA DE DRENAGEM DE MINAS	20
4	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE LAVRA	21
5	AS VAZÕES DE DRENAGEM DE MINAS	22
	5.1 COMPORTAMENTO GERAL	22
	5.2 EVOLUÇÃO DAS VAZÕES SEGUNDO A CURVA DE GAUSS	25
	5.3 EVOLUÇÃO DE VAZÃO CRESCENTE NO TEMPO	31
	5.4 VAZÃO CONSTANTE	32
	5.5 EVOLUÇÃO DE VAZÃO DECRESCENTE COM O TEMPO	35
	5.6 EVOLUÇÕES MISTAS	36
6	A ÁGUA DE MINA: ATIVO AMBIENTAL	37
	6.1 MINA DE ZINCO DE REOCÍN (CANTABRIA, ESPANHA)	37
	6.2 MINAS DE CARVÃO-BAUXITA NO ENTORNO DO LAGO BALATÓN (HUNGRIA)	38
	6.3 MINA DE OURO DE BETZE-POST (CARLIN TREND, NEVADA, EUA)	38
	6.4 MINA DE FERRO CAPÃO XAVIER (MINAS GERAIS, BRASIL)	38
	6.5 MINA DE COBRE LAS CRUCES (SEVILHA, ESPANHA)	39
	6.6 MINAS DE LINHITO DE COTTBUS-NORTH E JÄNSCHWALDE (ALEMANHA)	39
	6.7 MINAS DE FERRO DE SIERRA MENERA (TERUEL E GUADALAJARA, ESPANHA)	40
	6.8 MINAS DE FERRO DE ALQUIFE (GRANADA, ESPANHA)	40
7	A ÁGUA E OS RESÍDUOS DA MINERAÇÃO	40
	7.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	40
	7.2 EFLUENTES LÍQUIDOS	41
8	QUALIDADE DOS EFLUENTES DE MINA	41
	8.1 TEMPERATURA DA ÁGUA	41
	8.2 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	41
	8.3 DRENAGEM ÁCIDA DE MINA	42
9	CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA	43
	9.1 MÉTODOS DE PREVENÇÃO	43
	9.2 MÉTODOS DE CORREÇÃO	44
	9.3 TRATAMENTOS ATIVOS	44
	9.4 TRATAMENTOS PASSIVOS	45
10	MODELAGEM HIDROGEOLÓGICA	46
11	ESTUDOS HIDROLÓGICOS DE BASE	46
12	CONTROLE DA ÁGUA DE MINA	47
	12.1 CONTROLE PIEZOMÉTRICO	47
	12.2 CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA	47
	12.3 CONTROLE DO BALANÇO HÍDRICO	48
	12.4 CONTROLES PÓS-OPERACIONAIS	48
13	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

CAPÍTULO 2. GESTÃO DESCENTRALIZADA E PARTICIPATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO: RISCOS E OPORTUNIDADES 51

1	INTRODUÇÃO	53
2	A GESTÃO DESCENTRALIZADA E PARTICIPATIVA DA ÁGUA	55
3	MINERAÇÃO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	58
4	RESPONSABILIDADE SOCIAL NA MINERAÇÃO	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

CAPÍTULO 3. OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E SUA IMPLANTAÇÃO NA MINERAÇÃO: A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA **69**

1	INTRODUÇÃO	71
2	CONCEITOS BÁSICOS	71
3	PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS	73
4	ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA	75
5	OUTORGA DE DIREITO DE USO	77
6	COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA	81
7	SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS	83
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84

CAPÍTULO 4. A MINERAÇÃO E O USO DA ÁGUA NA LAVRA E NO BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO **87**

1	INTRODUÇÃO	89
2	FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS NA MINERAÇÃO	90
2.1	ÁGUAS DE ORIGEM SUPERFICIAL	90
2.2	ÁGUAS DE ORIGEM SUBTERRÂNEA	90
2.3	ÁGUAS DE RECICLAGEM E RECIRCULAÇÃO	91
3	USO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO	92
4	USO DA ÁGUA NA LAVRA	92
4.1	BARRAGENS	94
4.2	PILHAS DE ESTÉRIL	96
4.3	REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	97
5	USO DA ÁGUA NO PROCESSAMENTO MINERAL	101
5.1	ÁGUA PARA O PROCESSO DE FLOTAÇÃO	102
5.2	ÁGUA PARA OS PROCESSOS DE LAVAGEM	104
5.3	ÁGUA PARA OS PROCESSOS DE CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA	104
5.4	ÁGUA NOS PROCESSOS HIDROMETALÚRGICOS	104
5.5	ÁGUA NOS PROCESSOS PIROMETALÚRGICOS	105
5.6	ÁGUA COMO MEIO DE TRANSPORTE	105
6	EFLUENTES DA MINERAÇÃO	106
7	REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO	109
7.1	ÁGUA DE RECICLAGEM	109
7.2	QUALIDADE DA ÁGUA DE RECICLAGEM	110
8	PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	111
8.1	TRATAMENTO PRIMÁRIO	112
8.2	TRATAMENTO SECUNDÁRIO	114
8.3	TRATAMENTO TERCIÁRIO	115
9	MONITORAMENTO	118
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121

CAPÍTULO 5. A GESTÃO INTEGRADA ENTRE A MINERAÇÃO E OS RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDOS DE CASO **123**

APRESENTAÇÃO		125
A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA MINERAÇÃO DA COMPANHIA VALE DO RIO DOCE		127
1	INTRODUÇÃO	127
2	POLÍTICA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA VALE	128
2.1	PRINCÍPIOS	130
2.2	INSTRUMENTOS	130
2.3	ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES	130
2.4	OPERACIONALIZAÇÃO DO PNRH/CVRD	132
3	RESULTADOS PRELIMINARES DO PNRH/CVRD	132

4	ATIVIDADES COMPLEMENTARES PARA O FORTALECIMENTO DO PNRH/CVRD	134
5	IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NAS MINAS DE FERRO DE CARAJÁS	135
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
ATUAÇÃO DA MBR NA BACIA DO RIO DAS VELHAS: COMPATIBILIDADE ENTRE ÁGUA E MINERAÇÃO		139
1	INTRODUÇÃO	139
2	INDÚSTRIA BRASILEIRA DE MINÉRIO DE FERRO: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA	141
3	BACIA DO RIO DAS VELHAS: USO DO SOLO	142
4	QUALIDADE DA ÁGUA E USO DO SOLO: ESTREITA RELAÇÃO	146
	4.1 ABASTECIMENTO PÚBLICO	148
	4.2 EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO	150
5	EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E RECURSOS HÍDRICOS: ASPECTOS QUANTITATIVOS	151
	5.1 A INTERFACE COM A ÁGUA SUBTERRÂNEA	151
	5.2 O PROCESSO DE REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA	152
6	A MBR E OS USOS MÚLTIPLOS DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO DAS VELHAS	153
7	NOVOS USOS PARA AS ÁREAS MINERADAS	154
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
A ÁGUA NO TRANSPORTE E NO BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO – ESTUDO DE CASO MINERAÇÃO EM MARIANA – SAMARCO MINERAÇÃO S/A		157
1	INTRODUÇÃO	157
2	O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE POLPA	161
3	O MINERODUTO SAMARCO	161
4	A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA SAMARCO	164
	4.1 METODOLOGIA	164
	4.2 AÇÕES DE MELHORIA	164
	4.2.1 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA	164
	4.2.2 INTRODUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA DO PROCESSO COMO ITEM DE CONTROLE DA ROTINA	168
	4.2.3 CAMPANHAS INTERNAS DO USO RACIONAL DE ÁGUA	170
	4.3 IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA E ENERGIA	172
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA MINERAÇÃO DE CARVÃO – CASO DA MINA DO TREVO – SIDERÓPOLIS-SC		175
1	INTRODUÇÃO	175
2	MINERAÇÃO NA MINA DO TREVO (SS)	179
	2.1 GEOLOGIA DA JAZIDA	179
	2.2 O PROCESSO DE LAVRA	180
3	GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS	182
	3.1 NA MINA	182
	3.2 NO BENEFICIAMENTO	183
	3.3 NA FISCALIZAÇÃO	185
	3.4 MONITORAMENTO	187
	3.5 BALANÇO HÍDRICO	193
	3.6 PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE	196
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	197
MÁRMORE E GRANITO NO ESPÍRITO SANTO: PROBLEMAS AMBIENTAIS E SOLUÇÕES		199
1	INTRODUÇÃO	199
2	BREVES PINCELADAS SOBRE A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA NO ESTADO	199
3	UMA IDÉIA DO PROCESSO PRODUTIVO TÍPICO NA ÁREA DE SERRAGEM DE ROCHAS ORNAMENTAIS NAS SERRARIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	202
	3.1 O PROCESSO PRODUTIVO TÍPICO NAS UNIDADES INSTALADAS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	202
	3.2 O REJEITO GERADO NO DESDOBRAMENTO DE BLOCOS DE GRANITO	206
	3.3 O REJEITO GERADO NA FASE DE POLIMENTO E ACABAMENTO DE CHAPAS DE GRANITO	208
	3.4 USO DA ÁGUA NO PROCESSO SEGUNDO AVALIAÇÃO DE PREZOTTI	208
4	OS IMPACTOS AMBIENTAIS	211

4.1 A FASE DE DESDOBRAMENTO E POLIMENTO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS	211
4.2 IMPACTOS DE ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS	215
5 PROJETOS DE PESQUISA DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO PELO MEIO ACADÊMICO-CIENTÍFICO, ENVOLVIDOS COM AS SOLUÇÕES PARA APROVEITAMENTO DA LAMA ABRASIVA GERADA NO PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DE BLOCOS DE MÁRMORE E GRANITO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	216
5.1 PROJETOS DE PESQUISA DESENVOLVIDOS	217
5.2 PROJETOS DE PESQUISA EM DESENVOLVIMENTO	220
5.3 PROJETOS DE PESQUISA FORMULADOS A SEREM DESENVOLVIDOS	221
6 EQUIPAMENTOS E NOVAS TECNOLOGIAS INSERIDAS NO PROCESSO PRODUTIVO	223
6.1 O ECOTEAR (SINDIROCHAS, 2004A)	223
6.2 O FILTRO-PRENSA	223
6.3 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO PROCESSO INDUSTRIAL	224
6.4 EMPRESA POLITA – NOVO TEAR (SINDIROCHAS, 2004D)	225
6.5 EQUIPAMENTOS PRODUZIDOS PELA BERMONTEC E AÇORES METALURGIA – CACHOEIRO DO ITAPEMIRIM-ES	225
6.6 MARCEL – MÁRMORE COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO LTDA.	225
6.7 CONCEPÇÃO DO PROJETO DE DESIDRATAÇÃO DOS RESÍDUOS PROPOSTO EM PREZOTTI	227
6.8 O CASO DA MARMOCIL LTDA.	229
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	230
AGRADECIMENTOS	231
A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA MINA MORRO DO OURO	233
1 INTRODUÇÃO	233
2 INFORMAÇÕES BÁSICAS	233
2.1 BARRAGEM DE REJEITOS	233
2.2 GEOLOGIA E MINERALIZAÇÃO DE OURO	234
2.3 A MINA E AS OPERAÇÕES DE LAVRA	235
2.4 BENEFICIAMENTO E HIDROMETALURGIA	236
3 EQUIPAMENTOS, PROJETOS E PLANOS DE CONTROLE DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL – SGA	237
3.1 GERENCIAMENTO DE ÁGUA NA ÁREA DA MINA	237
3.2 BARRAGEM DE REJEITOS	238
3.3 DISPOSIÇÃO DO REJEITO SULFETADO	238
3.4 EMISSÕES DE POEIRA E GASES GERADOS DE EFEITO ESTUFA	239
3.5 PLANO DE FECHAMENTO	240
3.6 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA – SGI	240
4 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	240
5 O PROJETO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	243
5.1 INDICADORES DE PERFORMANCE	247
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	249
PLANO DE GESTÃO DE ÁGUAS: METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO EM MINERAÇÃO. ESTUDO DE CASO DA UNIDADE FORTALEZA DE MINAS DA VOTORANTIM METAIS	251
1 INTRODUÇÃO	251
2 INFORMAÇÕES BÁSICAS	251
3 A UNIDADE FORTALEZA DE MINAS	253
4 CONDIÇÕES DE CONTORNO PARA O PLANO DE GESTÃO DE ÁGUAS	257
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA SOBRE INFLUÊNCIA DA MSF	257
4.2 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE	258
4.2.1 ESFERA FEDERAL	258
4.2.2 ESFERA ESTADUAL	259
4.2.3 ESFERA MUNICIPAL	259
4.2.4 PADRÕES INTERNOS DA MSF	259
4.3 A IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO DE ÁGUAS DA MSF	260
4.4 RESULTADOS OBTIDOS	263
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	264

USO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO DE AREIA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL	265
1 INTRODUÇÃO	265
2 INFORMAÇÕES BÁSICAS	266
2.1 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DE AREIA E O USO DE RECURSOS HÍDRICOS	266
2.1.1 PORTOS DE AREIA	266
2.1.2 CAVAS ALUVIONARES	266
2.1.3 DESMONTE HIDRÁULICO DE SOLOS RESIDUAIS	266
2.2 A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	266
3 COBRANÇA DA ÁGUA NAS EXTRAÇÕES DE AREIA EM LEITO DE RIO NO VALE DO PARAÍBA	269
3.1 COBRANÇA DA ÁGUA NAS CAVAS SUBMERSAS	270
3.2 O VALOR FINAL DA COBRANÇA EM LEITO DE RIO E SUA DEPENDÊNCIA DO FATOR DE MISTURA ÁGUA-AREIA	271
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	272
RECOMPOSIÇÃO AMBIENTAL E REVERSÃO DE IMPACTOS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS EM EMPRESA MINERADORA DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA MINA DE QUARTZITO DA SICAL INDUSTRIAL	273
1 INTRODUÇÃO	273
2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO E LEGISLAÇÃO INCIDENTE	274
3 SITUAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	277
4 PLANEJAMENTO INTEGRADO E AÇÕES MITIGADORAS	278
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	285
CAPÍTULO 6. O IBRAM E A GESTÃO INTEGRADA ENTRE MINERAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS	289
6.1 INTRODUÇÃO	291
6.2 O IBRAM	292
6.3 O PROGRAMA ESPECIAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO IBRAM	293
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	296
CAPÍTULO 7. A ATUAÇÃO INSTITUCIONAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E A MINERAÇÃO	301
7.1 INTRODUÇÃO	303
7.2 A GESTÃO DAS ÁGUAS E A CRIAÇÃO DA ANA	303
7.3 A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA ANA	307
7.4 A REGULAÇÃO DO BEM PÚBLICO "ÁGUA"	308
7.5 AS ATRIBUIÇÕES DA ANA	309
7.5.1 A OUTORGA	312
7.5.2 O DEVER DE FISCALIZAR	315
7.5.3 COBRANÇA	316
7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	318
CAPÍTULO 8. REFERÊNCIAS	321

LISTAS DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO: VISÃO INTERNACIONAL 17

1. RELAÇÃO ENTRE A DRENAGEM DA MINA E O MINÉRIO EXTRAÍDO NAS PRINCIPAIS ÁREAS DE MINERAÇÃO DO MUNDO	23
2. RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA BOMBEADO DA MINA E AS TONELADAS DE MINÉRIO EXTRAÍDO NA MINA KONKOLA (ZÂMBIA)	24
3. CAVIDADE POR COLAPSO NA MINA DE FANGGEZHUANG	24
4. FREQUÊNCIA DE RELAÇÃO ENTRE IRRUPÇÕES DE ÁGUAS SEM EFEITO DA CAMADA PROTETORA (A) E COM EFEITO DA CAMADA PROTETORA (B)	25
5. VAZÃO BOMBEADA E DEPRESSÃO OBTIDA NO AQUIFERO NAS MINAS DRIEFONTEIN WEST & EAST	26
6. APORTES DE ÁGUA DURANTE A CONSTRUÇÃO DO TÚNEL JUKTA (SUÉCIA)	27
7. INTERFERÊNCIA DA ÁREA DE SUBSIDÊNCIA SOBRE OS CÓRREGOS LUBENGUELE E KAKOSA NA MINA KONKOLA	28
8. HIDROGRAMAS DE DRENAGEM DE MINA E ESCOAMENTO PARA O ANO DE 1975 NAS MINAS DE CARVÃO NA PENSILVÂNIA	29
9. CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL E PLUVIOMETRIA. B. C. C. L. JHARIA COALDFIELD, ÍNDIA	30
10. BOMBEAMENTO MÉDIO DE ÁGUA POR DIA NA MINA DE MUFULIRA, ZÂMBIA	32
11. DESENVOLVIMENTO DE UMA IRRUPÇÃO DE ÁGUA NA MINA ALIVIERI, GRÉCIA	32
12. VARIAÇÃO DE FATOR DE FILTRAÇÃO COM A PROFUNDIDADE EM ROCHAS CÁRSTICAS FRATURADAS NAS MINAS HÚNGARAS	33
13. IRRUPÇÕES IMPREVISTAS DE ÁGUA NAS MINAS DE CARVÃO E FERRO EM AMBIENTES CÁRSTICOS DA CHINA	36

CAPÍTULO 4. A MINERAÇÃO E O USO DA ÁGUA NA LAVRA E NO BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO 87

14. SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA EM MINERAÇÃO DE FERRO	91
15. FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO USO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO DE FERRO	94
16. DRENAGEM INTERNA DE PILHA DE ESTÉRIL	97
17. ESQUEMA GERAL DE UM SISTEMA TRADICIONAL DE TRATAMENTO DE EFLUENTE	111
18. ESQUEMA DO PROCESSO CONVENCIONAL COM LODO ATIVADO	114

CAPÍTULO 5. A GESTÃO INTEGRADA ENTRE A MINERAÇÃO E OS RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDOS DE CASO 123

19. MAPA DE OPERAÇÕES CVRD	129
20. DIAGNÓSTICO DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA EM CADA UMA DAS UNIDADES OPERACIONAIS DA CVRD	133
21. PROJETO FERRO CARAJÁS	136
22. CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA – PROJETO FERRO CARAJÁS	137
23. LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS	140
24. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO MUNDIAL DE AÇO	141
25. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE MINÉRIO DE FERRO	142
26. DISTRIBUIÇÃO DO USO DO SOLO NA BACIA DO RIO DAS VELHAS (EM KM²)	143
27. DISTRIBUIÇÃO DO USO DO SOLO NA BACIA DO RIO DAS VELHAS (EM %)	144
28. IMAGEM LANDSAT DA REGIÃO AO SUL DE BELO HORIZONTE	145
29. COMPORTAMENTO DO IQA AO LONGO DO RIO DAS VELHAS (1997 A 2003)	147
30. MINAS DA MBR E ESTRUTURAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA RMBH	148
31. MINAS DA MBR E ESTRUTURAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA RMBH NO ALTO VELHAS	149
32A. FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DA SAMARCO NAS UNIDADES DE GERMANO E UBU	158
32B. FLUXOGRAMA DA UNIDADE DE GERMANO	159
32C. FLUXOGRAMA DA USINA DE CONCENTRAÇÃO	159
33. PERFIL DO MINERODUTO	162
34. SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO VIA SATÉLITE	163
35. EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA DE PROCESSO	165
36. SINÓTIPO DO SISTEMA DE ÁGUA DE GERMANO	166
37. PORCENTAGEM DE SÓLIDOS DA POLPA – TRANSPORTADA PELO MINERODUTO	167

38. BALANÇO DE ÁGUA DA UNIDADE DE GERMANO	168
39. PARÂMETROS MONITORADOS DIARIAMENTE NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO	169
40. CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA DO PROCESSO	169
41. INDICADORES AMBIENTAIS CONTROLADOS MENSALMENTE	170
42. FOLDER E PAINEL UTILIZADOS EM CAMPANHAS INTERNAS	172
43. EVOLUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DA ÁGUA DA BARRAGEM DE SANTARÉM E DO RIO PIRACICABA	173
44. EVOLUÇÃO NO PERCENTUAL DE RACIONALIZAÇÃO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO RIO PIRACICABA	173
45. EVOLUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA DO SISTEMA DE ÁGUA	173
46. LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO CARBONÍFERO DE SANTA CATARINA	175
47. LOCALIZAÇÃO DAS MINAS E DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO CARBONÍFERA	176
48. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DA MINA DO TREVO	176
49. PERFIL DE MINA SUBTERRÂNEA COM E SEM RECUPERAÇÃO DE PILARES	178
50. DRENAGEM DE SUBSOLO	194
51. LOCALIZAÇÃO APROXIMADA, POR MUNICÍPIOS, DAS JAZIDAS DE MÁRMORE E GRANITO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO E RESPECTIVAS DENOMINAÇÕES COMERCIAIS	201
52. OPERAÇÕES REALIZADAS NO PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS	203
53. ESQUEMA DO FLUXO POLUENTE NA SERRAGEM DOS BLOCOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	211
54. UTILIZAÇÕES DA LAMA ABRASIVA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E CERÂMICA	221
55. CONCEPÇÃO DE PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO IMPLANTADA NA EMPRESA MARCEL	226
56. TRATAMENTO PROPOSTO PARA OS EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS NO PROCESSO INDUSTRIAL	228
57. PERFIL GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO DA MINERALIZAÇÃO DA MINA MORRO DO OURO	234
58. FLUXOGRAMA PRODUTIVO SIMPLIFICADO (2004)	236
59. MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR REALIZADO PELA RPM EM PARACATU, DE 1985 A AGOSTO/2004	239
60. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DA CAPACIDADE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL DA RPM (BASE AGOSTO/2003)	241
61. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DA CAPACIDADE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL DA RPM	243
62. HISTÓRICO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA DE 2000 A 10/2004	248
63. COMPARATIVO DO CONSUMO DE ÁGUA, POR FONTE DE FORNECIMENTO, NA MINA MORRO DO OURO DE 2002 A AGOSTO/2004.	248
64. LOCALIZAÇÃO DA MSF	254
65. FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO PRODUTIVO DA MSF	255
66. BALANÇO DE ÁGUA SIMPLIFICADO DA MSF – NÃO CONSIDERANDO O MAKE-UP	256
67. COMPARAÇÃO DO TEOR DE NÍQUEL NA ÁGUA RECIRCULADA X PH	260
68. CICLO DE AÇÕES PARA A MELHORIA CONTÍNUA	262
69. DADOS QUALITATIVOS DA BARRAGEM DE ÁGUA BRUTA DA MSF	264
70. VALORES DA COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS NO RIO PARAÍBA DO SUL	269
71. ÁBACO DE COBRANÇA DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS NA EXTRAÇÃO DE AREIA NO RIO PARAÍBA DO SUL	272
72. DIAGRAMA FRONTAL MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES MÍNERO-INDUSTRIAIS DA SICAL	280

CAPÍTULO 7. A ATUAÇÃO INSTITUCIONAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E A MINERAÇÃO **301**

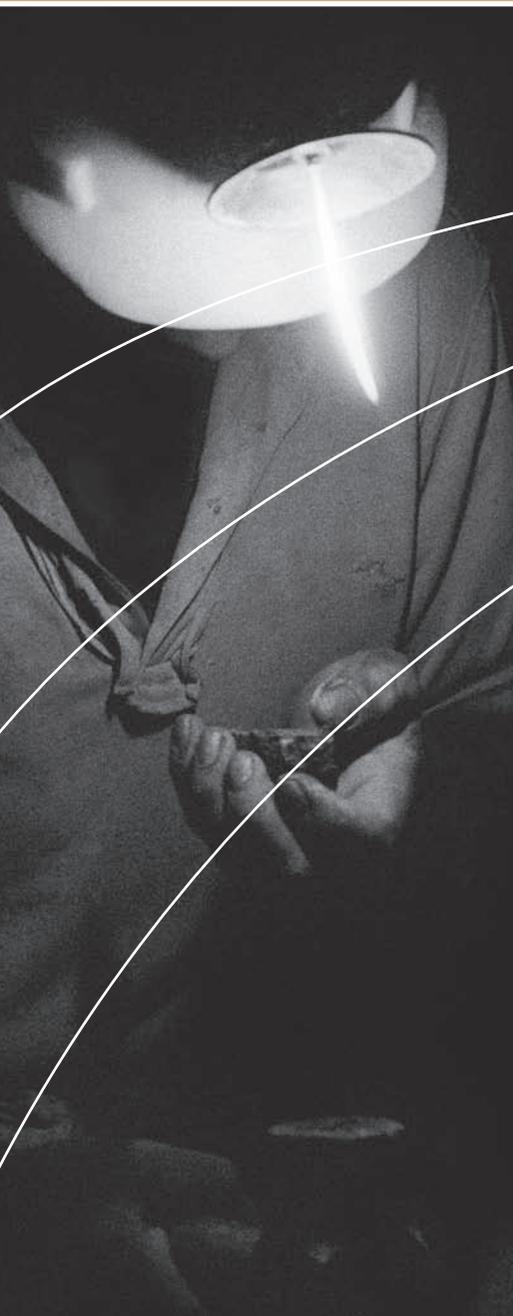
73. ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA	305
74. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (06/2006)	307
75. ESTRUTURA DE FUNCIONAMENTO DO SINGREH	309

LISTA DE TABELAS

1. CONSUMO DE ÁGUA POR TONELADA PRODUZIDA	128
2. QUALIDADE MÉDIA DAS ÁGUAS EFLUENTES DAS MINAS DA MBR NA BACIA DO RIO DAS VELHAS (2001 A 2005)	150
3. MEDIÇÕES DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO	189
4. CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALHAS	190
5. MEDIDAS DO NÍVEL NOS AÇUDES	192
6. MEDIDAS DE SAÍDA DE ÁGUA DA MINA	195
7. DADOS ESTATÍSTICOS DE EXPORTAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: COMPARATIVO BRASIL X ESPÍRITO SANTO (BASE 2000)	200
8. TEARES NO ES	209
9. CABEÇOTES DE POLIMENTO NO ES	209
10. DISCOS DE CORTE NO ES	209
11. IMPACTOS GERADOS DURANTE A PESQUISA MINERAL E DEMAIS ETAPAS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS	212
12. ARTIGOS PUBLICADOS RELATIVOS À APLICABILIDADE DA LAMA ABRASIVA	217

**A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A
MINERAÇÃO: VISÃO INTERNACIONAL**

CAPÍTULO 1





Rafael Fernández Rubio¹

Tradutores:

Nuria Fernández Castro²

Marcelo Taylor de Lima³

1 INTRODUÇÃO

Todos aqueles que trabalham no mundo da mineração são conhecedores da dualidade com que se apresenta a água: absolutamente necessária para muitos dos processos e das operações a serem desenvolvidos, mas também elemento que origina problemas e implica custos adicionais importantes.

Esses problemas ocorrem com muita frequência, porque a mineração desenvolve-se sob o nível freático, com incidência também das águas superficiais, em maior ou menor intensidade. Daí deriva a necessidade de se drenarem as águas nas áreas das minas, muitas vezes com grandes vazões, relacionadas com o desenvolvimento de extensos cones de drenagem, os quais devem ser mantidos ao longo da operação de mineração; outras vezes com aportes reduzidos, mas excelentes para a melhoria das condições de estabilidade do maciço rochoso. Nessas circunstâncias, produzem-se efeitos hidrológicos, ambientais e econômicos que impõem a gestão e o manejo adequado dessas águas.

Neste capítulo apresenta-se uma visão global dos principais problemas derivados dessa inter-relação mina-água, assim como soluções técnicas

aplicáveis. Caracteriza-se também as contribuições de água, abordando os diversos fatores antrópicos e naturais que podem condicionar, em volume ou vazão, essas contribuições nos trabalhos da mineração, sem entrar na exposição das técnicas de previsão das mesmas.

A visão que apresentamos é a que obtivemos desde a perspectiva da Espanha, com 5 mil anos de mineração com manejo da água, mas também com a experiência pessoal adquirida ao longo de mais de quarenta anos trabalhando em quase cinquenta países dos cinco continentes. Nesse sentido, todos os casos aqui comentados procedem do conhecimento direto.

2 ÁGUA E MINERAÇÃO

Em primeiro lugar, deve-se ressaltar que o sucesso de uma operação em mineração depende, em grande parte, da resolução adequada de suas interações com a água. Não agir assim é uma atitude suicida.

Desse modo, a viabilidade técnica e econômica de uma lavra está condicionada, com muita frequência,

¹ Catedrático e professor emérito da Universidade Politécnica de Madri, presidente da FRASA Engenheiros Consultores. Prêmio Rey Jaime I a Proteção do Meio Ambiente.

² Engenheira de minas do Centro de Tecnologia Mineral do Ministério de Ciência e Tecnologia (CETEM/MCT).

³ Consultor da área de Hidrogeologia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente.

ao adequado conhecimento do contexto hidrológico no qual se localiza e ao subsequente desenho das atuações hidrológico-mineiras, que será tanto mais eficiente e de menor custo quanto antes sejam iniciadas. Por esse motivo é que as empresas de mineração mais conscientes planejam, desde a fase de pesquisa até a de pós-fechamento, em abordar, com ferramentas apropriadas, os problemas que a água pode ocasionar, desenhando e implementando as medidas preventivas e corretivas mais adequadas.

Em todo caso, não podemos esquecer de que a interação água-mineração não se restringe à exploração da jazida, mas também abrange todos os processos de beneficiamento do minério, e de que deve-se considerar que após o cessar da atividade os impactos hidrológicos poderem perdurar por muito tempo.

Diante dessa realidade, dispomos hoje de tecnologias para evitarmos ou reduzirmos o efeito hidrológico negativo em situações muito diversas, de acordo com a natureza da jazida e o tipo de lavra. Os resultados ficam condicionados à adequação de seu traçado.

Para isso faz-se necessário o conhecimento preciso do contexto hidrogeológico mineiro, sem esquecer que a atuação tem de ser dinâmica, requerendo atualização e adequação ao longo de todo o período de operação da mina.

Neste ponto, é preciso lembrar que, ao serem desenvolvidas as lavras, em âmbitos hidrogeológicos muito diversificados, não é fácil concretizar e sistematizar a interação água-mina. Por isso, neste capítulo, somente pretendemos abordar uma síntese dessa interação, com especial atenção aos problemas mais frequentes. Uma abordagem ampla requereria um tratado monográfico.

Lamentavelmente, temos de constatar que, mesmo não sendo esses desafios nenhuma novidade para o minerador, as empresas mineradoras

e de consultorias não assimilaram a grande experiência hoje existente, por não terem dedicado os esforços requeridos para a pesquisa e o desenvolvimento, ao suporem a formação e a atualização de seus técnicos um investimento considerável e por não ser habitual sua participação em encontros onde se apresentam e se discutem as inovações tecnológicas. Nesse sentido, sem dúvida alguma, os melhores *inputs* provêm hoje da International Mine Water Association, que fundamos em Granada (Espanha) no ano de 1978, e cuja atividade é compilada em seus congressos e simpósios anuais, assim como em suas numerosas publicações, de obrigatória referência.

3 ÁGUA DE DRENAGEM DE MINAS

Em numerosas minas se extrai muito mais água que minério. É o caso, bem freqüente, de lavras que se localizam abaixo do nível piezométrico, de aquíferos livres ou confinados, dos quais deve ser bombeada a água subterrânea enquanto durar a exploração da mina. Para citar apenas um exemplo, a mina a céu aberto de linhitos de Belchatów (Polônia) bombeia 62.500 m³/h, mediante muitas dezenas de poços tubulares localizados na periferia e no interior da lavra; essa água somente é submetida a um processo de decantação em áreas com plantações de densa vegetação de freatófitas, para se obter um efluente limpo e apto para qualquer uso. Uma drenagem como essa produz um extenso cone de rebaixamento do nível piezométrico.

Perante esses problemas, faz-se absolutamente necessária a implementação de ações mais adequadas para reduzir ao máximo o acesso de águas (superficiais ou subterrâneas) à lavra, mediante o desvio do escoamento superficial, o aproveitamento de barreiras geológicas, a prevenção do fraturamento

de tetos (camadas superiores), os trabalhos de impermeabilização, a vedação de poços etc.

Se apesar de tudo isso for necessário efetuar a drenagem da mina, nesse caso a tecnologia mais conveniente é a que denominamos Drenagem Preventiva em Avanço (DPA), a qual do ponto de vista hidrodinâmico, consiste em provocar um “efeito sumidouro” no contexto hidrogeológico, para o qual flui a água subterrânea, sem entrar em contato com a cava. É assim que podem ser obtidas águas de qualidade, adequadas para diversos usos e integráveis à gestão dos recursos hídricos.

4 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE LAVRA

Em princípio, toda jazida mineral sob o nível piezométrico, para ser lavrada com os métodos habituais, deve ter sua cava drenada e finalmente inundada quando cessar a exploração. Essa água, se for implementado um adequado sistema de drenagem (e de reabilitação), poderá ser um ativo muito interessante, ao qual podem ser dados muitos usos: regularização do escoamento superficial, criação de lagoas e ambientes aquáticos, abastecimentos industrial, agrícola ou doméstico, uso turístico e de lazer etc.

Fixada essa premissa, primeiramente se deve considerar que os métodos de lavra são determinantes nas afluições de águas e nos processos de alteração hídrica, em quantidade e qualidade.

Entre os métodos mais usuais estão a mineração a céu aberto e a subterrânea, em todas suas variações, mas não se pode esquecer outros métodos, como a dissolução e a lixiviação (e biolixiviação), com todos os condicionantes hidrológicos.

A mineração a céu aberto oferece, sem dúvida, um caminho direto à entrada das águas de chuva e escoamento superficial na cava criada pela lavra, mas também das águas subterrâneas atingi-

das. Nesse método, quando é empregada a lavra de transferência, que consiste em preencher setores já explorados com materiais das frentes de lavra, esses materiais devem ser quimicamente inertes, para evitar a alteração das águas por lixiviação desses materiais de preenchimento.

No que se refere à lavra subterrânea, a escavação pode interconectar aquíferos, e os abatimentos e subsidências podem ocasionar a conexão com aquíferos na sua parte superior, ou provocar o acesso de águas superficiais. De igual forma, a decompressão dos materiais da lapa pode permitir o acesso de águas subjacentes ao nível de pressão (igual à lavra a céu aberto).

Em mineração subterrânea, é também empregado o preenchimento para melhorar as condições de sustentação da escavação e para reduzir a superfície ocupada por estereis. Esse preenchimento deve ser realizado com materiais inertes ou ser efetuado em condições adequadas, que garantam sua estabilidade química ou não alteração dos sistemas aquíferos.

Na mineração por dissolução de minérios solúveis (halita, potássio, bórax, fosfatos, thernardita, natrão, entre outros), se injeta água na jazida (através de estruturas adequadas), a qual será extraída posteriormente, junto com os sais dissolvidos. Aqui é fundamental garantir que os aquíferos subterrâneos não serão afetados, tampouco as águas superficiais, pelas salmouras ou soluções produzidas. Nesse método, no caso de rochas compactas, é provocado, complementarmente, o fraturamento da rocha, para se incrementar a permeabilidade da jazida e desenvolver a comunicação entre o ponto de injeção e o de produção. Nesse caso, há de se determinar e considerar a localização, a direção e a extensão das fraturas, condicionadas por fatores geomecânicos e pela anisotropia das formações geológicas, para se evitar fugas desses fluidos, altamente mineralizados, que possam afetar a qualidade dos aquíferos.

Outro problema nesse método de lavra é o referente ao colapso das cavernas formadas por dissolução, que pode produzir a intercomunicação de aquíferos e se estender até a superfície, como encontramos em antigas minas de halita (NaCl), em Polanco (Santander, Espanha), ou em Arheim (Holanda). A esse respeito, há de se considerar que grande parte da produção de cloreto de sódio é obtida por dissolução *in situ*.

Esse sistema de lavra requer, freqüentemente, a eliminação de importantes quantidades de salmouras, que podem ser fontes de contaminação hídrica. Nas minas de potássio de Cardona (Barcelona, Espanha), calculamos o aporte médio de cloretos à rede hidrográfica em 68 t/dia para o escoamento superficial e 67 t/dia para a circulação subsuperficial, o que obrigou a construção de um salmouróduto até o mar e, finalmente, ao desvio do curso do rio Cardoner, mediante um túnel, como propusemos.

Por sua vez, a mineração por lixiviação consiste em dissolver os minérios mediante um solvente (por exemplo, água acidulada). Dentre os metais exploráveis por esse método encontram-se: cobre, urânio, mercúrio, molibdênio, prata, ouro, alumínio e zinco. Podemos destacar que, atualmente, a maioria das minas de cobre emprega alguma técnica de lixiviação e, dentre elas, por razões econômicas e ambientais, o lixiviado *in situ* recebe a cada dia maior atenção.

Também na mineração do urânio é freqüente a lixiviação, sobretudo se o minério for pobre: freqüentemente é realizada em pilhas de minério, que são regadas com solução ácida para atacar os sulfetos e dissolver o urânio (a presença de pirita na rocha favorece a formação de águas ácidas, que ajudam na lixiviação). As pilhas são dispostas sobre argila compactada e/ou uma geomembrana após a eliminação dos obstáculos do terreno, e o efluente é recolhido em um tanque, na parte mais baixa, passando para a usina de beneficiamento.

Nesses tipos de lavra, por lixiviação ou por dissolução, é fundamental evitar as fugas de água durante todo o processo. Para tal, é imprescindível investigar antecipadamente as condições hidrológicas de todo o contexto passível de ser afetado.

5 AS VAZÕES DE DRENAGEM DE MINAS

5.1 COMPORTAMENTO GERAL

Em muitas minas é necessário realizar drenagens muito importantes, cujas vazões e volumes dependem, fundamentalmente, das características dos aquíferos afetados (transmissividade, dimensões das fraturas, carga hidráulica, espessura de camadas protetoras etc.), das contribuições das águas superficiais e das infiltrações rápidas das precipitações.

De modo geral, as minas com maiores afluências de água estão localizadas em áreas de maiores índices pluviométricos, como colocou em evidência Pei (1988) ao estudar os aportes de água em 15.750 jazidas minerais na China. Em qualquer caso, para aqueles que se encontram afastados do mundo da mineração, podem resultar surpreendentes as vazões drenadas por muitas minas. Assim, poderíamos citar, por exemplo, a mina de ferro de Kursk, na antiga União Soviética, com 50.000 m³/h; a mina a céu aberto de linhito de Belchatów (Polônia), com 62.500 m³/h; ou a vazão de 226.800 m³/h para o conjunto de jazidas de carvão da antiga União Soviética (FERNÁNDEZ RUBIO, 1986b).

Em alguns casos, esses aportes obrigam ao abandono da exploração, temporariamente ou em definitivo. Assim, por exemplo, a escavação do Poço nº 2 da mina Konkola (Zâmbia) foi abandonada, após um bombeamento de 1,4x10⁶ m³ em sete meses, sem que houvesse um efeito apreciável no nível piezométrico. A própria mina teve de ser fechada durante seis anos em decorrência de uma rápida irrupção de água que

produziu sua inundação (STALKER, SCHIANNINI, 1978). Não esqueçamos que essa mina é considerada por muitos como a de maior afluência de água do mundo, com um bombeamento superior a 15.500 m³/h (SWEENEY, 1988), alcançando vazões máximas mensais de 17.700 m³/h (MULENGA, 1991).

Outro exemplo é a mina de linhito de Neyveli (Índia), na qual, para se rebaixar a pressão do aquífero subjacente até 1,5 m abaixo do nível da lavra, 40 bombas submersas extraem 9.600 m³/h.

Isso significa bombear 24 toneladas de água para cada tonelada de carvão extraída, às quais se podem adicionar, na época das chuvas torrenciais, outras 16 toneladas de água infiltrada (BANERJEE, SHYLIENGER, 1978).

A relação entre vazões de água infiltrada e toneladas de carvão/minério extraído em algumas áreas de mineração do mundo (Figura 1) mostra variações que vão de 1:1 até mais de 100:1 (ARMSTRONG, 1988, em MULENGA, 1991).

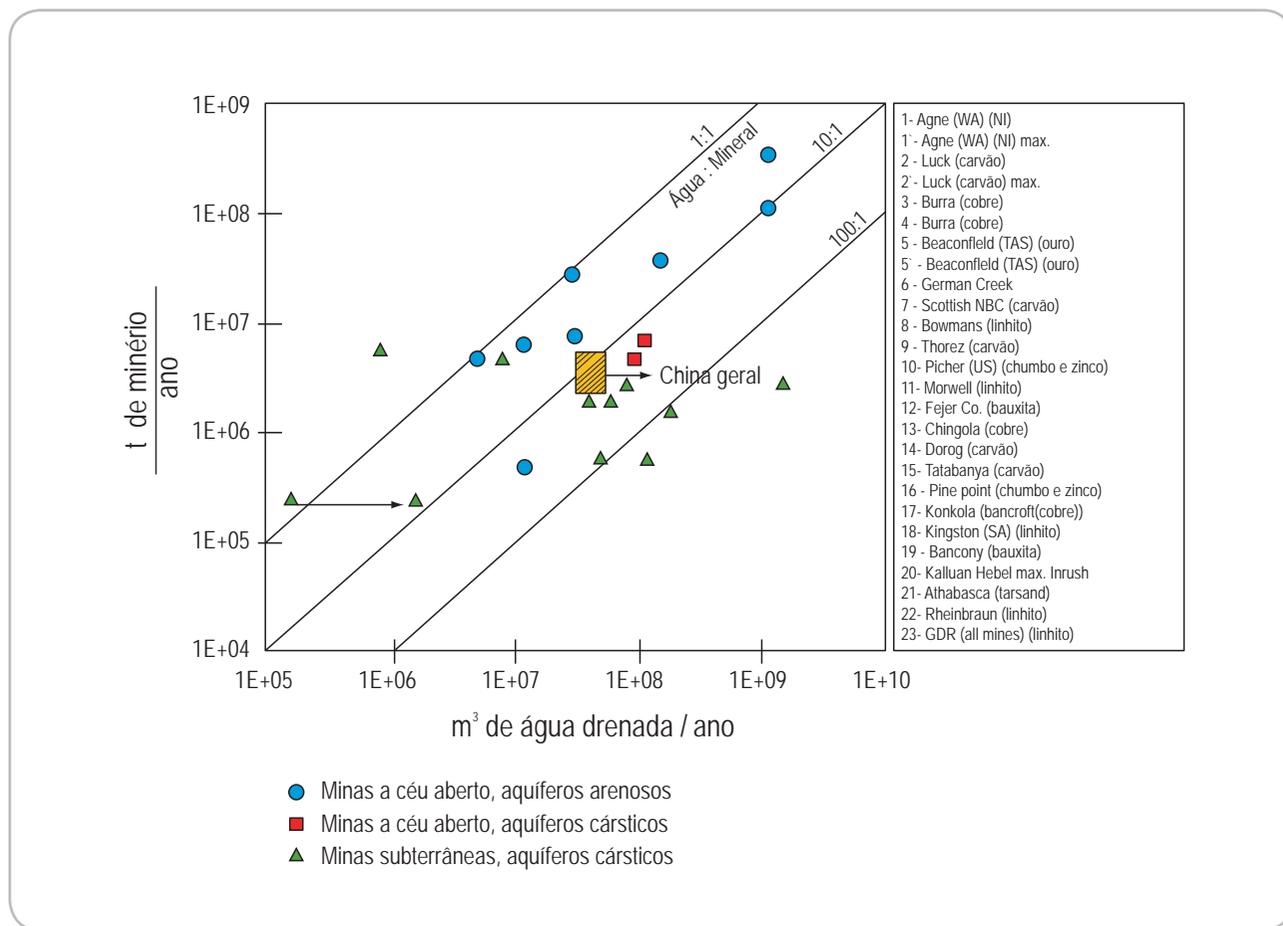


Figura 1. Relação entre a drenagem da mina e o minério extraído nas principais áreas de mineração do mundo (ARMSTRONG, 1988, em MULENGA, 1991)

Para as minas de carvão da Espanha considera-se a quantidade média de 2,5 m³/t de carvão lavado, com valores que oscilam entre 1,2 e 4 m³/t (FERNÁNDEZ ALLER, 1981). Na mina de cobre de Mufulira a relação é de 5 m³ de

água por tonelada de minério extraído (Wightman, 1978), enquanto em Konkola (Zâmbia) a relação sofreu um incremento ao longo do tempo, de 30 até 90 m³ por tonelada (Figura 2) (MULENGA, 1991).



Figura 2. Relação entre o volume de água bombeado da mina e as toneladas de minério extraído na mina Konkola (Zâmbia)(MULENGA, 1991)

Nesse mesmo sentido, os custos energéticos por bombeamento têm grande incidência. Na mina Pootkee, (Jharia Coalfield, Índia) de uma potência total instalada de 4.100 kW, 55 % correspondem ao bombeamento, com um consumo específico de 25 kWh/t de carvão extraído (BANERJEE; SHYLIENGER, 1978). Na mina de Reocín (Cantabria) foi calculado o custo de drenagem em um quarto dos custos técnicos da lavra (Trilla, et al., 1978), com um bombeamento, em 1979, de 35×10^6 m³ (FERNÁNDEZ RUBIO, 1980).

Na mina a céu aberto de Nchanga (Zâmbia), o sistema subterrâneo de bombeamento tem uma capacidade instalada para 7.200 m³/h (STALKER; SCHIANNINI, 1978). Igualmente, na mina de carvão de Fengfeng (China) são bombeados da ordem de 7.200 m³/h de água (CHIH-KUEI; CHANG-LIN, 1978). Na mina de cobre de Nchanga (Zâmbia), tiveram de ser bombeados 41×10^6 m³ durante um período de quatro anos, para se rebaixar o nível piezométrico em uma média de 30 m/ano, e nessa mina, tinha se extraído, até 1978, um total de 810.106 m³ (STALKER; SCHIANNINI, 1978).

Nas minas de ouro do Far West Rand (África do Sul), com explorações que alcançam profundidades da ordem de 3 km, sob um domínio cárstico, os aportes de água chegam a ser extraordinários. Assim, WOLMARANS E GUISE-BROWN (1978) ao citar o bombeamento desde o Oberholzar Compartment fazem referência a um máximo de 7.080 m³/hora.

Nas minas de carvão do norte da China, cita-se uma irrupção de 123.120 m³/h, em junho de 1984, na mina Fanggezhuang, da bacia carbonífera de Kailuan (província de Hebei), com produção de 3 milhões de toneladas, relacionada com o colapso de uma cavidade (Figura 3) de 60 m de diâmetro e altura de 313 m (BAIYING et al., 1988; PEI, 1988). Outra irrupção catastrófica, de 90.000 m³/h, aconteceu em agosto de 1966, na mina Jiangbei (Pei, 1988; Zhongling, 1988). Ambas são consideradas as maiores irrupções de água na mineração mundial, porém muitas outras irrupções extraordinárias têm acontecido na mineração chinesa.

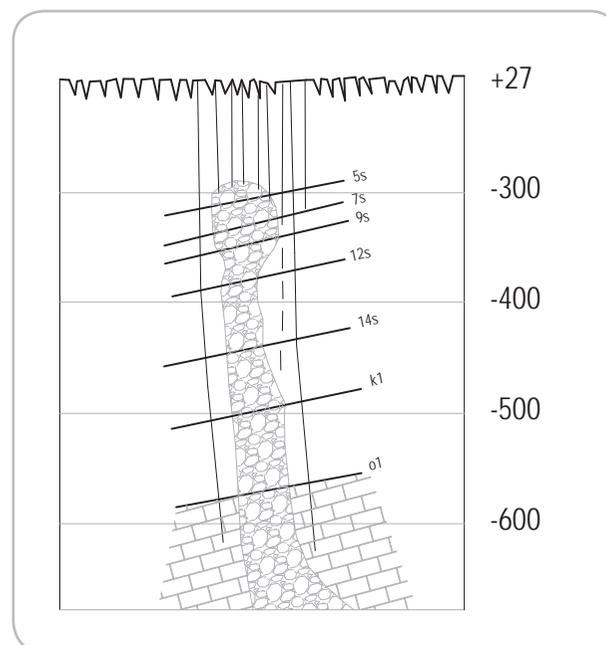


Figura 3. Cavidade por colapso na mina de Fanggezhuang (BAIYING, et al., 1988; PEI, 1988)

Por sua vez, as previsões da mina de linhito em Megalópolis (Peloponeso, Grécia) são de bombeamento de $13 \text{ m}^3/\text{t}$ de linhito durante os 11 primeiros anos, a partir dos quais seria reduzido a $4 \text{ m}^3/\text{t}$ (SPILIOTIS, 1978). Nessa jazida, de 500 milhões de toneladas de linhito, estimava-se a necessidade de se bombear reservas de $245 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água para se atingir a profundidade final (70 m), às quais deveriam ser adicionados volumes a serem bombeados anualmente de $35 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Todos os dados aqui expostos manifestam bem as elevadas aflúncias de água que, em muitas ocasiões, requerem ser drenadas nas operações de mineração. Em todo caso, de acordo com a nossa experiência, os maiores aportes estão relacionados aos ambientes cársticos.

5.2 EVOLUÇÃO DAS VAZÕES SEGUNDO A CURVA DE GAUSS

Em muitas explorações é freqüente que se produzam grandes irrupções de água, com forte incremento inicial da vazão e paulatina redução desta, transcorrido um certo tempo, até se chegar a uma relativa estabilização. Esse comportamento, típico de contex-

tos hidrogeológicos heterogêneos, é normal quando a água procede de:

- interceptação de condutos preferenciais em um médio heterogêneo;
- acesso a compartimentos estanques mais ou menos confinados;
- colapsos de teto que afetam aquíferos sobrepostos;
- subpressões de lapa devidas à pressão de aquíferos confinados, cujas águas irrompem através da camada protetora; ou
- infiltrações rápidas relacionadas com períodos de chuvas muito intensas.

Trata-se de fluxos em regime turbulento, que podem arrastar importantes quantidades de matéria sólida em suspensão. Se as irrupções acontecerem em lavras desenvolvidas sem a preservação da camada protetora, a evolução de vazões costuma apresentar incrementos mais lentos que quando existe tal camada; igualmente, a representação das percentagens de irrupções para diferentes vazões apresenta a forma da curva de Gauss, mais suave quando não existe essa camada do que quando existe (SCHMIEDER, 1978a) (Figura 4).

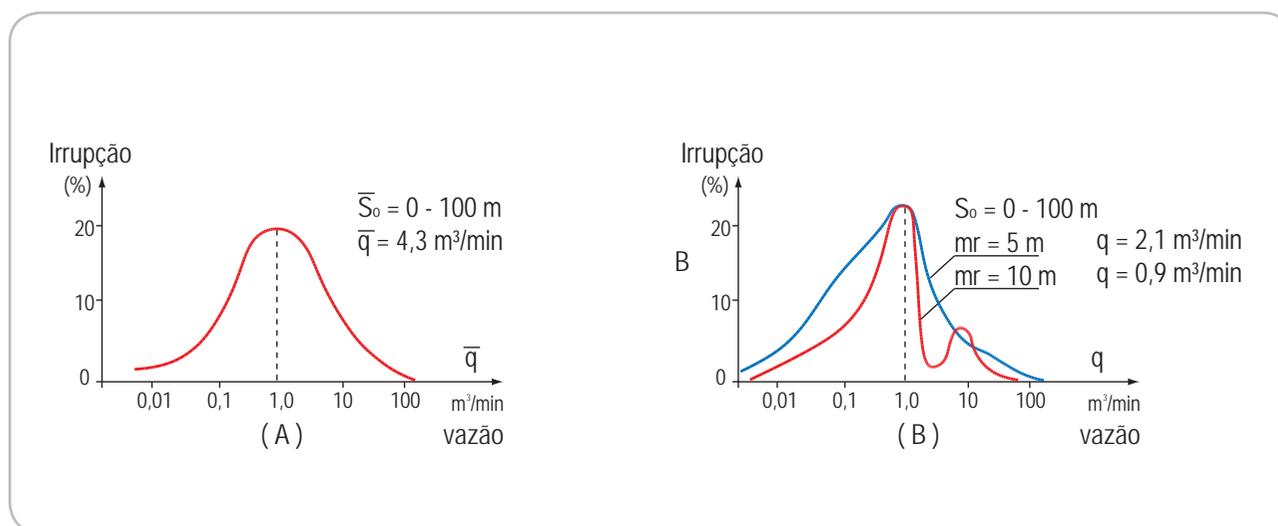


Figura 4. Freqüência de relação entre irrupções de águas sem efeito da camada protetora (A) e com efeito da camada protetora (B) (SCHMIEDER, 1978a)

Um exemplo típico pode ser o das minas de ouro do Far West Rand (África do Sul), com um aquífero cárstico acima, em dolomitos com 1.200 m de espessura e com um volume de água subterrânea armazenada estimado em $2.200 \times 10^6 \text{ m}^3$ (SCHWARTZ; MIDGLEY, 1975 em WOLMARANS; GUISE-BROWN, 1978). A intercepção dos diques de sienito (distantes entre cinco e dezesseis quilômetros), que compartimentam este aquífero, tem dado lugar a freqüentes irrupções de água, com grandes vazões máximas, como a ocorrida na mina Driefontein, a 874 m de profundidade, que atingiu $4.500 \text{ m}^3/\text{hora}$, em um setor que previamente tinha sido definido como isento de água em

fissuras, por quase não ter dado água nas sondagens de reconhecimento. A drenagem das minas de Driefontein West & East chegou a superar os $14.000 \text{ m}^3/\text{h}$ para se estabilizar em $3.500 \text{ m}^3/\text{h}$ transcorridos sete anos (Figura 5). Em quatro minas dessa área, com 25 anos em média de atividade, havia sido bombeado até 1976 um total de $1997 \times 10^6 \text{ m}^3$. Nessas condições, é lógico que as tentativas de perfuração de poços de mina (*shafts*) foram infrutíferas entre 1898 e 1930, data na qual foi introduzida a cimentação, permitindo a finalização do primeiro poço em 1934 (desde então mais de uma dúzia de minas perfuraram seus poços) (WOLMARANS; GUISE-BROWN, 1978).

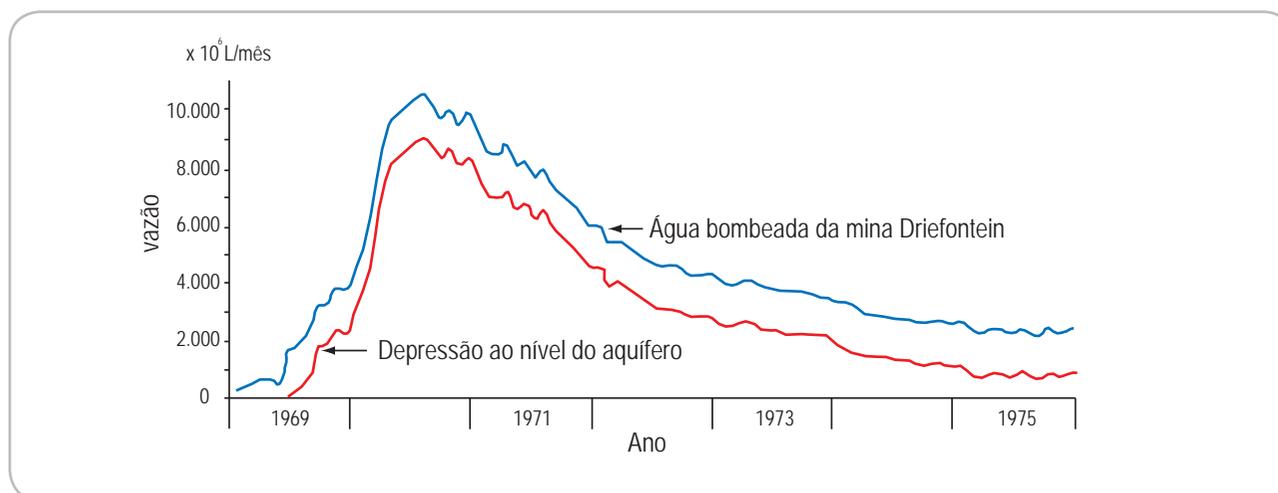


Figura 5. Vazão bombeada e depressão obtida no aquífero nas minas Driefontein West & East (WOLMARANS; GUISE-BROWN, 1978)

Um outro caso a ser citado é o da lavra mais profunda da mina subterrânea de carvão de Berga (Barcelona, Espanha), onde a subpressão do aquífero cárstico provocava a irrupção da água confinada subjacente, ao se produzir a ruptura e o levantamento do solo em áreas abatidas e já lavradas, com afluições importantes e difíceis de serem reduzidas. Nessa mesma mina, outros aportes rápidos importantes estão relacionados com chuvas intensas e infiltração desde a superfície através de frentes de lavras subterrâneas abandonadas.

Uma afluição rápida de água, imediatamente após os desmontes por explosão, produziu-se em dois trechos do túnel de Juktan (Suécia), que alcançaram vazões iniciais de 648 e $306 \text{ m}^3/\text{h}$, estabilizadas em um curto intervalo de tempo em $126 \text{ m}^3/\text{h}$ em cada caso (Figura 6). Ambas as irrupções estiveram ligadas a trechos de 20 e 35 m de comprimento, com intenso fraturamento subvertical (CARLSSON; OLSSON, 1978).

Também poderíamos incluir aqui o caso da mina La Oportuna (Andorra, Teruel), de exploração

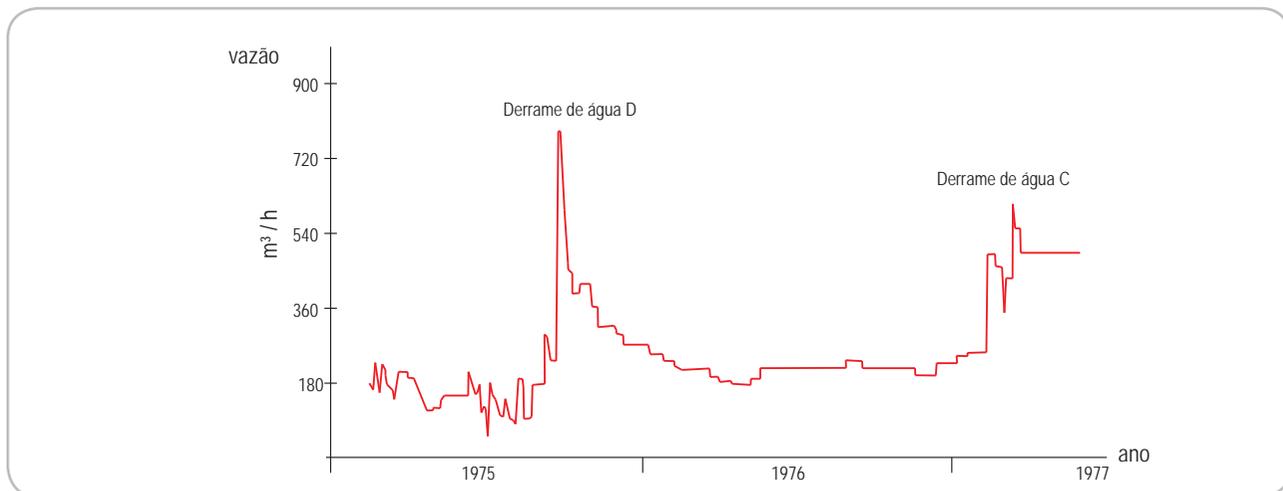


Figura 6. Aportes de água durante a construção do túnel Jukta (Suécia) (CARLSSON; OLSON, 1978)

subterrânea de carvão, na qual se produziu uma série de irrupções, como conseqüência de colapsos de teto, e a conseqüente intercomunicação com o sistema aquífero detrítico multicamada sobreposto. A drenagem aportou areias e argilas plásticas, que acabaram colmatando a zona colapsada, até se restituir a aflüência de água à situação anterior à irrupção.

Na mineração de carvão na Índia, igualmente a outras áreas afetadas sazonalmente por intensas chuvas de caráter tropical, são típicos os incrementos de vazão nesses períodos climáticos. Assim acontece com as chuvas torrenciais, que aportam precipitações de até 800 mm em 24 horas no norte de Bihar (BANERJEE; SHYLIENGER, 1978), onde durante as grandes chuvas de 1975, um grande número de minas profundas ficou inundado. Nós constatamos na mina de Vazante (Minas Gerais, Brasil) que a drenagem, apesar de sua intensidade, pouco consegue rebaixar os níveis piezométricos nos anos intensamente chuvosos.

Na mina de cromita de Domokos (Grécia), têm sido registradas irrupções de água de 500 m³/h, com incrementos quase imediatos após as chuvas, para passar na estiagem a vazões normais de 320 m³/h. A jazida está localizada, principalmente, em peridotiti-

tos, com fraturamento subvertical que atinge a superfície, através do qual são produzidas essas entradas de água, que acontecem, fundamentalmente, nas partes altas da mina. Para um bombeamento anual de 3,5x10⁶ m³, 75% foi bombeado a menos de 80 m de profundidade (MARINOS et al., 1978).

Bombeamentos extraordinários de drenagem relacionados a chuvas muito intensas, tiveram de ser realizados em 1973 na mina de ferro de Marquesado (Granada, Espanha), ao se produzir uma chuva catastrófica, que causou a ruptura dos diques que mantinham o curso das águas pluviais e a entrada das águas na exploração, com inundação do fundo da cava.

Também em muitos casos de mineração subterrânea com processos de colapso, que provocam subsidências sobre grandes superfícies, produzem-se entradas rápidas de água em épocas de chuva, que originam picos importantes nas vazões extraídas. Nesses casos, as entradas podem corresponder não só a precipitações diretas sobre áreas de colapso, mas também sobre a bacia vertente interceptada por elas, e sobre a rede hidrográfica que escoia sobre essa superfície. Isso acontece, por exemplo, na mina de Konkola, onde a subsidência afeta os rios Lubenguele e Kakosa (Figura 7) (FRASA, 1993).

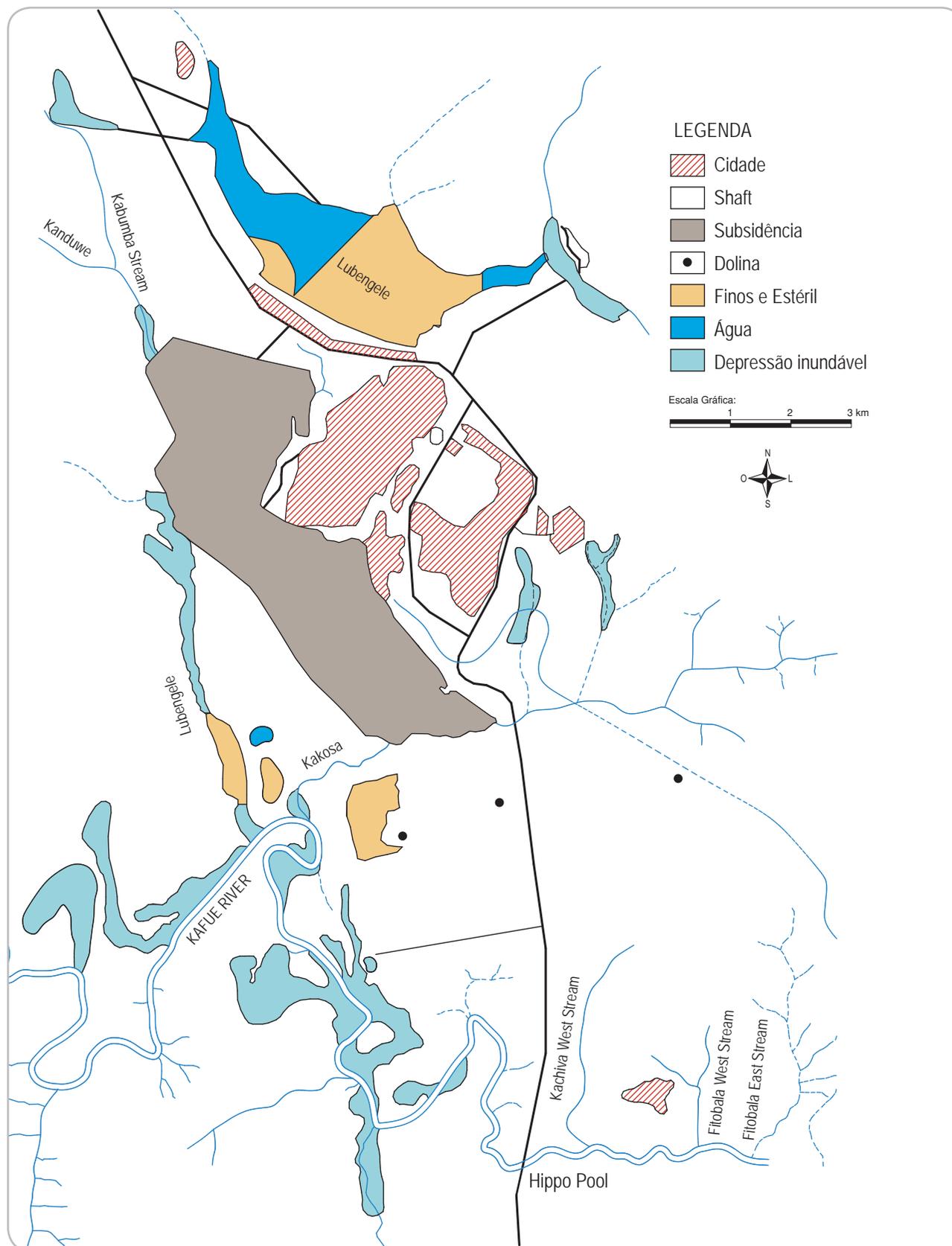


Figura 7. Interferência da área de subsidência sobre os córregos Lubenguele e Kakosa na mina Konkola (FRASA, 1993)

Das 94 áreas de mineração afetadas por colapsos (principalmente no sul da China), Pei (1988) destaca a mina de Enkou com 6.100 colapsos que afetaram edifícios e campos agrícolas e destruíram oito pequenas barragens e, onde a entrada de água de superfície, através desses abatimentos, significou passar de um aporte de $1.300 \text{ m}^3/\text{h}$ a $4.250 \text{ m}^3/\text{h}$. Destaca-se ainda a mina de chumbo-zinco de Siding, com mais de 6 mil colapsos, inundada nas chuvas do verão de 1976, por entrada dos rios através das cavidades de

colapso e a mina de carvão de Meintanba, com mais de 2 mil colapsos e mais de vinte invasões de água e lama.

Conseqüência também do efeito das subsidências são as variações de vazão registradas nas minas da Pensilvânia, que se relacionam perfeitamente com as variações de vazão nos rios (Figura 8) (GROWITZ, 1978). Nesse sentido, a drenagem de minas com seu correspondente rebaixamento do nível piezométrico pode fazer que os rios percam sua vazão ao percorrer a área drenada.

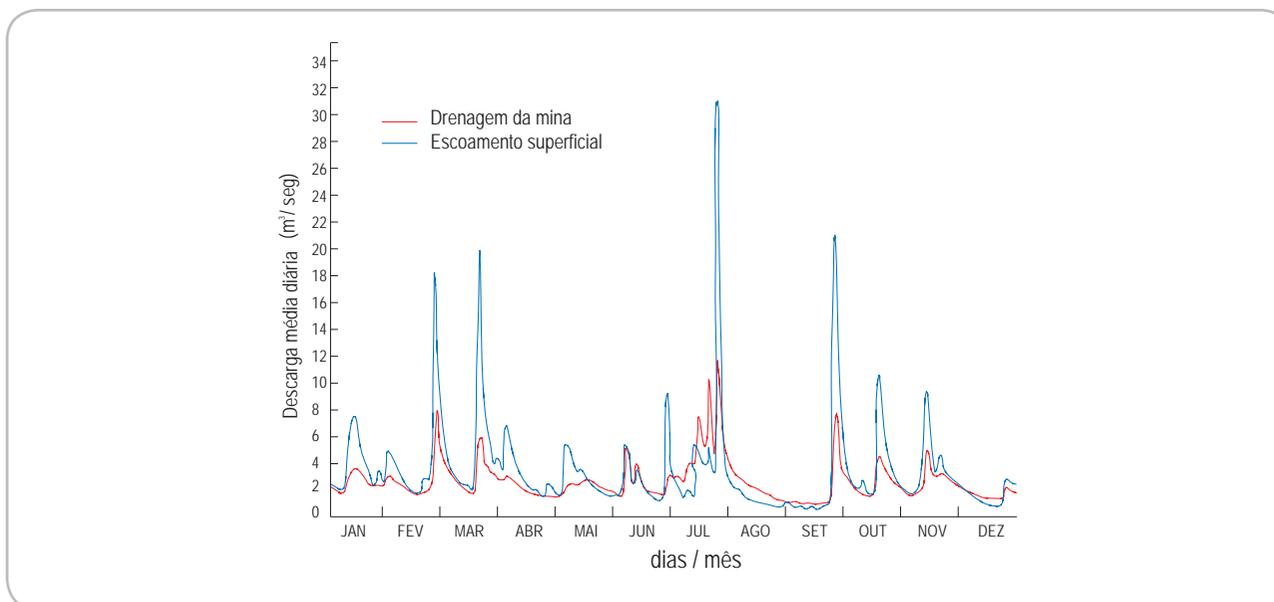


Figura 8. Hidrogramas de drenagem de mina e escoamento para o ano de 1975 nas minas de carvão na Pensilvânia (GROWITZ, 1978)

Quando se produzem, ou existe risco de se produzirem, esses fortes aumentos temporais de vazão, é recomendável a construção de depósitos subterrâneos para a acumulação e a regulação dos picos de vazão. Assim, no campo carbonífero de Jharia (Índia), as variações de bombeamento entre os períodos de máxima e os períodos de mínima, são da ordem de

4 a 1. Isso pode ser evidenciado na correlação dos registros mensais de chuvas com o consumo energético (Figuras 9 e 10), com uma defasagem da ordem de um mês entre ambos os picos, já que os bombeamentos se prolongam por mais tempo, em razão do tempo necessário para a percolação das chuvas (BANERJEE; SHYLIENGER, 1978).

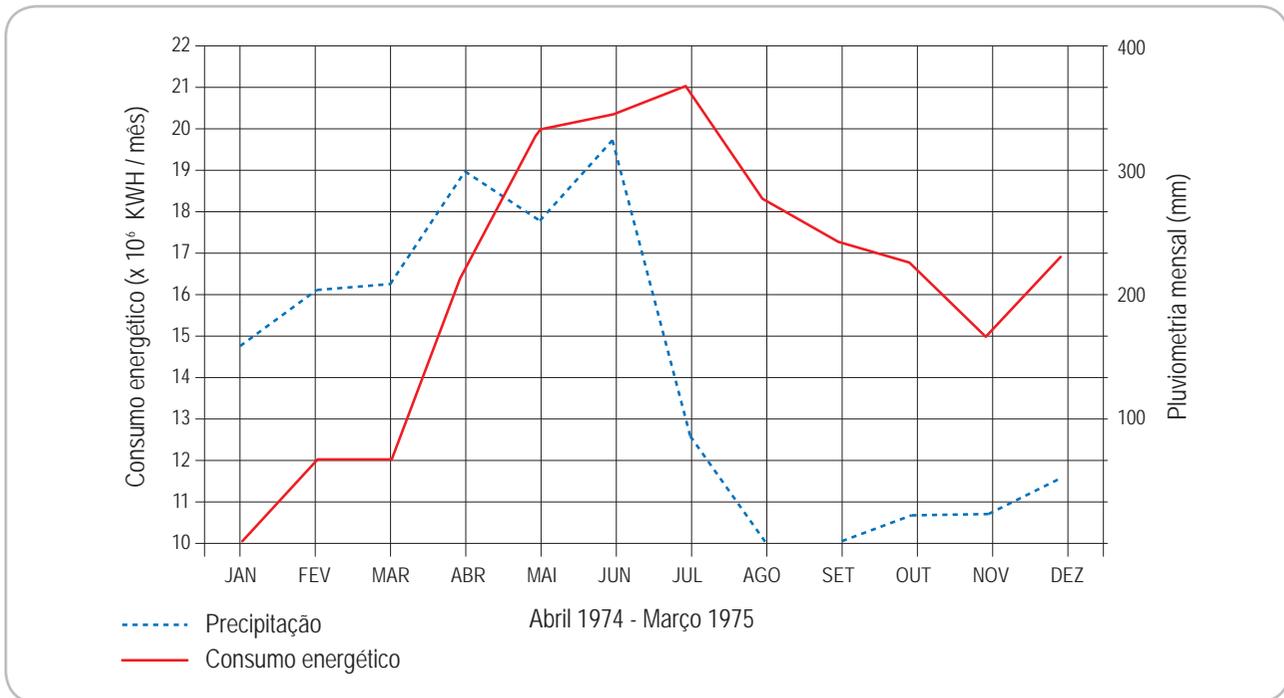


Figura 9. Consumo energético mensal e pluviosidade. B. C. C. L. Jharia Coaldfield, Índia (BANERJEE; SHYLIENGER, 1978)

De igual forma, na mina de Reocín (Cantabria, Espanha), a conveniência de se realizarem bombeamentos noturnos, com tarifa de energia mais re-

duzida, justificou o manejo de parte da água, com depósitos subterrâneos para acumulação durante o dia (FERNÁNDEZ RUBIO, 1980).

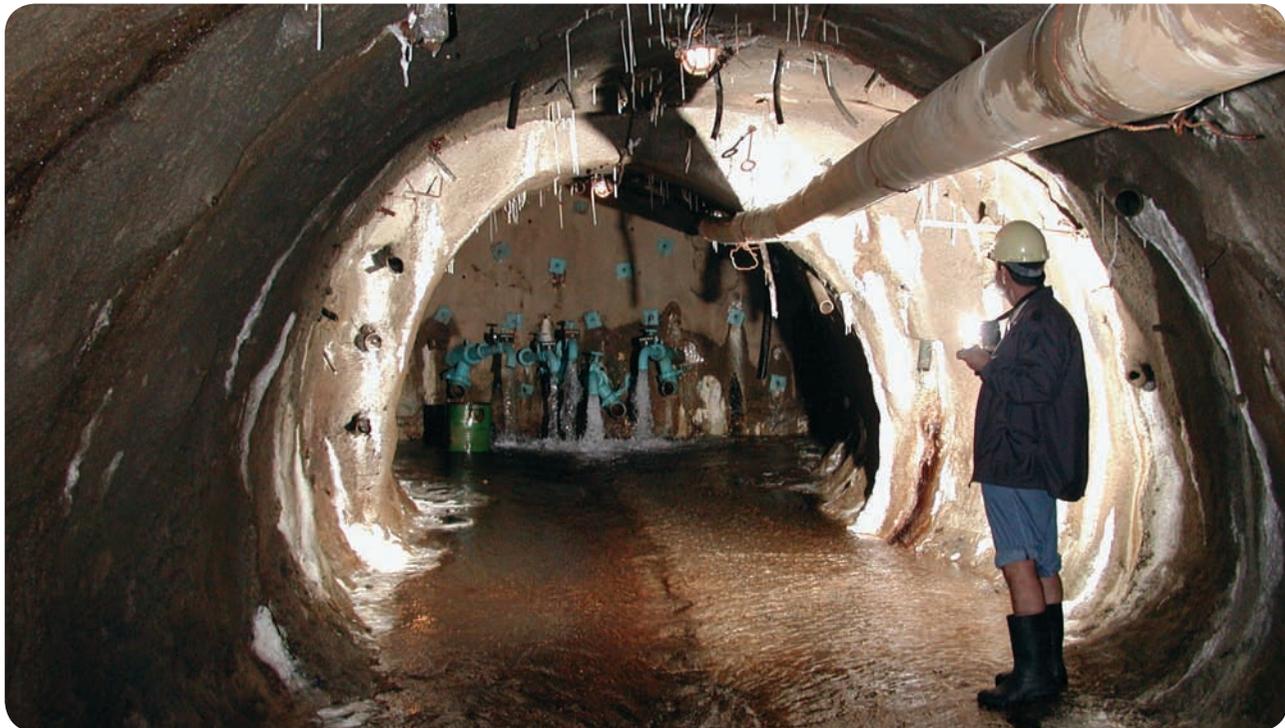


Foto 1. Córrego do Feijão, Minas Gerais - Brasil



Foto: David Lorca

Foto 2. Poço – Sistema de checagem –Reinjeção na Mina de Cobre a céu aberto (Sevilha, Espanha)

5.3 EVOLUÇÃO DE VAZÃO CRESCENTE NO TEMPO

As vazões drenadas podem sofrer um incremento paulatino no tempo como consequência, fundamentalmente do aprofundamento da lavra e do aumento da sua extensão (escavação a céu aberto ou subterrânea). Esse incremento supõe um aumento do cone de drenagem, possibilitando a entrada de mais escoamento superficial e a recarga induzida de outros aquíferos. Esse caso pode desembocar no anterior, transcorrido um tempo mais ou menos longo, se os trabalhos da mina reduzirem sua extensão na superfície ou seu aprofundamento.

Um exemplo típico desse comportamento pode ser observado na mina subterrânea de Reocín (Cantabria, Espanha), onde ao longo de um período de muitos anos foi produzido um aumento anual médio na vazão de 126 m³/h (Figura 11). Sem dúvida, esse afluxo de água está sujeito a variações mais ou menos importantes em função das chuvas (infiltração através de um sistema cárstico muito desenvol-

vido e antigas frentes de lavra), interceptação de falhas drenantes e regulação provocada mediante armazenamento de água na própria cava.

Pelo contrário, na mina de cobre de Nchanga, com um bombeamento de 870x10⁶ m³ (período de 1953 a 1978), fala-se de um incremento médio de apenas 25 m³/h, apesar da expansão do desagendamento tanto em extensão horizontal quanto em profundidade, o que pode ser interpretado como uma consequência do atingimento da vazão potencial máxima de afluência do sistema hidrogeológico. Nessa mina, os poços de drenagem manifestam rápidos incrementos de vazão imediatamente após o início das chuvas, o que sugere uma recarga fácil pela superfície (STALKER; SCHIANNINI, 1978).

Na mina de cobre de Mufulira (Zâmbia), o registro de vinte anos acusa algum aumento com certas oscilações em um intervalo entre 3.000 e 4.250 m³/h (Figura 10) (WIGHTMAN, 1978).

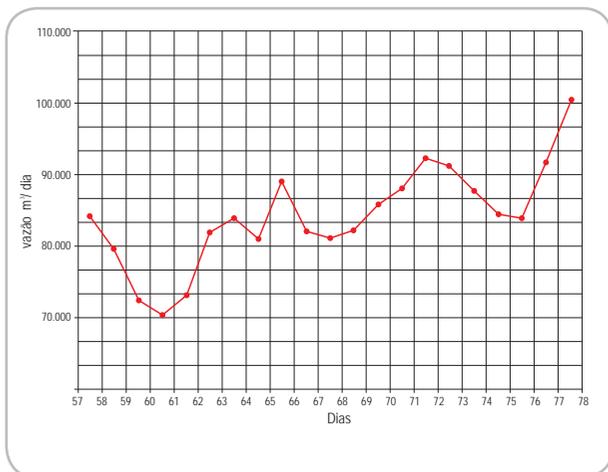


Figura 10. Bombeamento médio de água por dia na mina de Mufulira, Zâmbia (WIGHTMAN, 1978)

Na mina subterrânea de linhito de Aliveri (Grécia), foi produzida uma irrupção súbita em um recorte (*crosscuts*) do subnível -38 m. Os 120 m³/h de água iniciais foram duplicados após duas horas e chegaram até 900 m³/h dois dias mais tarde (Figura 11). Foi necessário fechar a galeria mediante uma barragem de concreto, injetar as paredes da galeria a jusante e injetar, finalmente, cimento através das tubulações de drenagem da barragem para isolar a água, a fim de se dar continuidade à lavra 27 dias depois (MARINOS et al., 1978).

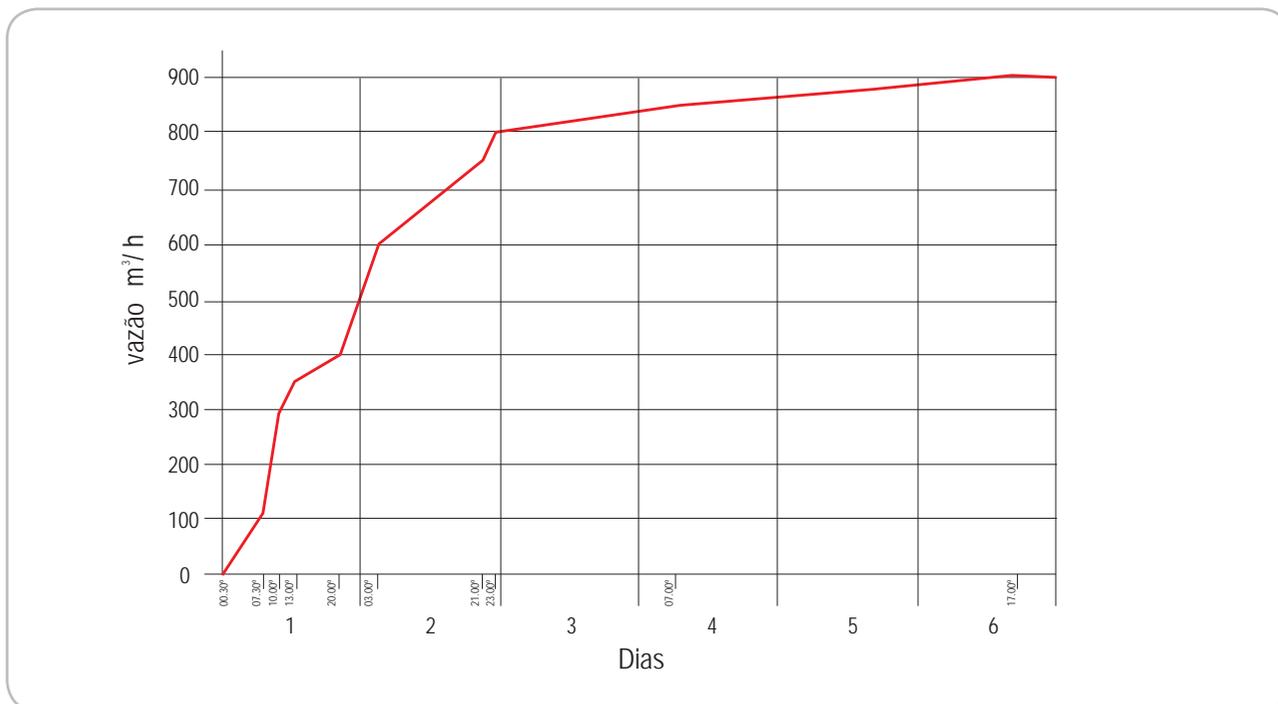


Figura 11. Desenvolvimento de uma irrupção de água na Mina Alivieri, Grécia (MARINOS et al., 1978)

O aumento do bombeamento com o tempo se deduz também ao se comparar as vazões drenadas pelo conjunto de minas de carvão da Pensilvânia, que passaram de 68.220 m³/h em 1941 a 93.960 m³/h em 1975 (GROWITZ, 1978), o que pode ser interpretado como efeito do aumento da superfície afetada pela la-

vra a céu aberto. Esse aumento de vazão foi acompanhado de uma melhoria na qualidade da água bombeada.

5.4 VAZÃO CONSTANTE

São frequentes os casos de drenagem de minas com uma vazão que se mantém relativamente constante

ao longo de grandes períodos de tempo. Isso pode acontecer por várias circunstâncias:

- como consequência de regulação da drenagem através de furos (drenos), com suas correspondentes válvulas de fechamento, para se ajustar a afluência à capacidade de bombeamento instalada;
- provocado pelo somatório do esgotamento da componente de reservas do aquífero, correspondentes a uma profundidade de drenagem, e do aumento em consequência da extensão da lavra;
- como derivação da drenagem em um sistema aquífero multicamada com efeitos de gotejamento através de aquitardos intermediários; e
- como consequência da diminuição de reservas hidrogeológicas compensada com o incremento de água exógena aportada para os trabalhos da lavra.

Nesse sentido, deve-se considerar que a frequente diminuição da permeabilidade com a profundidade incide notoriamente na redução de afluências de água conforme avança a profundidade

da exploração. Um exemplo muito didático é o mencionado por Schmieder (1978a) para a variação da permeabilidade em um conjunto de minas húngaras em diversos contextos hidrogeológicos (Figura 12). De nossa parte, observamos o mesmo comportamento em minas que se desenvolvem em ambientes hidrogeológicos relativamente homogêneos.

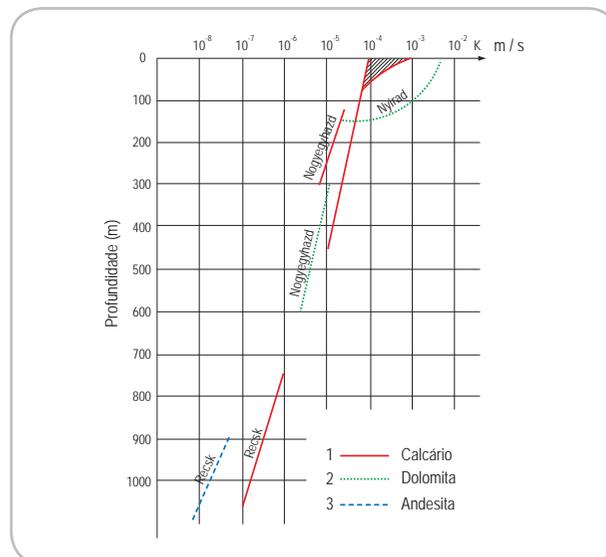


Figura 12. Variação de fator de filtração com a profundidade em rochas cársticas fraturadas nas minas húngaras (SCHMIEDER, 1978a)



Foto 3. Drenagem mediante sondagens subhorizontais em frente de Galeria na Mina subterrânea de cobre da Konkola (Zambia), da Konkola Copper Mine

Foto: R. F. Rubio

Exemplos típicos desse comportamento podem ser os correspondentes aos bombeamentos da mina Konkola (Zâmbia), com vazão total de bombeamento regulada mediante o controle de abertura ou fechamento de válvulas, instaladas sistematicamente nos furos subterrâneos de drenagem (água controlada) (MULENGA, 1991).

Também a mina de Neves Corvo (Portugal) apresenta uma evolução de vazões aproximadamente constante como consequência de uma situação de equilíbrio entre a redução da vazão devida à drenagem de reservas armazenadas e o incremento provocado pela continuidade de operações de mineração mais profundas e acessos laterais a novas áreas (FRASA, 1987).



Foto: R. F. Rubio

Foto 4. Água bombeada da Mina de Linhito a céu aberto de Cottbus–Nord (Alemanha), de Laubag

Na mina de ferro do Marquesado (Granada, Espanha), como conseqüência de uma alimentação induzida, procedente de aquíferos parcialmente isolados por aquitardos, ocorreram vazões semi-constantas, uma vez que o bombeamento em furos verticais realizados no interior da cava, atingiu um regime de equilíbrio para cada profundidade de drenagem (MEDINA SALCEDO *et al*, 1977).

5.5 EVOLUÇÃO DE VAZÃO DECRESCENTE COM O TEMPO

Esse comportamento é normal quando a drenagem ou a irrupção é produzida nas circunstâncias seguintes:

- drenagem em regime não permanente, mediante bombeamentos a rebaixamento constante, através de poços verticais, imposta pela profundidade das bombas;
- drenagem com fase inicial na qual predomina a captação integral dos recursos somada às reservas acumuladas com gradativa diminuição de reservas e a manutenção dos recursos; e
- após uma irrupção brusca de água na mina, por qualquer causa.

Os dois primeiros casos podem ocorrer ao longo da vida da mina ou por etapas, quando, periodicamente, se impõem novos níveis de drenagem. Esse foi o comportamento observado na mina de ferro Castilla (Guadalajara, Espanha), lavra a céu aberto drenada mediante furos verticais localizados na periferia e em seu interior, cada vez que se fez necessário deprimir o nível freático para rebaixar a frente de lavra a um novo piso (FERNÁNDEZ RUBIO, 1974).

Podemos igualmente incluir o caso da mina de ferro a céu aberto do Marquesado (Granada, Espanha), onde, cada vez que foi necessário o rebaixamento do nível dinâmico para aprofundar-se a cava, foi preciso intensificar o bombeamento, objetivando

a extração das reservas acumuladas entre o cone já estabilizado e o imposto para o novo nível de lavra.

O terceiro tipo, o de irrupção brusca, tem a sua evolução no tempo correspondente à formulada para as curvas de esgotamento de mananciais:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad Q_t = Q_0 (1 + \alpha t)^{-1}$$

onde:

Q_t	aporte no tempo t ,
Q_0	aporte inicial (tempo 0), e
α	coeficiente de esgotamento.

A descarga total (ΣQ) está dada pela integração de Q_t durante o período que durar a irrupção de água:

$$\Sigma Q = Q_0 \alpha^{-1} \quad Q = Q_0 \alpha^{-1} \text{Ln}(1 + \alpha t)$$

Zhongling (1988), ao estudar 74 irrupções de água, com registros de vazão máxima de irrupção e de pressão hidráulica inicial, estabelece a seguinte relação:

$$Q_{\text{máx}} = \beta (H_t^{1/2} - H_i^{1/2})$$

onde:

$Q_{\text{máx}}$	vazão máxima de irrupção (m^3/h),
β	coeficiente de irrupção (aproximadamente $3.600 \text{ m}^3/\text{h}$),
H_t	pressão hidráulica total no ponto de irrupção (atmosferas), e
H_i	início da pressão hidráulica (atmosferas).

Essa equação é similar à da hidráulica de tubulações. H_i varia de acordo com o tipo de minas, e Zhongling (1988) estabelece três diferentes categorias para minas de carvão e de ferro em ambientes cársticos da China:

Categoria A: grandes aquíferos cársticos e suficiente recarga (escoamento superficial abundante). Cavidades bem desenvolvidas, com condutos abertos e escasso preenchimento. Se a mina ou o túnel forem pouco profundos (200 a 250 m sob o nível piezométrico), H_t pode ser considerado 4 atmosferas.

$$\text{A equação a aplicar é: } Q_{\text{máx}} = 3.600 (H_t^{1/2} - 2).$$

Categoria B: aquíferos cársticos profundos não aflorantes, mas extensos e potentes. Preenchimento arenoso em cavidades de dissolução e muitos dos condutos transmissivos completamente abertos. Se a mina estiver de 200 a 400 m sob o nível piezométrico, H_t pode ser considerado entre 7,5 e 8 atmosferas.

$$\text{A equação a aplicar é: } Q_{\text{máx}} = 3.600 (H_t^{1/2} - 2,75).$$

Categoria C: condições semelhantes à Categoria B, com a diferença de que na Categoria C a água é transmitida através de falhas ou camadas finas de calcários, ou existem aquífugos entre a mina e o aquífero. Ao fluir a água através de tais obstáculos, a pressão hidráulica sofre grandes perdas, e H_t tem valores entre 12 e 13 atmosferas.

$$\text{A equação a aplicar é: } Q_{\text{máx}} = 3.600 (H_t^{1/2} - 3,5).$$

Para essas 74 irrupções bem documentadas, Zhongling (1988) chega à representação da (Figura 13).

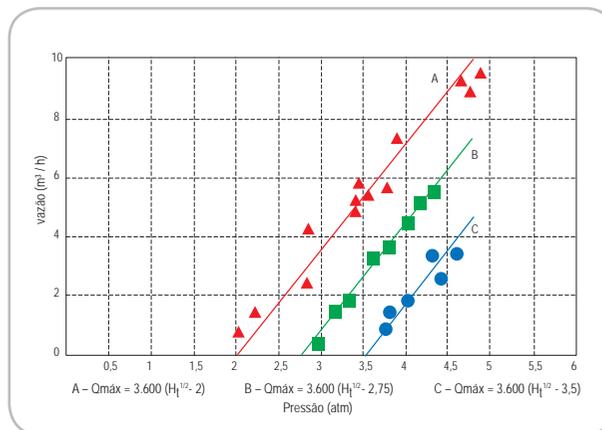


Figura 13. Irrupções imprevistas de água nas minas de carvão e ferro em ambientes cársticos da China (ZHONGLING, 1988)

5.6 EVOLUÇÕES MISTAS

Em muitos casos, a evolução da vazão ao longo do tempo segue comportamentos que são a combinação dos expostos anteriormente.

Assim, poderíamos fazer referência à mina de Morro da Usina, em Vazante, Minas Gerais (Brasil), na qual os testes de bombeamento, em escala real, foram realizados incrementando gradativamente a vazão drenada, até se atingir o máximo bombeável com o equipamento disponível. Nesse caso, a regulação foi conseguida incorporando furos de drenagem controlados por válvulas (FRASA, 1991).



Foto: R. F. Rubio

Foto 5. Inundação controlada post-fechamento na Mina de ferro de Águas Claras (Minas Gerais), da MBR-CAEMI



Foto: R. F. Rubio

Foto 6. Instalação de drenagem na Mina Bajo de La Alumbra (Catamarca, Argentina)

6 A ÁGUA DE MINA: ATIVO AMBIENTAL

Se forem aplicadas as tecnologias adequadas, a água de mina pode ser um importante ativo que deve ser integrado à gestão dos recursos hídricos.

A esse respeito, deve-se destacar que os aquíferos, no ambiente da mineração, são semelhantes àqueles que, em muitas ocasiões, são objeto de bombeamento para atender as demandas de água para o abastecimento urbano, agrícola e industrial. Quando isso acontece, é necessário empregar a técnica de drenagem preventiva em avanço (DPA) que, de uma forma bem simplificada, consiste em se extrair água do aquífero em setores afastados a uma certa distância da lavra, de maneira que essas águas não sejam afetadas pelas operações na mina.

Nessas condições, em quaisquer jazidas, inclusive as potencialmente mais contaminantes, como poderia ser uma jazida de pirita, se for captada água com um furo na zona saturada não explorada, essa água poderá ter uma qualidade que permita sua aplicação em muitos usos.

Dessa forma, consegue-se o duplo objetivo de rebaixar o nível piezométrico abaixo das cotas da frente de lavra, podendo-se obter, ao mesmo tempo, uma água ótima para atender às demandas das operações de mineração e a de abastecimentos de quaisquer tipos.

Quando essa DPA é aplicada apropriadamente, extraímos simplesmente água de um aquífero que “não percebe” nosso objetivo de drenagem da mina e, como consequência, sua qualidade equivale à da água que seria captada nesse aquífero subterrâneo.

A seguir, apresentamos alguns exemplos dessas atuações.

6.1 MINA DE ZINCO DE REOCÍN (CANTABRIA, ESPANHA)

Um caso especialmente interessante é o da mina subterrânea de Reocín (Santander, Espanha), de sulfetos complexos, na qual implantamos a DPA, com uma vazão média de 1.200 L/s, de água de qualidade, que

além de atender a todos os requerimentos da mina, foi empregada para o abastecimento de grandes indústrias e para a manutenção da vazão ecológica dos rios até o cessar do bombeamento.

6.2 MINAS DE CARVÃO-BAUXITA NO ENTORNO DO LAGO BALATÓN (HUNGRIA)

Por seu caráter espetacular, deve mencionar-se a drenagem das minas situadas ao norte do Lago Balatón (Hungria), das quais se tem extraído milhares de milhões de metros cúbicos de água mediante poços de drenagem em avanço perfurados na superfície e no interior.

Nessas minas, junto com a produção anual de carvão e bauxita, são incluídas toneladas de trutas criadas nas águas de drenagem (não esqueçamos que o melhor teste de qualidade de água são as próprias trutas), assim como os milhões de metros cúbicos dessas águas destinados ao abastecimento de, aproximadamente, meio milhão de habitantes.

A drenagem é realizada a partir de uma série de poços situados no entorno das lavras subterrâneas, dos quais é bombeada uma água sem problemas de qualidade e de uso direto para atender às demandas mencionadas.

6.3 MINA DE OURO DE BETZE-POST (CARLIN TREND, NEVADA, EUA)

Essa importante jazida, explorada a céu aberto por Barrick, corresponde a um depósito epitermal de ouro, localizado em carbonatos metamorfizados do Devoniano e em rochas intrusivas que hospedaram o ouro. Suas condicionantes hidrogeológicas são um tanto especiais pela presença de um importante aquífero com águas de elevada temperatura.

A drenagem da mina é realizada a partir de poços, perimetrais e no interior da cava, bombeando 3.670 litros/segundo. São tomados cuidados espe-

ciais para não contaminar essa água, conseguindo-se uma qualidade satisfatória.

Dessa água, aproximadamente 5% é destinada ao consumo da mina; 10% à irrigação de cerca de 2.000 hectares (superfície em contínuo aumento); e 85% é reinjetado no mesmo sistema hidrogeológico, à distância, mediante poços profundos e recarga através de barragens de superfície.

A água de drenagem, devido à sua temperatura superior a 60 °C, é resfriada até 32 °C, em um sistema de aeração e em uma barragem onde, simultaneamente, é reduzido o conteúdo solúvel de CaCO_3 (procedente das rochas carbonatadas).

Na nova mina subterrânea Meikle, localizada nas proximidades, devido à elevada temperatura da rocha (57 °C), se requer um sistema de refrigeração interior. Nesse caso, a água extraída passa por torres de resfriamento e é bombeada para um resfriador de ar para a refrigeração da mina.

6.4 MINA DE FERRO CAPÃO XAVIER (MINAS GERAIS, BRASIL)

Essa jazida, com reservas exploráveis de 140 milhões de toneladas de ferro de alto teor, está localizada no denominado Quadrilátero Ferrífero, 15 km ao sul da cidade de Belo Horizonte, a montante de captações para abastecimento urbano, e junto a uma mata tropical protegida. Tudo isso obrigou que fosse feito um planejamento de lavra muito cuidadoso para a preservação dos recursos hídricos e ambientais com o objetivo de minimizar o impacto da drenagem da mina e conseguir melhoras nas condições de gestão do aquífero.

Isso foi conseguido após um trabalho muito detalhado, com a compilação e o estudo de todas as informações meteorológicas, hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas, que nos permitiram projetar os critérios de proteção hidrológica, mediante um sistema de drenagem preventiva em avanço (dez furos

de drenagem e dezenas de piezômetros de controle), tudo isso sujeito a uma minuciosa normativa de controle e acompanhamento para compatibilizar a lavra da mina com o abastecimento de água da cidade.

A atuação foi focalizada em compatibilizar a drenagem com a manutenção da qualidade da água captada para o abastecimento da cidade de Belo Horizonte, incrementando as condições de garantia de fornecimento, otimizando a gestão hídrica, especialmente importante em uma área com pluviometria muito irregular, variando entre menos de 500 mm e mais de 2.800 mm/ano, com a possibilidade de contribuir, com um ambiente lacustre para a biodiversidade da região.

Dessa forma, foi programada toda a atividade da mineração, desde seu início, para se dispor, ao término da vida da mina, de um lago na cava final (60 milhões de metros cúbicos de capacidade), com água de qualidade, que contribuirá para biodiversidade dessa área e melhorará a paisagem.

A esse respeito, realizamos estudos detalhados para evitar a eutrofização e a salinidade das águas, completados com o desenho de um sistema de gestão ambiental, para garantir os objetivos propostos e, especialmente, os efeitos positivos sobre os recursos hídricos.

6.5 MINA DE COBRE LAS CRUCES (SEVILHA, ESPANHA)

Essa jazida, situada na Faixa Pirítica Ibérica, está localizada sob um aquífero protegido, devido ao seu uso para o abastecimento e a irrigação, motivo pelo qual a lavra da mina não deve afetar nem a quantidade nem a qualidade desse aquífero.

Por isto, como a lavra a céu aberto da mina requereu a drenagem do aquífero, em toda a área escavada foi desenhado um sistema de proteção do aquífero, mediante drenagem preventiva em avanço, com furos externos e no perímetro da cava como

intuito de interceptar a água subterrânea, evitando seu contato com o minério oxidável, complementado com um sistema de furos de reinjeção, situados a 2-3 km da cava. Dessa maneira, a água de drenagem e injeção (estimada em 200-250 L/s) circulará em circuito fechado e contínuo durante a operação da mina, retornando ao aquífero toda a água extraída. O dispositivo foi projetado com base em modelos matemáticos e foi testado com ensaios reais de bombeamento–injeção de longa duração.

Para a água requerida pelo projeto da mina, reduzida a quantidades mínimas pela reciclagem, a fonte principal de fornecimento será constituída de águas residuais depuradas da cidade de Sevilla, captadas durante os sete meses do inverno, para não afetar a vazão do rio Guadalquivir durante o período de seca.

6.6 MINAS DE LINHITO DE COTTBUS-NORTH E JÄNSCHWALDE (ALEMANHA)

Essas minas estão localizadas no setor mais oriental da Alemanha, próximas a Polônia. Trata-se de cavas nas quais se tem que desmontar uma cobertura de materiais detríticos e argilosos, não consolidados, que recobrem as camadas de linhito, sensivelmente sub-horizontais, que são extraídas de forma seletiva.

A água subterrânea é drenada mediante furos perimetrais profundos, e a água de afluição superficial à cava, após ser submetida a um processo de clarificação muito eficaz, é empregada em 50% na produção de vapor e na refrigeração da central térmica, enquanto os restantes 50% são lançados aos rios Spree e Schwarze Elster. A qualidade dessa água é tão boa que é utilizada na piscicultura e alimenta lagos com condições ideais para a vida de um grande número de aves aquáticas (garças, gaivotas, cisnes, cegonhas, entre outras).

6.7 MINAS DE FERRO DE SIERRA MENERA (TERUEL E GUADALAJARA, ESPANHA)

Um exemplo menos espetacular, mas muito didático, foi o das minas de ferro de Ojos Negros e Setiles (Teruel e Guadalajara, Espanha), situadas na divisória das bacias hidrográficas atlântica e mediterrânea, exploradas intensivamente durante dezenas de anos. Nelas, a mineralização do ferro localiza em contato com um aquífero cárstico confinado do Siluriano, composto por calcários, dolomitos e magnesitos, que se estende a ambos os lados e na zona axial da divisória.

Em condições não influenciadas e considerando-se a elevada permeabilidade cárstica, a piezometria apresentava-se, em cada massa mineral, confinada por formações de capa e lapa de baixa permeabilidade em uma quase horizontalidade.

A drenagem preventiva em avanço foi por nós proposta mediante furos de captação, tanto na periferia quanto nos bancos das cavas, conduzindo todas as águas bombeadas através de tubulações até sua descarga na rede hidrográfica, a uma distância tal que se garantisse o não-retorno à mina. Essa água permitiu satisfazer a todas as demandas do empreendimento (fundamentalmente para regar as pistas e suprir a demanda industrial), abastecer o povoado mineiro de Ojos Negros e a cidade de Setiles, fornecer água a uma lagoa muito afetada pela seca do verão e à qual foi dada utilidade recreativa e de lazer, e atender à irrigação de áreas agrícolas.

6.8 MINAS DE FERRO DE ALQUIFE (GRANADA, ESPANHA)

Igualmente, podemos nos referir às minas de ferro de Alquife (Granada, Espanha), cujas águas de dre-

nagem foram utilizadas, até o fechamento da mina, sem necessidade de tratamento, para atender à irrigação e para a recarga artificial a distância do próprio aquífero drenado, com o objetivo de evitar a que os irrigantes fossem afetados.

7. A ÁGUA E OS RESÍDUOS DA MINERAÇÃO

Outros problemas hidrológicos nas atividades de mineração podem decorrer das pilhas de minério e de estéril, das barragens de decantação de finos e de rejeitos, assim como dos efluentes líquidos da mina ou das usinas de beneficiamento do minério.

7.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

As operações de mineração requerem a extração de material estéril não mineralizado ou de baixo teor, e geram rejeitos de seu processo de beneficiamento em volumes mais ou menos importantes. Por exemplo, em minas de ferro a céu aberto, é frequente a razão estéril/minério de 1/3 a 1/6, e no caso de minérios de cobre, são aproveitados minérios com teores de 0,5%, ou seja, com 99,5% de estéril e rejeitos. Esses materiais são acumulados em pilhas de estéril e barragens ou pilhas de rejeito, podendo ainda ser utilizados como enchimento das cavidades da mina.

Todos esses resíduos sólidos e as próprias pilhas de minério, se não forem inertes, serão transformados em fontes potenciais de contaminação hídrica, com a peculiaridade de que seu efeito pode perdurar por longo tempo uma vez finalizadas as atividades da mina. Nesse caso, é importante reduzir ao máximo o acesso e a infiltração de águas (de chuva ou de escoamento superficial). Para isso, quando são reativos, os materiais são colocados de

forma adequada sobre um fundo contínuo impermeável, com uma cobertura também impermeável (com drenagem superficial) e terra vegetal para cultivo e restauração.

7.2 EFLUENTES LÍQUIDOS

Muitas operações de mineração implicam, obrigatoriamente, uma alteração do sistema hídrico natural. Por exemplo, no caso de a exploração se estender sob o nível piezométrico de um aquífero livre ou interceptar um aquífero confinado, deve-se extrair a água subterrânea enquanto durar a lavra da mina, a qual atuará como um “sumidouro” no sistema aquífero, graças ao rebaixamento piezométrico provocado pela drenagem. Por isso, em muitas minas, a quantidade de água extraída é muito maior que a quantidade de água escoada superficialmente.

Dependendo da composição litológica e mineralógica e do método de drenagem adotado, essas águas poderão ser de excelente qualidade (especialmente se for empregada a técnica que denominamos “drenagem preventiva em avanço”) e descarregadas diretamente na rede hidrográfica ou serem aproveitadas para abastecimentos irrigação e usos industriais. Mas quando se apresentam problemas de acidez, metais pesados, elevada salinidade, etc. e a água não atinge os padrões para seu lançamento, deve ser acumulada em barragens de evaporação ou ser submetida a um tratamento adequado até se conseguir uma qualidade aceitável para sua descarga.

Na quantidade e, especialmente, na qualidade das águas residuais produzidas pela mineração influencia o processo de beneficiamento do minério, a idade dos equipamentos e o dimensionamento, do processo.

8 QUALIDADE DOS EFLUENTES DE MINA

Quando a atividade minerária produz um efluente, em função da drenagem de águas subterrâneas ou da afluição de águas superficiais, é preciso assegurar que sua qualidade seja aceitável. A esse respeito, são muitos os parâmetros a se levar em conta e vamos ocupar de alguns deles.

8.1 TEMPERATURA DA ÁGUA

A temperatura da água de drenagem é um primeiro parâmetro a ser considerado. Efetivamente, de acordo com o gradiente geotérmico, a temperatura do subsolo – e, portanto a da água subterrânea em contato com ele – vai-se incrementando a uma média de 3 °C a cada 100 m de profundidade, o que significa que, para profundidades normais na mineração subterrânea, de várias centenas de metros e inclusive de milhares de metros, a temperatura alcançada pela água de drenagem supera os 30 ou 40 °C. Em alguns casos, como na Mina Konkola em Chililabombwe (Zâmbia), os gradientes são anormalmente baixos (somente 0,1 °C a cada 100 m), como consequência da grande afluição de água superficial que refrigera a rocha.

As águas quentes, antes de seu lançamento em cursos d’água, requerem uma redução térmica, como é feito nas instalações da mina de Betze-Post (Utah, EUA). Nesses casos, é possível se obter uma recuperação do calor mediante dispositivos de troca de calor.

8.2 SÓLIDOS EM SUSPENSÃO

Outra causa freqüente de alteração da qualidade da água são os sólidos em suspensão. Para se evitar esse problema, são adicionados floculantes e/ou empre-

gadas barragens de decantação, muitas vezes acompanhadas de filtros biológicos, formando extensas áreas úmidas.

Nas estações de tratamento de águas de mina (ETAM), são utilizados, com frequência, processos físicos e químicos para facilitar a floculação e a deposição dos sólidos em suspensão, obtendo-se um efluente final em conformidade com as normas de qualidade. Este é o caso do tratamento das águas de drenagem da mina de sulfetos complexos de Neves Corvo (Portugal), onde a água circula por uma barragem em forma de U, cujo percurso leva três dias decantando os sólidos, além de promover a correção de seu elevado pH, com adição de CO_2 . Igualmente nas minas a céu aberto de linhotos, na Alemanha e na Polônia, é imprescindível o tratamento para eliminar o grande volume de sólidos em suspensão, procedentes dos materiais de origem glacial que cobrem as jazidas de carvão. Outro exemplo relevante desse tratamento por decantação é o realizado na mina Morro da Usina, em Vazante, Minas Gerais, Brasil.

Os sistemas de drenagem e tratamento devem ser dimensionados para enfrentar chuvas de intensidade excepcional. A seleção do período de retorno depende das conseqüências econômicas e ambientais, que poderia produzir a falha do sistema de drenagem e/ou de tratamento, em comparação com o custo de se aumentar a capacidade de armazenamento e/ou de tratamento.

8.3 DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

Entre os problemas mais graves que na mineração tem de se enfrentar, encontra-se o referente à drenagem de águas ácidas, que podem afetar de forma importante à qualidade das águas. Essas águas ácidas podem se formar tanto no interior da cava da mina quanto em sistemas de deposição de estéril ou rejeito pela oxidação da pirita (FeS_2) (e com menor impor-

tância outros sulfetos), exposta às condições atmosféricas, como resultado da lavra da mina.

No caso de pilhas de estéril, a formação de águas ácidas inicia-se na parte mais superficial e, por serem essas pilhas permeáveis, as águas infiltram-se, lixiviam rochas e metais e surgem ao pé das pilhas, afetando seriamente o desenvolvimento da vegetação e, como conseqüência, incrementando os processos erosivos.

Sem entrar em detalhes, que são abordados em bibliografia específica, pode-se destacar que quatro elementos são condicionantes imprescindíveis na gênese dessas águas:

- pirita, mineral onipresente no solo;
- oxigênio, parte substancial nos poros e nas cavidades do solo não saturado;
- água, presente no solo em forma de umidade ou de fluxo; e
- bactérias acidófilas (principalmente a *Thiobacillus ferrooxidans*).

Essa conjunção de fatores aparece em muitos contextos da mineração, mas especialmente nas lavras de sulfetos complexos e de carvão, muitas delas com muitos anos de atividade de mineração e alterações ambientais notórias.

No caso de afloramentos de rochas piríticas, como os da Faixa Pirítica Ibérica, no sudoeste da Península Ibérica, o processo de oxidação aeróbica já existia no Pleistoceno, com formação de águas ácidas, lixiviação e transporte de metais pesados por meio do escoamento superficial. Uma conseqüência desse processo natural de lixiviação foi precisamente, o enriquecimento em ouro na parte superficial alterada (*gossan*) objeto da lavra.

As águas ácidas atacam as rochas e os minerais, em seu percurso superficial e subterrâneo, originando altas concentrações de alguns íons em maior ou menor grau, de acordo com a composição da rocha

ou do mineral (cobre, chumbo, zinco, níquel, prata, flúor, urânio, antimônio, mercúrio, cromo, selênio, cádmio, arsênio, alumínio, manganês etc.).

Quando as águas ácidas entram em contato com materiais carbonatados elas são alcalinizadas, produzindo-se a precipitação de certos íons metálicos, exceto aqueles que requerem alcalinidade muito maior para se precipitar.

Tanto sob o aspecto quantitativo quanto sob o qualitativo, a drenagem ácida de mina varia muito de uma mina a outra, e acusa flutuações ligadas aos ciclos de chuvas, com variações na concentração de metais pesados, que costumam indicar:

- lento aumento ao longo dos meses secos;
- brusco incremento após as primeiras chuvas; e
- diminuição gradativa na época de chuvas.

9 CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

9.1 MÉTODOS DE PREVENÇÃO

Quando a qualidade da água da mina é afetada, deve ser tratada de maneira eficaz para minimizar o efeito contaminante, mas, antes de se chegar a essa circunstância, o mais importante é evitar ou reduzir a contaminação. Para isso, há de se considerar que a contaminação derivada de atividades de mineração está estreitamente relacionada com os métodos de lavra, o aporte de águas (superficiais e subterrâneas) e o tratamento destas.

A respeito das formas de atuação, cabe indicar que, em geral, a ação não se restringe a um único procedimento, mas a uma combinação de vários, sendo implantada em função do problema específico a resolver, pois sua eficiência pode ser muito diferente de um caso para outro.

Seja como for, é muito importante planejar as operações de prevenção da contaminação desde o

início da lavra, e continuar sem interrupção até o seu fechamento.

Com um adequado planejamento, pode-se evitar ou, pelo menos, minimizar a contaminação, e caso esta se produza, pode-se aplicar um tratamento corretivo. Na prevenção, deve-se ressaltar que um aspecto importante a se ter sempre em conta é a maior redução possível da entrada de águas (superficiais ou subterrâneas) na área de lavra.

No caso de haver risco de surgimento de águas ácidas em ambientes piríticos, e considerando que não é possível evitar a presença de pirita, são pertinentes, a princípio, as seguintes ações:

- impedir o acesso da água mediante adequadas barreiras geológicas ou de engenharia;
- evitar a presença de oxigênio mediante a inundação da mina ou a submersão em água dos estéreis piríticos; e
- combater a presença de bactérias mediante bactericidas eficazes (embora seu efeito temporal seja atualmente limitado).

Se o aporte de água até a mina subterrânea ocorre através de fissuras ou fraturas localizadas, pode ser suficiente a canalização, nesses pontos, dos cursos que as alimentam, ou a colocação uma cobertura de baixa permeabilidade ou, ainda, a injeção impermeabilizante dessas vias de acesso. No caso da infiltração acontecer através de uma superfície extensa, sem estar localizada pontualmente, pode ser conveniente (se for possível) desviar as águas que fluem a essa área de infiltração. No caso de depósitos de estéreis ou rejeitos piríticos, pode-se colocar uma cobertura impermeável sobre a superfície (argila compactada ou geomembrana) para se reduzir ao mínimo o fluxo de água até o interior dos materiais contaminantes: é uma técnica cara, porém muito eficaz, indicada para depósitos de pequena extensão, que produzam águas tóxicas e constituam um problema local sério.

Se as precipitações atmosféricas e a permeabilidade das rochas forem altas, será conveniente remodelar os taludes superficiais e fazer sua impermeabilização para permitir o escoamento sem propiciar erosão. As águas recolhidas devem ser evacuadas para fora do local. Para se obter sucesso, a aplicação dessa técnica deve estar apoiada em estudos hidrogeológicos de grande detalhe, pois será suficiente que uma única via permeável não seja detectada para que o desvio das águas superficiais fracasse.

A inundação pré-planejada de rochas piríticas é um procedimento muito prático para evitar a formação de água ácida. Consiste em inundar a mina (abandonada) ou o depósito de estéril e rejeito para que os sulfetos não tenham contato com o oxigênio, com o que cessará a oxidação da pirita. No entanto, embora a inundação reduza a oxidação dos sulfetos, pode-se produzir, inicialmente, em alguns casos, um incremento da carga contaminante ao se incorporar minerais pré-oxidados, ou produzir-se uma afluência de águas já mineralizadas.

Atuações desse tipo, foram programadas por nós, na Espanha e em Portugal, com financiamento da União Européia, incluindo:

- tamponamento e fechamento de drenagens de mina;
- canais perimetrais, ao redor de mina e depósitos de estéril e rejeito, para evitar o acesso de água;
- traslado de estéreis a cavas de mina; e
- vedação e impermeabilização de depósitos de estéril e rejeito.

No caso de minas a céu aberto, os materiais relativos podem ser selados com argilas ou filitos compactados e estabilizados com uma camada de estéril não produtor de ácido. Em qualquer caso, isto não é fácil se a cava estiver em condições de exposição atmosférica por problemas de manutenção.

9.2 MÉTODOS DE CORREÇÃO

Em presença de águas ácidas, como consequência de uma atividade de mineração antiga, na qual os requisitos ambientais não foram considerados, deve-se aplicar medidas corretivas.

Não nos referimos à reciclagem e à reutilização, recomendáveis sempre que for possível (descarte zero); nem ao armazenamento e à descarga controlada, quando o curso d'água tiver suficiente capacidade de diluição. Estamos nos referindo à aplicação de tratamentos ativos com significativos custos operacionais (emprego de produtos químicos, eletrólise, osmose reversa etc.), ou tratamentos passivos, com baixa manutenção (tanqueamento e evaporação, com areação e oxigenação; lagunagens aeróbicas ou anaeróbicas; tratamentos brandos, sem adições químicas ou com poucas adições).

9.3 TRATAMENTOS ATIVOS

Os métodos químicos tradicionais para as águas ácidas consistem em sua neutralização mediante aditivos químicos (normalmente adição de cal), seguidos de areação mecânica (incorporação de oxigênio), clarificadores e barragens de decantação.

Ao se alcalinizar a água, com pH acima de 5 e até 8,5-9, muitos metais dissolvidos se hidrolizam e precipitam, enquanto outros metais pesados requerem pH mais alto, o que cria problemas de qualidade do efluente. Se não há limitação no aporte de oxigênio, a proporção de oxidação normalmente se incrementa com o aumento do pH, razão pela qual aeração deve seguir-se à neutralização.

O precipitado sólido normalmente é uma mistura amorfa de óxidos e hidróxidos, e se foi adicionada cal, também de gesso e parte da cal que não reagiu. Esse lodo é bombeado a partir da lagoa de decantação, e seu volume deve ser reduzido com filtro-prensa, para ser depositado em instalações ade-

quadas e seguras, ou ser parcialmente reciclado ao depósito de neutralização e areação.

Alguns tratamentos ativos, com maior complexidade, são necessários para águas muito contaminadas, como, por exemplo, a desmineralização mediante osmose reversa ou resinas de troca iônica. Nesse sentido, a cada dia ganham maior interesse as possibilidades de recuperação e aproveitamento de alguns metais dissolvidos quando seu conteúdo é elevado.

9.4 TRATAMENTOS PASSIVOS

Quando as vazões de efluentes não são muito grandes, os tratamentos passivos apresentam-se como a melhor solução do ponto de vista da relação custo-efetividade. Trata-se de medidas corretivas, especialmente para águas ácidas de mina (mas também para as alcalinas), sobre as quais existe grande experiência positiva, embora também fracassos por inadequada aplicação. Trata-se, fundamentalmente, das armadilhas calcárias em meio anóxico, completadas com lagoas anaeróbicas, em todas as suas variantes.

Em especial, destaca-se o emprego de áreas inundadas, nas quais, além de serem tratadas essas águas, se desenvolvem biótopos de grande interesse para a vida vegetal e animal.

Esses tratamentos passivos, cada vez mais atraentes, conseguem melhorar parâmetros químicos que têm causado problemas ao longo de muito tempo. Inclusive em locais onde outros tratamentos foram inadequados, temos agora a possibilidade dessa redução sulfatada bacteriana, que faz com que se precipitem metais pesados, formando verdadeiras “jazidas” minerais no fundo dessas áreas inundadas.

O principal fator a favor das áreas inundadas é seu baixo custo de manutenção, ligado à circunstância de perdurar de forma natural, ao se originar um entorno ideal para o desenvolvimento de bactérias redutoras de sulfato, que geram a alcalinidade res-

ponsável pelo incremento do pH e pela precipitação de óxidos e hidróxidos de metais pesados.

O tratamento passivo mais simples é o que se realiza em lagoas anaeróbicas artificiais, mas esse tipo de tratamento só é aplicável para águas com um pH quase neutro, contendo alcalinidade suficiente para neutralizar a acidez gerada, pela hidrólise e pela precipitação dos metais.

No entanto, considerando que as lagoas, por si mesmas, não adicionam alcalinidade e não podem ser utilizadas para rebaixar o conteúdo em manganês, atualmente são incorporados, a essas lagoas anaeróbicas, drenos calcários anóxicos (ALDs), sistemas produtores de alcalinidade (SAPS) e leitos filtrantes rochosos.

As milhares de instalações em operação permitem constatar progressos importantes e tratamentos de vazões, a cada dia maiores. Frequentemente, a limitação procede da necessidade de disponibilidade de superfície, pois é requerido um tempo prolongado de circulação da água no sistema de tratamento. Além disso, é necessário estudar, em cada caso particular, a cinética de remoção dos contaminantes para projetar um adequado desenho. Isso significa que não há modelos gerais aplicáveis a todas as circunstâncias, e daí uma causa frequente de fracasso de instalações inadequadamente desenhadas.

Uma área inundada ou lagoa convencional aeróbica, sobre substrato argiloso, pode ser suficiente para tratar águas neutras ou alcalinas com elevados conteúdos em ferro, removendo de 10 a 20 g de ferro por metro quadrado e por dia. Mas não é a essas lagoas que vou fazer referência, pois não são as mais eficazes para tratar águas ácidas, dado que, na precipitação do ferro como hidróxido, o pH diminui, o que leva à redução da oxidação do ferro em dissolução.

A primeira melhoria para neutralização da acidez pode ser conseguida substituindo o solo por um subs-

trato orgânico de “compost” e calcário. A alcalinidade é produzida tanto pelas bactérias redutoras de sulfatos quanto pela dissolução do calcário. Assim, a acidez se neutraliza em lagoas aeróbicas, nas quais a maior parte da água flui sobre o substrato orgânico, com taxas de 3,5 a 7 g de $\text{CaCO}_3/\text{m}^2/\text{dia}$. Pode-se conseguir neutralizações mais elevadas forçando-se a água a circular através desse substrato, de maneira que atuem plenamente as bactérias redutoras de sulfatos.

Uma melhoria notória pode ser evidenciada quando é realizado um tratamento prévio com calcário, antes de água fluir para a lagoa. Isso é o que se consegue com os drenos calcários anóxicos (ALD). Trata-se de drenos isolados da atmosfera para evitar que o ferro férrico se oxide e se precipite, criando uma película ao redor do calcário que iniba seu papel alcalinizante. Aconteceria o mesmo com a precipitação do hidróxido de alumínio.

De muita utilidade são também os SAPS, que são drenos isolados da atmosfera, no quais o calcário é colocado sob um leito de “compost” e sob aproximadamente um metro de água.

Em todo caso, os avanços tecnológicos nessa matéria são tão importantes que seu desenvolvimento deve ser acompanhado dia-a-dia, assistindo-se a congressos específicos e consultando-se publicações especializadas, âmbito no qual a International Mine Water Association (IMWA) está desempenhando um importante papel.

As últimas inovações estão sendo aplicadas em áreas inundadas com macrófitas flutuantes.

10 MODELAGEM HIDROGEOLÓGICA

Para planejar e prever, a médio e a longo prazos, a temática da água nas minas, faz-se necessária a realização de estudos muito bem documentados que culminem na modelagem do fluxo de água e do fluxo de conta-

minantes para predizer seus comportamentos ao longo do tempo. Para isto, sempre é preciso partir de um modelo conceitual que reflita perfeitamente todas as circunstâncias, baseando-se na identificação das unidades hidrogeológicas, nas estruturas, nas condições de contorno, nos mecanismos de recarga/descarga etc. Tudo isso referido não só à vida ativa da mina, mas também ao encerramento da atividade de mineração.

Um aspecto importante da modelagem é o balanço hídrico para se quantificar a contribuição de águas de diversas origens na recarga e na descarga do contexto da mina. As recargas podem proceder das precipitações, das águas superficiais e dos fluxos subterrâneos. As descargas podem incluir evaporação, fluxo até outros aquíferos, bombeamentos e fluxos superficiais.

Nesse quadro, qualquer contaminante potencial tem que ser quantificado e caracterizado mediante um programa de investigação geoquímica. Os processos químicos que incidem na qualidade da água são simulados, estabelecendo-se premissas físico-químicas que permitam predizer a qualidade da água ao longo do tempo. Considerando-se que, com frequência, podem aparecer incertezas referentes a esses processos é necessária a utilização de técnicas probabilísticas para se avaliar o intervalo de incerteza na predição da qualidade química.

Além disso, os modelos hidrogeológicos e hidroquímicos devem ser utilizados para se avaliar os diversos cenários de fechamento da mina. Assim, por exemplo, pode-se prever a evolução do enchimento do sistema hidrogeológico-mineiro, a relação entre águas subterrâneas e superficiais, a qualidade final da água de mina, etc.

11 ESTUDOS HIDROLÓGICOS DE BASE

Um aspecto básico em todo o planejamento da água, em relação a atividades de mineração, é a aborda-

gem, desde a fase mais inicial, da investigação ambiental para se conhecer as condições anteriores do entorno que poderá ser afetado pela implantação de uma mina, em todos os aspectos relativos a águas superficiais e subterrâneas (qualidade, quantidade, balanço hídrico, relações, etc.).

Sobre essa base, deve-se abordar as ações preventivas e corretivas, acompanhadas dos adequados dispositivos de alarme e controle de todos os parâmetros que possam ser afetados. O acompanhamento rigoroso desse levantamento de dados é fundamental para evitar-se efeitos indesejáveis.

Esses estudos permitem a geração de amplas bases de dados e, principalmente, de adequados pacotes de tratamento, com o apoio dos sistemas de informação geográfica para integrar, com flexibilidade, informações cruzadas e dar-lhes representação gráfica e visual adequadas.

O tratamento dos dados deve permitir:

- capturar e importar dados históricos de diferentes origens;
- gerir e organizar os dados;
- validar os dados para garantir sua consistência,
- exportar a informação a programas de tratamento;
- produzir desenhos, diagramas e mapas adequados.

12 CONTROLE DA ÁGUA DE MINA

A abordagem dos temas hidrológico-mineiros tem que estar acompanhada por um programa de verificação contínua que permita detectar, a todo momento, as reações do sistema diante da drenagem da mina. Tal controle exige o monitoramento em um conjunto de pontos de água cuidadosamente selecionados (mananciais, poços, furos de sonda, córregos, etc.), não só no que se refere à piezometria e à vazão, mas também à qualidade das águas.

12.1 CONTROLE PIEZOMÉTRICO

Esse controle, espacial e temporal, proporciona dados de grande interesse. O mapa piezométrico mostrará áreas de recarga, direções de fluxo e setores de descarga, com a incidência das drenagens de mina e das recargas naturais ou induzidas pela operação de mineração, informação válida para prever os problemas de afluxos de água, e também para antecipar aspectos referentes a possíveis contaminações.

12.2 CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Nesse aspecto, deve-se abordar o seguinte:

- Controle de focos potenciais de contaminação e de áreas de lançamento de efluentes sólidos e líquidos: devem ser inspecionados sistematicamente os tanques e as conduções de produtos contaminantes, perante a possibilidade de fugas, e serem instalados sistemas de segurança. Devem ser escolhidas áreas de depósito com condições adequadas para evitar-se problemas de contaminação e devem ser realizadas inspeções periódicas.
- Amostragens de qualidade das águas: devem incluir os furos de sonda ou poços construídos expressamente para esse fim ou os previamente existentes. As amostras de água devem ser representativas (bombeamentos no caso de furos e poços, cuja duração dependerá da hidrogeologia local). Devem ser feitas campanhas periódicas de amostragem e análise nos abastecimentos de água, para poder-se detectar as mudanças de qualidade. O monitoramento da qualidade dos córregos aportará informações da componente de fluxo de águas subterrâneas e será indicador da qualidade conjunta de certo número de nascentes.

Os pontos de amostragem devem ser escolhidos de acordo com critérios hidrogeológico vinculados à

mina. A distribuição arbitrária implicaria um custo excessivo e não cobriria os objetivos. Para isso, a geoestatística presta uma ajuda muito apreciada.

A respeito da frequência de amostragem, deve-se ressaltar que, em condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas, em aquíferos não fissurados nem cársticos, muda de um modo lento com o tempo, que pode responder a ciclos estacionais relacionados com mudanças na recarga, na piezometria e na descarga. Porém, a ação do homem pode implicar mudanças mais significativas e rápidas na qualidade das águas subterrâneas.

Dois efeitos frequentes da contaminação são: o aumento na amplitude das mudanças anuais da qualidade e a deterioração progressiva dessa qualidade, referida a um período plurianual. Nesse sentido, a frequência a se adotar, para a amostragem de controle da qualidade da água subterrânea, depende da sensibilidade do aquífero ante as influências naturais e antrópicas.

No caso de lançamentos de efluentes, sujeitos a mudanças rápidas em sua composição, pode ser apropriada a realização de uma amostragem diária ou semanal. Para caracterizar mudanças nas águas subterrâneas, pode ser suficiente uma frequência quinzenal ou mensal. Em geral, quando não se dispõe de fundo informativo adequado e pretende-se definir mudanças periódicas, o programa de supervisão deve incluir, pelo menos, dois anos de observações com essa frequência; depois a amostragem pode ser mais espaçada, em um ritmo trimestral ou semestral, para uma supervisão de longo prazo das mudanças na qualidade.

O controle em áreas próximas, a jusante de um foco de contaminação, pode requerer uma frequência quinzenal, mensal ou bimensal. No entanto, quando há perigo de contaminação grave (por exemplo, por constituintes tóxicos) que possa afetar o abastecimento urbano, a frequência do controle

deve ser aumentada de acordo com a gravidade da situação.

O controle da qualidade das águas deve ser focalizado na análise de contaminantes específicos, em função de sua periculosidade, persistência, concentração, facilidade de identificação ou outros traços característicos. No caso das atividades de mineração, é fácil imaginar antecipadamente os contaminantes que podem estar presentes e que, portanto, serão necessários controlar. Estes não serão somente inorgânicos, pois poderá haver também orgânicos, provenientes dos produtos empregados nos processos de tratamento de minérios.

12.3 CONTROLE DO BALANÇO HÍDRICO

O controle do balanço hídrico, no que se refere à quantidade e à qualidade, é fundamental para o acompanhamento dos efeitos da drenagem e para a previsão das modificações as quais induz a curto, médio e longo prazos.

No caso da qualidade, permite estudar e prever efeitos de diluição, absorção/adsorção, retenção, estratificação, etc. dos contaminantes, assim como os riscos decorrentes.

Esses controles devem fazer referência não só ao contexto da mineração em sentido restrito, mas também a sistemas de deposição de estéril e rejeitos em lagoas de evaporação para se prever tudo o que for relativo a seus efluentes, assim como as possíveis fugas.

12.4 CONTROLES PÓS-OPERACIONAIS

A mineração, que é praticamente a única atividade industrial geradora de água, tem outra característica específica que a distingue o fato de, após o fechamento da operação de mineração, sua influência no meio hídrico poder perdurar por muito tempo, até

que seja restabelecida a estabilidade, que pode ser diferente da existente previamente. Portanto, deve-se pensar no prosseguimento dos controles em ritmo e pontos justificados pelos estudos prévios realizados.

Esse acompanhamento permitirá a verificação periódica das previsões e a implementação, caso necessário, de ações adequadas para resolver problemas que possam ocorrer, especialmente de qualidade das águas.

13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água, absolutamente necessária para muitos processos e operações da mineração, cria problemas e acarreta custos adicionais importantes como consequência tanto das necessidades de drenagem como da interferência em sua qualidade; motivo pelo qual se requer a gestão e o manejo adequado dessa água.

Nesse sentido, o êxito e a viabilidade da atividade de mineração dependem, em grande medida, da resolução de suas interações com a água, o que exige um adequado conhecimento do contexto hidrológico, como apoio para as ações “hidrológico-mineiras”, que serão tão mais eficientes e de menor custo quanto antes se iniciarem. Essas ações devem abranger toda a atividade, da fase de investigação até a de pós-fechamento, desenhando-se e implementando-se as medidas preventivas e corretivas mais adequadas.

A interação água–mineração tem que ser considerada em toda a sua amplitude, não só nas fases de exploração, operação, fechamento e pós-fechamento, mas também nos processos de tratamento do minério, sem esquecer que os impactos nos recursos hídricos podem persistir por muito tempo.

Para fazer frente a esses desafios, dispõe-se, hoje, de tecnologias muito avançadas que permitem evitar ou reduzir o impacto negativo nos recursos hídricos, comprovadas pela experiência, e condicionadas pela natureza da jazida e o tipo de lavra. Para isso, deve-se

conhecer com precisão o contexto hidrogeológico na área de mina, sem esquecer que a atuação tem que ser dinâmica, requerendo atualização e adequação ao longo de toda a vida da operação de mineração.

Em todo caso, e dado que em numerosas minas é extraída muito mais água que minério, é necessário reduzir ao máximo o acesso de águas (superficiais ou subterrâneas) às operações de mineração. Se, apesar disso, for necessário efetuar a drenagem no âmbito da mineração, a tecnologia mais conveniente é a de Drenagem Preventiva em Avanço, que permite obter águas de qualidade, que podem tornar-se um ativo muito interessante para atender a diferentes demandas e integrável no marco da gestão ótima dos recursos hídricos. Essa drenagem permite o rebaixamento do nível da água, por baixo das cotas da lavra, ao mesmo tempo que possibilita obter uma água ótima para atender à demanda da mineração e às demandas de uso de qualquer natureza.

Nessas drenagens, os caudais e os volumes dependem, fundamentalmente, das características dos aquíferos afetados (transmissividade, dimensões das vetoras etc.), dos aportes induzidos a partir de águas superficiais e das infiltrações rápidas das precipitações.

Outros problemas hidrológicos na atividade de mineração podem ser decorrentes não só das pilhas de minério e depósitos de estéril e rejeito, mas também dos efluentes líquidos de mina ou da usina de beneficiamento do minério. Quando a operação de mineração produz um efluente, devido à drenagem de águas subterrâneas ou à contribuição de águas superficiais, é necessária atenção prioritária para assegurar que sua qualidade seja aceitável. Nesse sentido, é conveniente controlar todos os parâmetros indicadores.

Para a minimização dos efeitos poluentes, o mais importante é evitar ou reduzir a contaminação, desde o início da atividade de mineração, continu-

ando sem interrupção até o pós-fechamento. Com um adequado planejamento, pode ser evitada ou pelo menos minimizada a contaminação, e, caso se produza, podem ser aplicados tratamentos corretivos eficientes. Hoje, ante os tratamentos químicos convencionais, especialmente para as águas ácidas, a melhor solução é a que oferecem os tratamentos passivos (com milhares de instalações em operação), considerando sua relação custo-efetividade, assim como a relativa simplicidade de sua manutenção, ligado tudo isso à circunstância de sua persistência natural. É necessário estudar, para cada caso em particular, a cinética de remoção dos poluentes para projetar um adequado desenho de tratamento passivo e levar em conta o contínuo desenvolvimento dessas tecnologias.

No planejamento a médio e a longo prazos, é preciso realizar estudos hidrogeológicos e hidroquímicos, muito bem documentados, que devem con-

cluir pela modelagem do fluxo de água e poluentes para predizer seus comportamentos no curto, no médio e no longo prazos. Para isso, sempre é necessário partir de um modelo conceitual que reflita perfeitamente todas as circunstâncias, da pré-mina até o pós-fechamento. Esses modelos, hidrogeológicos e hidroquímicos, devem ser utilizados sempre para avaliação dos diferentes cenários possíveis quanto à qualidade, à quantidade, ao balanço hídrico, às relações etc.

Assim, devem ser abordadas as ações preventivas e corretivas, acompanhadas dos adequados dispositivos de alarme e controle de todos os parâmetros que possam ser afetados. A abordagem dos temas “hidrológico-mineiros” tem de ser acompanhada de um programa de monitoramento contínuo, que permita detectar, a todo momento, as reações do sistema influenciado pela drenagem da mina.

**GESTÃO DESCENTRALIZADA E PARTICIPATIVA
DOS RECURSOS HÍDRICOS E A MINERAÇÃO:
RISCOS E OPORTUNIDADES**

CAPÍTULO 2





Elisa Romano¹
Paulo Afonso Romano²
Vitor Márcio Nunes Feitosa³

1 INTRODUÇÃO

Desde que surgiu na face da Terra, a espécie humana vem desenvolvendo aptidões que, por aumentarem seu conhecimento sobre os processos naturais, a distinguiram das demais espécies, permitindo-lhe o domínio sobre a natureza. Passando a conhecer mais os materiais e os processos de transformação destes, o homem ganhou o poder de intervir na natureza para atender, inicialmente, a suas necessidades de sobrevivência, e, posteriormente, a seus anseios por construir um tecido social complexo e pleno de confortos e regalias, ainda que seu entendimento sobre as consequências de tais intervenções fosse desprezível.

Simbolicamente, a mineração passou a significar, para a sociedade, o elo entre o ser primitivo, que dependia e se subordinava inteiramente aos processos naturais, e o homem moderno, com seus desejos e necessidades que podiam ser atendidos pelo manejo da natureza. Por meio do processo da produção material, o meio natural passa a ser transformado para proporcionar produtos para o uso humano.

Historicamente, a mineração sempre foi considerada uma atividade estratégica, uma vez que, pelas razões anteriores, o acesso aos bens minerais abriria as portas para a transformação em produtos finais de in-

teresse das sociedades. Em consequência, a atividade de mineração sempre despertou pouco interesse pelo conhecimento de seus processos, visto que seus benefícios sempre proporcionaram o almejado bem-estar social. Já mais recentemente, quando o homem começa a se perceber como parte de um processo natural, com o qual mantém relações de interdependência, as consequências negativas de suas intervenções, os chamados impactos ambientais, passam a ser detectados, tendo seus aspectos negativos invariavelmente ressaltados. Quais as razões para tal? Vejamos o caso brasileiro como exemplo ilustrativo.

O surgimento da mineração no Brasil esteve fortemente atrelado aos interesses estratégicos da Coroa Portuguesa, que, pela necessidade de financiar-se, estimulou a formação de grupos de aventureiros, os quais, por meio das Entradas e Bandeiras, atingiram as áreas mais remotas do país, garantindo não somente o acesso a esses bens, mas a conquista do território desconhecido e selvagem, e sua subsequente colonização. Para os líderes dessas expedições, a única coisa que se opunha a seus objetivos de riqueza e dominação era exatamente a natureza selvagem que, portanto, deveria ser dominada e abatida.

¹ Bióloga, Analista Ambiental da Confederação Nacional da Indústria.

² Engenheiro Agrônomo, Consultor para área de Meio Ambiente da Secretaria de Agricultura de Minas Gerais, Diretor da Federação de Agricultura do Distrito Federal.

³ Geólogo/USP, MBE – Master in Business of the Environment – COPPE/UFRJ, MBA em Gestão e Empreendedorismo Social – FIA/USP, Gerente Geral Desenvolvimento Sustentável da Samarco Mineração S. A.

Estabeleceu-se, desde então, um vínculo entre mineração e impacto ambiental que muitas vezes extrapola os danos reais e torna difícil a identificação pela sociedade dos modernos processos de controle ambiental hoje aplicados por essa indústria. Tal vínculo ficou evidente em pesquisa realizada pela Consultoria Door to Door – Instituto de Pesquisa de Mercado e Opinião, contratada pelo IBRAM e pela Secretaria de Minas e Metalurgia do Ministério de Minas e Energia. Segundo a pesquisa, que realizou 2.455 entrevistas face a face, em 24 cidades de 8 estados, nas cinco regiões brasileiras, de 30 de janeiro a 8 de fevereiro de 2002, a associação mais forte feita com a palavra mineração são produtos minerais, com amplo destaque para o ouro e o ferro, seguido pelas pedras preciosas, pelos produtos energéticos (petróleo e carvão) e pelos materiais de interesse da construção civil. Observa-se que tais produtos se ligam aos fundamentos de uma sociedade nascente, com necessidades básicas de sobrevivência e com o eterno sonho de riqueza que a imagem do Eldorado sempre trouxe, desde os tempos dos bandeirantes.

Portanto, quando a sociedade iniciou sua reação aos crescentes impactos que o progresso trazia e colocava em risco o meio ambiente e sua capacidade de suporte, o *recall* do vínculo histórico criado pré-definiu um responsável: a mineração. E as transformações pelas quais passou esta indústria ficaram invisíveis.

Atualmente, muitos minerais já perderam seu caráter estratégico, transformando-se em simples *commodities*, levando a um aumento de sua oferta no mercado internacional e acentuando a competição. A competitividade nos mercados mundiais é também estimulada pelo rápido progresso tecnológico que atinge fortemente todos os setores da produção mineral, que, por sua natureza, são intensivos em tecnologia. O crescimento da reciclagem de metais,

a redução do conteúdo de materiais metálicos nos produtos, a substituição entre minerais para obter maior eficiência nos processos produtivos, a criação de novos materiais, o surgimento de novas tecnologias de controle ambiental e a incessante busca por eficiência energética são alguns dos aspectos da atual realidade tecnológica da economia mineral. Assim, toda essa evolução histórica faz da mineração um setor produtivo com importantes contribuições a dar na gestão dos recursos naturais, com destaque para a sensível questão da água, que, por sua vez, sempre foi considerada um recurso natural inesgotável, porquanto renovável. A recente percepção da falácia dessa afirmação passa a colocar, para a moderna sociedade, desafios enormes sobre sua gestão.

A adequada abordagem do tema água requer considerações sobre atuais e importantes transformações ocorridas no processo de gestão de águas no Brasil. Tais mudanças decorrem de vários fatores, podendo-se destacar no plano geoeconômico:

- acelerado processo de urbanização (em duas gerações, a população urbana saltou de 20% para 80% do total);
- aumento da renda *per capita*;
- ampliação do consumo interno e das exportações de produtos altamente exigentes de água (hortifrutigranjeiros, papel e celulose, açúcar e álcool, produtos minerais, etc.);
- ampliação geográfica da demanda e dos impactos sobre solo e água pela expansão do agronegócio, especialmente na região dos cerrados, onde atualmente é produzida mais da metade dos grãos e da carne bovina do Brasil, contrastando com a inexpressiva produção de 25 anos atrás.

Tais circunstâncias geradoras de impactos ambientais e conflitos reais ou potenciais sobre o uso da água, associadas a alertas internacionais (Confe-

rência Rio/92, Fórum Mundial da Água, Relatórios do Banco Mundial, etc.), motivaram a discussão, liderada pelo governo e com ampla participação de entidades técnicas e do Congresso Nacional visando a instituir o marco legal da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

No plano político-institucional, vicejava a convicção da necessidade de reforma do estado em que destacavam: redução da presença do Estado produtor/investidor (programa de privatização) e ampliação da figura do Estado regulador. Claro que circunstâncias internas (incapacidade financeira para investimentos) e externas (pressão pela globalização e abertura econômica) foram proeminentes.

2 A GESTÃO DESCENTRALIZADA E PARTICIPATIVA DA ÁGUA

No contexto estabelecido, foi, então aprovada a Lei das Águas (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997), com características bastante diferenciadas, na forma, da maioria das leis brasileiras. Esta é mais voltada à negociação do que impositiva. Sua principal contribuição é estabelecer o conceito da água como um bem finito e dotado de valor econômico, contrapondo-se ao senso comum de um dom infinito da natureza. Ao fazê-lo, procura definir instrumentos que permitam seu efetivo gerenciamento. Valoriza mais os instrumentos de formulação e negociação, inclusive para prevenir problemas, do que os de comando e controle, tradicionais no estilo centralista de Estado.

Claro que a lei não altera a tradição centralizadora, mesmo na condição brasileira, de um regime republicano e democrático constitucionalmente estabelecido, mas ela assegura mecanismos de participação dos usuários de água e de representantes de

segmentos da sociedade, como nos comitês de bacia, nos quais o governo não dispõe de maioria para as decisões. Essa é uma evolução na gestão de um bem de domínio público, significando efetivamente a possibilidade do exercício de compartilhamento na gestão e na geração de um embrião de um almejado processo de controle social.

É oportuno ressaltar que o atributo de bem público, de modo geral, nunca foi adequadamente compreendido pela sociedade e até pelos agentes públicos, havendo mesmo alguma confusão entre a responsabilidade pública e a de governo. Isso ocorre talvez pela fragilidade da experiência democrática brasileira, na qual o Estado tem prevalecido sobre o cidadão. Há pessoas que esperam ou buscam solução via governo para resolver problemas comunitários cuja solução compartilhada seria mais eficaz e duradoura.

Em outras palavras, há questões cuja natureza torna imprópria, cara e até inepta a entrega da responsabilidade exclusivamente para o governo. Típicos são os casos relacionados com o meio ambiente, na qual pontuam deveres e direitos difusos. Como exemplo, pode-se afirmar o caso da limpeza urbana, na qual jamais o respectivo serviço será totalmente eficiente sem mudanças de comportamento da população. Ou a conservação do solo e da água, em que as ações dos atores econômicos (produtores rurais, garimpeiros, indústrias, mineradoras, empresas de saneamento, empresas de geração de energia, etc.), sociais (má utilização da água pela população, com gastos excessivos e desnecessários) ou administradores públicos (principalmente municipais) sempre prevalecerão, para o bem ou para o mal, sobre os mecanismos formais de fiscalização e controle do aparelho do Estado.

Nesse sentido, cabe ressaltar que a Lei das Águas trouxe uma abordagem moderna e inovadora ao colocar os comitês de bacia no papel de entes centrais

no processo de gestão das águas. São, assim, autoridades máximas em seus respectivos contextos de atuação nas questões referentes à gestão dos recursos hídricos. Os Conselhos de Recursos Hídricos, tanto estaduais quanto o nacional, são órgãos de Estado com responsabilidades de definir a política, no sentido macro, de gerenciamento de recursos hídricos e de ser instâncias recursais dos conflitos não resolvidos no âmbito dos comitês. São suportados por seus respectivos braços executivos, representados pela ANA no plano federal e pelos diversos organismos estaduais responsáveis pela implementação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos em seus estados. Estes, por sua vez, são órgãos de governo, uma vez que seus gestores são indicados pelo governo mandatário e não se apresentam como unidades colegiadas com participação de outros segmentos da sociedade. Infelizmente, a percepção dessa realidade ainda é escassa, devendo evoluir para que não se frustrem as amplas possibilidades de aprimoramento na gestão dos recursos hídricos no Brasil, com fulcro na Lei nº 9.433, de 1997.

A gestão dos recursos hídricos deve ser entendida como um fenômeno muito mais social que técnico. A já mencionada incapacidade de governos, um após o outro, de apresentar soluções efetivas para os problemas da sociedade coloca uma responsabilidade muito grande nas entidades colegiadas, como os comitês, pois os avanços reais dar-se-ão pela articulação dos diversos segmentos da sociedade, consubstanciados através das negociações que permitam atingir um acordo social. Este, em última instância, deve representar os anseios da sociedade pelo seu próprio desenvolvimento sustentado, tendo a água como um de seus principais veículos.

Por isso, é fundamental compreender que o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos não estabelece hierarquias entre si. Con-

ceitualmente, não se estabelece que as decisões de um comitê de rio de domínio da União devam ter precedência sobre as do comitê de um afluente seu, de domínio estadual. Imperioso se faz que essas entidades se articulem buscando soluções comuns. Tais condições reforçam a necessidade de reflexão e prática de ações com vistas a fortalecer a participação da sociedade no esforço de gestão das águas. É necessário reconhecer que a representação da sociedade nos comitês e nos conselhos, via entidades técnicas e ONGs, não é suficiente para garantir uma participação efetiva das comunidades na gestão dos recursos hídricos, como desejável. Isso se explica pelo fato de que tais entidades não possuem o mesmo grau de representatividade e conhecimento dos interesses difusos, como comparativamente os possuem representantes dos segmentos de usuários em relação aos seus interesses objetivos. Por essas razões, é necessário valorizar, respeitar e estimular a participação das pessoas e das comunidades.

O conhecimento tradicional acumulado por grupos sociais locais não pode ser antagonizado aos conhecimentos tecnológicos e científicos, sob pena de que a descaracterização do primeiro gere a supremacia do segundo, o que acarretaria a perda do conhecimento tradicional, sem a possibilidade de assimilação do conhecimento mais técnico, induzindo ao descompromisso com a busca de soluções e ao conflito interminável. Encontrar a maneira de democratizar o conhecimento técnico e científico, tornando-o sinérgico ao conhecimento tradicional é, pois, fundamental e uma das vocações naturais dos comitês.

O “espírito da lei” evoca, direta ou indiretamente, de várias formas e oportunidades, a imprescindibilidade da integração das comunidades e de seus membros no processo de gestão das águas. Algumas citações do texto legal:

Dos Fundamentos

Art. 1º – A política nacional de recursos hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I – a água é um bem de domínio público;

[...]

VI – a gestão dos recursos hídricos proporciona sempre seus usos múltiplos devendo contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Art. 3º – Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da política nacional de recursos hídricos:

[...]

II – a adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões hidrográficas do País.

[...]

Sem aprofundamento do tema nesta oportunidade, é importante, entretanto, ressaltar de modo vigoroso que a água possui características fortemente diferenciadas de outros bens de domínio público, como, por exemplo:

- Multiplicidade de usos e funções, transitando da forma de insumo para a produção, até aquela condição em que representa elemento central em rituais espiritualistas ou credo religioso, como no batismo e nos banhos de purificação.
- Mobilidade, quando é especialmente interessante considerar a rápida e permanente mudança de lugar e de estado físico por que passa a água em seu ciclo natural. Poder-se-á dizer que a água é um ser migrante por natureza.

Todo esse processo, que é muito mais amplo e complexo que aquele, técnico e cientificamente, tratado como hidrodinâmica, requer um esforço constante e deliberado para incluir as pessoas no processo

de gestão dos recursos hídricos. Uma boa abordagem sobre o assunto é encontrada no livro *Gente Cuidando das Águas* (ROMANO FILHO, 2002), em que os autores descrevem o assunto de modo profundo e ao mesmo tempo pragmático.

Filosófica e prática então pode ser considerada a afirmativa que a água, em seus aspectos mais sutis, jamais fará parte da agenda formal (legal e institucional) dos recursos hídricos, na qual prevalecem os interesses reais, principalmente os relacionados ao uso econômico. Como contraponto à gestão de recursos hídricos, cuidar da água é agenda mais leve, mais humana. Requer o exercício da fraternidade no lugar da negociação técnica e formal. Essa é uma abordagem que toca o imaginário das pessoas, na perspectiva de bem-estar, de contribuição para melhorar o mundo. A proposta de *Gente Cuidando das Águas* é, portanto, no sentido de motivar, mobilizar o sentimento e as energias das pessoas para zelar pela água complementarmente à ação e ao desempenho do aparato legal e institucional de gestão dos recursos hídricos.

Com a força da comunicação em tempo real e a democratização das informações, há de se ter especial atenção com ritos formais de decisão. Afinal, os chamados “poderes constituídos” têm demonstrado a dificuldade de acompanhar as mudanças propugnadas pela sociedade ou por ela operadas na prática. Pode-se, em relação ao processo de gestão de recursos hídricos, fazer um paralelo com a democracia. Esta é formalmente representativa com intenção de ser participativa, mas a utopia é a democracia direta.

A compreensão e o exercício da complementaridade eliminam tensões e promovem eficaz interação em busca do mesmo objetivo: ampliar a oferta de água, qualitativa e quantitativamente. Significa também um caminho para praticar e expandir o conceito explícito da lei, indicando a necessidade de

aplicação dos atributos de integração, descentralização, participação comunitária, democratização e compartilhamento da gestão dos recursos hídricos.

Tudo isso representa a projeção, na lei, daquilo que é requisito da natureza no processo de gestão e configura a demanda por um esforço permanente de mobilização social, que teria sua agenda própria sustentada pela transcendência da água para a vida e para o bem-estar social.

A mobilização social, como proposta, sinalizaria pontos essenciais como guia para a agenda de órgãos e entidades criados para a gestão de recursos hídricos, bem como governos e usuários. Tudo isso rumo à harmonização e à evolução de interesses e propósitos, desenvolvendo-se o controle social sobre as decisões que visem à soluções para o grave problema da disponibilidade de água.

3 MINERAÇÃO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A atividade minerária é muitas vezes percebida como uma atividade que gera diferentes conflitos. Poder-se-ia dizer, por exemplo, que a percepção dos benefícios da atividade extrativa desaparecem com a exaustão das minas, enquanto muitos impactos negativos gerados no ambiente permanecem.

A mineração é provavelmente, dentre as principais usuárias de água no Brasil, a que apresenta maiores peculiaridades. Abrange desde empreendimentos complexos com impactos maiores, mas ao mesmo tempo com modernos e eficientes controles ambien-

tais sobre tais impactos, incluindo medidas de mitigação e compensação, até pequenos oleiros, garimpeiros ou extratores de areia ou cascalho, sem nenhum planejamento e controle ambiental e, muitas vezes, com indulgência da comunidade local. Existem ainda empreendimentos com algum grau de processamento primário (concentração, separação ou lavagem de minério) ou com requerimento de obras de construção para manuseio de rejeitos (barragens, etc.). Nem tão incomuns são projetos que requerem o desaguamento, que inexoravelmente interfere na estabilidade de processos consolidados pela natureza, podendo, pelo rebaixamento do lençol freático, causar impactos ambientais em seu entorno.

Aqui não cabe discutir carências tecnológicas. O conhecimento é disponível, portanto soluções existem para reduzir ou compensar perdas ambientais relacionadas com a água. Ocorre que ainda são inúmeros os empreendimentos sem controle ou com precário controle ambiental. Três pontos devem ser considerados para melhor compreensão do tema:

- a necessidade da extração de minerais para atender a demandas crescentes da sociedade;
- os impactos ambientais inerentes às atividades minerárias;
- a eficiência comprovada de processos de controle ambiental.

Sobre os dois últimos temas vale registrar, com ligeiro comentário, dados de estudo sobre causas de erosão realizado em 2000 na região do Alto Rio das Velhas.

Quadro 1. Resultado sintético sobre causas da erosão em área de mineração no Alto São Francisco

Formas de uso e ocupação do solo	Área ocupada (ha)	Geração de sedimentos		
		Taxas (t/ha/ano)	Total (t/ano)	%
Urbana	2.400	170	~ 410.000	20.0
Mineração sem sistema de controle	900	700	~ 630.000	31.5
Mineração com sistema de controle	3.600	25	90% retidos em barragens de tratamentos 10% não retidos ~ 10.000	0.5
Pastagens	57.000	15	~950.000	48.0
Outros usos	6.300			
Total geral liberado			2.000.000	100.0

Fonte: Golder Associates – 2001/ANA/GEF/PNUMA/OEA

O estudo revela o impacto da mineração sem sistema de controle, a elevada erosão urbana (ambas pontuais, apesar da grande escala) e a pouco considerada, mas muito relevante, erosão difusa originária da atividade rural.

Impressiona o fato de que, sendo área de concentração e intensa atividade urbana e minerária, a erosão devida às pastagens e os outros usos rurais represente 48% do total. E, como mostrado no estudo, a mineração realizada sob controle ambiental produz 25 t/ha/ano, o que representa uma contribuição final cerca de 100 vezes menor que a contribuição das pastagens. Ocorre que o controle em processos concentrados (mineração) é muito mais viável do que em processos difusos em área rural, onde razões de ordem física, econômica e cultural sobressaem. Mencionado trabalho também evidencia a influência das estradas como causa da erosão nos projetos de mineração. Ressalte-se que, avaliando a percepção da sociedade local, não houve sequer menção da atividade rural como origem de problema ambiental. Quanto à erosão urbana, é inexplicável que persista tão

acentuadamente, representando 20% do total na área estudada (ROMANO, 2004).

Não seria produtora argumentar que as perdas ambientais pela mineração são pontuais e que por isso seu impacto é mais restrito que danos de outra natureza. Revela-se oportuno reconhecer que a medição das perdas ambientais não é apenas física ou econômica, devendo-se levar em conta que elas geram impactos psicológicos, por tocar o imaginário das pessoas, em decorrência da alteração da natureza e da própria paisagem. Em linguagem popular, para expressar o impacto ambiental originado na mineração superficial, por exemplo, o termo mais comum é “destruição”. E, em verdade, é o que ocorre quando se faz a lavra a céu aberto operando um desmonte. Elimina-se ou descaracteriza-se um morro. Por mais local e pontual que pareça o efeito, ele é de uma visibilidade agressiva, ainda que o projeto seja executado sob o mais eficiente sistema de controle ambiental. Reação do gênero ocorre em relação à destruição causada por garimpo descontrolado e até manual, que assoreia córregos, faz sumir nascentes e deixa o rastro visível dos buracos, muitas vezes, como fonte permanente de erosão.

Buscando uma comparação, as pessoas não reagem da mesma maneira em relação aos efeitos difusos de atividades econômicas ou mesmo sociais, seja por desconhecimento, seja pela falta do impacto psicológico, resultado de perda física, ou seja principalmente pela acomodação gerada pelo conforto do progresso. Isso é marcante no processo de urbanização acelerada e descontrolada que ocorreu no Brasil e, principalmente, nos grandes centros, onde mazelas sociais, se confundem com mazelas ambientais. É típico o caso de lixões servindo de fonte de subsistência para as pessoas.

De modo semelhante, não lhes perturba a poluição do ar tanto quanto o desmonte referido anteriormente, ou o corte de uma árvore (às vezes em processo de senescência), mostrado pela televisão? E a poluição visual que um dia foi um atrativo de migração representado romanticamente pelas “luzes da cidade”?

E o que ocorre no meio rural, onde, por falta de conhecimento e por razões econômicas, persiste a degradação do solo e, por consequência, da água? No início foram as derrubadas das árvores para a formação das pastagens e o plantio, principalmente do café. E como produzir café (suporte para o início da industrialização do país) ou o leite sem supressão das florestas? Era o “caminho do progresso” aceito e apoiado por governo e sociedade, constituindo-se numa perigosa dicotomia que diviniza a agricultura, porque supridora de alimentos (portanto com aceitação benevolente dos impactos gerados) ao mesmo tempo em que demoniza a mineração como fornecedora de matéria-prima para a indústria de transformação. O pensamento inconsciente subjacente é o de que a supressão da mineração eliminaria seus impactos sem se dar conta, porém, das consequências para a qualidade de vida das atuais e das futuras gerações.

Assim, os ciclos econômicos e políticos vão-se sucedendo na história com enormes sacrifícios

sociais, ambientais e humanos, construindo novos conceitos na vida e na cultura dos povos. Por exemplo, no período colonial, o conceito de que a natureza era agressiva ao homem – e não o inverso como atualmente – estabeleceu, com forte apelo racional, que em nome do progresso tudo se podia. Era o antropocentrismo radical. Em meados do século XX, como reação aos processos de degradação ambiental, surgem movimentos numa perspectiva preservacionista, com forte apelo emocional, significando o biocentrismo. Esses movimentos tiveram função principalmente de chamar a atenção para a necessidade de evolução para um processo mediador na construção do desenvolvimento sustentável, que deve responder e atender simultaneamente às demandas sociais, econômicas e ambientais.

Os próximos anos continuarão a reclamar da indústria de mineração a continuada melhoria do seu desempenho ambiental e social. A opinião pública estará cada vez mais sensível aos impactos ambientais em geral, e sobre os recursos hídricos em particular, causados por práticas inadequadas à conservação do ambiente e à qualidade de vida. Continuará cobrando um retorno social mais significativo para um negócio cujo conceito de sustentabilidade não pode ser encontrado dentro de si mesmo, uma vez que lida com recursos naturais não renováveis, mas que estará cada vez mais na maneira como cria riqueza e molda valores para as sociedades localizadas em sua área de inserção.

Existe hoje a percepção generalizada por parte das empresas de que a adaptação ambiental e social da indústria da mineração é um fator fundamental da sua sustentabilidade pelo que, numa perspectiva moderna e atual, a atividade mineira tem de integrar a proteção ambiental, por meio de métodos e processos que conduzam a um padrão de atuação compatível com os princípios do desenvolvimento sustentável. Deve-se, portanto, selecionar as metodologias

de planejamento e controle que assegurem a adoção das melhores alternativas técnico-econômicas e respeitem o quadro regulamentar aplicável. O plano de lavra, a avaliação do impacto ambiental, o sistema de gestão ambiental e o plano de descomissionamento de minas surgem, assim, como instrumentos indispensáveis à exploração dos recursos minerais, num compromisso entre os benefícios econômicos e sociais resultantes do seu aproveitamento, e à preservação da qualidade dos sistemas naturais, de que dependem as gerações atuais e futuras.

Esse é um momento propício para o setor mineral, bem como para outros setores usuários de água que detêm conhecimento específico de suas atividades, que têm organização corporativa e bom poder de articulação com entidades técnicas (universidades, centros de pesquisa, etc.) iniciarem ou intensifiquem esforços na construção de parâmetros de sustentabilidade. Estes servirão de orientação para pautar discussões com agentes públicos e com organizações de defesa do meio ambiente (movimentos ambientalistas), visando a evoluir na perspectiva de superar o falso dilema entre progredir ou preservar. É certo (e importante ressaltar) que há lugar para preservação pura e simples, sendo prioritária a definição de espaços especiais em que devam ser aplicadas medidas requeridas. São exemplos dentre tantos:

- áreas de rara beleza cênica;
- áreas com riqueza em biodiversidade e concentração de nascentes;
- áreas especiais de recarga de aquíferos.

Protegidos, tais sítios, ainda assim, são submetidos a usos econômicos (lazer) ou científicos (pesquisas).

Então, o que dizer de espaços onde os recursos são extraídos, como é o caso da mineração? Reitera-se que o conhecimento acumulado, seja no plano

tecnológico seja no planejamento, incluindo os aspectos sociais e culturais, é facilitador do processo de construção dos mencionados parâmetros de sustentabilidade. Não se trata, pois, de tarefa meramente técnica, como tem sido a prevalência de estudos e medidas em questões do gênero. Nem tampouco ampliar as tradicionais medidas mitigadoras (nos planos econômico, social e ambiental).

Propugna-se por processo de construção em um jogo ganha ganha em que desapareçam a desconfiança, a contrariedade, o sentimento de perda ou a indiferença manifestadas pelas comunidades efetivamente interessadas ou de alguma maneira envolvidas.

Implícita está a insuficiência ou a baixa eficácia das audiências públicas, bem como os convencionais EIA/RIMA exigidos pela lei. Para reflexão e avaliação, o que se propõe é um esforço de mobilização social permanente e de caráter preventivo à reação das pessoas em relação ao desconhecido ou à imagem genérica de degradação que elas têm sobre mineração. Esse esforço complementaria a formulação e a discussão mais aprofundada no plano técnico e institucional (organismos de gestão de água e órgãos públicos). É necessária a iniciativa para captar ou estimular o interesse pelos temas e ajustar a linguagem e a pauta de discussão para que ela seja representativa das questões de interesse da comunidade e que estejam dentro de sua capacidade de entendimento.

Nesse contexto é que os comitês de bacia ganham notória importância para a mineração. Por ter, entre suas peculiaridades como indústria, a chamada rigidez de localização, a mineração não tem como escolher onde será implantada. Tal fato já ficará pré-definido pela localização da própria jazida, objeto da exploração. Assim, o que emerge, na grande maioria das vezes, é a característica pioneira da mineração, por meio de seu real potencial de levar a áreas mais remotas condições de qualidade de vida impensáveis

sem a existência da atividade. Mas ao mesmo tempo em que tal acontece, a mineração traz também impactos ambientais onde estes não aconteceriam, ao menos daquela forma. E também, vale lembrar, a situação de melhorias viabilizada pela mineração durante sua atividade pode reverter-se com a exaustão do recurso mineral explorado, e o grupo social, anteriormente beneficiado, pode tornar-se sujeito de problemas sociais importantes, uma vez que as condições melhoradas com o advento da mineração naquele local podem deixar de existir tão logo a exploração se torne inviável economicamente.

Trazendo tecnologia para a extração mineral, com técnicas modernas de gestão e controle ambiental, a mineração reúne condições básicas para se lançar com desenvoltura no processo de construção do diálogo entre os diversos segmentos sociais envolvidos em um debate que tem a água como um dos principais referenciais.

Observe-se que uma das atribuições dos comitês de bacia é “promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes”. É perfeitamente compreensível que, existindo ou não comitê instituído, o setor mineral, por suas entidades, tome a iniciativa de tal promoção dentro e fora do comitê. Dois significados importantes merecem ser destacados nessa formulação: (i) do ponto de vista político, significa que o setor mineral, como segmento de usuário da água, estaria adotando uma atitude proativa e de liderança, em lugar do comportamento reativo ou defensivo mais comum entre todos os usuários de água; (ii) do ponto de vista social, o setor estaria reconhecendo e exercitando as características mais nobres, mais complexas, mais difíceis e mais eficazes da gestão das águas, que são o compartilhamento, a descentralização e a efetiva participação de pessoas e de comunidades. Ressalte-se a pertinência desse posicionamento, principalmente para a atividade

minerária, que lida simultaneamente com dois bens de domínio público: o minério propriamente dito e a água. Nesse contexto, poderia ser mencionada a questão do risco, inclusive político, da iniciativa sugerida anteriormente. Apenas para alimentar a reflexão e suscitar a oportunidade de uma produtiva discussão interna, afirma-se que uma das características dos conservadores é não assumir risco, e a certeza de seu futuro é, no máximo, sobreviver, e jamais crescer sustentavelmente.

Parcela relevante das empresas de mineração no Brasil tem demonstrado perfil inovador e arrojado, seja assumindo riscos de mercado e geração e utilização de novas tecnologias, seja destacando-se ainda pelo estabelecimento de novas estratégias gerenciais e novos padrões de logística. Por tudo isso, torna-se oportuna sua liderança setorial também nesse novo processo de gestão de águas no Brasil, cujas diretrizes, conceitos e fundamentos legais são considerados evoluídos, mas cuja implementação carece de prática que deve ser fiel à lei com a acolhida da participação social.

A Lei das Águas inclui em suas diretrizes gerais de ação:

[...] a integração da gestão recursos hídricos com a gestão ambiental; a articulação do planejamento de recursos hídricos com os setores usuários e com o planejamento regional, estadual e nacional; a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e das zonas costeiras.

A legislação destaca a importância da integração entre elementos ambientais, culturais, econômicos e sociais para efeito de planejamento e gestão. Para eficaz aplicação de tais diretrizes, é fundamental a construção de um bom envolvimento e relacionamento com a comunidade. Na realidade, os comitês

de bacia são mecanismos geradores de capital social. Como tais, têm a real possibilidade de trazer à baila todo um conjunto de questões que precisa ser encarados e adequadamente tratado quando se pensa em desenvolvimento sustentável, que é, em última instância, o desejo de toda a sociedade estruturada.

Dessa forma, o setor mineral, como outros segmentos da sociedade, tem a oportunidade de operacionalizar a gestão moderna, fazendo-se representar nos comitês de bacia hidrográfica como usuários da água e em discussões relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos. Para as grandes empresas de mineração no Brasil, tem sido oportuna e estratégica a alocação de tempo e pessoal em representações externas que discutem e aprimora a gestão das águas, adotando a já mencionada postura proativa e aberta, reconhecendo os valores da comunidade e estimulando cada vez mais a participação de outros setores.

4 RESPONSABILIDADE SOCIAL NA MINERAÇÃO

O tema responsabilidade social foi posto em relevo recentemente, seja por alterações estruturais na própria configuração do Estado brasileiro, seja pelas mudanças de percepção da sociedade e, principalmente, de lideranças do setor produtivo sobre as profundas mudanças em curso no Brasil e no mundo.

O Estado burocrático, centralizador e paternalista que tem predominado sobre os cidadãos ainda é parte da cultura brasileira. No entanto, a incapacidade cada vez mais evidente de o Estado levar a cabo suas responsabilidades constitucionais para com os cidadãos começou a chamar a atenção para o que as empresas poderiam fazer para ajudar no processo. Inicialmente, as empresas mais organizadas foram alertadas para a questão pelo potencial risco que as crescentes mazelas sociais punham sobre sua com-

petitividade. Ser uma “ilha de excelência” em meio a um “mar de pobreza” e suas funestas conseqüências era algo que definitivamente minaria, a médio a longo prazos, a capacidade competitiva das empresas, tanto pela crescente indisponibilidade de força de trabalho capacitada a trabalhar com tecnologias cada vez mais sofisticadas e necessárias quanto pela crescente tensão social que a diferença de “potencial social” entre o universo de uma empresa e o da coletividade que lhe rodeia. Em um mundo onde o binômio competitividade e domínio tecnológico, tanto de engenharia quanto de gestão, passa a ser crucial na sobrevivência corporativa, as empresas iniciaram seu movimento em direção à redução dessa distância. Caracteriza-se então o início da chamada Responsabilidade Social Corporativa. Tal movimento foi percebido pelos agentes sociais que clamavam por saídas. As circunstâncias dos processos recentes ocorridos no país, refletidas principalmente nas conhecidas abertura política e na globalização da economia, revelaram inaceitáveis níveis de pobreza e disparidade de renda e tornaram mais visível e mais aceito o tema responsabilidade social no país.

As práticas sociais e ambientais do setor produtivo, que vão além de suas obrigações legais, passam a ter um papel de fundamental importância, preenchendo lacunas de forma criativa e inovadora, em complemento às demandas legais.

Assim, inúmeros exemplos passam a se suceder onde a cobrança pela participação social das empresas é reclamada. Olhando-se sob a ótica setorial, a mineração ganha notória evidência em decorrência de suas peculiaridades, já mencionadas anteriormente. Estando localizadas, em especial, em áreas remotas e carentes da presença do Estado, a mineração freqüentemente depara com lacunas sociais gigantescas. A atividade industrial típica é fortemente concentradora, pois busca instalar-se em pólos onde diversas indústrias ficam reunidas e têm a oportu-

nidade de guiar-se pelas áreas onde a estrutura do Estado permite um maior desenvolvimento, conferindo melhores condições de acesso à mão-de-obra especializada e infra-estrutura avançada. No caso da mineração, que tem de ir aonde o minério está, dá-se o inverso.

Assim, naturalmente, esse setor despontou como um berço natural para o desenvolvimento mais arrojado do conceito de responsabilidade social. Mas por sua característica extrativista, que, erroneamente, dá idéia de uma atividade de menor agregação de tecnologia, bem como por suas raízes colonizadoras, a mineração atrai empreendimentos com gritantes diferenças tecnológicas na gestão de seus impactos. Infelizmente, a sociedade não tem sabido distinguir essas práticas, juntando todas elas em um único contexto, denominado “mineração”, e que reúne práticas modernas e de alta tecnologia a práticas primitivas e altamente degradadoras. Tal paradoxo representa, atualmente, o maior desafio a ser enfrentado pelo setor, bem como uma excelente oportunidade de mostrar sua importância para a sociedade moderna.

Assim é que inúmeros exemplos do pioneirismo da mineração na prática da responsabilidade social podem ser apresentados. Por exemplo, foi neste setor que nasceu a prática da apresentação do Balanço Social, buscando-se tornar públicas atividades até então restritas à área de atuação das empresas. Expondo-se, a mineração enfrentou a crítica ácida, mas que permitiu que incorporasse novas práticas. Por normalmente encontrar, em sua fase de instalação, infra-estruturas pobres, a mineração tem de investir em escolas, hospitais, estradas e outros equipamentos sociais. Projetos sociais ligados à educação e saúde são freqüentes, usualmente por meio de parcerias com os poderes públicos locais e estaduais. Sítios arqueológicos e históricos relegados ao total abandono vêm sendo recuperados ou catalogados para posterior estudo.

Dentre todas as práticas que a mineração vem desenvolvendo, cabe ressaltar uma delas, pela importância que vem adquirindo no contexto que estamos discutindo. Trata-se dos grupos de discussão – os Comitês Consultivos – que as empresas, por iniciativa própria, vêm criando, dos quais participam membros da sociedade civil organizada e do setor público, cujo objetivo tem sido discutir conjuntamente onde os investimentos sociais patrocinados pelas empresas devem ser aplicados. Tal prática reflete uma postura inovadora, na qual a empresa deixa de qualificar por si só os investimentos que pretende fazer, compartilhando a decisão com as partes interessadas e criando o hábito saudável da discussão dos problemas da comunidade por ela mesma.

Foi a partir dessas raízes que governo e sociedade vêm aprimorando marcos regulatórios da área ambiental, alguns até muito questionáveis por tentarem incorporar na legislação iniciativas voluntárias que deveriam permanecer como tal, tais como a compensação ambiental, além das condicionantes de licenças (contemplando aspectos de atuação social), entre outros mecanismos. Complexo, o tema tem sido entendido de diferentes maneiras. Sem preocupação acadêmica ou metodológica, entretanto, deve-se ter claro que ele encerra, em seu conteúdo, aspectos importantes de caráter social propriamente dito, além do gerencial e técnico.

Associada ao aspecto social, deve ser considerada a existência de um processo de evolução da cumplicidade entre Estado e sociedade. Ademais, a evolução do discernimento dos representantes do setor produtivo sobre seu papel atual como cidadãos e empreendedores gera comportamentos novos na relação entre o social e o mercado, entre o humano e o produtivo, sinalizando, numa visão otimista, o resgate de valores fundamentais. Dentre estes, devem ser considerados alguns que fazem parte do conceito (prático e atual) de bem-estar social, por seu lado

intangível. Essa transformação está relacionada com o esgotamento de um ciclo vicioso, predatório e perverso no qual predominava o desrespeito à cidadania e ao direito sobre um meio ambiente saudável. É importante registrar que o mero cumprimento de leis ou a filantropia estão longe de atender ao conceito que se pretende de responsabilidade social. Nesse sentido, o exercício da responsabilidade social em que dirigentes ou grupos de pessoas (quando não se trata exclusivamente da responsabilidade institucional) poderão vicejar como processo gerador de mudança cultural em que os valores, hoje essenciais prevaleçam. Assim se inicia um círculo virtuoso da constituição da cultura da fraternidade, cultura da paz e da solidariedade.

Para que esse processo seja duradouro, é necessário cuidado com a armadilha do imediatismo e da facilidade das campanhas, nas quais muitas vezes a capacidade de mobilização dos órgãos promotores se sobressai sobre a profundidade da proposta. É fundamental, portanto, o respaldo de forte consciência, convicção e pertinência para não frustrar os resultados de longo alcance.

As fragilidades e até a falência de mecanismos políticos ou programáticos tradicionais do aparelho estatal e a redução da credibilidade do Estado como gestor realçam a importância do protagonismo do setor produtivo e de representantes da comunidade no processo de transformação da realidade social.

O aspecto ético revela-se importante porque, em sentido amplo, toda a abordagem da responsabilidade social afeta a vida das pessoas, sejam elas tratadas como clientes, formadoras de opinião, etc. Em outras palavras, atitudes de liderança e de proatividade influenciam o público em geral.

Como situar o setor mineral e a gestão participativa dos recursos hídricos neste exercício de responsabilidade social empresarial?

Inicialmente, é necessário reconhecer que tal processo não inova quanto aos conceitos da legislação sobre recursos hídricos. Antes, reforça-os, qualificando-os. O setor mineral deve, portanto, acolher a proposta de responsabilidade social como oportunidade de protagonizar e de liderar os processos direta ou indiretamente relacionados com a gestão de recursos hídricos, mas que sempre afetam mediata ou imediatamente a qualidade e a quantidade de água disponível, afetando, conseqüentemente, a qualidade de vida das pessoas.

As possibilidades abertas pela Lei nº 9.433, de 1997 – Lei da Águas – são enormes para que a mineração possa exercer seu aprendizado ao longo das últimas décadas. Ao instituir órgãos colegiados – os comitês de bacia –, construir ferramentas de gestão que permitam a consecução de metas e estabelecer conceitos nos quais há a prevalência da negociação e do acordo social, o SINGREH cria, de forma única, todas as possibilidades de formação de um capital social, lastreado no debate aberto e participativo, que permita a construção de um novo modelo de sociedade voltado para a inclusão e o desenvolvimento sustentável. E a razão pela qual esta forma é única se relaciona ao fato de que o modelo tem, como substrato para a discussão, a questão da água, que é essencial na discussão de qualquer modelo de desenvolvimento sustentável.

A mineração pode, pela experiência acumulada em práticas de negociação com atores sociais e por também ter como matéria-prima, recursos naturais de domínio público, dar expressiva contribuição na construção desse pacto. As iniciativas de diversas empresas de mineração, no sentido de estimularem e participarem nos diversos fóruns de construção desse sistema, refletem o desejo de participar e contribuir de forma incisiva para o sucesso deste. A mineração será, seguramente nesse caso, parte importante da solução, e deixará de lado a visão que a sociedade tem de ser ela parte do problema.

Provavelmente um esforço de transição deverá ser realizado para o estabelecimento de abordagens nas quais a transparência seja o elemento-guia das empresas na relação com a comunidade. A transparência representa fator relevante para a construção do respeito e da credibilidade e para a geração de relações harmoniosas e duradouras com a sociedade, que devem ser a aspiração de todo o setor produtivo. O profissionalismo normal numa empresa competitiva pode ser também utilizado como fonte de boa informação e comunicação para gerar com a comunidade uma desejável relação de cooperação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É extremamente oportuno e relevante o debate sobre a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos e a mineração, como o é também para todos os segmentos usuários da água.

A oportunidade revela-se até mesmo estratégica, na medida em que as diretrizes da nova política de recursos hídricos têm sido positivamente avaliadas, mas sua implementação efetiva é ainda incipiente. Entretanto, governos, usuários e representantes da sociedade têm buscado formular e desenvolver suas agendas específicas, que devem desaguar numa agenda comum, que tenha como orientação e objetivo o desenvolvimento sustentável e o bem-estar coletivo.

Sendo a água um vetor importante da gestão ambiental, é decorrência que seja usada como indicador de referência imediata da qualidade do respectivo processo de gestão, como também dos impactos da atividade antrópica. E é dessa maneira, mas de forma empírica, que as pessoas e a sociedade observam o que ocorre à sua volta pela constatação simples da qualidade e da quantidade da água em seu entorno e das prováveis causas de sua alteração.

O sistema de gerenciamento de recursos hídricos reserva espaço suficiente para os grupos de usuários

na gestão colegiada. Esta, por sua vez, orienta suas decisões por processo de negociação permanente no qual o consenso ou maioria é construído por influência de argumentos, passando pelo compromisso com causas de longo alcance, mas também por força de injunções conjunturais.

É essencial para as empresas do setor mineral que se dediquem a acompanhar (no mínimo), ou liderar processos em sua relação com a sociedade na perspectiva das grandes evoluções nas quais tecnologia e cumplicidade social são elementos essenciais para a construção de uma relação de cooperação e harmonia entre empresas e sociedade. Para isso, faz-se necessária a interação com a comunidade via processos de mobilização nos quais a transparência das informações e o estabelecimento de objetivos comuns sejam estimulantes e gratificantes para as pessoas.

A complementariedade entre o uso de instrumentos de gestão de água em busca de racionalidade no seu uso e a devoção de pessoas, a seu jeito mobilizadas pela melhoria da qualidade e da quantidade da água, explicam os dizeres: “A razão organiza e a emoção mobiliza”.

Finalmente, neste pequeno conjunto de avaliações como proposta para debate, sobressai a oportunidade para o setor mineral liderar processos em que se fundem os objetivos da verdadeira promoção social e da cidadania com gestão da água. O setor mineral detém conhecimentos estratégicos para uma correta gestão desse bem maior da natureza – a água. Os erros já cometidos, as contundentes discussões bem como as fortes cobranças dos diversos atores sociais já havidas certamente deram à mineração um aprendizado nada desprezível. O que precisa ser entendido é que a sociedade não admite que este conhecimento seja usado apenas como parte da atividade empresarial. Muito mais que isso, a mensagem subjacente é de que o conhecimento precisa ser compartilha-

do, de forma transparente e em linguagem acessível, tornando-o parte do bem comum. Certamente, no momento em que as empresas entenderem melhor isso, muitas cobranças hoje feitas, freqüentemente absurdas e sem sentido para o propósito de controle ambiental puro e simples, se converterão em diálogo e negociação, pois a sociedade precisa saber como fará para equacionar o terrível problema da carência de recursos hídricos necessários ao bem-estar e ao desenvolvimento desejado, e, talvez, comece a enxer-

gar na mineração uma fonte de informações segura e confiável. Mas só o fará se a mineração se perceber como importante ator desse processo também e se dispuser a fazer sua parte. E nos parece que o fórum privilegiado para isso sejam os comitês de bacia.

Este pode ser considerado um sentido da responsabilidade social, mas será também, com certeza, um caminho para a construção de uma nova cultura na relação do setor com a sociedade, para ganho de todos.



Foto 7. 2º Fórum das Águas para o Desenvolvimento de Minas Gerais



**OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS E SUA IMPLANTAÇÃO NA
MINERAÇÃO: A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA**

CAPÍTULO 3





1 INTRODUÇÃO

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelece seis instrumentos para a gestão dos recursos hídricos: o Plano de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água; a outorga pelo direito de uso, a cobrança pelo uso, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e a compensação a municípios. Como na lei a Seção V, o art. 24 que trata da Compensação a Municípios foi vetado, serão tratados aqui apenas os cinco primeiros instrumentos citados. Em verdade, são esses os principais instrumentos de uma política de gestão descentralizada e participativa e sobre os quais se pretende destacar as peculiaridades para a implementação de cada um de acordo com as especificidades intrínsecas às atividades da mineração.

2 CONCEITOS BÁSICOS

A Constituição de 1988 estabelece que as águas são bens públicos, não existindo águas particulares, e a dominialidade (responsabilidade administrativa e de gestão) é ora dos estados, ora da União. Ou seja,

Patrícia Helena Gambogi Boson¹
Leonardo Mitre Alvim de Castro²
Vitor Márcio Nunes Feitosa³

são de domínio da União “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”; são de domínio dos Estados “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”.

A Constituição da República, no art. 21, inciso XIX, também atribui à União competência para “instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso”. Dessa forma, a União editou a Lei nº 9.433, de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Assim, de acordo com WERNECK, (2003), “a competência outorgada à União decorre, especialmente, de um fato intransponível que é a unidade do ciclo hidrológico, que exige que as águas, ainda que de domínios diferentes, sejam geridas em conjunto”.

Continua WERNECK, “em consonância com a orientação adotada mundialmente, a Lei nº 9.433, de 1997, elegeu como unidade de gestão a bacia hidrográfica, cujo conceito básico é de uma área territorial

¹ Engenheira Civil, PUC-MG, consultora do IBRAM.

² Engenheiro Civil UFMG, MSc. em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos UFMG, doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos UFMG, especialista em recursos hídricos da ANA.

³ Geólogo/USP; MBE –Master in Business of the Environment – COPPE/UFRJ; MBA em Gestão e Empreendedorismo Social – FIA/USP; Gerente Geral Desenvolvimento Sustentável da Samarco Mineração S. A.

de drenagem de um curso d'água ou lago, onde convivem: a) múltiplos usos, muitas vezes conflitantes; b) corpos d'água de diferentes domínios (da União e dos Estados – art. 20, III, e 26, I, da CF); e c) que fica situada em territórios de diferentes estados, municípios, território da União e, por vezes, até de outros países. Todas essas características dos recursos hídricos exigem uma gestão nacional, necessariamente integrada, pois os rios federais correm para os rios estaduais e vice-versa. O gerenciamento isolado, autônomo, por cada estado, desse bem essencial à vida, seria completamente ineficaz. Por essa razão, a Carta Maior atribuiu à União a competência para instituir um sistema nacional de gestão dos recursos hídricos. Um sistema que seja único e integrado, sobretudo em razão da unidade do ciclo hidrológico”.

Em 1992, em Dublin, realizou-se o primeiro encontro internacional para tratar, em termos globais, de uma crescente preocupação quanto às reservas mundiais de água potável e seu fornecimento à humanidade. A Conferência de Dublin estabeleceu como princípios gerais para a gestão dos recursos hídricos a abordagem integradora, envolvendo a sociedade e a proteção dos ecossistemas naturais, a necessidade de participação social e o reconhecimento da água como um bem dotado de valor econômico. Com base nesses pressupostos a Lei nº 9.433, de 1997, no seu inciso VI, art. 1º, estabelece como um dos fundamentos da PNRH que “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades”.

Dessa forma, o SINGREH, a quem cabe coordenar a gestão integrada das águas (art. 32, I, da Lei nº 9.433, de 1997), é composto por entidades representativas de todos os entes federativos, pelos usuários da água e por representantes da sociedade civil e comunidades. Dos conselhos de recursos hídricos e dos comitês de bacia, colegiados aos quais se atribuíram

as decisões mais relevantes, fazem parte, além do poder público, representantes dos usuários (entre eles a mineração) e das ONGs e entidades civis com atuação em recursos hídricos (ver art. 34 e 39 da Lei nº 9.433, de 1997).

Novamente, citando WERNECK, “apesar de a CF ter atribuído à União competência privativa para legislar sobre águas (art. 24, IV), é pacífico o entendimento na doutrina de que os Estados – por terem corpos d'água entre os bens de seu domínio e por terem competência concorrente para legislar sobre proteção do meio ambiente, controle da poluição e responsabilidade por dano ao meio ambiente (art. 24, VI e VIII) – têm competência para legislar sobre a gestão das águas de seu domínio, observadas as regras da competência concorrente.

Ainda de acordo com WERNECK, “é de se ressaltar que o princípio da participação do usuário na administração pública foi agora elevado a status constitucional pela Emenda 19/98 (art. 37, § 3º), como mais uma das manifestações da democracia participativa que permeiam nossa Carta Maior”.

Nesse contexto, mais uma vez citando WERNECK, “para a União compete estabelecer normas gerais, e para os Estados, suplementar ou complementar as normas gerais da União para atender às suas peculiaridades, como definem os parágrafos do art. 24 da Carta Federal”. Dessa forma, são os agentes públicos dos estados e do Distrito Federal aqueles competentes para a implantação dos instrumentos de gestão nas águas de seu domínio, tal como definidas na Constituição. Já aos agentes públicos da União compete a implantação dos instrumentos de gestão nas águas de domínio federal. Todos, porém, seguindo as regras gerais determinadas na Política Nacional.

A atividade de mineração tem especificidades em relação ao uso da água que se destacam das demais atividades de exploração e transformação e

que, portanto, merecem uma análise desses instrumentos sob a ótica de suas peculiaridades. O objetivo, ao se apresentar esta análise, é o de apoiar os órgãos que têm competência para a aplicação desses instrumentos, atendendo ao chamamento à participação feito pela Lei nº 9.433, de 1997, contribuindo, de maneira responsável, para a melhor construção da regulamentação relativa à implementação desses instrumentos para a atividade minerária.

Três especificidades da atividade minerária destacam-se e necessitam imperativamente ser consideradas quando da implantação de todos os instrumentos de gestão de trata a Lei nº 9.433. São elas: a) os recursos minerais são bens públicos da União, assim como a água, sendo sua exploração e aproveitamento regidos por legislação específica; b) a pesquisa e a lavra de recursos minerais são autorizadas ou concedidas no interesse nacional, visando ao bem público; c) a mineração é uma atividade que tem rigidez locacional.

Outrossim, é preciso destacar que a vida moderna, com todas as suas conquistas tecnológicas, desde o prosaico tratamento de dentes até as grandes conquistas espaciais, simplesmente não existiria se não houvesse a extração do minério. Dessa forma, a mineração é e continuará sendo uma atividade estratégica para qualquer sociedade organizada, e a água está naturalmente ligada aos processos de lavra e beneficiamento mineral. Portanto, é hoje fato inerente às atividades minerárias, e fator imprescindível à sua sobrevivência, uma produção mineral racional, com um controle absoluto das garantias ambientais associadas à adoção de tecnologias avançadas e à busca incessante, com investimento em novas pesquisas, de uma utilização cada vez mais racional dos recursos minerais, incluindo a reciclagem de produtos e, em especial, a utilização racional e otimizada dos recursos hídricos, insumo básico também para essa atividade.

3 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS

O Plano de Recursos Hídricos constitui-se no instrumento de planejamento estratégico da bacia hidrográfica e atende recomendação de Dublin: que estabelece que

“O Gerenciamento de Recursos Hídricos consiste num processo de planejamento integrado que leva em consideração tanto as necessidades de longo prazo quanto horizontes mais curtos, incorporando considerações ambientais, econômicas e sociais dentro de um princípio de sustentabilidade. O gerenciamento deve incluir, igualmente, as necessidades de todos os usuários assim como os imperativos de prevenção e mitigação das catástrofes associadas às águas, constituindo-se, finalmente, em parte indissociável do processo de planejamento do desenvolvimento.”

Esse instrumento tem alcance em três níveis. O Plano de Recursos Hídricos em nível nacional, o Plano em nível estadual e em nível local, ou na bacia hidrográfica. Assim, considerando a necessidade precípua de integração entre esses níveis, o fundamental na execução dos Planos é o envolvimento da sociedade civil, como um todo, e, dos principais usuários dos recursos hídricos, em especial, no processo de sua elaboração.

De fato, a Política Nacional de Recursos Hídricos, expressa na Lei nº 9.433, define de modo claro que o modelo de gestão preconizado não é regrado pelo comando e controle. Ou seja, a ênfase na implementação da PNRH não se coloca apenas no resultado: disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade para todos, mas especialmente na consolidação do SINGREH, que implica, de modo indelével, a construção de uma organização institucional que integra e articula unidades descentralizadas. Assim,

a melhoria da qualidade e da quantidade de água em médio e curto prazos é meta a ser perseguida pela Política de Recursos Hídricos, mas não o único resultado. Caso fosse, não seria necessário que dos seis instrumentos instituídos, dentre eles o Plano, apenas um (outorga) fosse de fato comando-controle. Bastava determinar, para a gestão das águas, os instrumentos outorga e fiscalização. Entretanto, convém lembrar que sequer a fiscalização é citada como instrumento, e todos os demais, com exceção da cobrança, que é instrumento econômico, são em verdade instrumentos de planejamento, com ênfase, portanto, para atuação *ex-ante*. Nesse sentido, entende-se que não se pode estabelecer um Plano para o alcance de um único resultado ou para obtenção de resultados imediatos e facilmente mensuráveis.

Diante disso, o Plano de Recursos Hídricos deve, acima de tudo, tornar-se o instrumento que irá viabilizar essa nova concepção de gestão e administração da política pública determinada pela Lei nº 9.433, e traduzida na constituição do SINGREH. Ou seja, instrumento que fomentará a implementação de um novo modelo administrativo no qual os objetivos de gestão não se expressam unicamente por normas técnicas nem em regras de conduta, mas traduzam os resultados das negociações entre múltiplos atores. Desse modo, o Plano deve apontar os caminhos para uma melhor aceitação das decisões nele propostas, garantindo maior facilidade para sua aplicação, com a concretização da efetiva integração das diversas políticas públicas, especialmente municipais, com a política de gestão de recursos hídricos de uma determinada bacia, Estado ou mesmo da União.

Quando da elaboração do Plano de Recursos Hídricos de uma bacia, estado ou da União, deve-

se ficar atento para o não-encantamento fácil com uma bela peça da engenharia de recursos hídricos, cujo resultado se resume na determinação de vazões de referência para outorgas de uso para as diversas sub-bacias ou para a gestão das demandas. Cuidado também para que a estratégia de ação não se resume a uma fiscalização eficiente quanto ao cumprimento desse comando. Nessa perspectiva, vale ressaltar que a Lei nº 9.433, “ao confiar ao Comitê de bacia sua elaboração”⁴, o que de fato quis indicar é “um peso maior às escolhas políticas” e não técnicas. Com isso, buscar as “condições para maior participação dos atores envolvidos com a gestão de águas, proporcionando, ainda durante a elaboração do documento, a realização de negociações em torno das diversas demandas, o que confere uma maior legitimidade ao processo”.

Considerando ainda que o Plano de Recursos Hídricos, de acordo com a Lei nº 9.433, em princípio, “a expressão da vontade política” dos participantes deve conter mecanismos que faça desse instrumento um “contrato de desenvolvimento no domínio das águas, acordado entre os diversos atores”.

De acordo com o termo de referência para o Plano Estadual de Recursos Hídricos, para o Estado de Minas Gerais (COELHO, et al, 2000), o Plano “deverá exigir a observância mais apurada de conceitos relativos aos requerimentos para a sustentabilidade de suas intervenções e, ainda, à aplicação do princípio da subsidiariedade, sempre que estiverem em questão definições relativas à divisão de trabalho entre o Plano Nacional, dos Estados, da Bacia e das bacias afluentes do curso principal”.

Também de acordo com o termo de referência para o Plano Estadual de Recursos Hídricos, para o Estado de Minas Gerais, “a interação com os Planos,

⁴ Os textos entre aspas são de Antônio Eduardo Leão Lanna, Jaildo Santos Pereira e Gilles Hubert – Os Novos Instrumentos de Planejamento do Sistema Francês de Gestão de Recursos Hídricos: I - Apresentação e Análise; II - Reflexões e Propostas para O Brasil.

referida acima, deverá ser efetuada pela via da interlocução com os comitês de bacia – instância decisória que consagra uma das premissas fundamentais do processo de planejamento e gestão descentralizada dos recursos hídricos”. Dessa forma, aposta-se no sucesso do Plano de Recursos Hídricos na proporção direta do engajamento alcançado, durante sua elaboração, entre as partes direta ou indiretamente ligadas à sua execução.

O processo para a elaboração de um Plano de Recursos Hídricos pode ser dividido em três partes fundamentais: a) um diagnóstico para o conhecimento das condições ambientais, do potencial hídrico da bacia com aplicação de modelos de avaliação de recursos hídricos e das vocações socioeconômicas históricas e naturais; b) o estabelecimento de modelos de gestão de recursos hídricos; e c) o plano diretor, propriamente dito, que consiste na determinação de metas e estratégias de aproveitamento dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável da bacia, orientado pelos resultados obtidos do diagnóstico.

Na definição das metas e das estratégias é que se estabelece o modelo de desenvolvimento adequado aos recursos hídricos potenciais da bacia, tendo influência determinante na implementação dos demais instrumentos de gestão.

De fato, as metas de qualidade da água subsidiarão o processo de enquadramento dos cursos de água, as prioridades de uso para a obtenção de outorga e, por fim, os planos de investimento que servirão como um dos subsídios para o cálculo dos valores de cobrança pelo uso da água, que incluem ainda estudos sobre a capacidade econômica da população usuária da bacia, dentre outros parâmetros.

A Lei nº 9.433, estabelece que cabe aos comitês, com o apoio das agências, a análise e a aprovação dos respectivos Planos, cabendo também a eles as providências para a execução das ações indicadas no Plano; aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídri-

cos, a aprovação dos Planos Estaduais; e ao Conselho Nacional, do Plano Nacional.

Uma das especificidades da atividade de mineração, já mencionada, e que deve ser destacada para a implantação desde instrumento, é a de que a mineração não tem alternativa locacional. Não há como optar, na construção de cenários alternativos do Plano, pela locação da atividade de mineração de modo que ela esteja mais a jusante ou mais a montante, neste ou naquele tributário de uma bacia hidrográfica. A atividade extrativa mineral sempre se estabelecerá onde estiverem os recursos minerais. Desse modo, a definição das metas de quantidade e qualidade de água e das estratégias para seu modelo de desenvolvimento adequado aos recursos hídricos potenciais de uma bacia, na qual a atividade social e econômica principal é a mineração, deve considerar a necessidade do equilíbrio entre a atividade predominante e a capacidade de suporte da bacia.

Há se considerar, portanto, para efeitos do estabelecimento do Plano, que os diversos tipos de interferências nos corpos hídricos, superficiais ou subterrâneos, em função das particularidades inerentes ao processo da mineração, sejam bem conhecidos e por isso tratados no Plano de Recursos Hídricos de acordo com sua real dimensão.

4 ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA

A Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, foi revisada e revogada pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Em seu art. 3º, a norma prevê que as águas doces, salobras e salinas do território nacional são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus

usos preponderantes em 13 classes de qualidade. A Lei nº 9.433, estabelece que o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos e, portanto, da gestão desses recursos, com vistas a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 2005, as águas doces são assim classificadas:

I – Classe especial – águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – Classe 1 – águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00;
- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III – Classe 2 – águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como na-

tação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/00;

- à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- à aqüicultura e à atividade de pesca; e
- à dessedentação de animais.

IV – Classe 3 – águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- à pesca amadora; e
- à recreação de contato secundário.

V – Classe 4 – águas destinadas:

- à navegação;
- à harmonia paisagística.

Por meio dessa Resolução, nota-se que a classificação é dada de acordo com o uso ao qual a água se destina. Essa mesma classificação apresentada para as águas doces, é feita para as águas salobras e salinas. Ainda nessa Resolução, para cada classe são associados limites e/ou condições mínimas de qualidade com base em parâmetros físicos e químicos das águas, também fixados no regulamento. Para os usos mais nobres, há um maior rigor nos parâmetros exigidos que conferem aos recursos hídricos melhor qualidade.

A Resolução n.º 12, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 19 de julho de 2000, dispõe sobre o enquadramento, definindo-o como “o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um dado segmento do corpo de água ao longo do tempo”. Assim como instrumento de gestão dos recursos hídricos, o

enquadramento dos corpos de água também é muito importante como instrumento de planejamento para a gestão dos recursos hídricos. Em síntese, ele expressa o corpo de água que queremos, o corpo de água que podemos e o corpo de água que buscamos. É, portanto, em verdade, uma meta de qualidade de água a ser alcançada, e sua efetivação envolve investimentos na bacia, tais como a instalação de aparelhos e equipamentos para a melhoria desejada na qualidade dos lançamentos de efluentes líquidos e gasosos e para a melhoria da água do curso em uso. Dessa forma, o enquadramento está estreitamente relacionado ao Plano de Recursos Hídricos, o qual também estabelece metas para o desenvolvimento sustentável, considerando a capacidade de suporte de uma bacia hidrográfica.

De fato, a execução do enquadramento parte do corpo de água hoje (diagnóstico) para o corpo de água amanhã. Um amanhã que pode ter vários horizontes (um, dois, três, ..., dez anos), concebendo-se vários cenários, de acordo com a capacidade de suporte hídrico, ambiental e socioeconômico da bacia. Ou seja, o enquadramento engloba em si um plano de metas ou diretivas para o uso sustentável dos recursos hídricos.

Da forma como está proposto em lei, o enquadramento faz a gestão dos recursos hídricos por meio de uma avaliação e concepção do uso do solo (municípios e estados). Nesse sentido, é, por definição, instrumento de integração da gestão ambiental com a gestão de recursos hídricos.

O processo de enquadramento, ou a determinação do corpo de água que queremos, podemos e buscamos, só é possível quando se empregam os pressupostos de participação, integração e articulação, fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Mais uma vez se verifica a inter-relação dos instrumentos de gestão. De fato, o investimento neces-

sário para o alcance das metas estabelecidas para o enquadramento é um dos elementos para o cálculo dos valores a serem adotados na bacia para a cobrança pelo uso da água. Isso implica necessidade de a comunidade da bacia hidrográfica, por meio de suas representações, atuar ativamente no processo de enquadramento e esse processo deve buscar formas de envolvimento da população em todas as fases de sua implantação.

De acordo com a Lei nº 9.433, a Resolução nº12, de 2000, do CNRH, estabelece que cabe às agências de água, no âmbito de sua área de atuação, a proposição aos comitês de bacia hidrográfica do enquadramento, de modo que no processo participativo para a implementação do enquadramento a comunidade seja esclarecida a respeito das conseqüências do enquadramento decidido, dentre elas a restrição de determinados usos em certos trechos de cursos de água. Ou seja, em bacias hidrográficas com vocação minerária deve-se ter o prévio conhecimento das interferências dessa atividade na qualidade dos recursos hídricos antes da decisão sobre o enquadramento de determinado curso de água, considerando a imobilidade característica da atividade. Não se pode esquecer também da dimensão, mesmo que estimada, do custo de investimento para o alcance das classes de enquadramento desejadas, pois este custo, como já dito, deverá implicar o cálculo da cobrança pelo uso.

5 OUTORGA DE DIREITO DE USO

A outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com a Lei nº 9.433, objetiva “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”. É importante salientar que esse instrumento legal estabelece que a outorga é ato da autoridade compe-

tente do poder público e que não implica a alienação parcial das águas, mas o simples direito de seu uso. O texto legal ressalta ainda que a outorga poderá ser suspensão parcial ou totalmente em circunstâncias especiais.

A outorga, de modo simplificado, é um procedimento contábil do recurso hídrico em uma bacia hidrográfica, feito para o atendimento aos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que são: i) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; ii) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e, iii) a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Assim, no caso de captações de águas superficiais, ao se efetuar o ato de outorga, o que se faz é um balanço entre a quantidade de água existente em um ponto de um determinado corpo de água (que é seu potencial hídrico), que pode ser medida em unidade de vazão ou volume e as demandas já autorizadas a montante e a jusante nos pontos de contribuição desse corpo, considerando ainda uma vazão remanescente ou fluxo residual mínimo que também é denominada de vazão ecológica. O resultado contábil desse processo é comparado à solicitação de uso de volume/vazão feito no requerimento da outorga. A outorga é assim uma resposta à questão da disponibilidade hídrica da bacia, considerando os objetivos da PNRH para que se autorize ou não o uso solicitado. É um instrumento de gestão que trabalha com o estabelecimento de parâmetros para um uso racional e planejado da água, levando em conta sua variação sazonal, épocas circunstanciadas de abundância ou escassez e para a solução de conflitos de uso.

Com base nesses conceitos, já estão consolidados os procedimentos para a outorga de captação

de águas superficiais, o que leva à necessidade de também serem melhor estudados e aperfeiçoados os procedimentos para outorga de usos específicos de recursos hídricos, com ênfase, no caso da atividade mineração, na exploração de águas subterrâneas.

Esse instrumento, tal como os outros já citados, exige a efetiva participação da comunidade usuária da bacia, principalmente para estabelecer as prioridades de usos para a efetivação da outorga. Embora legalmente a outorga seja de competência exclusiva da entidade gestora dos recursos hídricos dos Estados ou da União (de acordo com a dominialidade), esta deverá ser concedida de acordo com as prioridades de uso definidas pelos planos de bacias, que são aprovados pelos respectivos comitês. Salienta-se que o dispositivo legal estabelece, dentre as competências dos comitês, a de aprovar os planos de bacias. No conteúdo mínimo contido nos planos de bacias está a priorização dos usos da água em suas respectivas bacias. Como o ato de outorga dá a garantia de uso em tempo determinado, a comunidade deve também exercer um papel incentivador para a legalização de todos os usos por meio desse ato como única forma de se garantir a vazão solicitada para a operação dos empreendimentos instalados na bacia.

A outorga é assim um instrumento de controle que avalia a real condição da bacia hidrográfica em termos de potencial hídrico. É por meio do cadastro dos usos outorgados que se torna possível conhecer a capacidade de suporte da bacia para o desenvolvimento desejado. Desse modo, esse instrumento é básico na elaboração do Plano de Recursos Hídricos, pois dá suporte às proposições de enquadramento, além de apoiar a discussão dos termos em que se dará a cobrança pelo uso da água.

Para a atividade de mineração, algumas considerações para a implantação deste instrumento devem ser aqui apresentadas.

Primeiramente, entende-se ser condição fundamental como suporte básico para a implementação da outorga o estabelecimento do instrumento Sistema de Informações de Recursos Hídricos. Não se pode admitir seriedade na disponibilização de um recurso que se torna a cada dia mais precioso, como a água, sem uma base de informações atualizada e consistente, contendo o potencial hídrico e os usuários, efetivando dessa forma a disponibilidade hídrica da bacia. A falta de embasamento adequado para a liberação de uma outorga pode acarretar o crime de se autorizar investimentos para empreendimentos localizados em um curso de água que não tenha capacidade de suporte para recebê-los. Além disso, não autorizar, pode significar retirar da região, onde se insere o curso de água em análise, a possibilidade de uma melhoria social e econômica, por meio da implantação do empreendimento.

Outro ponto importante é que há um vasto campo de pesquisa para a gestão das águas subterrâneas, com a qual o setor de mineração mais se relaciona. Muitos dos instrumentos de gestão não são auto-aplicáveis para essas águas, dentre eles a outorga. Assim, sugere-se uma parceria entre o agente outorgante e os setores minerais para que várias das lacunas técnicas no campo da gestão correta das águas subterrâneas, possam ser superadas.

Nesse sentido, ressalta-se que esse é um campo em que a mineração tem grande contribuição a dar, pois o conhecimento da água subterrânea apresenta-se normalmente como fator necessário à atividade minerária, seja como insumo no processo produtivo, seja pela necessidade de se efetuar o desaguamento de mina para a continuidade das atividades extrativas. Hoje se sabe que as grandes mineradoras são provavelmente as entidades detentoras do que de melhor há no país no que se refere ao conhecimento hidrogeológico básico, à correlação entre as águas superficiais e subterrâneas e ainda

às interferências locais e regionais dos empreendimentos mineiros no balanço hídrico regional. Destaque nesse campo deve ser dado à região central de Minas Gerais, local da grande mineração de ferro, hoje uma das áreas mais bem conhecidas do país no campo da disponibilidade hídrica, mercê dos levantamentos geológico-hidrogeológicos realizados pelo setor.

Da mesma forma, há ainda um vasto campo de pesquisas e estudos para a efetivação da outorga para o lançamento de efluentes para cuja discussão e construção o setor mineral pode contribuir. Por exemplo, as barragens de rejeito constituem-se em sistemas múltiplos de disposição de rejeitos, captação e recirculação (reúso) de água, bem como em sistemas de tratamento de efluentes.

Outro ponto de destaque é a operação dos reservatórios subterrâneos. Fato corriqueiro em países com maior tradição e conhecimento em hidrogeologia, diferentemente do Brasil, os critérios para esse procedimento ainda não estão devidamente estabelecidos nos atuais modelos de outorga. Também nesse campo a mineração poderá participar, de modo pioneiro, na determinação dos critérios para a regulamentação.

Por fim, há de se ressaltar ainda que a atividade de mineração possui um balanço hídrico característico que deve ser levado em consideração em todo o processo de outorga. A título de exemplo, quando se realiza captação de água subterrânea com fins de esgotamento ou rebaixamento de nível de água, em muitos empreendimentos essa água, nobre e potável, é disponibilizada para os corpos de água que abastecem comunidades, senão, como alternativa, fica esse volume armazenado, de forma adequada e economicamente mais viável, para uso estratégico futuro. Outrossim, a grande variedade de usos e captações para um mesmo empreendimento significa quase sempre reúso.

Sendo assim, nos processos de outorga, os usos de recursos hídricos relacionados ao empreendimento minerário devem ser encaminhados ao agente outorgante e analisados por este como um único processo, que deverá conter e considerar, para sua análise e deferimento, o plano de utilização da água captada, o balanço hídrico (água superficial e água subterrânea) na área afetada, considerando inclusive, de acordo com as características hidrológicas e hidrogeológicas específicas da área em apreço e da atividade de mineração, a possibilidade de um aumento da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica. O plano de utilização da água captada, em seus vários estágios do processo minerário, principalmente para fins de esgotamento ou rebaixamento de nível de água, passa a ser instrumento essencial no processo de outorga para mineração e deverá conter cenários para usos futuros considerando o processo de lavra no decorrer do tempo.

Foi com esse espírito que o CNRH, em 11 de dezembro de 2002, aprovou a Resolução nº 29, que dispõe sobre a outorga de direito de uso da água para a mineração. Nessa Resolução, destaca-se para a instituição do Plano de Utilização da Água, definido como o:

Documento que, de acordo com a finalidade e porte do empreendimento minerário, descreve as estruturas destinadas à captação de água e ao lançamento de efluentes com seus respectivos volumes de captação ou diluição, os usos e o manejo da água produzida no empreendimento, o balanço hídrico do empreendimento, as variações de disponibilidade hídrica gerada pelo empreendimento na bacia hidrográfica, os planos de monitoramento da quantidade e qualidade hídrica, as medidas de mitigação e compensação de eventuais impactos hidrológicos e as especificidades relativas aos sistemas de rebaixamento de nível de água, se houver (art.1º, inciso XIV).

Em seu art. 2º a Resolução nº 29, de 2002 estabelece:

“Os usos de recursos hídricos relacionados à atividade minerária e sujeitos à outorga são:

- I. a derivação ou captação de água superficial ou extração de água subterrânea, para consumo final ou insumo do processo produtivo;
- II. o lançamento de efluentes em corpos de água;
- III. outros usos e interferências, tais como:
 - captação de água subterrânea com a finalidade de rebaixamento de nível de água;
 - desvio, retificação e canalização de cursos de água necessários às atividades de pesquisa de lavra;
 - barramento para decantação e contenção de finos em corpos de água;
 - barramento para regularização de nível ou vazão;
 - sistemas de disposição de estéril e de rejeitos;
 - aproveitamento de bens minerais em corpos de água; e
 - captação de água e lançamento de efluentes relativos ao transporte de produtos minerários.

Outro destaque deve ser dado ao art. 4º em seu § 1º, no qual se tem: “A outorga deverá ser emitida pela autoridade outorgante competente em um único ato administrativo, quando couber, para o empreendimento como um todo, tendo como base o Plano de Utilização da Água”.

Boa parte dos usos de recursos hídricos apresentados anteriormente, notadamente aqueles referentes ao inciso III da Resolução nº 29 do CNRH, se trata de particularidades do setor mineração. Nesse sentido, a discussão entre o esse setor as autoridades outorgantes torna-se essencial para harmonizar procedimentos e critérios para os pedidos e as análises dessas outorgas.

Nessa linha, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos aprovou a resolução para regulamentação

do Plano de Utilização da Água na mineração. Essa resolução estabeleceu diretrizes gerais para um termo de referência visando à elaboração do referido Plano, que, conforme informado anteriormente, deverá ser o documento base para a análise dos pedidos de outorga para mineração.

6 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

Desde a Conferência de Estocolmo, em Dublin, em 1992, que à água foi dado valor econômico. Considerada um elemento natural, frágil e cada vez mais raro, a valoração econômica foi o caminho apontado pelas grandes lideranças e por estudiosos de todo o mundo para reverter um quadro de miséria e desabastecimento para milhões de pessoas. Segundo dados da ONU, 1/3 da população dos países em desenvolvimento não tem acesso à água potável, e nos próximos vinte anos, 2,8 bilhões de pessoas poderão viver em regiões de seca crônica.

Seguindo os pressupostos de Dublin, no Brasil, com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos, expressa na Lei nº 9.433, instituiu-se o instrumento econômico de gestão dos recursos hídricos: a cobrança pelo uso da água. Desde então muito se discute sobre o tema, e nessas discussões o que aterroriza, infundadamente, alguns segmentos da sociedade é a associação da água a uma *commodity*, sendo chamada de o ouro azul do século XXI.

A cobrança pelo uso da água é, de fato, como já dito, um instrumento de gestão. Segundo a legislação brasileira ela tem dois objetivos básicos: o de induzir à racionalização do uso e o de realizar investimentos, na bacia hidrográfica de origem dos recursos arrecadados, para a melhoria da qualidade e da quantidade de suas águas. Ou seja, o resultado esperado com a aplicação da cobrança é o de que toda a sociedade

usará com maior cuidado – evitando o desperdício e o lançamento de esgoto sem tratamento – um bem que agora tem valor econômico. Com menos desperdício, menos poluição e maior investimento no cuidado, haverá água para todos, sempre.

A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão nada tem a ver com taxas, tarifas ou impostos. Também não é uma penalidade e muito menos licença para poluir. A valorização econômica é posta para regular uso, condicionar costumes e corrigir degradações. A cobrança surgiu, assim, como um instrumento para dar cumprimento aos princípios constitucionais da dignidade humana, traduzida na garantia do acesso à água para todos, de modo que as operações com os recursos da cobrança não são operações típicas de um sistema financeiro, mas sim de um sistema de desenvolvimento e fomento social.

Dois elementos do arcabouço jurídico brasileiro são essenciais para afastarem, de maneira definitiva, uma interpretação para a cobrança pelo uso da água como instrumento que possa induzir um mercado de água, ou transformá-la em *commodity*. Primeiro, de acordo com nossa Constituição, e conforme já dito, a água é um bem público. Como tal, seu uso deve ser autorizado pelo Estado, por meio da outorga. Ou seja, qualquer uso que se faça diretamente num corpo hídrico, superficial ou subterrâneo, à exceção dos usos insignificantes, deverá ser devidamente autorizado pelo agente público competente. Segundo, de acordo com a Lei nº 9.433, de 1997, a cobrança pelo uso da água é implementada por determinação dos respectivos comitês de bacias hidrográficas – órgão decisório que reúne diversos representantes no entorno de uma bacia para estabelecer a política local de uso, o controle e a proteção das suas águas. Ou seja, valores, critérios de arrecadação e de aplicação da cobrança são decididos por toda a sociedade diretamente afetada, por intermédio dos seus segmentos, representados nesses comitês. Assim, a que

cobrança pelo uso da água, mais que instrumento de gerenciamento é um gesto de responsabilidade socioambiental.

Pode-se concluir, então, que a cobrança só pode ser efetivada por ato e vontade da comunidade usuária. O texto normativo é explícito nessa matéria ao colocar para os comitês a competência para “estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados”. A competência dos comitês para gerir esses instrumentos é, sem dúvida, o grande desafio que a Política Nacional de Recursos Hídricos introduziu para a sociedade civil, e ao setor de mineração caberá importante papel no amadurecimento desta, por meio de sua participação, atuante e responsável, na busca da gestão sustentável dos recursos hídricos.

De fato, com a implementação da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul, por determinação do Comitê de Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), verificou-se de pronto a grande dificuldade de uma sistemática administrativa para a aplicação dos recursos advindos da cobrança pelo uso da água que se alinhasse ao sistema financeiro nacional. Esse sistema é de grande complexidade e de princípios operacionais bastante conservadores, o que dificulta a efetividade de uma agência de bacia ou de água, organismo de direito privado selecionado pelo respectivo comitê para administrar os recursos da cobrança atuar como gerente e aplicador dos recursos financeiros arrecadados com a cobrança na respectiva bacia.

Nesse sentido, o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), dentre outros segmentos usuários, patrocinou, com o apoio das instituições públicas pertencentes ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a partir de uma iniciativa da Câmara Técnica de Cobrança do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CTCOB/CNRH) na qual o IBRAM tem efetiva participação, duas oficinas para

discussão do tema. Por meio dessas oficinas, associadas a uma série de outras iniciativas da CTCOB, que resultaram em encaminhamentos bem objetivos do CNRH, o governo executivo encaminhou medida provisória para regulamentar a tramitação dos recursos da cobrança, que resultou na Lei nº10.881, de 9 de junho de 2004.

Essa lei dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e as entidades delegatárias das funções de agências de águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências e é um grande avanço para a implementação da cobrança em todo o território nacional, na medida em que facilita e regulamenta o repasse de recursos públicos para uma entidade de direito privado aplicar, conforme determinação do respectivo comitê de bacia. Com essa lei em vigor, reforça-se a premissa de que são condição preliminar para a instituição da cobrança a proposição e a implantação de um modelo de agência de bacia (ou de água) que efetivamente possa atuar como agente de investimentos e aplicação dos recursos financeiros arrecadados em uma bacia.

O valor a ser cobrado pelo uso da água deverá ser dimensionado em razão dos programas e dos projetos a serem realizados na bacia hidrográfica, que se associam diretamente à capacidade dos usuários para o pagamento do valor estipulado, traduzindo uma equação otimizada para a gestão das águas de uma bacia, que tem como resultado metas factíveis ao longo de um determinado tempo. Tudo isso compõe os respectivos Planos de Recursos Hídricos (arts. 21 e 22 da Lei nº 9.433, de 1997). Dessa forma, a cobrança concretiza-se como um instrumento de gestão, e não de arrecadação, pois a norma geral fixou que os valores a serem cobrados pelo uso da água têm de ser estabelecidos em função dos respectivos planos de recursos hídricos da bacia, aprovados pelos comitês correspondentes.

Para o setor de mineração, essa é a estratégia correta, pois o valor da cobrança estará associado a um plano de metas específicas e consensadas para a bacia, ou seja, a motivação para a cobrança é explícita e passará a ter todas as possibilidades de ser aceita por todos os usuários. Outro ponto importante destacado pelo setor é de que, como instrumento de gestão, a cobrança pelo uso da água deve atingir todos os usuários (exceção aos que fazem uso insignificante), levando-se em conta sua capacidade de pagamento e considerando-se sua exata intervenção nos parâmetros de qualidade, quantidade e regime no corpo hídrico, tendo como referencial o estado antecedente à intervenção. Ou seja, o usuário paga na exata medida do que ele efetivamente usa e altera. Deve também considerar mecanismos de compensação quando este usuário faz intervenções que resultem na melhoria desses parâmetros. Na verdade, considera-se essencial que essas referências consolidem mecanismos que sejam motivadores de interferências positivas.

Para finalizar, convém ressaltar, citando o Professor Aldo Rebouças, que:

O ato de outorgar e cobrar o direito da água, longe de constituir uma simples função burocrática de auto-afirmação, configura uma definição de responsabilidade. Em outras palavras, o outorgante, ou o órgão que estabelece a cobrança, passa a assumir a responsabilidade pela garantia da quantidade e qualidade da água que foi outorgada e cobrada. Isto significa que esse órgão deverá conhecer, em profundidade, o bem outorgado/cobrado – regimes de águas superficiais e subterrâneas, respectivas disponibilidades e características de qualidade – tanto no domínio da bacia hidrográfica em apreço como no tempo.

As experiências internacionais, continua o professor, demonstram que o processo de outorga e

cobrança do direito de uso da água – superficial ou subterrânea – significa mudar radicalmente a cultura autocrática institucional e empresarial. Ou seja, o órgão responsável pela outorga e cobrança não é um órgão que se limita a deferir ou indeferir pedidos e a cobrar direitos de uso da água, mas deverá estar preparado para assumir a responsabilidade de seus atos.

É inevitável, finaliza o professor, que, por tais características, a outorga e a cobrança pelo direito de uso das águas devem ser pensadas como um todo e sua inserção na dinâmica globalizada.

7 SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

Conforme já mencionado, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é instrumento de gestão basilar para a correta aplicação dos demais instrumentos. Esse Sistema compreende a coleta, o tratamento, o armazenamento e a recuperação de todas as informações sobre recursos hídricos e dos fatores relevantes à sua boa gestão. Esse Sistema deve ainda incorporar estudos, análises e avaliações prognósticas que visam apoiar as ações de planejamento e prevenção de conflitos de usos e minimização dos efeitos, sociais e econômicos, negativos advindos dos eventos hidrológicos adversos. Esse Sistema deve também ser concebido de tal forma que possa recepcionar, de modo integrado e convergente, todas as informações geradas pelos órgãos integrantes do SINGREH de modo que a concepção do Sistema de Informações implica a preservação dos dois princípios básicos da gestão de recursos hídricos contidos na Lei nº 9.433: descentralização e participação. Assim, para seu bom funcionamento devem ser concebidas formas descentralizadas para a obtenção e a geração de informações e formas de acesso fácil para toda a

comunidade de uma bacia hidrográfica, considerando uma sociedade plural composta por pessoas totalmente leigas bem como por diversos profissionais na área de recursos hídricos.

De fato, a verdadeira participação social na gestão das águas só é possível por meio da informação e, portanto, do conhecimento. Assim, para a garantia da efetiva participação social, faz-se necessário que todos os interessados devam ter iguais oportunidades de apresentar e refutar argumentos, que todos os argumentos devam ser submetidos ao livre exame de todos e que nenhum dos participantes venha a sofrer qualquer coação. Ou seja, que a informação deva ser o alicerce para o estabelecimento igualitário das oportunidades e instrumento indispensável para que não haja coação daqueles que “sabem” sobre os que “não sabem”. Assim, o Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos coloca-se como instrumento capaz de dotar todas as comunidades de uma bacia hidrográfica do conhecimento necessário à sua efetiva participação e se constitui no mecanismo para a integração e a sustentabilidade da gestão descentralizada.

Nesse sentido, faz-se importante a constituição de um Sistema Nacional Integrado de Informação sobre Recursos Hídricos, que, de forma coordenada e articulada com todos os agentes do SINGREH, possa padronizar entradas e saídas de dados, arquiteturas de banco de dados e de sistemas relacionais e, principalmente, possa estabelecer mecanismos de manutenção e atualizações permanentes. O Sistema Nacional Integrado de Informações sobre Recursos Hídricos deve, portanto, ter uma estrutura informatizada capaz de processar as informações para o seu compartilhamento com todas as entidades que compõem o SINGREH, permitindo o acesso fácil e transparente a todos os usuários e comunidades que participam da gestão de recursos hídricos. A disponibilização desse Sistema informatizado é aspecto fundamental para o aparelhamento das entidades descentralizadas do SINGREH, que assumem, de acordo com a Lei nº 9.433, a respon-

sabilidade da gestão dos recursos hídricos. Convém salientar que a estruturação de um Sistema de Informação, tal como mencionado, e sua implementação impõem atividades de treinamento e capacitação do corpo técnico das entidades do SINGREH, bem como do público usuário do Sistema. Impõem ainda: avaliação dos sistemas de informações existentes, identificação e busca de soluções e desenvolvimento de uma arquitetura técnica compatível, constituída pela especificação e pela definição de redes de alta velocidade, *softwares* de ferramenta de busca e servidores de serviços variados. Com essas definições, tal Sistema fica apto a ser implementado utilizando metodados como forma de integração dos sistemas de informação, além de estar apto a ser disponibilizado via Intranet e Internet, cumprindo assim sua missão de ser instrumento basilar para a implementação dos demais instrumentos de gestão, de ser instrumento para a efetiva participação social na gestão de recursos hídricos e de ser mecanismo para a integração da gestão descentralizada.

No que se refere às atividades de mineração, vale ressaltar, mais uma vez, a ausência de alternativas locais. Com isso ganha ainda mais importância a implantação de um Sistema de Informações tal como proposto para forma a tornar disponíveis todas as intervenções previstas em recursos hídricos para as atividades de mineração e suas relações, na mesma área, com outros setores usuários de recursos hídricos, especialmente aqueles priorizados em lei: abastecimento humano e dessedentação de animais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada de todos os instrumentos de gestão leva à conclusão de que a Política Nacional de Recursos Hídricos está sedimentada, essencialmente, nas ações de planejamento. Ou seja, em vez das ações de regulação e controle – comando e controle –, a gestão de recursos hídricos, conforme precon-

zado na Lei nº 9.433, alicerça-se nos fundamentos da articulação, da negociação, da busca incansável do consenso até a construção de um acordo social entre todos os atores, públicos e privados, sociais e econômicos de uma bacia hidrográfica, acordo social esse consubstanciado no Plano de Recursos Hídricos, plano que traduz concretamente sonhos consolidando pactos. Pelo enquadramento de corpos de água, no qual se define o rio que a sociedade tem, o rio que essa mesma sociedade pode ter em determinado espaço de tempo até alcançar o rio que quer, o Plano traça metas e diretrizes com repercussões diretas na aplicação da outorga e da cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Conforme publicação IBRAM– Modelo Nacional de Gestão de Recursos Hídricos – A Posição do Setor Mineral e de acordo com os conceitos e as interpretações técnicas e legais dos instrumentos de gestão de recursos hídricos aqui apresentados, ressaltasse os seguintes pontos. Instrumento de outorga é uma resposta à questão da disponibilidade hídrica da bacia, em análise, para que se autorize ou não o uso solicitado em certo ponto de um determinado corpo de água pertencente a ela. É um instrumento de gestão que trabalha com o estabelecimento de parâmetros para um uso racional e planejado da água, considerando sua variação sazonal, épocas circunstanciadas de abundância ou escassez e para a solução de conflitos de uso. A outorga é, portanto, o principal instrumento para avaliar a real condição da bacia hidrográfica em termos de potencial hídrico. É por meio do cadastro dos usos outorgados que se torna possível conhecer a capacidade de suporte da bacia para o desenvolvimento desejado.

A experiência na aplicação desse instrumento, especialmente quando relacionada à mineração, indica que há um vasto campo de pesquisa para a gestão das águas subterrâneas, com o qual essa atividade mais se relaciona.

Destaca-se também que a outorga de direito de uso de água para a atividade extrativa mineral deve ser analisada em um contexto global, considerando-se os balanços hídricos regionais, tanto nos dias atuais como no futuro, de forma que nos processos de outorga os usos de recursos hídricos relacionados ao empreendimento mineral devem ser encaminhados ao agente outorgante e analisados por este como um único processo.

Quanto à cobrança pelo uso da água, trata-se de um instrumento de gestão cujos recursos financeiros se constituem em suporte econômico essencial à manutenção do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, instituído pela Lei nº 9.433, que se estrutura nos princípios de gestão descentralizada e participativa. Assim, como instrumento de gestão, a cobrança é de aplicação complexa, que não deve, de forma alguma, ter a aparência de mais um imposto ou taxa, ou seja, de um modelo arrecadador. A cobrança não deve ser instrumento punitivo e deve ser acordada com o usuário como em um sistema de condomínio, para o qual a cobrança deriva de um acordo social.

Na implementação dos instrumentos de gestão em bacias onde se tem a mineração como atividade econômica existente ou potencial, especialmente na elaboração do plano de bacia e na implantação do enquadramento, o destaque é para a característica de rigidez locacional da atividade.

Como suporte de todo o Sistema Nacional Gerenciamento de Recursos Hídricos e dos instrumentos de gestão citados, tem-se o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

De fato, a informação não só é elemento essencial para a correta aplicação da outorga, definição do enquadramento, elaboração do Plano e para a justa implementação da cobrança pelo uso da água, bem como a informação é a solução comunicativa de conflitos e, portanto, única fonte possível para a construção da solidariedade, base da Política Nacional de Recursos Hídricos, calcada no princípio da participação.



**A MINERAÇÃO E O USO DA ÁGUA NA LAVRA
E NO BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO**

CAPÍTULO 4





Mônica Calixto de Andrade¹
João Alves Sampaio²
Adão Benvindo da Luz³
Vânia Lúcia de Lima Andrade⁴
Maria de Lourdes Pereira dos Santos⁵
César Augusto Paulino Grandchamp⁶

1 INTRODUÇÃO

O empreendimento minerário destaca-se, dentre todos os outros setores usuários de água, pela sua significativa interação com os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Essa interação reverte-se de um olhar cuidadoso, considerando-se as características intrínsecas à atividade minerária, como a rigidez locacional e o caráter ainda insubstituível da grande maioria dos bens minerais para a manutenção da qualidade de vida da população, *vis-à-vis* à consideração de que a água é elemento indispensável à vida. Desse modo o seu uso na mineração deve ter como base os princípios da gestão eficaz, com observância dos fundamentos do uso múltiplo e sustentável, tal como expressa a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Nesse contexto, em cumprimento das leis, cada vez mais exigentes com o uso da água e no controle dos efluentes, mais se fazem necessários a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias de processos de lavra e nova concepção dos projetos das unidades de beneficiamento de minérios.

A maioria dos bens minerais utilizados pela sociedade possui baixo valor agregado; portanto, o uso de tecnologia e o controle do custo dos insumos tornam-se requisitos indispensáveis para garantir a viabilidade econômica de sua exploração. Segundo esse foco, a água como importante insumo no âmbito da mineração destaca-se por sua relativa disponibilidade e suas características químicas e físicas peculiares. Sendo assim, embora utilizada em menor volume que outras atividades econômicas, tal como a agricultura, sua disponibilidade é um dos requisitos básicos no processamento mineral, além de ser fator determinante na localização da usina de beneficiamento de minérios. Logo, o abastecimento confiável e adequado da água bem como seu estoque e transporte, tornam-se indispensáveis no processamento mineral. Mesmo parecendo elementar, esse é um quesito que não pode ser negligenciado pelos profissionais da mineração.

¹ Engenheira Química/UF RJ, Mestre e Doutora em Engenharia Metalúrgica e Matérias/COPPE-UF RJ, pesquisadora do CETEM/MCT.

² Engenheiro de Minas/UFPE, Mestre e Doutor em Engenharia Metalúrgica e Matérias/COPPE-UF RJ, pesquisador do CETEM/MCT.

³ Engenheiro de Minas/UFPE, Mestre e Doutor em Engenharia Mineral/EPUSP, pesquisador titular do CETEM/MCT.

⁴ Engenheira Química/UFMG, Mestre e Doutora em Engenharia Mineral/EPUSP, master da CVRD.

⁵ Geóloga e Engenheira de Minas/UFMG, especialista em hidrogeologia/Universidade de Camputense de Madrid, master da CVRD.

⁶ Geólogo/UFMG, Mestre em hidrogeologia/UFMG, master da MBR.

Em função das especificidades de cada fase da produção mineral, os usos ou interferências na água mostram-se diversificados e exigem o emprego de métodos e tecnologias por vezes complexos. É na busca do aprimoramento das técnicas de lavra e das etapas do processo de produção que residem as possibilidades de otimização do uso e minimização das interferências nos recursos hídricos dos vários empreendimentos minerários. Nesse contexto, como exemplo, cada vez mais se estuda o reúso, a reciclagem e a recirculação de água como ações voltadas para sua sustentabilidade, uma vez que a escassez hídrica, local ou regional, a necessidade de se cumprir os mandamentos legais da gestão de recursos hídricos e o custo de pagamento pelo uso da água influirão diretamente na produção minerária.

Dessa forma a partir da segunda metade da década de 1970, quando se firmaram as discussões relacionadas à questão ambiental, o setor da mineração buscou o aprofundamento de estudos voltados ao gerenciamento ambiental, com algum enfoque nos recursos hídricos. Destaca-se, entretanto, que ainda são poucos os registros técnicos que possam propiciar uma avaliação mais ampla sobre a gestão das águas promovida pelo setor.

No presente capítulo são apresentadas considerações sobre o uso e a interferência nos recursos hídricos nas diferentes fases da atividade minerária, desde a implantação do empreendimento até o seu fechamento.

2 FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS NA MINERAÇÃO

Ganha importância o conhecimento sobre a origem da água, em especial a natureza das fontes responsáveis pelo seu abastecimento na mineração, basicamente fontes subterrâneas, de superfície e as chamadas águas de reciclagem.

Adicionalmente, a água proveniente das bacias de rejeitos, dos espessadores, das operações de filtração, entre outros, é reciclada nas usinas de concentração, contribui para diminuir o consumo desse processo.

As fontes de água para uso na mineração são objeto de estudos com a finalidade de se investigar características adequadas à sua utilização com custos mais baixos. Há casos, hoje mais frequentes, para os quais são exigidos tratamentos prévios ao uso da água no processo de concentração. Quando isso ocorre, várias podem ser as causas:

- a água da fonte local é dura, e a concentração de íons derivados da dissociação de minerais pode prejudicar o processo;
- o suprimento de água do mar para a usina, em geral, carece de tratamento;
- a água nova contém parcela expressiva de material em suspensão, especialmente material argiloso.

2.1 ÁGUAS DE ORIGEM SUPERFICIAL

Constitui as águas oriundas de barragens ou grandes reservatórios, cursos de água, lagos, dentre outras. São as mais adequadas aos processos de beneficiamento em geral, pela sua acessibilidade e por não possuírem contaminações significativas, que afetam o desempenho dos processos, essencialmente a flotação. Todavia, a eventual necessidade de tratamento prévio, sua escassez, o custo de obtenção e as restrições ambientais limitam sua utilização, favorecendo a busca por outras alternativas, particularmente a água de reciclagem.

2.2 ÁGUAS DE ORIGEM SUBTERRÂNEA

As águas de origem subterrânea são mais utilizadas onde sua oferta tem relativa abundância carência de água superficial ou restrição ambiental para a utilização de águas superficiais. As diferentes formas de

disponibilização (bateria de poços, galerias, canais, drenos, *sumps*) podem tornar seu custo de obtenção mais elevado, se comparado ao da água superficial. Entretanto, quando em função da necessidade de drenagem de aquíferos para permitir a lavra (rebaixamento do nível de água subterrânea), sua utilização é quase sempre mais vantajosa. Dependendo da natureza do aquífero, há casos de água dura que comprometem o desempenho do processo, em especial a flotação. Exige-se, nesses casos, um tratamento anterior à sua utilização nos processos de beneficiamento de minérios.

2.3 ÁGUAS DE RECICLAGEM E RECIRCULAÇÃO

As fontes mais comuns são os reservatórios das barragens de rejeitos ou resultantes dos processos

de desaguamento por filtragem, peneiramento, espessamento (Figura 14). A relação entre a quantidade de água nova no processo e o reúso/reciclagem/recirculação varia de processo a processo. A situação ideal é aquela em que ocorre o chamado descarte zero, isto é, a otimização do processo de reciclagem permite a reutilização de toda a água já usada. No caso do minério de ferro, por exemplo, o volume de água reutilizada atinge índices de 80%. O emprego desse tipo de água cresce de forma contínua, entre outras, pelas seguintes razões:

- O custo de obtenção da água nova em face da disponibilidade da água mantida no processo.
- A natureza do processo, que facilita a reutilização desse tipo de água.
- O controle ambiental, que regula a qualidade do lançamento de efluente.

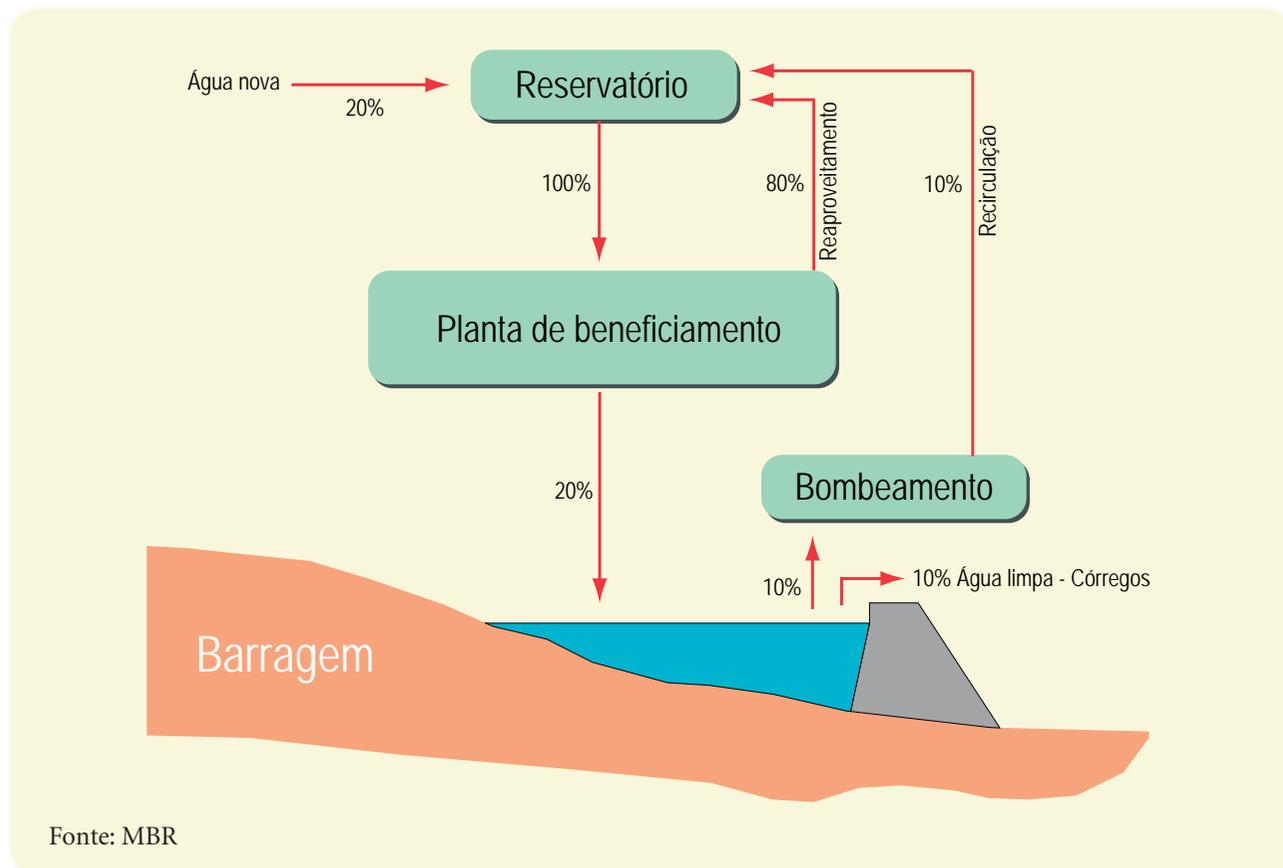


Figura 14. Sistema de recirculação de água em mineração de ferro

3 USO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO

Considerando que a atividade minerária tem especificidades de utilização e consumo de água passíveis de provocar alterações nos regimes de corpos hídricos, na quantidade e na qualidade da água existente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos aprovou a Resolução nº 29, de 11 de dezembro de 2002, que em seu art. 2º, relaciona os usos e as interferências nos recursos hídricos, pela mineração, sujeitos à outorga, conforme já mencionado e analisado no Capítulo 3 deste livro, destacados aqui novamente:

- I. a derivação ou captação de água superficial ou extração de água subterrânea para consumo final ou insumo do processo produtivo;
- II. o lançamento de efluentes em corpos de água.
- III. outros usos e interferências, tais como:
 - captação de água subterrânea com a finalidade de rebaixamento de nível de água;
 - desvio, retificação e canalização de cursos de água necessários às atividades de pesquisa e lavra;
 - barramento para decantação e contenção de finos em corpos de água;
 - barramento para regularização de nível e vazão;
 - sistema de disposição de estéril e rejeitos;
 - aproveitamento de bens minerais em corpos de água; e
 - captação de água e lançamento de efluentes relativos ao transporte de produtos minerais.

No desenvolvimento deste trabalho, serão apresentados esses usos e interferências relacionados na Resolução CNRH nº 29, de 2002, do CNRH distintamente para a fase de lavra e para a fase do processamento mineral.

4 USO DA ÁGUA NA LAVRA

A interferência da lavra nos recursos hídricos inicia-se a partir da abertura do empreendimento, quando, devido às alterações morfológicas ocorridas no terreno, a drenagem superficial pode ser modificada. Durante a lavra, a água a ser utilizada origina-se da captação de cursos de água superficiais, de reservatórios de barragens ou da captação subterrânea. Nessa etapa, a água pode ser aplicada no desmante hidráulico, na aspersão de pistas e praças para controle de emissão de poeira (Foto 8 – a e b), na lavagem dos equipamentos (Foto 9 – a e b) e no transporte de materiais. Na maioria dos casos, a demanda por água, nesta fase do empreendimento, é bem menor que a demanda voltada para o beneficiamento do minério.



Foto 8 (a,b). Uso da água para controle de emissão de poeira.
Fonte: MBR



Foto 9 (a,b). Uso de água para lavagem de equipamentos
Fonte: MBR

No desmonte hidráulico, a lavra é executada pela pressão da água que, além de promover a desagregação do material, o conduz para o local onde será processado.

Segundo Luz (1998), as minas de caulim de Devon e Cornwall, na Inglaterra, utilizam o método de lavra a céu aberto, com desmonte hidráulico, durante o qual já se realiza uma pré-concentração para minimizar o manuseio excessivo de material estéril. O caulim resultante do desmonte e na forma de polpa é coletado por gravidade em uma cava e desta bombeado para a usina de beneficiamento.

No Brasil, a Mineração Hori, no município de Mogi Guaçu, São Paulo, utiliza também o método de lavra do caulim com o auxílio de monitor hidráulico. O desmonte de minérios aluvionares de ouro e cassiterita, na Amazônia, constitui exemplo prático de aplicação desse método de lavra.

Há casos em que a água é usada *strictu sensu* como meio de transporte, isto é, ela conduz o minério para a usina de tratamento. Esta forma de uso da água é comum à etapa do processamento mineral, para movimentação de produtos acabados ou semi-acabados entre diferentes usinas de tratamento e embarque.

Das interferências mais significativas relacionadas aos recursos hídricos, observadas no desenvolvimento das atividades de lavra, têm-se a construção de barragens, a construção de pilhas de disposição de materiais estéreis e o rebaixamento do nível de água subterrânea.

A (Figura 15) apresenta o fluxograma das principais etapas da atividade minerária e suas interferências nos recursos hídricos em lavra de minério de ferro.

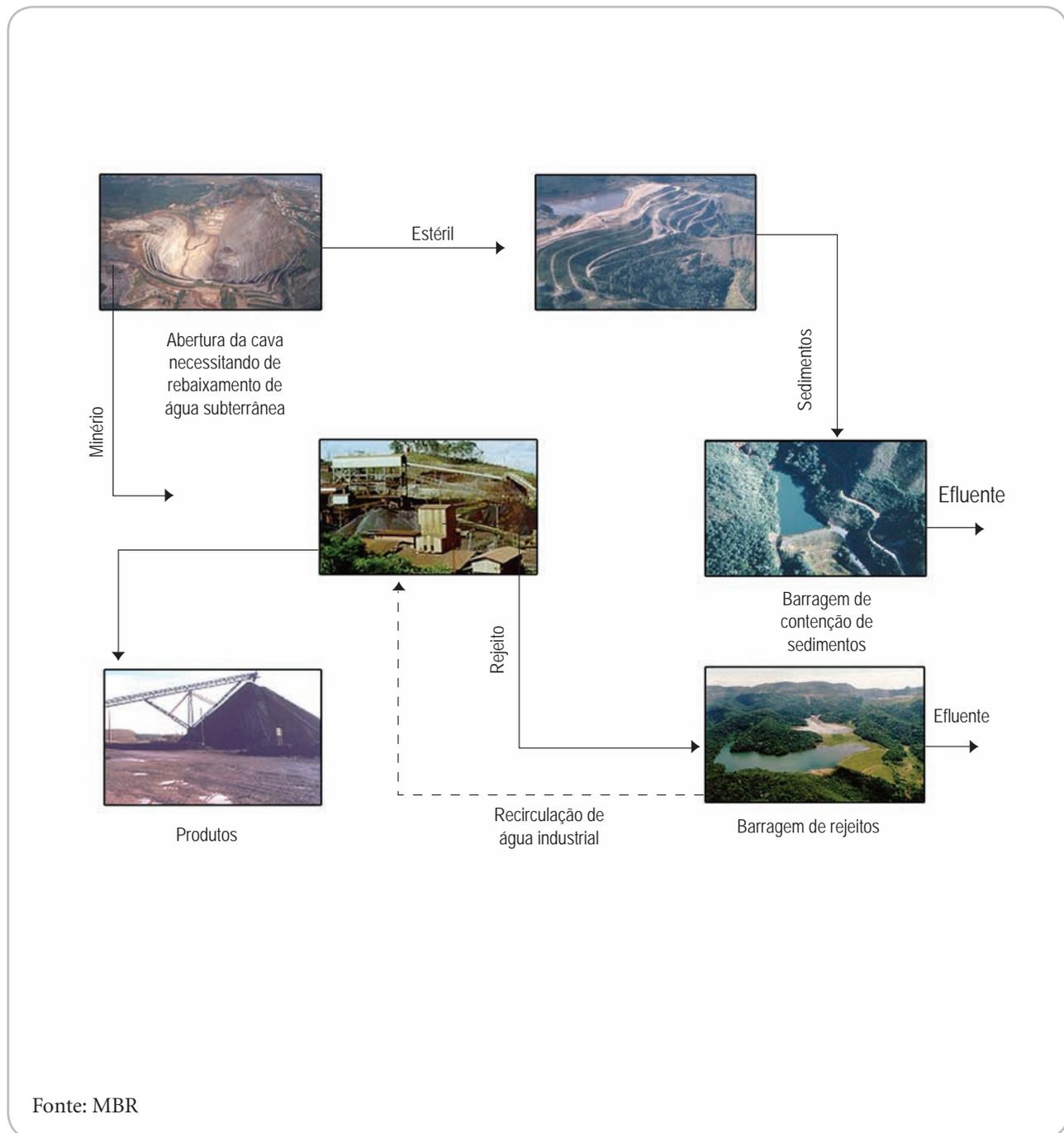


Figura 15. Fluxograma simplificado do uso da água na mineração de ferro

4.1 BARRAGENS

As barragens (Foto 10 – a,b,c) constituem uma importante estrutura de um empreendimento minerário e

geralmente são construídas para operação durante todas as fases de lavra e do processamento mineral.



Foto 10 (a,b,c). Barragens em áreas de mineração (Fonte MBR).

As barragens de contenção de sedimentos são estruturas construídas com o objetivo de conter sedimentos carregados em períodos de chuva, garantindo a qualidade do efluente final. De maneira geral, tais barragens estão localizadas a jusante das áreas operacionais e das pilhas de estéril, sendo em passado recente, pela sua função principal, denominadas “barragens ecológicas”.

As barragens de rejeitos têm como objetivo a formação de bacia de acumulação dos rejeitos gerados nas instalações de beneficiamento de minério e a acumulação da água a ser reutilizada no processo industrial. Essas barragens são construídas em vales a jusante das operações e normalmente têm também a função de contenção de sedimentos (finos).

As barragens são normalmente construídas com terras homogêneas, retiradas de áreas de empréstimos no interior ou nas adjacências do futuro reservatório. Trata-se de solos residuais, devidamente preparados (compactados, umidade corrigida, etc) para garantir a segurança e a eficácia da obra.

Como formas de saída de água (efluente) do reservatório da barragem, têm-se o escoamento pelos vertedores e, em casos de percolações através do maciço da barragem, ou pela fundação desta, através de drenos, compostos por pedra-de-mão envolta por materiais granulares, adequados para garantir a saída da água.

Como medida de segurança adicional, garantindo que o talude a jusante permaneça sem água e evitando processos de erosão interna, são normalmente construídos drenos verticais (septos drenantes), que interceptam a linha de infiltração, conduzindo-a para o tapete drenante e o dreno de pé (Foto 11).

O reservatório (lago) é construído de acordo com as necessidades de acumulação de rejeitos e/ou sedimentos por um determinado período de tempo.

Ao se aproximar do término desse período são necessários acréscimos na capacidade de acumulação por meio de alteamentos das barragens.



Foto 11. Saída de água a partir de dreno interno do maciço da barragem.

Fonte: MBR

A eficiência das barragens como sistemas capazes de garantir manutenção e a preservação da qualidade dos corpos hídricos a jusante, que são alimentados por seus efluentes, pode ser medida por exemplo, pela qualidade da água que passa em seu vertedor (Foto 12).



Foto 12. Escoamento de efluente de barragem pelo vertedor.

Fonte: MBR

4.2 PILHAS DE ESTÉRIL

As pilhas de estéril são estruturas construídas nas proximidades da cava de mineração utilizadas para disposição do material estéril, ou seja, do material que não é minério e que deve ser removido para permitir a exploração do bem mineral.

Segundo parâmetros definidos pela engenharia, as pilhas de estéril podem ser construídas em qualquer tipo de relevo, sendo que a principal interferência em relação aos recursos hídricos está associada à modificação do escoamento superficial, que pode vir a gerar, dependendo do tamanho e da forma, pequenos desvios de água (Foto 13).



Foto 13. Pilha de estéril em construção a jusante de cava da mina. Fonte: MBR

Quando a construção da pilha é realizada em vales ou depressões, torna-se imprescindível a identificação de todos os pontos de surgências de água que serão soterrados. Do ponto de vista ambiental, as surgências devem ser preservadas, e do ponto de vista da segurança da pilha, a captação e a adução das águas devem ser efetivas e eficazes.

A (Figura 16) apresenta de forma esquemática a construção da drenagem interna de uma pilha para

captação de uma surgência de água, e a (Foto 14) mostra a saída de uma drenagem interna em uma pilha já concluída.

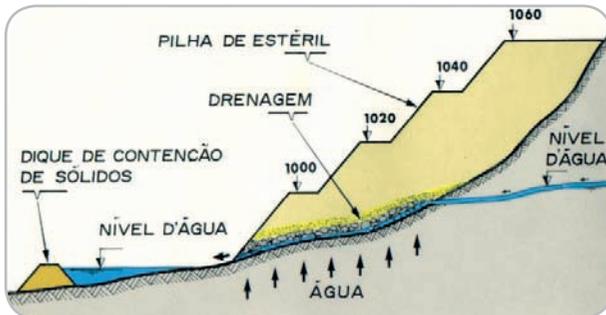


Figura 16. Drenagem interna de pilha de estéril (MBR)



Foto 14. Saída de água por drenagem interna de pilha.

Fonte: MBR

4.3 REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A exploração das águas subterâneas para a viabilização da lavra a céu aberto ou subterrânea pode atingir custos altos e até antieconômicos, em relação aos custos da extração do minério, principalmente quando há necessidade de implantação de um sistema de bombeamento e adução, considerando desaguamentos de dimensões elevadas. Dentre os problemas⁷ para a atividade de lavra com a presença de água, seja na mineração a céu aberto seja na subterrânea, tem-se:

- atolamento de equipamentos de escavação e transporte;
- aumento do custo de transporte devido à umidade do terreno;
- maior custo de desmonte com utilização de explosivos especiais;
- manutenção mais cara de estradas e locais de escavação;
- menor vida útil de pneus de caminhões fora de estrada;
- atraso na produção;
- risco de acidentes com cabos energizados;
- ambiente insalubre de trabalho com muita umidade;
- instabilização de taludes, realces e galerias com riscos de acidentes pessoais e materiais;
- impedimento de acessos em razão de possíveis inundações;
- maior custo de investimento em equipamentos especiais.

⁷ Desde a Antiguidade, o homem depara-se com a presença de águas subterâneas nas minas, e a história mostra que essa era uma das principais dificuldades no prosseguimento da atividade minerária. Exemplo típico desse fato é conhecido no Quadrilátero Ferrífero, quando os ingleses abandonaram as lavras nas minas subterâneas de ouro associado à formação ferrífera, por não conseguirem lavar abaixo do nível de água (ex.: Mina Maquiné).

Diante do exposto, na mineração, não raro é feito o rebaixamento do nível de água subterrânea. Esse rebaixamento faz-se, tanto em minas a céu aberto como em minas subterrâneas, pela exploração de um volume de água de um aquífero acima da sua capacidade de recarga (retirada de água do armazenamento natural dos aquíferos), o que promove o decaimento da cota desse nível.

Há diferentes maneiras de se drenar essas águas, como, por exemplo, por meio de bombeamento por poços tubulares profundos (Foto 15), bombeamento de água coletada em *sumps*, galerias, drenos sub-horizontais, trincheiras (Foto 16), e mesmo a combinação entre esses vários métodos.



Foto 15. Bombeamento de água subterrânea através de poço tubular profundo.

Fonte: MBR



Foto 16. Abertura de trincheiras para drenagem e condução de água aos *sumps* da mina.

Fonte: MBR

O rebaixamento do nível de água subterrânea, por ser uma atividade que interfere diretamente nas condições hidrogeológicas do aquífero no qual se processa o desaguamento, deve ser extremamente eficaz para permitir a continuidade da atividade mineral e extremamente bem dimensionado para que seu impacto seja o menor possível, mantendo preservadas as condições ecológicas dependentes desse sistema.

Segundo A. C. Bertachini

algumas minas chegam a bombear volumes enormes de águas subterrâneas, da ordem de bilhões (10⁹) de metros cúbicos por ano. Considerando uma demanda de 300 litros por habitante dia, um bilhão de metros cúbicos por ano corresponde ao consumo de uma cidade de 9 milhões de pessoas, volumes muito além do consumido pela própria mineração. O aproveitamento deste excedente é realizado em diversas minas, onde o recurso é fornecido para o abastecimento público, irrigação, indústrias, etc. Sempre que isto é realizado, os impactos sobre os recursos hídricos gerados pela mineração são minimizados. Em determinadas situações os impactos hidrológicos são positivos e o sistema de drenagem da mina torna-se uma ferramenta para a gestão integrada dos recursos hídricos.

Como um alerta adicional, no que toca à necessidade do emprego de técnicas adequadas para o processo de rebaixamento, vale ressaltar que, em razão do grande volume de água disponibilizado por esse processo, faz-se necessária sua distribuição em diversas drenagens, ou adutoras, ou até mesmo a construção de barragens para a regularização dos fluxos, a fim de se evitar um aporte excessivo de água cujo escoamento possa ocasionar erosões significativas.

Relativamente à qualidade da água gerada no rebaixamento (por exemplo, em casos de águas salinas, salobras ou ácidas), faz-se necessário o tratamento dessa água em reservatórios de barragens para que ela possa ser lançada nos cursos naturais. A água de boa qualidade, ao ser disposta nas drenagens, promove a depuração em águas superficiais, e pode vir a ser utilizada como suplemento no abastecimento de zonas urbanas.

Na depleção do nível da água subterrânea pode ocorrer a redução de vazões nas nascentes associadas ao aquífero e, por conseqüência, a diminuição de vazão em drenagens, passível de ser mitigada pela disposição da água retirada no sistema de rebaixamento.

Outro potencial problema que pode ocorrer, principalmente em áreas cársticas ou depósitos sedimentares de areias, é a subsidência de terrenos e o aparecimento de crateras em decorrência do solapamento de cavernas subterrâneas.

Nesse contexto, de acordo com Bertachini,

A ferramenta correta para o dimensionamento dos impactos sobre os recursos hídricos subterrâneos é o modelamento numérico do fluxo d'água subterrânea nos aquíferos. Com o modelo devidamente calibrado, pode-se, além de planejar o rebaixamento, prever os impactos em nascentes, poços e outras estruturas de captações de água subterrânea. Em regiões com aquíferos freáticos, o modelamento permi-

te prever também a área em que o rebaixamento pode vir a imputar impactos às espécies vegetais freatófitas, que dependem de águas freáticas.

Segundo Sobreiro (2002), os estudos para o rebaixamento evoluíram e, aliados à experiência adquirida nas últimas duas décadas, permitem apresentar uma seqüência de trabalhos e atividades, tanto para atender às necessidades da lavra quanto para atender as exigências dos órgãos ambientais e de recursos hídricos.

De modo geral, de acordo com o autor, os procedimentos praticados na mineração de ferro para o rebaixamento do nível de água podem ser resumidos da seguinte maneira:

Projeto de Rebaixamento

- Definição de modelo geológico.
- Hidrografia e inventário de nascentes.
- Definição e implantação de rede de monitoramento.
- Programa e operação de monitoramento hídrico.
- Definição de modelo hidrogeológico conceitual.
- Definição e implantação do sistema de rebaixamento.
- Modelamento: métodos analíticos e modelos numéricos.
- Plano de gestão de recursos hídricos e definição de medidas mitigadoras.

Operação do Sistema de Rebaixamento (Fase de lavra)

- Operação do Sistema de Rebaixamento de nível de água subterrânea.
- Monitoramento sistemático para reavaliações da metodologia e recalibrações do modelo hidrogeológico.

Descomissionamento do Sistema de Rebaixamento

- Desativação do sistema de rebaixamento.
- Monitoramento da recuperação de níveis de água subterrânea.
- Formação de lagos nas cavas exauridas.

Na paralisação da atividade minerária, após a vida útil da mina, a acumulação de água no interior das cavas exauridas poderá dar origem a grandes lagos que se constituirão, na maioria das vezes, em pontos notáveis de recarga dos aquíferos. Esses lagos, bem gerenciados, poderão se transformar em reservatórios de água disponíveis para usos múltiplos.

Um exemplo da transformação da cava de mineração em reservatório de água, com a recuperação do aquífero, é a Mina de Águas Claras, da MBR (referida em estudo de caso apresentado no Capítulo 5 deste livro), situada no município de Nova Lima-MG, cuja cava permitirá a acumulação de cerca de 60 milhões de m³ de água, a serem disponibilizados para vários usos, em especial o abastecimento humano, para a região metropolitana de Belo Horizonte. Neste caso, o nível de água subterrânea foi rebaixado em cerca de 275 metros, e após a paralisação do bombeamento, em 2000, já se recuperou em cerca de 100 metros, o que configura a possibilidade de reversão do processo de rebaixamento. (Fotos 17, 18 e 19)

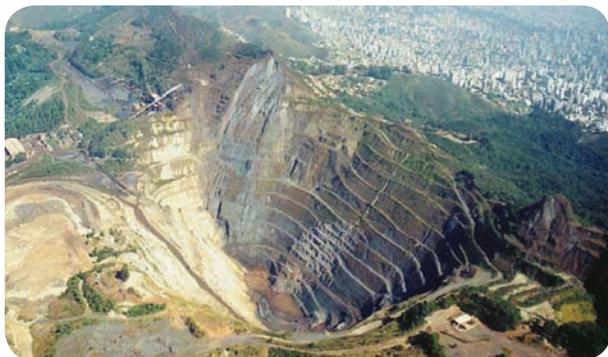


Foto 17. Cava da Mina de Águas Claras em 2000.
Fonte: MBR



Foto 18. Cava da Mina de Águas Claras em 2003.
Fonte: MBR



Foto 19. Cava da Mina de Águas Claras em 2005.
Fonte: MBR

Finalmente, na mineração subterrânea a paralisação do sistema de drenagem (desaguamento) da água subterrânea propicia a inundação das galerias e dos acessos da mina. As galerias inundadas de Mina de Ouro de Passagem de Miriana foram transformadas em áreas de atividade de lazer para mergulhadores.

Desse modo, o rebaixamento de nível deve ser entendido como um procedimento intrínseco ao processo de extração mineral, requerendo, portanto, estudos e técnicas apuradas para sua realização. Deve ser realizado de forma que atenda os pressupostos da gestão dos recursos hídricos, apesar de traduzir-

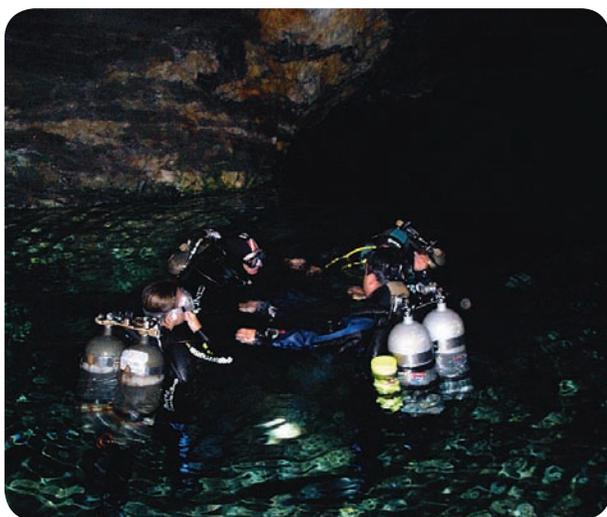


Foto 20. Mina de Ouro de Passagem de Mariana/MG

se em dificuldades adicionais à extração mineral, e, desse modo, poderá resultar num fato extraordinário – aumento da disponibilidade de um produto nobre, ou seja, água de excelente qualidade. A água oriunda da captação subterrânea para rebaixamento da água nas cavas, se gerenciada de maneira adequada, tanto pode ser aproveitada como insumo no processo de lavra e do beneficiamento como pode ser lançada em drenagens a jusante, caracterizando, em ambos os casos, um incremento da oferta hídrica ao ambiente do empreendimento.

5 USO DA ÁGUA NO PROCESSAMENTO MINERAL

Como já mencionado, a água é imprescindível para a maioria das operações do processamento mineral. É usada, em todas as etapas, nas usinas de beneficiamento de minérios que empregam processos de separação a úmido (gravítica, magnética, flotação, floculação, aglomeração esférica, lixiviação e outros). Ademais, nas usinas modernas de beneficiamento exigem-se, cada vez mais, água com melhor qualidade e nas proporções água/minério variando de 0,4 a 20 m³/t.

Sua disponibilidade é um dos requisitos básicos no processamento mineral, além de ser fator determinante na localização da usina de beneficiamento. O abastecimento confiável e adequado da água, bem como seu estoque e transporte, tornam-se indispensáveis no processamento mineral.

Outro fator considerado relevante na localização de uma usina de beneficiamento de minérios está relacionado com a bacia para disposição de rejeitos. As leis, cada vez mais exigentes com o uso da água e o controle dos efluentes, promovem, de forma substancial, nova concepção dos empreendimentos minerários.

Na maioria das unidades de processamento de minérios, a água é recuperada em filtros, espessadores ou bacias de rejeitos, e reutilizada para minimizar os custos operacionais, reduzir a quantidade de efluentes para o meio ambiente e, em alguns casos, para recuperação dos reagentes. O emprego da água reutilizada reduz de forma significativa a necessidade de água nova na usina, e minimiza os custos de captação.

A utilização de água na mineração atinge valores elevados. Cabe lembrar que, na flotação, o total de água utilizada chega a 85% do volume da polpa minério/água (LEVAY, 2001). Na flotação de minério de ferro, na Samarco, por exemplo, utiliza-se por volta de 3,80 m³ de água por tonelada de minério alimentada e 6,0 m³ de água por tonelada de minério produzida, sendo apenas 6% água nova e o restante recirculada.

Em casos especiais de escassez de água doce, utiliza-se água com elevado índice de salinidade e até mesmo água do mar. Exemplo é a mina de cobre de Batu Hijau, na Indonésia.

O interesse especial pelo controle da qualidade da água no beneficiamento de minério, notadamente nos processos de flotação, controle e tratamento do descarte de efluentes aquosos no meio ambiente, conduziu ao desenvolvimento de métodos para mo-

nitoramento dos parâmetros, tais como sólidos em suspensão, variações de Eh e pH, reação e dissolução dos minerais, reagentes residuais e suas interações com os constituintes do minério.

As exigências para os parâmetros de qualidade da água estão relacionadas às características físicas e químicas compatíveis ao uso para o qual ela se destina. Portanto, da mesma forma que para a água empregada para fim doméstico se exigem características diferentes daquela usada na indústria, na agricultura, etc. o mesmo ocorre com a mineração. Para essa atividade, a água é utilizada como meio no qual ocorrem as operações de concentração, e sua qualidade pode influir de forma significativa na eficiência dos processos. Sob esse aspecto, a água empregada na flotação difere daquela utilizada na separação gravítica, no meio denso, nos processos de lavagem e decantação, na lixiviação, assim por diante.

Os parâmetros de qualidade da água para uso no processamento mineral são obtidos com base nos resultados das pesquisas em escalas de laboratório e piloto. Tais estudos indicam os parâmetros de qualidade da água bem como aqueles inerentes à água a ser descartada para o meio ambiente, que devem estar de acordo com a legislação ambiental vigente. Muitas vezes, os parâmetros de qualidade da água, toleráveis ou benéficos ao processo, são ainda pouco conhecidos na operação industrial da usina em decorrência da sua difícil reprodução em laboratório e/ou unidade piloto. Nesses casos, somente a operação da unidade industrial, por cerca de um ano ou mais, torna conhecidas as interações entre os diferentes tipos de minérios bem como o efeito das composições ou das blendagens destes na alimentação da usina. Enquanto isso, a água disponível à operação passa pelo conhecidos ciclos de sazonalidade, exigindo tempo para atingir as necessárias condições de equilíbrio.

5.1 ÁGUA PARA O PROCESSO DE FLOTAÇÃO

A flotação é um processo físico-químico de superfície, usado na separação de minerais, que dá origem à formação de um agregado, partícula mineral e bolha de ar, o qual, em meio aquoso, flutua sob a forma de espuma. A afinidade das partículas minerais pelas bolhas de ar normalmente é induzida pela ação de reagentes químicos chamados “coletores”. São ainda importantes nesse processo reagentes de outros tipos, como os espumantes, os depressores, os ativadores e os modificadores de pH. Todos esses reagentes possuem solubilidade em água, em diferentes níveis. Os sólidos e os reagentes de flotação tanto impactam como são impactados pela qualidade da água. Logo, a composição química da água constitui um parâmetro de controle da flotação. A água, por exemplo, pode ter alta concentração de íons por causa da dissolução parcial ou total dos minerais que constituem a polpa. Exemplos básicos são os minérios carbonatados, os fosfatados, os sulfetados e os cloretos, entre outros, que promovem alterações significativas na concentração iônica da água em decorrência das suas dissoluções. Isso se observa tanto para a água nova quanto para a de reciclagem, esta proveniente de espessadores e bacias de deposição de rejeitos, onde fica estocada por longos períodos. Adicionalmente, a recirculação da água com os reagentes de flotação causa uma acumulação desses reativos, o que impacta a resposta do minério a esse processo de concentração. Outros impactos podem ser causados por compostos orgânicos, inorgânicos (em especial os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , expressos como dureza), bem como os sólidos em suspensão. As causas são:

- a formação de complexos entre os metais e os íons dos coletores, ambos dissolvidos no meio aquoso, reduzindo ou eliminando o efeito coletor desses íons;

- a presença de certos cátions no meio aquoso, o que pode resultar na ativação de minerais de ganga, tornando-os flotáveis;
- o controle do índice de dissolução de vários coletores, inibindo sua capacidade de adsorção nas superfícies dos minerais.

A diferença na resposta de certos minérios à flotação, particularmente nas etapas de limpeza, pode ser expressiva, quando se comparam os resultados de testes usando água pura *versus* a do local em que o projeto está ou será implantado (em caso de novo projeto), água de reciclagem, água contaminada ou com sólidos em suspensão. É im-

portante que seja feita avaliação prévia do desempenho do processo, por meio de testes específicos com a água do local de onde será captada, com simulação da recirculação e de outros impactos que podem ser previstos. Em alguns casos é possível a mitigação do efeito prejudicial da recirculação da água, assunto que será tratado em item posterior. Há indicações também de que o uso de água recirculada pode trazer benefícios, como a redução de reativos de flotação, em especial os espumantes. Constam na (Foto 21) as células de flotação mecânica e de coluna, com a visão da barragem de rejeito ao fundo e, à esquerda, uma visão da espuma na coluna de flotação.



Foto 21. À direita, células de flotação mecânica e de coluna, com a visão da barragem de rejeito ao fundo e, à esquerda, uma visão da espuma na coluna de flotação, Usina/Mina de cobre do Sossego/CVRD

5.2 ÁGUA PARA OS PROCESSOS DE LAVAGEM

Os processos de lavagem consistem de etapas do tratamento de minérios que demandam utilização de elevados volumes de água. Na maioria das vezes, a água não requer um controle rigoroso de qualidade, dependendo do produto final a ser obtido. Todavia, no caso de alguns minerais industriais, parâmetros com a alvura predominam como requisito de controle, e tornam o monitoramento da qualidade da água de lavagem mais crítico. Nesses casos, a operação é levada a efeito não só com a água limpa ou clara, mas também com uma composição química adequada ao processo. Sabe-se que os constituintes químicos contidos na água podem reagir com a superfície dos minerais da suspensão mineral/água, alterando suas propriedades físico-químicas de superfície e podendo comprometer sua aplicação industrial, como é o caso da alvura e do brilho do caulim.

5.3 ÁGUA PARA OS PROCESSOS DE CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA

O projeto de um circuito de concentração gravítica passa por uma análise detalhada do balanço de água, bem como da densidade ótima de polpa para cada operação. Desse modo, para assegurar o êxito da operação, os parâmetros de balanço de água devem ser estudados com detalhes em unidade piloto, na qual a relação sólidos/água deve ser conhecida para cada etapa do circuito. Cabe lembrar que a porcentagem de sólidos nos cones Reichert é de 55%-60%, de 20%-25% nas mesas vibratórias e de 7%-10% nos separadores Bartles-Mosley. Esses equipamentos são muito sensíveis às variações na quantidade e, em menor proporção, na qualidade da água.

A menos que a usina tenha um elevado suprimento de água nova sem restrições ambientais, um volume significativo de água será exigido para reciclagem. Na concentração gravítica, assim como na

lavagem, há mais facilidades na reciclagem da água em virtude da pouca exigência na sua qualidade, uma vez que restrições químicas são toleráveis. Trata-se de uma notável oportunidade para se empregar o descarte zero de água. Na maioria dos casos, a água clara e com pouco conteúdo de sólidos em suspensão atende às exigências do processo, salvo quando parâmetros como a alvura dos produtos finais são exigidos como controle do processo. Isso é muito comum no beneficiamento de minerais industriais.

5.4 ÁGUA NOS PROCESSOS HIDROMETALÚRGICOS

Nos processos hidrometalúrgicos típicos há reações de dissolução do metal de interesse em meio ácido, como a produção de cobre e níquel pela dissolução com solução de ácido sulfúrico ou a dissolução em meio alcalino, como a produção de alumina pela digestão de solução concentrada de soda cáustica. Essas operações podem ser feitas em condições normais de pressão e temperatura ou em autoclaves, com emprego de elevadas temperaturas e pressões. Seguem a essa etapa, em geral, operações de separação sólido-líquido, cujo objetivo é a separação da fase aquosa que contém o metal dissolvido (licor) do rejeito sólido. Nessa etapa, são usados espessadores (muitas vezes em várias etapas em contra corrente) e filtros. Os sólidos são descartados, por exemplo, em bacias de rejeitos, e todos os cuidados devem ser tomados para mitigação dos possíveis impactos ambientais. O licor obtido, que contém o(s) elemento(s) de interesse, segue para as etapas de obtenção do metal. A extração por solventes, comum em usinas de cobre, urânio e níquel, visa à eliminação de outros metais que foram dissolvidos na lixiviação e que virão a prejudicar as etapas posteriores. A obtenção final do metal é, de maneira geral, conseguida por meio de eletror-

recuperação ou precipitação na forma de óxido, hidróxido, sulfeto ou sal. A água utilizada nos processos é, em grande parte, reciclada, com o objetivo de reduzir o consumo de água nova e de reagentes. Em caso de descarte, é frequentemente a necessidade de tratamento prévio, uma vez que é frequente a presença de íons metálicos ou pH diferente do neutro. Em casos de efluentes ácidos contendo íons metálicos, é comum a adição de cal ou calcário visando a valores de pH nos quais os metais se precipitam na forma de hidróxido ou óxido. Os efluentes descartados devem obedecer aos padrões de descarte estabelecidos pela legislação.

5.5 ÁGUA NOS PROCESSOS PIROMETALÚRGICOS

Segundo Ciminelli e colaboradores (2005), os processos pirometalúrgicos usam a água de forma indireta para o resfriamento de equipamentos, como, por exemplo, nos altos-fornos, nas torres de lavagem dos gases, etc. ou diretamente, nas etapas de laminação e trefilação na conformação do aço, ou na decapagem. Nesta última, a água é usada em solução ácida para limpeza de superfícies, ficando contaminada com íons de metais pesados e ferro. São citados valores de consumo de 100 a 200 m³/t de água na produção de aço. Cerca de 3 a 5% do total consumido deve ser repostado como água nova, sendo o restante reciclado. Considerando-se uma produção de aço bruto brasileira de 30 milhões t/ano (www.ibs.org.br, 2005), chega-se a consumos expressivos de água usada nesta atividade. Esses autores acrescentam que, no entanto, a principal fonte de contaminação química proveniente de processos siderúrgicos é em razão do setor de carboquímica. Neste, as emissões contendo amônia, cianetos e fenóis devem ser submetidas a tratamentos químicos e biológicos antes do descarte.

5.6 ÁGUA COMO MEIO DE TRANSPORTE

A água é o meio de transporte mais utilizado no processamento mineral. Assim, o líquido é usado de forma intensa como meio de transporte nas mais variadas operações, tais como: na lavra como desmonte hidráulico; na lavagem de minérios e nos processos de concentração a úmido. Neste caso específico, além de meio de transporte, a água participa de forma direta no processo de separação e/ou concentração dos minerais. Entretanto, há casos em que a água é usada *stricto sensu* como meio de transporte, como, por exemplo, nos minerodutos. Neste caso a viscosidade, a percentagem de sólidos e outras características reológicas da polpa são alguns dos vários fatores que influenciam no transporte do minério.

Esse tipo de transporte é praticado na mineração brasileira desde a década de 1970 com o mineroduto da SAMARCO (estudo de caso apresentado no Capítulo 5). Com sua extensão de 396 km, o mineroduto liga a mina em Mariana-MG, à unidade de Ponta de Ubu, próximo à cidade de Guarapari, litoral do Estado do Espírito Santo (www.samarco.com.br, 2005). Em 2004, foram transportadas cerca de 15 milhões de toneladas em polpa com 70% de sólidos, o que significa um volume de água transportado de 6 milhões de m³/ano. Existem também outros minerodutos, nas minerações de fosfato em Minas Gerais e nas minerações de caulim no Estado do Pará.

Encontra-se em construção, pela CVRD, o primeiro mineroduto no mundo para transporte de minério de bauxita, com extensão de 244 km. O início da operação está previsto para o ano de 2007. O mineroduto liga a mina de bauxita no município de Paragominas ao município de Barcarena, ambos no Estado do Pará. Há também o planejamento da SAMARCO para duplicação do mineroduto entre Mariana-MG, e Guarapari-ES. Com isso, estima-se uma extensão total da ordem de 1.600 km em minerodutos brasileiros.

6 EFLUENTES DA MINERAÇÃO

Os efluentes da lavra e das unidades de beneficiamento de minérios não podem ser descartados em rios ou lagos. De aspecto turvo, a maioria contém partículas de pequeno tamanho, dispersas e com pouca capacidade de sedimentação, o que confere turbidez ao efluente, constituindo uma das maiores dificuldades de seu tratamento (FENG, 2004). Além disso, tais efluentes podem conter sais e compostos orgânicos sintéticos, geralmente reagentes de flotação, potenciais causadores de danos à flora e à fauna. Por esse motivo, esses fluxos são tratados antes do descarte, com o objetivo de atingir a qualidade exigida pela legislação ambiental.

Dos efluentes das atividades de mineração, a drenagem ácida está classificada entre aquelas que provocam graves impactos ambientais. A drenagem ácida de mina (também chamada AMD – *acid mine drainage*) é um fenômeno que ocorre quando são expostas grandes quantidades de rejeitos e/ou estéril sulfetados ao intemperismo da superfície, gerando ácido sulfúrico que, por sua vez, solubiliza alguns minerais. Casos de AMD são particularmente preocupantes quando os minerais contêm metais pesados como chumbo, zinco, cobre, arsênio, selênio, mercúrio e cádmio, elementos de alto grau de toxicidade à vida em geral. Esses íons geralmente não interagem com o ciclo biológico dos seres vivos, são armazenados e, conseqüentemente, sua concentração é ampliada nos tecidos vivos que integram a cadeia alimentar do ecossistema. Bactérias presentes naturalmente nos minérios podem agir como agentes catalisadores, acelerando a formação de ácido, processo este amplificado em climas úmidos e quentes. A geração de ácido pode durar décadas, séculos ou mais tempo. Há notícias de minas antigas que continuam a gerar ácido mesmo 2 mil anos após terem encerrado suas atividades (PEREIRA E

GLOBBO, 2004). Se os efluentes gerados atingirem os cursos de água, podem impactar negativamente áreas localizadas a centenas de quilômetros da mineração. Além do impacto negativo na cadeia trófica e no homem, os metais pesados reduzem a capacidade autodepurativa das águas por causa da ação tóxica que exercem sobre os microorganismos, que são os responsáveis pela recuperação das águas por meio da decomposição dos compostos orgânicos dos efluentes (AGUIAR, 2002).

Os minérios que possuem maiores riscos de geração de drenagem ácida são aqueles que contêm altas quantidades de pirita ou pirrotita e pouca quantidade de minerais neutralizadores como calcário, dolomita e alguns silicatos. Essa situação é comum em minérios de ouro, prata, cobre, zinco, chumbo, urânio e carvão e é um processo virtualmente impossível de ser revertido com as tecnologias existentes. No Brasil podemos citar a zona carbonífera de Santa Catarina e as minas de urânio de Poços de Caldas-MG.

Segundo Pereira e Globbo (2004), o gerenciamento da drenagem ácida de mina pode ser conduzido de duas maneiras: uma ação corretiva segundo o controle, a coleta e o tratamento do efluente ácido gerado uma vez que este ocorra, ou um tratamento preventivo por meio de estudos exaustivos do potencial de ocorrência do evento durante o estágio de desenvolvimento do projeto. Antes da exposição das rochas ao intemperismo, o método corretivo é praticamente a única solução. Uma vez que o processo é iniciado, nele é feita a adição de cal ou carbonatos, que leva a precipitação de metais pesados em pH elevado. Seu custo é, normalmente, muito alto. O sucesso do método preventivo depende da capacidade de se prever a formação, a extensão e o impacto do fenômeno antes que se iniciem as operações de lavra e processo. Esse conhecimento permite um planejamento prévio das práticas de deposição de rejeitos e,

mesmo havendo AMD, permite definir a melhor forma de contenção e tratamento do efluente gerado. Vários têm sido os métodos estudados para predição da AMD. Esses métodos podem ser divididos em duas categorias: os estáticos e os cinéticos. Pereira e Globbo (2004) descrevem os vários métodos utilizados. Os testes estáticos são normalmente realizados em escala de bancada e sua proposta básica é examinar o balanço entre os componentes geradores de ácido (por exemplo, a pirita) e os componentes consumidores de ácido (carbonatos, silicatos) de amostras representativas de todos os tipos litológicos do depósito. Esses testes são assim chamados por não levarem em conta a relação entre as taxas de produção e o consumo de ácido e têm como objetivo principal fornecer uma primeira idéia sobre o potencial de geração de ácido do material em estudo. Dentre os vários métodos existentes, destacam-se o ABA *standard* (*Standard Acid Base Accounting Procedure for Neutralization Potential*), o ABA modificado, o NAG test (*Net Acid Generation*) e o *Sobek Neutralization Potential Method*.

Apesar de existirem diversos métodos, os testes estáticos têm o mesmo princípio: a determinação do balanço ácido/base. A capacidade que a amostra possui de consumir ácido é chamada de potencial de neutralização ou PN, e o potencial de gerar ácido é denominado potencial ácido ou PA. Essas duas grandezas devem ser expressas em unidades comparáveis e consistentes. A diferença entre o potencial de neutralização e o potencial ácido é denominada de potencial líquido de neutralização ou PLN ($PLN = PN - PA$). Se o PLN é positivo, isso significa que a amostra tem um potencial consumidor de ácido.

Para alguns pesquisadores, entretanto, uma simples comparação não é suficiente. Segundo Ferguson e Roberts (2004), citados por Pereira e Globbo (2004), apenas quando PN/PA é superior a 2 pode-se

afirmar a não geração de ácido. Outros pesquisadores falam em PN/PA superior a 3.

Testes cinéticos tornam-se necessários quando os estáticos indicam que há um potencial de geração de drenagem ácida ou quando os testes não são conclusivos. Esses testes simulam as condições reais de formação de efluente, que, em maior escala, demandam mais tempo que os estáticos. Nesses testes, em alguns meses, são simuladas as condições ambientais a que é submetido o material durante anos de exposição, simulando dias e noites e as várias estações do ano. Em geral, eles permitem a confirmação do potencial de drenagem ácida de mina, a avaliação das taxas de oxidação do enxofre e a capacidade de neutralização, o efeito das bactérias e, em última análise, o planejamento e as estratégias de controle e gerenciamento de deposição de rejeitos.

Dentre os principais métodos de predição de drenagem ácida, os mais comuns são as células de umidade (*humidity cells*) e os lisímetros. A foto da (Foto 22) ilustra o laboratório de estudo de drenagem ácida de mina na Rio Paracatu Mineração.



Foto 22. Laboratório de AMD com lisímetros na Rio Paracatu Mineração

Outro impacto ambiental importante em efluentes oriundos da mineração são os íons cia-

netos usados na lixiviação de minérios de ouro e prata. Esses íons são nocivos à vida animal, pois se ligam fortemente aos íons metálicos da matéria viva, por exemplo, ao ferro das hemoglobinas, impedindo-o de transportar o oxigênio para as células dos organismos durante o processo de respiração celular. Diversos casos de mortalidade de peixes são registrados em concentrações acima 0,1 ppm (RUBIO e TESSELE, 2004). Outro contaminante freqüente nos efluentes de minerações de ouro e prata são os íons de arsênio, conseqüência da dissolução de minerais como a arsenopirita, geralmente contidos nesses minérios. O arsênio e os compostos arsenicais são sabidamente tóxicos e carcinogênicos para todos os seres vivos, principalmente para a espécie trivalente. A dose letal para seres humanos é considerada da ordem de 0,6 mg/kg/dia. No entanto, a exposição continuada a quantidades traço desse elemento pode causar danos irreversíveis como doenças de pele, doenças vasculares, neurológicas e câncer. Ciminelli e colaboradores (2005) relatam estudos em efluentes de mineração de ouro no Estado de Minas Gerais, atividade que resultou em altos teores de arsênio, notadamente nas regiões próximas aos municípios de Santa Bárbara, Barão de Cocais e Nova Lima. Em alguns pontos de coleta nessas regiões foram encontradas concentrações de 1.000 mg/kg de solo e de até 547 mg/kg em sedimentos. Essas altas dosagens são verificadas em virtude de anomalias geológicas de arsenopirita, agravadas pela grande quantidade de rejeitos daquelas minas. No entanto, verifica-se que a concentração de arsênio nas drenagens das pilhas de rejeitos é muito superior àquela observada nas águas subterrâneas próximas. Esse processo de depuração natural é explicado pela capacidade de adsorção de argilominerais e óxidos de ferro, abundantes na região do Quadrilátero Ferrífero, ou mesmo pela

reação dos íons As^{3+} com íons ferrosos e arsenitos à medida que a solução migra para ambientes mais oxidantes. Esses fenômenos naturais são também usados no processo de remediação.

Ainda como impacto ambiental de efluentes de mineração, pode-se citar a reação dos íons cálcio e magnésio, algumas vezes presentes em elevados teores em minas de urânio, que levam a dissociação deste elemento e, conseqüentemente, a uma maior toxicidade do efluente. Os reagentes de flotação podem ser citados como agentes que impactam o meio ambiente, por exemplo, os reagentes advindos:

- da flotação inversa de minério de ferro, em que são utilizadas aminas e ácidos graxos;
- da flotação de fosfatos ou ainda xantatos e espumantes no caso de flotação de minerais de cobre.

Rubio e Tessele (2004) relacionam os principais reagentes utilizados em usinas de tratamento de minérios e que podem ser contaminantes nos efluentes aquosos. A toxicidade desses reagentes é variada, indo dos muito tóxicos, como os coletores tiólicos (por exemplo, xantatos), sulfonatos e aminas; moderados, como a maioria dos espumantes; e não tóxicos, como o amido. Um outro exemplo de emissões poluidoras na água, oriundas da mineração, são os sólidos em suspensão, às vezes coloidais. No caso do carvão, o efluente líquido gerado é conhecido como água preta e contém, além dos finos e ultrafinos, óleos e vários íons.

A maioria dos efluentes das minerações é enviada para a deposição em bacias de rejeitos. Em geral, há uma perda significativa da água depositada, seja pelo efeito da evaporação, em especial no semi-árido, seja pelas perdas por infiltração no solo, maior responsável pela contaminação do meio ambiente. O índice de evaporação da água nessas bacias de rejeito é usado como fator para cálculo do balanço de

água nas usinas de concentração. As condições meteorológicas de cada região são tomadas como base para determinação desse índice.

Durante os procedimentos de sedimentação, quando se utilizam reagentes para a coagulação ou a floculação, as águas de reciclagem ou fluxos de descargas poderão conter quantidades residuais de reagentes de íons cobre, zinco, cianetos, na maioria dos casos na forma complexa, sais solúveis de ácidos graxos (no caso de nas águas alcalinas) ou sais solúveis de amina, entre outros.

Caso haja reciclagem dessa água nos processos de flotação, são necessários estudos em escalas de laboratório e/ou piloto para determinar os efeitos da água sobre o desempenho do processo. Também em casos de caulim é preciso se estudar se há impacto na sua alvura. Mais importante, no entanto, é a qualidade do efluente lançado ao meio ambiente. Os processos existentes para tratamento são diversos e com eficiência muito variada. O desenvolvimento científico e tecnológico nesta área apresenta um quadro desafiador, tornando-se necessária a cooperação entre várias instituições de pesquisa, uma melhor formação de recursos humanos, a otimização dos processos existentes e a busca por novas tecnologias (RUBIO e TESSELE, 2004). É necessário que a mineração busque trabalhar dentro dos mais rigorosos padrões de qualidade com a finalidade de preservar a saúde humana e o *habitat* em que vivemos.

7 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO

7.1 ÁGUA DE RECICLAGEM

De modo geral, o retorno da matéria-prima ao ciclo de produção é denominado reciclagem, embora o termo seja utilizado popularmente para designar o conjunto de operações associadas. Na maior parte

dos casos, o produto reciclado é completamente diferente do produto original. O vocábulo surgiu na década de 1970, quando as preocupações ambientais passaram a ser tratadas com maior rigor, especialmente após a crise do petróleo, quando reciclar ganhou importância estratégica.

O Brasil recicla quantidades elevadas de resíduos, mas promove um enorme desperdício de matérias-primas recuperáveis, em especial a água, geralmente descartada como passivo ambiental, notadamente nos rios e nos mananciais.

Na mineração, entende-se como água de reciclagem aquela retornada ao processo após tratamento ou não e cujas características físicas e químicas são adequadas ao processo. Nas unidades de operação que empregam modernos fluxogramas de processo, a etapa de reciclagem abrange a água dos espessadores, os sistemas de recuperação, as bacias de rejeitos, entre outros. Algumas minerações, além de possuírem bacias de rejeitos adequadas, ainda estão situadas próximas à usina de concentração, facilitando a reciclagem após o devido período de decantação.

Nas operações de espessamento, torna-se necessária a utilização de coagulantes ou floculantes para aumentar a razão de sedimentação dos sólidos, promover a clarificação da água e reduzir as dimensões dos espessadores. Desse modo, as características físicas e químicas da água oriunda dos espessadores devem ser adequadas à sua utilização no processo. Os valores do pH e do Eh da água são os parâmetros de controle mais simples e primários, contudo não se trata de controle único.

É comum nas usinas modernas obtenção de água reciclada com as características físicas e químicas compatíveis com o processo, para assegurar o controle da operação. Com efeito, os fluxogramas para reciclagem de água variam muito, dependendo do tipo de minério. Todavia, em geral são levados em conta os seguintes fatores:

- limitada disponibilidade de água nova por causa da localização da usina ou de restrições ambientais;
- custo elevado do tratamento da água para devolvê-la ao meio ambiente;
- redução dos custos operacionais com a recuperação de reagentes residuais;
- possível redução de custo no bombeamento da água nova de longas distâncias;
- remoção de sólidos residuais da água, processo mais utilizado na mineração brasileira;
- cumprimento das exigências legais do meio ambiente.

7.2 QUALIDADE DA ÁGUA DE RECICLAGEM

A reciclagem da água no processamento mineral não difere daquela que é realizada com outras finalidades, resguardadas as devidas características inerentes a cada aplicação. Portanto, os resultados dos estudos prévios em unidades de laboratório e piloto determinam o padrão da água a ser utilizada na usina. Em seguida, os estudos complementares, em escala industrial, finalizam, nos primeiros anos de operação, a etapa de otimização do processo. A água de reciclagem na unidade industrial possui diferenças significativas daquela reciclada na unidade piloto. Entre outras razões, podem ser enumeradas as seguintes:

- há nas unidades comerciais um tempo de residência mais longo nos espessadores comparado àquele utilizado nos estudos em escala piloto;
- a água de reciclagem na unidade industrial provém, em muitos casos, da barragem de rejeitos, cujas condições ambientais e químicas não foram estudadas em escala piloto;
- a água nova usada na unidade piloto é diferente da industrial e, portanto, gera uma água

de reciclagem com características físicas e químicas também distintas.

Essas circunstâncias causam imprevistos nas operações industriais, que exigem conhecimentos apropriados sobre os constituintes mineralógicos dissolvidos na água e a forma como eles interferem no processo. Por isso, recomenda-se a utilização de métodos de monitoramento da água de reciclagem e também da água nova.

A qualidade da água nova ou reciclada é definida segundo as exigências operacionais do processo, do sistema de reagentes, e o termo qualidade depende, isoladamente, de cada aplicação. Os parâmetros de qualidade da água de interesse serão aqueles que têm efeito nocivo ou benéfico sobre a operação. Esse é o motivo pelo qual a compreensão desses parâmetros deve ser objeto de cuidado especial, ou seja, tais parâmetros devem ser definidos com detalhes.

Um bom conhecimento da composição química da água e das espécies nela presentes é indispensável aos procedimentos de tratamento tanto da água nova como da reciclagem. Procedimentos analíticos padronizados são disponibilizados para determinação dos parâmetros químicos, contudo esses métodos são continuamente adaptados às situações específicas e/ou da usina. A composição química da água varia de forma contínua ao longo do tempo de operação, exigindo um sistema de análise química também contínuo para melhor monitoramento dessas variações. O desenvolvimento de uma base de dados sobre a composição química da água deve ser realizado durante os estudos em escala piloto, bem como no início da operação industrial. Tal procedimento é valioso para o ajuste e o controle do sistema de abastecimento de água de toda unidade de concentração, além de manter a estabilidade operacional do processo.

8 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE AFLUENTES

A seleção do sistema de tratamento de efluentes oriundos de qualquer atividade humana, inclusive a mineração, depende:

- das características do efluente, da forma predominante do poluente, de sua biodegradabilidade, da presença de compostos orgânicos e inorgânicos tóxicos;
- da qualidade requerida do efluente após o tratamento (ditado pelas legislações vigentes);
- do custo operacional do processo, de acordo com as exigências legais.

Geralmente, as unidades de tratamento de efluentes baseiam-se em três etapas, com diversos

métodos para definir o processo global de cada estação de tratamento. As etapas utilizadas são: primárias, secundárias e terciárias, conforme esquema da (Figura 17). Alguns autores adicionam mais duas etapas, um tratamento preliminar, anterior ao primário, para remoção de constituintes que interferem nas etapas seguintes, e a etapa de tratamento do resíduo sólido obtido, denominado de lodo.

O tratamento primário é utilizado na maioria das unidades de tratamento de efluentes para eliminar os sólidos, os óleos e as gorduras dispersas. A separação dos sólidos ocorre por meio de grades e de diversos processos, como desintegração, equalização, floculação, sedimentação e flotação.

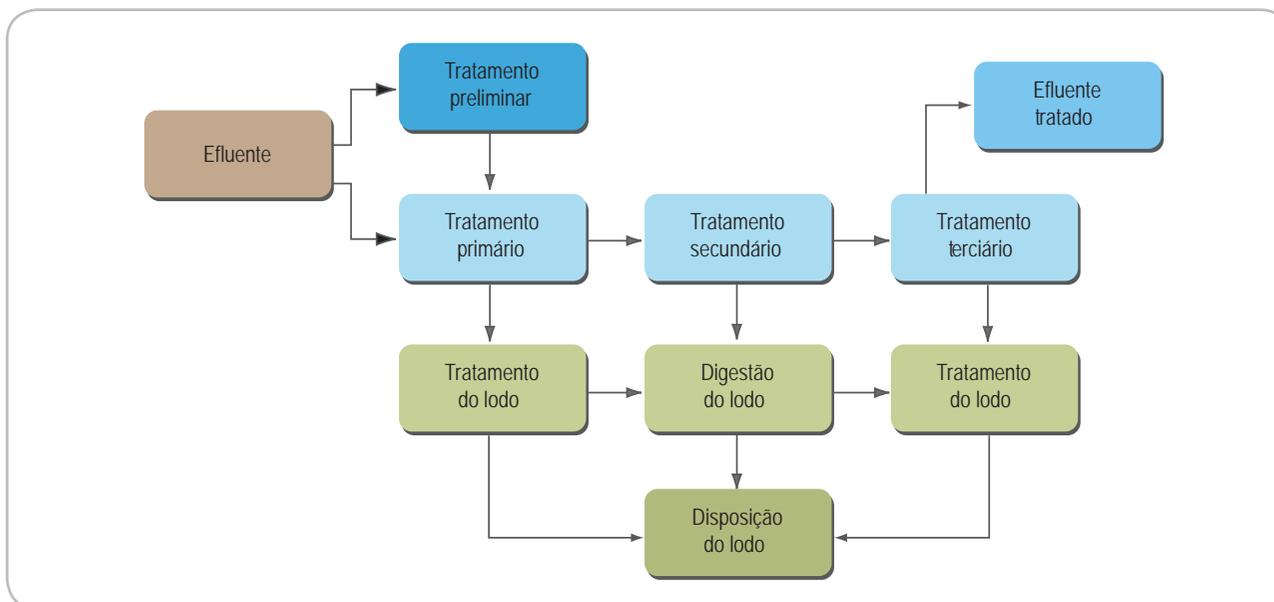


Figura 17. Esquema geral de um sistema tradicional de tratamento de efluente

Na etapa de tratamento secundário ou biológico, utiliza-se o metabolismo de microorganismos para transformar os contaminantes dos efluentes em substâncias inócuas. Nas unidades de tratamento de efluentes tradicionais, os processos biológicos

restringiam-se à degradação de compostos orgânicos dissolvidos e coloidais, à oxidação do nitrogênio da amônia em nitritos e nitratos, à conversão dos nitratos em nitrogênio gasoso, à remoção de compostos de fósforo e a estabilização de lodos orgânicos.

cos. Entretanto, com o avanço da biotecnologia, os tratamentos biológicos são também aplicados para compostos orgânicos insolúveis e com maior dificuldade de degradação, constituintes inorgânicos e íons metálicos (AKCIL, 2003).

Os tratamentos terciários utilizam operações físicas e químicas para remoção de tipos específicos de poluentes, entre os quais se incluem operações unitárias de microfiltração, adsorção (a maioria com carvão ativado granulado), osmose reversa, flotação iônica, processo oxidativo avançado, eletrorecuperação etc.

8.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário ou a clarificação é provavelmente o processo de purificação de água conhecido há mais tempo. No geral, baseia-se em etapa de separação sólido-líquido para diminuir a turbidez dos efluentes. Os sólidos em suspensão nos efluentes são removidos por sedimentação simples, sedimentação por coagulação, flotação e desidratação. Por sedimentação simples, podem ser retirados da água o cascalho grosso, o cascalho fino, a areia grossa, a areia média, a areia fina, a areia muito fina e o “silte”, dependendo do tempo de sedimentação. No entanto, a argila precisa de agentes coagulantes ou floculantes, já que a formação de colóides ($< 2,0 \mu\text{m}$), partículas de tamanho pequeno dispersas na água, dificultam a sedimentação e conferem turbidez ao efluente.

A floculação é a etapa de agregação de partículas pequenas e coloidais, de grande importância para aumentar a eficiência da separação sólido-líquido, com os processos de sedimentação, de flotação por ar dissolvido e de filtração. Na mineração, os floculantes mais utilizados são os polímeros, que promovem a agregação das partículas finas em forma de flocos. Os floculantes são naturais, modificados ou sintéticos, de baixo ou elevado peso molecular, neutros, aniônicos ou catiônicos. A eficiência da flo-

culação depende da escolha do floculante, da forma de aplicação, do ambiente químico, do sistema hidrodinâmico e do tamanho das partículas. A coagulação exige adição de produtos químicos e agitação controlada (até um valor crítico para não quebrar os flocos) para neutralizar as cargas coloidais e formar os flocos para facilitar a remoção.

Os mais utilizados na mineração são as poliacrilamidas, o poli(óxido)etileno, o poliacrílico e seus sais (principalmente poliacrilamidas) e a polietilenoimina (BALTAR, 2004).

A clarificação do meio líquido pode ocorrer por sedimentação ou flotação por ar dissolvido. Na sedimentação, em razão da gravidade, as partículas em suspensão apresentam movimento descendente no meio líquido de menor massa específica, enquanto a flotação se caracteriza pela ascensão das partículas suspensas e pela aderência de microbolhas de ar, o que lhes confere menor massa específica que o meio onde se encontram (BERNARDO, 2003). As bolhas de ar são geradas pela súbita redução de pressão na corrente líquida saturada de ar proveniente de um saturador (Foto 23) onde um compressor alimenta o ar em um tanque com pressão de 4 a 5,5 atm, e

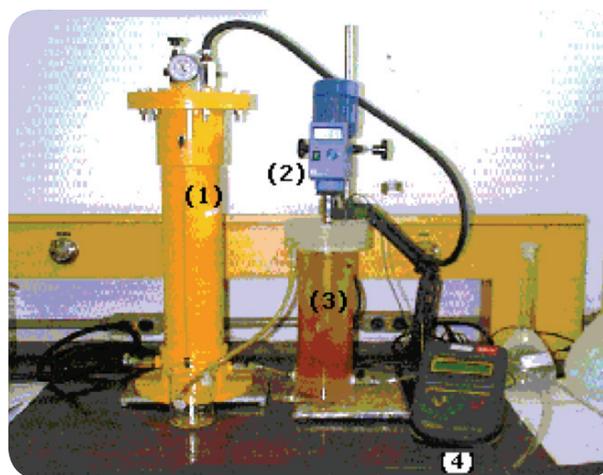


Foto 23. Unidade de flotação por ar dissolvido em bancada. (1) Saturador; (2) agitador mecânico; (3) célula de flotação, $V = 2,0 \text{ L}$; (4) medidor de pH

uma diminuição brusca de pressão gera microbolhas de ar, após a aderência destas aos flocos, que ascendem e se acumulam na superfície do efluente, como pode ser observado no experimento em unidade de bancada ilustrado na (Foto 24). Segundo Costanzi

(2002), que realizou experimentos para comparar a sedimentação com a flotação, objetivando diminuir a turbidez de efluentes de uma fábrica de papel, a flotação por ar dissolvido é mais eficiente, além de utilizar unidades de operação com menores áreas.

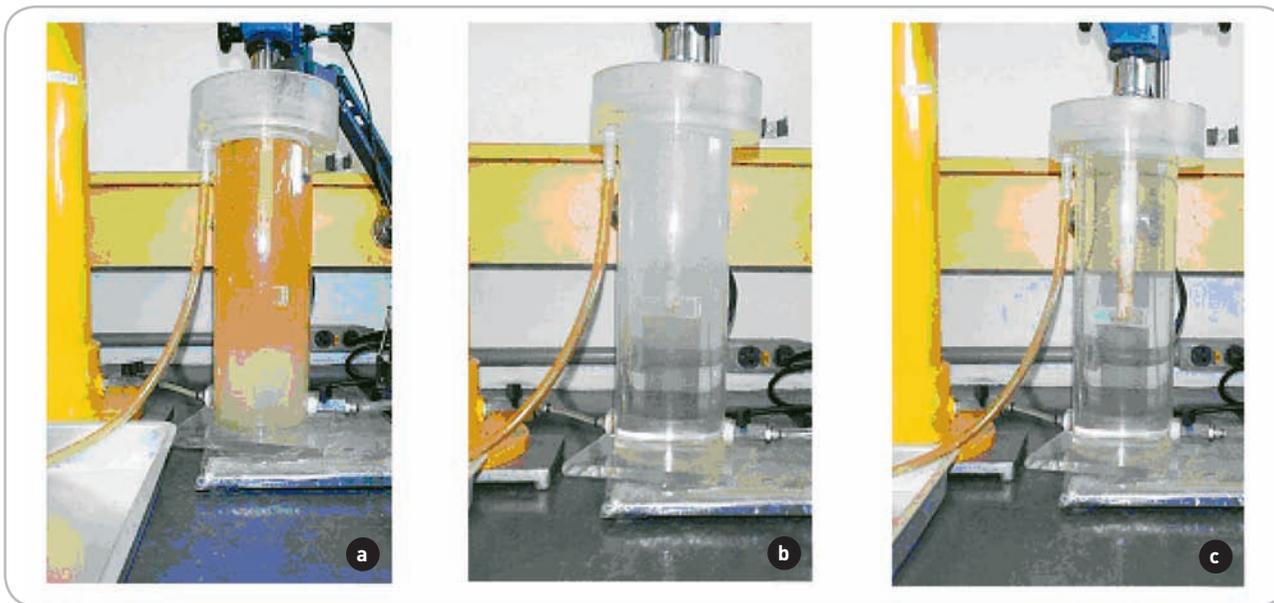


Foto 24. (a) Início da flotação por ar dissolvido, com a entrada de água saturada na base da cuba; (b) término da flotação e corte de alimentação da água saturada; e (c) água tratada ao final do experimento

Na sedimentação, a remoção das partículas sólidas contidas nos efluentes se dá pela ação do campo gravitacional, o que torna o processo de baixo custo e operacionalmente simples. Geralmente, classifica-se os sedimentadores em espessadores, com elevado teor de sólidos (o produto de interesse é o sólido), e clarificadores (o produto de interesse é o líquido), com baixo teor de sólidos (FRANÇA, 2004). Nas unidades de beneficiamento de minério, tradicionalmente, utiliza-se espessadores para recuperação de água (reciclo industrial) e espessamentos de rejeitos com concentração de sólidos elevada, visando ao transporte e ao descarte mais eficazes (Foto 25).



Foto 25. Espessador do rejeito de flotação em usina de beneficiamento de minério

A desidratação é o processo final para obter um lodo com o menor teor possível de umidade para a deposição do resíduo sólido em locais adequados das unidades de tratamento de efluente. Entre os diversos equipamentos de desidratação, podem ser citados: as prensas desaguadoras, as centrífugas, os filtros prensas e os filtros rotativos a vácuo. O filtro prensa foi o primeiro equipamento usado para desidratar lodos provenientes da coagulação de efluente. O filtro prensa de câmara (Foto 26) foi o primeiro sistema que produziu torta com elevado conteúdo de sólido e adequada para a deposição direta em aterros industriais.

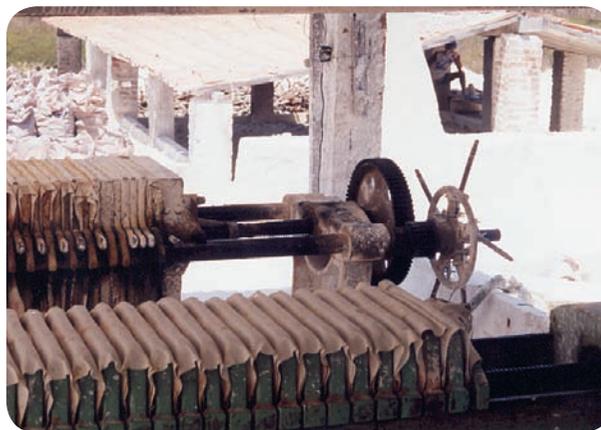


Foto 26. Filtro prensa para produzir torta com elevado conteúdo de sólidos

8.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Os principais tipos de processos utilizados nas estações de tratamento convencionais são os aeróbicos com crescimento em suspensão (lodo ativado, lagoas aeradas); os aeróbicos com crescimento em película fixa (filtros biológicos e biodisco); os combinados, (filtro biológico e lodo ativado ou lodo ativado e filtro biológico); os anaeróbicos com crescimento em suspensão (digestão anaeróbica, lagoas anaeróbicas e desnitrificação em suspensão); os anaeróbicos com crescimento em película fixa (filtro anaeróbico e desnitrificação em película fixa); e os processos que

associam os metabolismos aeróbicos com os anaeróbicos (lagoas facultativas). Embora cada processo utilize microorganismos específicos para cada tipo de contaminante, o mais utilizado é de lodo ativado, cujas etapas do tratamento estão ilustradas na (Figura 18), consiste na produção de uma massa ativada de microorganismos, uma parte da qual é recirculada para o tanque de aeração e misturada ao efluente, a fim de estabilizar a matéria orgânica ali presente. Por serem mais densas que a água, as células de microorganismos são separadas do líquido no decantador e uma parte delas é recirculada e misturada ao efluente na entrada do tanque de aeração.

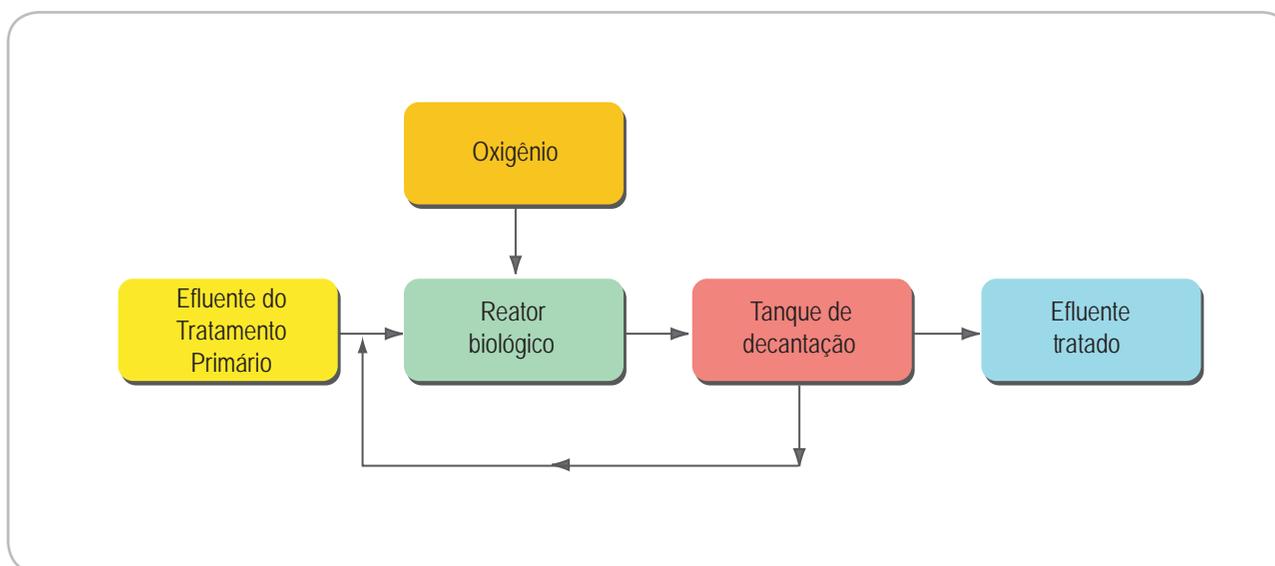


Figura 18. Esquema do processo convencional com lodo ativado

Geralmente, na condição aerada a matéria orgânica associada ao oxigênio e transforma-se em dióxido de carbono e água; já a amônia dos efluentes transforma-se em nitritos e nitratos e, em condições anaeróbicas, a matéria orgânica converte-se em metano e dióxido de carbono. Nesse contexto, muitas vezes utiliza-se uma seqüência de reatores anaeróbicos e aeróbicos, com lodo ativado, para remover uma combinação de compostos do efluente, como nitrogênio, fósforo e matéria orgânica degradável, ampliando-se também a utilização dos reatores combinados para a remoção de alguns constituintes específicos, como o íon cianeto, oriundo da lixiviação de minério de ouro e prata.

Na destruição de cianetos e tiocianetos por microorganismos, as bactérias convertem esses íons para carbonatos, amônia e sulfato (no caso somente do tiocianato), sendo o metal livre adsorvido dentro dos biofilmes. O íon amônia produzido na degradação do cianeto pode também ser tratado pelas bactérias *Nitrosomonas* e pelas nitrobactérias, sendo convertido para nitrito e nitrato. Ao se empregar as bactérias *Pseudomonas sp* nos efluentes de mineração, constatou-se uma eficiência na degradação dos íons cianetos, competindo com outros tratamentos químicos (AKCIL, 2003).

Os filtros de fluxo verticais de lama contendo diferentes macrofitos, similares aos filtros biológicos de areia filtrante, são eficientes para tratar efluentes domésticos e alguns industriais. Amplia-se a utilização destes filtros, com zonas aeróbicas e anaeróbicas, nos tratamentos de efluentes de drenagem de minas com teores baixos de cobre e chumbo (poluição difusa) e contendo uma variedade de bactérias, fungos, algas e protozoários (SCHOLZ, 2002 e 2003). Nesse contexto, amplia-se a utilização da biorremediação com lamas ativadas nos efluentes com baixos valores de pH, já que o método tradicional de neutralização pode se tornar muito oneroso, além de produzir

lamas que requerem secagem e disposição adequada (BURGESS, 2002), como também os processos de biosorção para a recuperação de efluentes com concentração acima dos padrões aceitáveis dos íons Cd^{2+} ; Co^{2+} ; Cr^{3+} ; Cu^{2+} ; Hg^{2+} ; Ni^{2+} ; Pb^{2+} ; AsO_2^- ; CrO_4^{2-} ; MoO_4^{2-} ; WO_4^{2-} (XIE, 1996).

8.3 TRATAMENTO TERCIÁRIO

O tratamento terciário é utilizado algumas vezes em efluentes contendo constituintes específicos, substâncias tóxicas, substâncias recalcitrantes, ou ainda quando a qualidade não é satisfatória após a utilização dos tratamentos primários e/ou secundários. Os vários íons metálicos e compostos orgânicos sintéticos são removidos dos efluentes, pela utilização de métodos químicos e físicos ou pela combinação destes com os métodos biológicos.

Os íons metálicos dos efluentes são geralmente recuperados por precipitação, ou somente neutralização, principalmente quando oriundos de uma drenagem ácida. Entretanto, em alguns casos é necessário remover agentes complexantes, como os cianetos e a amônia, que podem dificultar a total recuperação dos íons cobre. Outras vezes, torna-se fundamental a oxidação antes da precipitação, como no caso da transformação do arsenito para arsenato, na recuperação do arsênio. Outro item a ser avaliado é a diferença nos produtos de solubilidade dos diferentes íons, o que impede a total recuperação em um único valor de pH (FENG, 2004). Esse processo pode tornar-se inviável para baixas concentrações, em decorrência do grande volume de reagentes demandados para atingir a concentração necessária à precipitação.

Nesses casos, utilizam-se outros processos, como a filtração por meio de carvão ativado ou processos de adsorção e troca iônica (geralmente com resinas). O processo de abrandamento, por exemplo, que consiste no método tradicional de tratamento de

água para a remoção total ou parcial da dureza, responsável por incrustações nos equipamentos industriais e/ou por interferir na dissolução de íons (teor de íons cálcio e magnésio, quase sempre na forma de bicarbonato, sulfatos e cloretos), utiliza a precipitação para recuperar íons de cálcio e magnésio nos efluentes com maiores concentrações; a troca iônica com resinas é utilizada para efluentes com menores concentrações.

Certos materiais têm capacidade de sorção quando em contato com soluções, como o carvão ativado, muito utilizado para adsorção de compostos orgânicos, diminuindo o odor de efluentes. O processo, de troca iônica pela utilização de resinas é o mais empregado quando se necessita da total remoção dos íons presentes em água (deionização ou desmineralização) para torná-la deionizada. Nesse processo, a água passa por colunas de resinas catiônicas (sempre as resinas catiônicas devem ser as primeiras, pois servem como filtro e proteção para as resinas aniônicas) e aniônicas, separadamente, ou então, em uma só coluna que contenha esses dois tipos de resinas, chamada leito misto. A regeneração dos materiais das colunas adsorvedoras constitui um problema fundamental quando o material do adsorvente é caro ou quando os líquidos de regeneração contêm teores elevados de íons tóxicos, como os íons radioativos, tornando necessário um pós-tratamento para estocar ou descartar. Em tais casos, é importante utilizar o processo de deionização eletrolítica, pelo qual as colunas são continuamente regeneradas por uma corrente elétrica que atravessa o fluxo da solução e resulta em menos rejeitos (FLECK, 1960).

A atração entre a superfície e a espécie adsorvida resulta, provavelmente, de interações como ligações de hidrogênio, reações de coordenação, ligações covalentes e reações de troca iônica, que se definem como processos de sorção para recuperação de íons em efluentes. Deve-se ressaltar que a utilização das

resinas de troca iônica eleva muito o custo do processo, e isso justifica os estudos de sorção em diversos materiais de menores custos.

A precipitação de hidróxido de cromo, por exemplo, substitui processos de adsorção, por possibilitar a remoção de íons cromo hexavalente em uma única etapa, já que na precipitação se necessita reduzir para cromo (III). Materiais adsorvedores com baixos custos são amplamente estudados para tratamento de efluentes em substituição ao carvão ativado, destacando-se os co-produtos, rejeitos da agricultura e da indústria, como materiais naturais, especialmente zeólitas (MATIS, 2004; PAIVA, 2004).

Com caráter inovador, as pesquisas de Erdem e seus colaboradores utilizaram bauxita ativada termicamente para adsorção dos íons cromo (VI) para reutilização na produção da alumina (ERDEM, 2004). Diversas turfas são também comparadas aos materiais inorgânicos na eficiência de adsorção. As escórias de alto-forno têm-se mostrado com boa capacidade de adsorção após a neutralização. Os processos de adsorção têm sido associados aos processos de flotação por ar dissolvido para a remoção do material adsorvedor (FENG, 2004; RINGQVIST, 2002).

Para recuperar um íon metálico, pode-se também utilizar o processo de co-precipitação com baixa concentração. Adiciona-se sais de ferro, ou alumínio, ou cálcio ou lantânio aos efluentes com arsênio e precipita-se os hidróxidos, que arrastam o arsênio para a fase sólida, gerando efluentes com teores menores que 0,005 mg/L.

Os íons cobre são removidos dos efluentes, tradicionalmente, por precipitação, em valores de pH elevado, com hidróxido de sódio. Contudo, por causa do custo, tempo e da necessidade de remover agentes complexantes, os métodos de precipitação têm sido substituídos por outros, como o de sorção em carvão ativado e/ou a eletrodialise. Processos de extração por solvente, utilizados para recuperação

de íons com elevadas concentrações (acima de 2 g/L de Cu), são inviáveis para tratamento de efluentes, pois uma vez que são soluções diluídas, carecem de tratamento para atingir os padrões ambientais de 0,5 mg/L de cobre.

A recuperação dos efluentes de minas e das usinas de processamento mineral pode ser estudada por meio de flotação por ar dissolvido, iônica usando xantatos, flotação de precipitados de hidróxidos de cobre e flotação das partículas adsorvedoras de zeólitas (LAZARIDIS, 2004; MATIS, 2004). A flotação por ar induzido também é utilizada para a remoção de partículas finas, mas, com sistemas mais compactos que a flotação por ar dissolvido, a qual tem velocidade terminal menor e por isso necessita de grandes equipamentos (JAMESON, 1999). A recuperação de finos de cromita foi realizada por meio de flotação em coluna com diversos coletores (FENG, 2004). A eletroflotação pode ser aplicada em efluentes, onde ocorre na célula eletrocoagulação e eletrofloculação, sendo usada principalmente para óleos e graxas (CRESPILHO, 2004).

Os tratamentos terciários mais utilizados para efluentes contendo íons cianetos são baseados na oxidação do íon cianeto para cianato. A oxidação eletroquímica possibilita a recuperação dos metais complexados pelo cianeto sem que seja necessário adicionar reagentes químicos, o que, por fim, atende às exigências ambientais (SOBRAL, 2002). Utiliza-se também oxigênio molecular dissolvido em altas temperaturas ou ar com elevadas pressões, oxidantes mais fortes como Cl_2 ou ClO^- ; peróxido de oxigênio, oxigênio com catalisador de sal de cobre, processo eletroquímico para elevadas concentrações, seguindo a oxidação com ClO^- para a solução residual (BAIRD, 2002).

Os métodos convencionais de tratamento de efluentes freqüentemente são pouco efetivos para compostos orgânicos sintéticos, que se encontram dissolvidos e em baixa concentração, como os tricloro-

roeteno (TCE) e percloroeteno (PCE), ambos solventes industriais de amplo uso e os poluentes mais comuns de águas subterrâneas. Nesse contexto, com a finalidade de purificar efluentes com compostos orgânicos extra-estáveis, são utilizados os chamados processos oxidativos avançados (POA). Esses processos baseiam-se na geração do radical hidroxila (OH^\cdot), com elevado poder oxidante, podendo promover a degradação de vários compostos poluentes em pouco tempo. Os processos oxidativos avançados visam à mineralização dos poluentes, isto é, sua conversão em CO_2 , H_2O e ácidos minerais, como o ácido clorídrico. Dentre os vários processos para a obtenção desses radicais livres, destacam-se a utilização de ozônio, peróxido de hidrogênio, bem como sua mistura e combinação com outros elementos (por exemplo, mistura de peróxido de hidrogênio e sais ferrosos) (DANIEL, 2001 e BAIRD, 2002).

Gerar os radicais livres hidroxila em solução é um processo caro, por isso é importante fazer um pré-tratamento do efluente, retirando a maioria dos compostos orgânicos e inorgânicos por meio de processos mais simples e de menor custo para, então, somente os compostos mais estáveis serem atingidos e tratados com os radicais hidroxila. Nesse sentido, graças à eficiência dos POA, amplia-se os estudos objetivando desenvolver técnicas alternativas para a obtenção desses radicais, com menores custos e mais rápidos. Um exemplo muito interessante são os transdutores cerâmicos, que provocam ondas no meio reacional e aceleram a obtenção dos radicais livres hidroxila. Essas cerâmicas são feitas de materiais piezoelétricos (INCE, 2001).

Na etapa de tratamento terciário do efluente, geralmente se remove compostos específicos não avaliados nas etapas anteriores (primário e secundário), como é o caso da dessalinização, que pode ser realizada pelos seguintes processos: osmose reversa, ultrafiltração, eletrodialise e eletrodeposição.

Os processos que utilizam membrana, como osmose reversa (inclusive osmose reversa com pressão muito baixa) e nanofiltração, têm grande aplicação nos tratamentos para reúso de efluente, uma vez que possibilita a remoção de diversos tipos de constituinte, como sólidos dissolvidos, carbono orgânico, íons inorgânicos e compostos orgânicos tóxicos em quantidades traços (BELLONA, 2004; INTO, 2004). Guo e colaboradores associaram os processos de floculação e de adsorção para manter o fluxo crítico (GUO, 2004).

Na osmose reversa, ou hiperfiltração, têm-se duas soluções de diferentes concentrações separadas por membranas porosas; aplica-se uma pressão na secção de elevada concentração, dirigindo a água para a solução diluída, o que aumenta a concentração da salmoura. O processo apresenta elevada sensibilidade, baixo custo de energia e independe do conteúdo de sais do efluente; entretanto, a membrana deve ser uniforme e permitir alta velocidade de filtração. A membrana mais utilizada é a de acetato de celulose, principalmente a tratada com perclorato de magnésio, que eleva a permeabilidade. Uma instalação de osmose reversa é composta de poucos equipamentos; todavia é necessário um pré-tratamento do efluente para que os resíduos sólidos presentes não danifiquem nem obstruam as membranas (BERTRÁN, 1988).

Na África do Sul, em Tutuka, foi instalada uma unidade industrial utilizando o processo de osmose reversa para reúso total e nenhum descarte de água da mina de carvão e da torre de resfriamento. A usina continha uma etapa de pré-tratamento usando filtração com areia para diminuir os contaminantes orgânicos (BUHRMANN, 1999).

Ultrafiltrações utilizando membranas foram aplicadas para a remoção e a recuperação de íons de cobre, chumbo, ferro e manganês com adição de ligante polimérico (celulose metil carboxil) para serem retidos na membrana (PETROV, 2004). Membranas de cerâmicas de alumina modificada com sílica (tamanho dos poros de 100 nm) e de alumina

alfa (tamanho dos poros de 10 nm) foram utilizadas por Laitinen (2002) e colaboradores na remoção de sólidos muito finos em suspensões de efluentes de minas a céu aberto para diminuir a turbidez.

A eletrodialise, outro processo que emprega membrana, é utilizada para a diminuição da salinidade e para evitar corrosão nos equipamentos das unidades de beneficiamento mineral no caso de reúso da água. O processo baseia-se no efeito gerado pela aplicação de uma corrente elétrica contínua pelo efluente e por uma sucessão de membranas trocadoras de cátions e ânions alternadamente, o que provoca uma diminuição da concentração em um compartimento e aumento no seguinte, e assim, sucessivamente ao longo de todo o equipamento. A eletroquímica também pode ser empregada para recuperação de íons metálicos em efluentes, uma vez que permite a eletrodeposição em catodos.

Nos efluentes de mineração, algumas vezes pode ser necessária a desinfecção, principalmente na recirculação, pois alguns microorganismos podem provocar corrosão em equipamentos das unidades de beneficiamento, ou interferência nos processos, como a flotação. Essa etapa poderá utilizar o processo de cloração, o de uso mais freqüente e de menor custo, ou outros agentes desinfectantes se a cloração interferir no processo de beneficiamento.

Em resumo, os efluentes das minas ou unidades de beneficiamento de minérios podem utilizar tratamentos usando somente as etapas primárias e terciárias, ditos tratamentos físicos e químicos, ou somente os tratamentos biológicos, ou uma combinação dos tratamentos físicos, químicos e biológicos.

9 MONITORAMENTO

Para otimizar e viabilizar o monitoramento dos efluentes, é de fundamental importância a análise de todo o processo a fim de determinar quais os possíveis contaminantes e então escolher as técnicas de análi-

se. Cabe lembrar que análises químicas de efluentes possuem custos elevados, pois utilizam o recurso da instrumentação. Os métodos clássicos pouco são utilizados em decorrência dos seus limites de detecção, uma vez que os valores dos compostos orgânicos e inorgânicos tóxicos são da ordem de ppm ou ppb.

As análises físico-químicas clássicas para determinação de turbidez ou concentração de oxigênio dissolvido, por exemplo, precisam ser realizadas e, ao mesmo tempo, os constituintes particulares de cada mineração e/ou unidade de beneficiamento podem necessitar do desenvolvimento de técnicas de análise específicas para o seu monitoramento, como também de métodos customizados para tratamento dos efluentes.

O monitoramento hídrico na fase de lavra busca respostas quanto a efeitos passíveis de serem causados pela drenagem da água, sendo feito, comumente, por meio da instalação de piezômetros⁸ ou indicadores de nível de água (INA), da seguinte forma:

- na área da cava da mina, faz-se o controle do rebaixamento do nível de água para avaliação do desempenho do bombeamento da bateria de poços tubulares;
- nos taludes da mina, verifica-se a eficiência da depressurização estimulada por drenos horizontais ou inclinados;
- nos maciços das barragens e nas pilhas de estéril, verifica-se a eficiência dos drenos.

É importante salientar a necessidade de monitoramento das águas, não só de forma simultânea à lavra, como também, em muitos casos, em momento anterior a esta. Segundo MDGEO,

a cronologia da lavra e a natureza do desagüamento desejado são os fatores que determinam

o rebaixamento a ser realizado. Nas minas de médio e grande porte, deve-se trabalhar sempre com o princípio do pré-rebaixamento, ou seja, quando se abre um novo banco ou galeria em profundidade, o maciço deve estar adequadamente drenado. Se a diminuição da umidade é um fator crítico, o desagüamento necessita de uma maior antecipação, pois a redução da umidade, quando possível, é mais lenta.

Tanto em minas a céu aberto como em minas subterrâneas o rebaixamento do nível d'água deve ser estipulado em função do avanço da mina, procurando-se manter uma determinada distância entre a cota do nível d'água e da lavra. O ideal é que todas as modificações sejam realizadas antes do início do próximo período chuvoso, quando se processa a recarga e o ritmo do rebaixamento diminui.

Para o controle ambiental na área da mina relativo à redução da vazão de cursos de água cujas nascentes estão associadas às litologias atingidas pelo bombeamento dos poços, o monitoramento é realizado tanto por piezômetros quanto por intermédio de vertedouros⁹ instalados nos cursos de água situados nos arredores do empreendimento.

Em todos os tipos de monitoramento relativos aos aportes de água, quer seja na medição de vazões quer na de níveis de água, deve-se relacionar tais valores com as séries pluviométricas, cujos dados são obtidos pela da leitura diária nos pluviômetros¹⁰ instalados na área da mina.

Ainda segundo MDGEO – Serviços de Hidrogeologia,

⁸ Piezômetro – Poço de observação no qual é medido o nível freático ou a altura piezométrica (DNAEE, 1976).

⁹ Vertedouro – Dispositivo utilizado para controlar e medir pequenas vazões de líquidos em canais abertos (Batalha, 1987).

¹⁰ Pluviômetro – Instrumento que contém um dispositivo graduado, onde o acúmulo da água de chuva permite registrar continuamente as alturas de chuvas durante um período (modificado de DNAEE, 1976).

a compilação dos dados meteorológicos, principalmente pluviometria, evaporação e temperatura do ar, bem como os dados fluviométricos regionais, são de fundamental importância na definição do modelo hidrogeológico¹¹ preliminar, cabendo destacar que para a definição do modelo hidrogeológico da mina é necessário que se disponha de dados locais de pluviometria e hidrologia. Nas áreas que não disponham de pluviômetros próximos, é recomendável a sua instalação.

Os dados hidrológicos das microbacias situadas na área de entorno da mina são obtidos através de vertedouros instalados para que se obtenha, principalmente, o conhecimento do escoamento básico.

O inventário de pontos de água é, sem dúvida, a mais importante atividade a ser desenvolvida em um estudo hidrogeológico voltado para o rebaixamento do nível d'água. Trata-se de uma atividade árdua, que consiste no inventário sistemático de todos os pontos de água contidos na área de entorno do empreendimento.

Deve-se percorrer toda a área e cadastrar todas as surgências, sumidouros, lagoas naturais, barramentos, poços tubulares, poços escavados, poços de monitoramento, piezômetros, drenos etc.

No cadastramento dos pontos d'água devem ser observados os seguintes itens:

- locação no campo em fotografia aérea ou ortofotocarta;
- locação com topografia ou GPS;

- indicação do nome do proprietário do terreno;
- designação local do ponto d'água;
- captações existentes, uso da água;
- croquis de situação e acessos;
- indicação da bacia/sub-bacia hidrográfica;
- esquema geológico da surgência;
- especificamente para os poços tubulares e piezômetros deve-se registrar: perfis litológico e construtivo, empresa perfuradora, materiais empregados, dados sobre níveis estático e dinâmico, vazões, equipamentos etc;
- nivelamento com topografia ou altímetro (barométrico) da cota de afloramento do nível d'água das surgências, ou a cota de referência para leituras do nível d'água em poços e piezômetros;
- edições expeditas de vazão nas surgências e drenagens;
- medidas do nível d'água em piezômetros e poços escavados, com ensaios de infiltração expeditos;
- medidas de vazão, nível estático e nível dinâmico nos poços tubulares em operação, com ensaios de bombeamento expeditos;
- determinação *in situ* de temperatura do ar e da água, pH, Eh e condutividade elétrica;
- compilação de dados sobre medições de vazão, níveis, análises físico-químicas etc;
- fotografia dos pontos de água.

Todas as drenagens do entorno da área de interesse devem ser percorridas, inclusive aquelas que se apresentam secas.

A delimitação da área a ser inventariada deve basear-se, principalmente, em aspectos técnicos, tais como a extensão dos aquíferos que potencialmente possam ser afetados pelo rebaixamento do nível d'água. Ao final da fase de inventário devem ser selecionados poços

¹¹ O modelo hidrogeológico deverá fornecer as condições de contorno para o modelamento numérico do aquífero, fundamental à elaboração do projeto de rebaixamento e à previsão dos possíveis impactos sobre as águas. Todas as descargas de água subterrânea devem ser explicadas pelo modelo hidrogeológico e, caso necessário, o monitoramento das drenagens deve ser readequado para expressar as descargas das unidades hidrogeológicas presentes.

tubulares e piezômetros para a execução de ensaios de bombeamento e ensaios de infiltração.

Terminada a fase de inventário dos pontos de água, o passo seguinte é o projeto, implantação e operação de uma rede de monitoramento, que deve conter os seguintes instrumentos:

- piezômetros e indicadores de nível d'água;
- vertedouros para medição do escoamento básico, nas surgências e rede de drenagem do entorno da área;
- construção e operação de poço tubular ou outra estrutura de drenagem para realização de ensaio de bombeamento de longa duração, quando necessário;
- determinação de pontos e parâmetros para monitoramento hidroquímico e qualidade das águas;
- pluviômetro ou estação meteorológica, quando necessária.

Além dos instrumentos a serem instalados no empreendimento e entorno, podem ser monitorados outros instrumentos, tais como:

- drenos de estabilidade dos taludes, nas suas vazões;
- drenagem de fundo de pilhas de estéril;
- captações de água subterrânea e de água superficial;
- descargas e níveis de barragens e lagos naturais.

A implantação da rede de monitoramento deve preceder ao máximo a atividade de rebaixamento do nível d'água, acumulando o máximo possível de dados anterior ao desaguamento. Nos novos empreendimentos de mineração o monitoramento tem seu início antes mesmo da abertura da mina.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão sobre o uso da água, seu abastecimento, consumo, qualidade e preservação, dentre outros,

não é uma questão específica da mineração. Trata-se de uma questão global que atinge toda sociedade. O equívoco de considerar a água um bem mineral renovável e abundante adquire um novo foco e já há algum tempo o termo escassez faz parte do cotidiano de seus usuários. Em 2025, apenas 25% da humanidade terá água para suas necessidades essenciais. Esse alerta da ONU mostra que os recursos hídricos são uma das suas inquietações prioritárias. Diante dessa realidade, há na mineração a consciência viva da utilização desse bem mineral de forma racional, em perfeito equilíbrio com o meio ambiente e o desenvolvimento econômico; resta apenas tornar comum a todos a prática dessa consciência.

Na mineração brasileira, a prática do tratamento da água está restrita apenas à etapa de tratamento primário para separação sólido-líquido, isto é, a remoção dos resíduos sólidos dos efluentes, situação comparada pela utilização predominante de espessadores e barragens de rejeitos como etapa de tratamento mais usual, objetivando fundamentalmente a maior recirculação de água. A carência de dados sobre o consumo, a origem e a qualidade da água utilizada na mineração dificulta uma abordagem correta da situação, tornando necessário e urgente o levantamento preciso desses dados pelas empresas e pelos órgãos públicos do setor, para planejamento, controle ambiental e gerenciamento da água na mineração.

Os engenheiros de processo e/ou pesquisadores bem como os especialistas da área devem conhecer com detalhes a influência da água e seus constituintes nos processos pelos quais são responsáveis. Assim será possível estabelecer, de forma criteriosa, os parâmetros para o controle da qualidade da água a ser utilizada na atividade mineral bem como aquela destinada ao descarte.

No caso dos efluentes das drenagens ácidas, o tratamento promove a neutralização da acidez e a conseqüente precipitação, immobilizando então as espécies dissolvidas no lodo formado. Alternativa-

mente, podem ser utilizados os sistemas passivos de tratamento, uma vez que exigem pouca ou nenhuma manutenção. Nesses sistemas são associados um grande número de processos físicos, químicos e biológicos naturais resultantes da interação entre água, solo, plantas, microorganismos e atmosferas para tratar os efluentes da drenagem ácida, ocorrendo uma biorremediação.

No processamento mineral, há avanços significativos em termos de pesquisas nas áreas de química de superfície, otimização dos processos de moagem, concentração etc. Todavia, a influência da água no beneficiamento de minérios recebe pouca atenção de pesquisadores, especialistas, gerentes e empresários do setor mineral. Os esforços existentes situam-se na área de controle da qualidade da água, em especial no reúso, em virtude apenas da deficiência no suprimento de água nova ou por exigências ambientais. Falta muito para atingir uma utilização racional e consciente desse bem mineral nos diversos setores da mineração. Mesmo assim, já são conhecidos casos de operações com descarte zero de água, isto é, otimização dos sistemas de reciclagens (LEVAY, 2001).

Para aproveitamento e reutilização integral dos recursos hídricos, é fundamental o desenvolvimento de sistemas eficientes de tratamento. As partículas finas e os reagentes residuais são os contaminantes básicos contidos nos efluentes dos diversos processamentos de minérios no Brasil. Nesse sentido, torna-se evidente a necessidade de processos que acelerem a degradação dos reagentes e diminuam o conteúdo de sólidos presentes nos efluentes. Assim, será possível não apenas reduzir em número e em tamanho as barragens de rejeitos, bem como melhorar o aproveitamento econômico dos finos de minérios, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

O setor mineral deve fazer um esforço para utilizar os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos

anos na área de tratamento de água, tornando-se, assim, mais eficiente no uso da água. Sugere-se então que a degradação de certos compostos orgânicos sintéticos, oriundos da unidade de flotação, seja acelerada pelo processo oxidativo avançado, diminuindo assim seu tempo de retenção nas bacias de rejeito, e conseqüentemente o tamanho destas.

Relativo aos usos e às interferências nos recursos hídricos, relacionadas à mineração e sujeitos à outorga, conforme discriminados na Resolução CNRH nº 29, de 11 de dezembro de 2002, conclui-se, em texto publicado pelo IBRAM, que

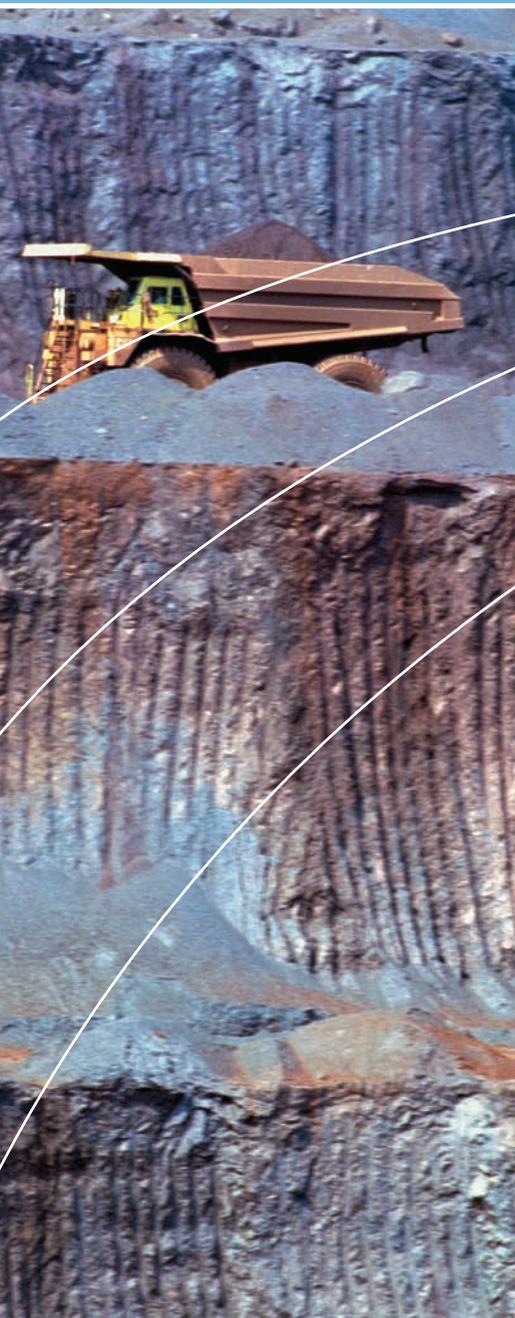
A utilização da água na mineração apresenta especificidades que devem ser entendidas no seu contexto global, características essas que, ao se considerar o balanço hídrico dos empreendimentos mineiros, verificar-se-á o pequeno volume do recurso hídrico apropriado (uso consuntivo) em cada bacia hidrográfica.

Nesse contexto, o Plano de Utilização da Água, documento instituído pela Resolução CNRH nº 29, de 2002, inclui dentre os itens que o compõem,

o balanço hídrico na área afetada em seus aspectos quantitativos e qualitativos, e suas variações ao longo do tempo, e o aumento de disponibilidade hídrica gerada pelo empreendimento na(s) bacia(s) hidrográfica(s), quando couber. Registra-se que a elaboração de tal Resolução foi uma iniciativa do setor mineral, traduzindo assim no texto legal – ordenamento dos dispositivos e normatização proposta – de forma clara, a intenção do setor em contribuir, teoricamente e na prática, para a implantação da gestão integrada, compartilhada e participativa, preconizada pelo atual e moderno conjunto de legislações no campo da gestão de recursos hídricos.

**A GESTÃO INTEGRADA ENTRE A MINERAÇÃO E
OS RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDOS DE CASO**

CAPÍTULO 5





APRESENTAÇÃO

Diz o ditado popular que “a teoria na prática é outra”. Entretanto, os nove estudos de caso apresentados a seguir confirmam não só a teoria da gestão de recursos hídricos na prática da mineração como também a possibilidade de essa teoria se desenvolver e aperfeiçoar. São nove experiências vividas por empreendedores da mineração que demonstram ser possível minerar com equilíbrio ambiental, especialmente no que tange ao controle do uso e à conservação dos recursos hídricos.

Impulsionados por uma legislação, e por uma consciência ambiental, cada vez mais exigente crescente e tendo como aliados o desenvolvimento de mecanismos e critérios de gestão e de novas tecnologias de processo, os mineradores de areia, ouro, ferro, mármore e granito, quartzito e níquel apresentam as soluções adotadas em suas unidades produtivas que visam ao equacionamento de um dos paradoxos da vida moderna: desenvolver e conservar. Obviamente, nenhuma solução apresentada responde de maneira definitiva e completa a relação entre os dois pontos paradoxais, até porque muito há ainda que se desenvolver, investigar e conhecer para a melhoria dessa relação. Mas sem dúvida as soluções apontam possibilidades de um desenvolvimento a partir da atividade minerária com o mínimo de impacto ambiental possível, com ênfase para o cuidado com as águas.

A primeira experiência apresentada é a da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), que em fevereiro de 2002 implantou a Política de Recursos Hídricos

da CVRD, que cria o Sistema CVRD de Gestão de Recursos Hídricos (SGRH), com atuação em todas as unidades da Companhia. Em seguida, é apresentada a experiência da empresa Minerações Brasileiras Reunidas (MBR). Com uma atuação de mais de quarenta anos na cabeceira do rio das Velhas, em Minas Gerais, a MBR demonstra, com fatos e dados, a possibilidade de uma convivência harmônica entre a atividade de mineração e a conservação de mananciais para o abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Segue-se a descrição das atividades da Samarco Mineração. Pioneira na gestão dos recursos hídricos, a Samarco instalou, em 1977, o primeiro mineroduto no Brasil, para transporte de polpa de minério de ferro. A mineração de carvão no Estado de Santa Catarina, apresentada pelo Departamento Nacional de Mineração (DNPM), ressalta as atividades de gestão de recursos hídricos para a recuperação de um elevado passivo ambiental e o controle de interferências futuras, com ênfase na efetiva participação da comunidade.

A gestão de recursos hídricos nas atividades do setor industrial de rochas ornamentais no Estado do Espírito Santo está focada na apresentação de soluções que visam a minimizar e a resolver as principais interferências dessa atividade nos corpos hídricos, especialmente no que toca a geração de resíduos (lama abrasiva) na fase de desdobramento dos blocos de mármore e granito. Em destaque a profícua parceria entre universidade e empreendedores.

A mineração de ouro é apresentada pela empresa Rio Paracatu Mineração S/A (RPM). Técnicos da empresa apresentam uma breve descrição do empreendimento e a estratégia de gestão de recursos hídricos, chamando a atenção para as ações tomadas e em andamento na empresa como parte do seu projeto de desenvolvimento sustentável, ao qual um dos objetivos é o uso racional dos recursos hídricos.

A empresa Votorantin Metais apresenta o Plano de Gestão de Águas na mineração de sulfetado de níquel, na qual são apresentadas as ações de controle da drenagem ácida. Para a mineração de areia, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, o estudo de caso aborda o processo de implementação da cobrança pelo uso da água, no âmbito do Comitê para a Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba

do Sul (Ceivap), com a participação de representantes desse setor mineral.

Para finalizar, tem-se a experiência de gestão ambiental e de recursos hídricos vivida por uma empresa detentora de uma mina de pequeno porte, de quartzito, inserida na serra do Curral, área tombada pelo Poder Público Municipal de Belo Horizonte.

Acredita-se que a leitura dos nove estudos aqui apresentados dá completude ao objetivo proposto para este livro: informar e instigar a investigação no campo da hidrologia, da hidrogeologia e a da atividade da mineração e ainda esclarecer alguns pontos na relação mineração e gestão de recursos hídricos, apresentando não só os riscos, mas as possibilidades de uma boa convivência entre mineração e disponibilidade hídrica a partir do desenvolvimento e da implementação de boas técnicas de gestão e processo.

José Roberto Centeno Cordeiro¹

A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA MINERAÇÃO DA COMPANHIA VALE DO RIO DOCE

1 INTRODUÇÃO

A Vale foi criada em 1º de junho de 1942 para explorar minério de ferro no Estado de Minas Gerais. Privatizada em 7 de maio de 1997, a Vale é a líder do mercado transoceânico mundial de minério de ferro, a maior mineradora diversificada das Américas e a maior prestadora de serviços de logística do Brasil.

Ao longo de sua história, a Vale expandiu sua atuação do Sudeste para todas as regiões do país. A empresa tem um amplo portfólio de produtos minerais e consolidou-se como um importante *player* do setor de logística. Opera uma extensa rede de ferrovias, portos, terminais e realiza a navegação costeira, oferecendo o mais completo serviço intermodal do mercado brasileiro. Possui operações em 13 estados brasileiros: Minas Gerais, Espírito Santo, Pará, Maranhão, Tocantins, Sergipe, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

É a segunda maior produtora global de manganês e ferroligas, além de produzir bauxita, potássio, caulim, alumínio e alumina. Tem participação acionária em três hidrelétricas em operação e em seis outras usinas em construção, além de participar em quatro empresas produtoras de aço.

Sua atuação em escritórios e unidades operacionais no mundo abrange os seguintes países: Estados Unidos, Bélgica, Japão, Mongólia, China, França, Noruega, Argentina, Peru, Chile, Venezuela, Bahrain, Gabão, Angola, África do Sul e Moçambique.

Em todos os seus empreendimentos a Vale destaca-se pelo seu compromisso com a inovação tecnológica, o meio ambiente e a responsabilidade social.

Motivado pela mobilização europeia, iniciou-se no Brasil a discussão sobre a elaboração de uma legislação específica visando a um melhor aproveitamento dos recursos hídricos. Como marco legal, foi aprovada a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, no Congresso Nacional, que instituiu a Política Nacional e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Como um dos instrumentos da Política instituiu-se a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, tendo sido definido como “uso” qualquer interferência que altere o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

A implementação da Política e do Sistema Nacional de Recursos Hídricos vem sendo acelerada nos últimos anos em função do déficit hídrico registrado no

¹ Gerente de Licenciamento Ambiental e Apoio Técnico da CVRD.

Brasil em 2001. Em diversas regiões a escassez de água para abastecimento urbano e rural vem motivando a mobilização na criação de comitês de bacias.

A atuação uniforme e organizada por parte da Vale no uso da água, em suas unidades operacionais, evita posturas diferentes em relação ao tipo de uso da água e sua indispensável outorga.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos está fundamentada na disponibilidade hídrica de um corpo de água específico. Portanto, sob esse enfoque, ter assegurada a outorga de direito de uso significa obter a garantia de ser disponibilizada a vazão necessária ao processo produtivo.

A Vale utiliza água em todas as suas operações. A título de exemplo, a Tabela 1 ilustra a esta utilização, ressaltando-se que os valores apresentados podem variar de acordo com o tipo de processo de beneficiamento e o teor de concentração natural do minério.

Tabela 1. Consumo de água por tonelada produzida

Volume de água consumido por tonelada produzida	
Aço	250.000 L
Alumínio	1.500.000 L
Beneficiamento do cobre	330.000 L

Os valores mais expressivos de consumo ocorrem nas usinas, onde a água é utilizada para tratamento de minérios, resfriamento, aspersão de pátios de matérias-primas e produtos, acessos, pistas e também utilizada como insumo no processo produtivo, sendo agregada ao produto final. Nessas usinas, o índice de recirculação e reuso de água é superior a 90%, ainda assim, os valores absolutos de água nova são significativos.

A água tem usos para o consumo humano, transporte de minério e lavagem de equipamentos e peças, consumindo em 17 unidades operacionais um total de 137 milhões de m³/ano, que equivale ao consumo médio anual de uma cidade de 1.500.000 habitantes.

A CVRD faz intervenções nos recursos hídricos que não implicam consumo nas seguintes atividades:

- rebaixamento de nível de água nas atividades de lavra nas minas, procedimento necessário para a extração de minério localizado em zonas saturadas;
- barragens para decantação e contenção de finos, e rejeitos, que são estruturas de engenharia construídas com a finalidade de conter os sólidos provenientes da erosão e do carreamento a partir de áreas decapeadas da lavra ou depósitos de estéril;
- barragens para contenção de rejeitos, que são estruturas do Sistema de Beneficiamento de Minério; e
- assentamento de pilhas de estéril, que exige a drenagem da sua base.

2 POLÍTICA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA VALE

Considerando que a atividade de mineração tem uma significativa interação com os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e a abrangência da atuação da CVRD no país (Figura 19), a empresa, reforçou seu compromisso com a qualidade ambiental em todas as suas operações – processos e serviços industriais, de modo especial, a gestão dos recursos hídricos, de acordo com os princípios e os fundamentos da Lei nº 9.433, de 1997.

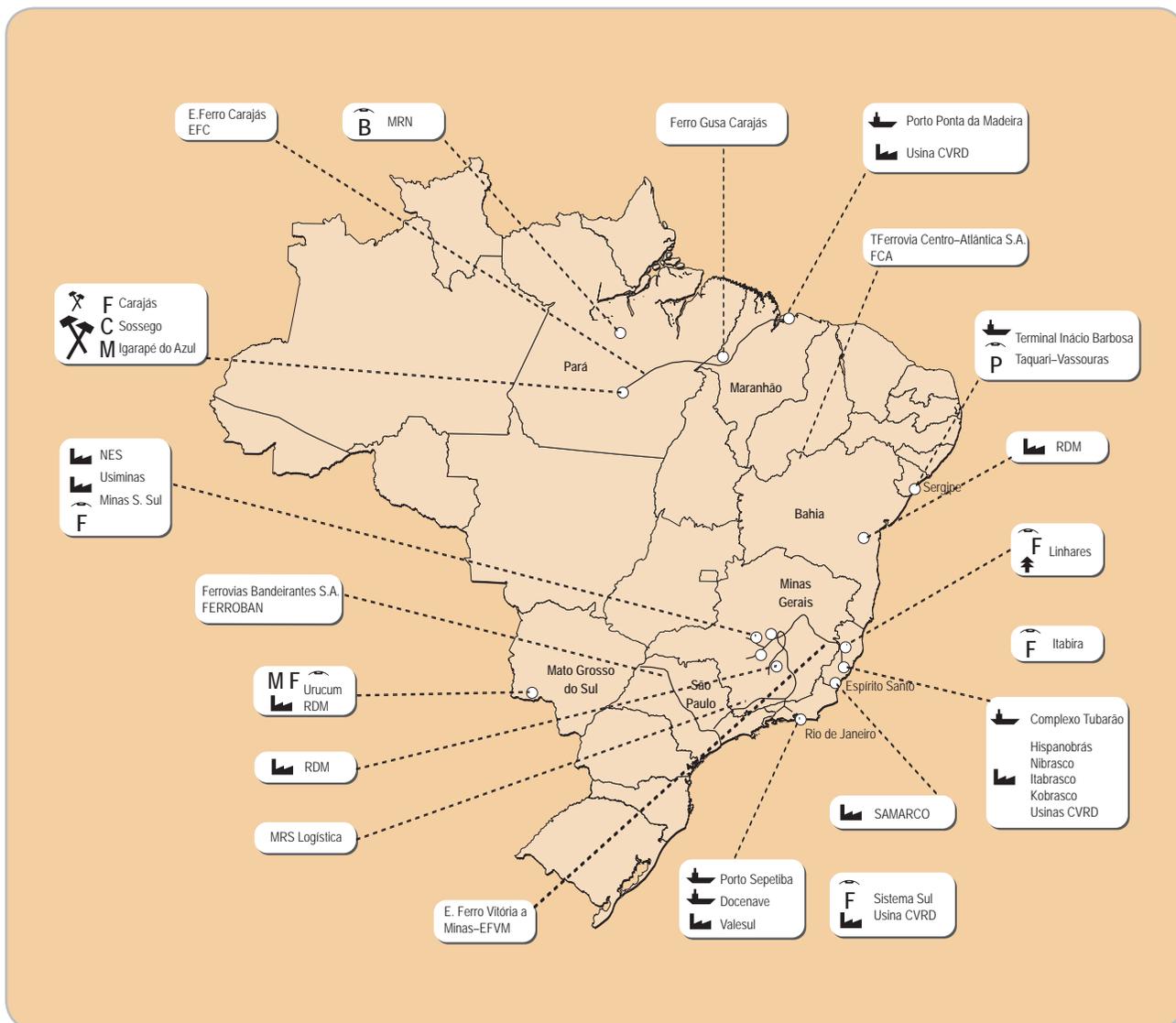


Figura 19. Mapa de operações CVRD

Assim, a Gestão de Recursos Hídricos (GRH) é um dos focos de atenção da empresa. Esse foco firma-se em uma das características específicas de suas atividades, que é a rigidez locacional da mineração e da atividade portuária. Tal característica determina a necessidade de se garantir, no local, a quantidade e a qualidade de água demandada para cada processo *vis-à-vis* às exigências de garantia dos usos múltiplos e a manutenção da quantidade e da qualidade para os usos prioritários porventura existentes: abastecimento público e dessedentação de animais. De fato,

considerando que a maioria das atividades industriais na CVRD demanda intervenções nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e que em um grande número delas, a água atua como insumo de absoluta relevância para seus processos, apenas uma gestão de recursos hídricos eficaz poderá estabelecer um uso sustentável, com a garantia dos múltiplos usos das águas no âmbito de atuação da Vale.

Em atendimento as essas considerações, às demandas internas de responsabilidade ambiental e às demandas legais, foi aprovada, no dia 04 de fevereiro

de 2002, a Política Nacional de Recursos Hídricos da CVRD (PNRH/CVRD) e a implementação do Sistema CVRD de Gestão de Recursos Hídricos (SGRH). A implementação da (PNRH/CVRD), bem como a do SGRH foram formalizadas na empresa por meio de Decisão de Diretoria Executiva (DDE 0044/02).

O PNRH/CVRD, bem como o SGRH, foi desenvolvido pela equipe técnica da Diretoria de Gestão Ambiental e Territorial (Diat), com apoio de especialistas das diversas unidades operacionais da empresa.

2.1 PRINCÍPIOS

A PNRH/CVRD está sustentada em três princípios básicos, a saber:

- manter um Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos para garantir que suas atividades sejam exercidas em atendimento à legislação; assegurar o direito ao uso da água na qualidade e na quantidade necessárias aos seus processos; e minimizar os impactos da cobrança pelo uso da água no custo de seus produtos e serviços;
- desenvolver pesquisas e incorporar tecnologias econômica e tecnicamente viáveis que propiciem a racionalização do uso da água e a minimização de intervenções nos recursos hídricos em decorrência dos processos operacionais da empresa;
- participar, diretamente ou por meio de entidades representativas, dos diferentes fóruns relativos à gestão dos recursos hídricos nos níveis nacional, regional e local.

2.2 INSTRUMENTOS

Para a implementação da sua Política de Gestão dos Recursos Hídricos, a CVRD desenvolveu e consolidou os instrumentos de gestão, com a proposta de facilitar a implementação da PNRH/CVRD de maneira uniforme, em todo o território nacional onde

a Vale atua. Esses instrumentos estão apresentados a seguir:

- Manual CVRD de Gestão dos Recursos Hídricos – descreve os requisitos e estabelece os procedimentos gerais e os particulares, bem como harmoniza e abriga os procedimentos de caráter específico dos diversos processos da Vale, definindo a estrutura em torno da qual o SGRH é operacionalizado nos seus diversos níveis;
- Plano CVRD de Gestão dos Recursos Hídricos – harmoniza e consolida os Programas de Recursos Hídricos das unidades operacionais e as respectivas propostas orçamentárias necessárias à sua implementação e manutenção; e
- Programas CVRD dos Recursos Hídricos – definem os objetivos, metas, prazos, responsabilidades e as propostas dos recursos necessários à implementação das ações decorrentes do SGRH no âmbito das unidades operacionais, sistema este coordenado corporativamente pelo Departamento de Gestão Ambiental e Territorial (DIAT).

2.3 ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES

Para a implementação e o acompanhamento da PNRH/CVR, a CVRD estabeleceu ainda um fluxograma de responsabilidades para as suas unidades gerenciais, formalizando-se desse modo o comprometimento de implantação, em todas as unidades do SGRH.

- a) Ao Departamento de Gestão Ambiental e Territorial como coordenador corporativo, cabe:
 - estabelecer as diretrizes e os critérios gerais e as instruções normativas relativos à gestão de recursos hídricos na CVRD;
 - implementar a manter o Manual CVRD de Gestão dos Recursos Hídricos, estabelecendo, em conjunto com as unidades operacio-

- nais, os requisitos e dos procedimentos gerais, particulares e específicos;
- realizar o Diagnóstico Preliminar dos Recursos Hídricos;
 - representar a CVRD perante os órgãos federais integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, notadamente a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) do Ministério do Meio Ambiente e a Agência Nacional de Águas (ANA);
 - participar, diretamente ou por meio de entidades empresariais, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e de suas Câmaras Técnicas;
 - assessorar as unidades operacionais na condução de questões nos respectivos órgãos estaduais sempre que se tratar de assuntos de caráter estratégico;
 - assessorar as unidades operacionais nos respectivos Comitês de Bacia desde a sua concepção até a definição das questões de caráter estratégico do Comitê, tais como a aprovação do respectivo Regimento Interno e a definição de critérios de cobrança específicos para a bacia;
 - implementar e manter, no Sistema de Informações Ambientais da CVRD, o módulo de recursos hídricos, com vistas a gerir as informações pertinentes;
 - assessorar às unidades operacionais na implementação e na manutenção de seus Programas de Recursos Hídricos e manter o corpo gerencial e técnico da CVRD informado sobre a gestão dos recursos hídricos, promovendo as ações necessárias à sua capacitação;
 - verificar, sistemática e periodicamente, a conformidade da gestão dos recursos hídricos na CVRD com os princípios da Política
- e com os requisitos e os procedimentos estabelecidos no manual;
- promover e coordenar, em conjunto com os representantes – gestores das águas – de cada uma das unidades operacionais no Sistema CVRD, ações que propiciem: (a) a disseminação e a homogeneização das informações técnicas aplicáveis à gestão de recursos hídricos na CVRD; (b) a interação e a integração dos procedimentos particulares e específicos; (c) a discussão e a troca de experiências e informações para harmonizar as ações referentes ao SGRH na CVRD e (d) a identificação de alternativas de maximização das oportunidades de melhoria e de minimização dos custos associados.
- b) Às unidades operacionais cabe:
- designar o(s) Representante(s)/Gestor(es) das Águas (GHs) e qual(is) atuará(ão) como facilitador(es) na implementação e manutenção do Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos da CVRD no âmbito da sua respectiva unidade operacional;
 - implementar e manter seu respectivo Programa de Recursos Hídricos;
 - identificar, implementar e manter ações que propiciem a racionalização do uso da água e a conseqüente minimização do impacto da cobrança sobre o custo operacional de seus produtos e serviços, sempre que viável econômica e tecnicamente;
 - implementar (e/ou) manter o Plano de Monitoramento dos Recursos Hídricos de sua respectiva unidade, visando a subsidiar a gestão do uso da água nos seus processos;
 - alimentar e manter atualizado o módulo de recursos hídricos do Sistema de Informações Ambientais;

- representar a CVRD perante os órgãos estaduais e locais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, conforme procedimentos estabelecidos pelo SGRH/CVRD;
- atuar de forma a obter as respectivas outorgas preventivas e de direito de uso da água, que se fizerem necessárias;
- participar e coordenar a participação da CVRD no(s) Comitê(s) de Bacia Hidrográfica CVRD, com o assessoramento da Diat, desde a fase da sua concepção;
- propiciar a capacitação de seus empregados e contratados para que atuem em conformidade com a Política CVRD de Recursos Hídricos e seus instrumentos.

2.4 OPERACIONALIZAÇÃO DO PNRH/CVRD

Com vistas à implementação das ações de melhoria identificadas pelo Diagnóstico de Recursos Hídricos (uma das etapas da Política), foram criadas, para cada unidade, as comissões de recursos hídricos. Essas comissões são formadas por representantes dos setores de meio ambiente, produção, manutenção, serviços, utilidades, engenharia e jurídica de cada unidade operacional. Todos os seus integrantes são submetidos a um treinamento de capacitação em recursos hídricos, ministrado pelo grupo corporativo Diat. A capacitação em recursos hídricos tem como objetivo uniformizar conceitos básicos necessários para a gestão, sendo explorados os conceitos de hidrologia, hidrogeologia, uso de recursos hídricos, recirculação e reúso, tratamento de efluentes líquidos e a Política de Recursos Hídricos do Brasil e dos estados.

Como parte integrante da Política de Gestão dos Recursos Hídricos CVRD, desde 2003, quadrimestralmente são promovidos encontros internos, realizados em diferentes unidades da CVRD com todos os gestores. Nesses encontros, são promovidas pales-



Foto 27. Cursos

tras técnicas com profissionais da empresa ou especialistas externos. Nas quais são abordados os temas pertinentes à gestão dos recursos hídricos, visando e aprimorar a capacitação dos gestores. Dentre os assuntos já abordados, destacam-se monitoramento, reúso, política e legislação de recursos hídricos.

3 RESULTADOS PRELIMINARES DO PNRH/CVRD

Como consequência da implantação da PNRH/CVRD, a Vale realizou um Diagnóstico de Recursos Hídricos. O objetivo do Diagnóstico foi obter o cenário atual de uso dos recursos hídricos; caracterizar as oportunidades de melhoria; identificar a necessidade da elaboração de estudos; instruir os processos de outorga e identificar as intervenções na quantidade, na qualidade e no regime dos corpos de água e verificar a consistência das medições e dos monitoramentos. Como uma das etapas do diagnóstico, fez-se um levantamento dos dados relativos ao uso de recursos hídricos, com descrição do circuito da água: captação, adução, distribuição, reservação, consumo, recirculação, reúso, tratamento e lançamentos em todas as suas unidades operacionais, no período de agosto de 2002 a março de 2004. A (Figura 20) apresenta o resultado do diagnóstico que revela a utilização da água em cada uma das unidades operacionais da CVRD.

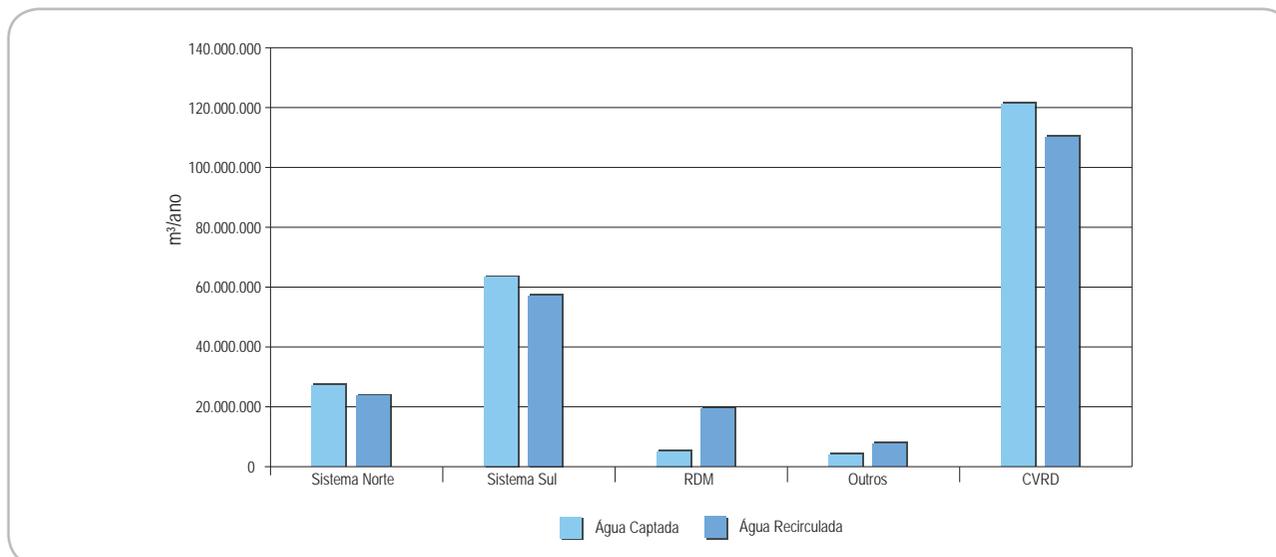


Figura 20. Diagnóstico da utilização de água em cada uma das unidades operacionais da CVRD

A partir desses dados, verifica-se que a CVRD recircula 80% de toda a água consumida nas unidades operacionais.

Para o desenvolvimento do diagnóstico, duas empresas especializadas foram contratadas. Os serviços solicitados visaram a caracterizar o uso dos recursos hídricos de todas as unidades da CVRD distribuídas nas diversas regiões do Brasil, conforme apresentado na (Figura 20).

Com vistas à sistematização dos trabalhos, a equipe técnica da DIAT desenvolveu formulários padronizados. Esses formulários foram da maior importância no processo de sistematização das informações, assim como para a comparação e a consolidação de dados nas unidades.

Para a caracterização do uso dos recursos hídricos, foram identificadas as captações de água superficial e subterrânea, sistemas de abastecimento de água para consumo humano, os sistemas de tratamento de esgotos, sistemas de tratamento de efluentes oleosos e os sistemas de tratamento de efluentes industriais. Para cada um dos sistemas, foram identificadas suas características, conforme apresentado a seguir.

Captações de águas superficiais e subterrâneas

- tipo de captação;
- localização da captação;
- equipamento utilizado;
- qualidade da água captada;
- condições operacionais do sistema de captação (instalações, procedimentos operacionais);
- ações para a adequação dos sistemas às normas técnicas e à legislação vigente;
- planos de monitoramento.

Sistemas de abastecimento de água para consumo humano

- localização;
- qualidade da água captada;
- tipo de tratamento aplicado;
- condições operacionais dos sistemas de tratamento (instalações, procedimentos operacionais);
- qualidade da água distribuída;
- sistemas de distribuição (adução, reservatórios, procedimentos de limpeza);
- verificação dos laboratórios responsáveis pelas

análises da água (identificação, credenciamento, procedimentos de análises).

Sistemas de esgotamento sanitário

- localização do sistema;
- identificação do tipo de sistema implantado;
- condições operacionais da unidade (capacidade, estado de conservação, identificação adequada, procedimentos operacionais, cronogramas de limpeza e manutenção);
- levantamento da documentação pertinente (projetos, manual de operação);
- qualidade do efluente líquido;
- corpo receptor (enquadramento);
- verificação dos laboratórios responsáveis pelas análises da água (identificação, credenciamento, procedimentos de análise).

Sistemas de tratamento de efluentes oleosos

- vazões afluente e efluente;
- áreas e atividades contribuintes;
- condições do sistema de tratamento (capacidade, estado de conservação, procedimentos operacionais e de manutenção);
- levantamento da documentação pertinente (projetos, manual de operação);
- qualidade do efluente líquido;
- corpo receptor;
- verificação dos laboratórios responsáveis pelas análises dos efluentes (identificação, credenciamento, procedimentos de análise).

A partir dos dados levantados foi possível esclarecer uma série de questionamentos quanto ao uso dos recursos hídricos na CVRD, tais como: as diferentes captações de água para seus processos; a demanda de água de cada operação e de cada atividade; o volume de água recirculado e reusa-

do em cada unidade operacional; o tratamento de água destinada ao abastecimento humano; e os diferentes tipos de efluentes líquidos e seus respectivos tratamentos. Com base nesses resultados foi possível traçar para cada unidade operacional um programa de melhorias na gestão dos recursos hídricos.

Dentre as informações obtidas com o levantamento e que caracterizam a utilização da água na CVRD, além do alto índice de circulação já mencionado, tem-se:

- 218 captações subterrâneas e 59 captações superficiais;
- 53 estações de tratamento de água (ETA);
- 11 estações de tratamento de esgotos (ETE) e 518 fossas sépticas;
- 126 separadores de água e óleo (SAO), 3 estações de tratamento de efluentes oleosos (ETEO) e 61 estações de tratamento de efluentes industriais (ETEI).

4 ATIVIDADES COMPLEMENTARES PARA O FORTALECIMENTO DO PNRH/CVRD

Paralelamente à atividade de implementação do PNRH/CVRD e com vistas à mobilização de seus empregados para a temática gestão de recursos hídricos, a Vale elegeu esse tema como parâmetro para avaliação dos indicadores de desempenho ambiental, com resultados diretos da *performance* do seu corpo gerencial e técnico.

Indicador de Desempenho Ambiental, conforme definição da Norma ABNT ISO 14.031, é a expressão específica que propicia a obtenção de informações a respeito do desempenho ambiental de uma empresa. Assim, o Indicador de Desempenho Ambiental deve estar relacionado aos aspectos ambientais significativos decorrentes das atividades, dos produtos e dos

serviços executados pela empresa e considerar a visão das partes interessadas no negócio e ao mesmo tempo servir de base para o planejamento e o efetivo provisãoamento de recursos financeiros visando à melhoria contínua do Desempenho Ambiental da empresa.

Nesse contexto, no ano de 2004, a CVRD incluiu entre os indicadores de desempenho de seu quadro gerencial e técnico, para remuneração variável, o indicador de Gestão de Recursos Hídricos. Para a avaliação desse indicador, foram estabelecidos cinco níveis que representam ações priorizadas pela empresa, de acordo com os processos de melhoria, identificados no Diagnóstico de Recursos Hídricos, voltados para a racionalização no uso dos recursos hídricos e para a redução dos impactos provocados pelas intervenções inerentes ao processo produtivo.

Além disso, a CVRD desenvolveu programas de educação ambiental voltados para a proteção das águas nas comunidades que habitam nas proximidades dos seus empreendimentos, tendo como foco de trabalho de educação ambiental o tema água, para os anos de 2004 e 2005.

Os projetos de educação ambiental foram desenvolvidos para os familiares dos empregados e para estudantes, contando ainda com participação dos municípios, especialmente no Estado de Minas Gerais, e ainda das cidades de Vitória, São Luís e Canaã dos Carajás, com um alcance de 100 mil pessoas. Em Canaã dos Carajás, 3 mil crianças e adolescentes, 80 professores e 6 mil pais participaram da elaboração de maquetes e do mapa do caminho das águas da cidade, que foram confeccionados para que essas crianças pudessem compreender a importância da água e do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário que a cidade está recebendo este ano.

A Vale assumiu, perante a comunidade, a municipalidade e todos os agentes de desenvolvimento local, a continuidade dos projetos de educação ambiental por mais três anos.



Foto 28. Projeto Brasil das Águas. www.brasildasaguas.com.br (Margi Moss).

Por fim, ainda como atividade de apoio ao fortalecimento do PNRH/CVRD, a Vale co-patrocinou o Projeto Brasil das Águas. Esse projeto, idealizado pelo comandante Gérard Moss, realizou um levantamento do estado em que se encontram os principais rios e bacias hidrográficas do Brasil, com ênfase nos cursos d'água localizados em áreas de influência de operações da empresa. Para sua realização, foi utilizado um avião anfíbio transformado em laboratório, de forma que fosse permitida a coleta de amostras de água em vôos rasantes. A coleta das amostras a bordo do avião levou 14 meses e cobriu 120.000 km, o equivalente a mais de duas voltas em torno da Terra, em todas as regiões hidrográficas que abastecem o país.

5 IMPLEMENTAÇÃO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NAS MINAS DE FERRO DE CARAJÁS

O Projeto Ferro Carajás (Figura 21) é um sistema integrado de mina, ferrovia e porto da CVRD. Compreende o desenvolvimento de minas a céu aberto e um complexo de processamento industrial, ambos localizados na Floresta Nacional de Carajás, município de Parauapebas, a 550 km a sudoeste de Belém, no Estado do Pará. Esse sistema inclui a Estrada de Ferro Carajás, com 892 km de extensão, que liga a mina ao terminal marítimo de Ponta da Madeira, a 9 km a sudoeste de São Luís, Maranhão.



Figura 21. Projeto Ferro Carajás

O processo de beneficiamento do minério na usina de Carajás consiste basicamente de operações de britagem, classificação, desaguamento, moagem e filtragem. Atualmente, são produzidos aproximadamente 70 milhões de toneladas por ano de minério de ferro beneficiado e, aproximadamente 12 milhões de toneladas de rejeito são lançadas na Barragem do Igarapé Gelado. Os produtos obtidos são transportados através da Estrada de Ferro Carajás até o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira.

A água utilizada para as operações de beneficiamento e abastecimento humano nas Minas de Ferro de Carajás provém de fontes superficiais e subterrâneas.

A principal fonte de água superficial provém da bacia do Igarapé Gelado e é captada na barragem homônima. Trata-se de uma barragem de rejeito – Barragem de Rejeito do Igarapé Gelado, que possui uma área de inundação de 460 ha e três braços que são utilizados para a sedimentação de rejeitos. A barragem está inserida nas cabeceiras do Igarapé Gelado, afluente do Rio Parauapebas e parte integrante

do sistema hidrográfico Araguaia–Tocantins. Atualmente são bombeados um total de 2.390 m³/h. Toda a captação de água bruta superficial das minas de ferro de Carajás é realizada a partir dessa barragem, que recebe as águas oriundas da drenagem superficial do sistema de rebaixamento de nível d'água das minas de Carajás, de pilhas de estéril e do rejeito da usina.

A principal fonte de água subterrânea é proveniente do aquífero constituído pela própria formação Ferrífera. Essa água é captada por meio de poços tubulares profundos instalados nas minas, os quais têm por finalidade realizar o rebaixamento do nível d'água nessas minas para viabilizar a lavra do minério.

Em 2002, com a realização do Diagnóstico Preliminar de Recursos Hídricos nas Minas de Carajás, que identificou para a unidade uma utilização de água na ordem de 29 milhões de m³/ano, foi elaborado um plano de ação para a unidade voltado para a gestão do uso da água no empreendimento, que contemplou todas as recomendações apontadas no

Diagnóstico, com destaque para:

- bombeamento de toda a água produzida pelos poços da mina para a usina, otimizando o sistema de bombeamento da galeria de drenagem;
- monitoramento do volume de água utilizado nos aspersores automáticos da mina;
- inventário de todos os pontos de água no entorno do empreendimento;
- desenvolvimento e operação de uma rede de monitoramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com ênfase na qualidade da água, na hidroquímica, no controle de vazões e nos níveis de água;
- melhoria do aproveitamento dos equipamentos com alteração de procedimentos operacionais;

- desenvolvimento e implementação de atividades voltadas para a informação e a capacitação da equipe objetivando a redução do desperdício e do consumo de água na usina;
- limpeza de tubulação com PIG para redução da rugosidade gerada pelos detritos minerais que ficam alojados nas paredes.

A partir da implementação da Política de Recursos Hídricos e da ação comprometida do grupo de gestores, a unidade de beneficiamento de minério de Carajás já apresenta uma evolução no controle do consumo específico de água no tratamento do minério, conforme mostra a (Figura 22) a seguir.

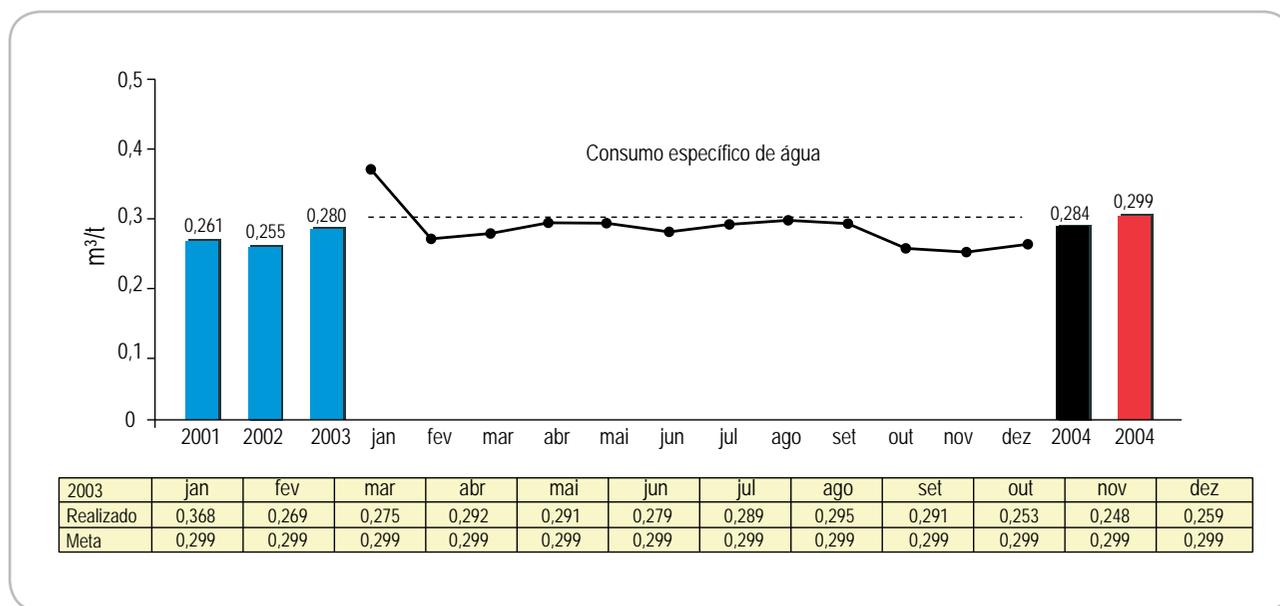


Figura 22. Consumo Específico de Água – Projeto Ferro Carajás

O gráfico da (Figura 22) apresenta consumo de água em m³ por tonelada de ferro produzida. Vale lembrar que o PNRH/CVDR foi implantado em 2003, portanto os dados de 2001 e 2002 são um pouco imprecisos. A barra representada em **vermelho** representa a meta traçada, a partir do Diagnóstico, para o consumo de água no Projeto Ferro Carajás. A

barra representada em **preto** é o resultado alcançado com a implementação das ações identificadas. Verifica-se que foi possível uma redução no uso da água ainda maior do que aquela pretendida. Na barra de informações abaixo do gráfico, podem ser verificados os valores de utilização alcançados e os pretendidos, mês a mês, para o ano de 2004. Esses valores

retratam o avanço das ações no objetivo do PNRH/CVRD de, cada vez mais, se ter um menor consumo de água na produção do ferro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em razão do significativo consumo, a CVRD pode ser considerada um importante usuário de água nas bacias hidrográficas em que suas unidades estão inseridas. Nesse sentido, percebe-se a importância da implementação do PNRH/CVRD. Apenas com a realização do Diagnóstico de Recursos Hídricos foi possível não só se ter um conhecimento da real relação mineração – utilização de água nas unidades da empresa, também identificar ações prioritárias visando à racionalização do uso do recurso hídrico.

Dentre as ações identificadas, as mais relevantes são a recirculação de água nas bacias de contenção, a segregação das redes coletoras de efluentes sanitários, industriais e águas pluviais para melhorar a efi-

ciência dos sistemas de tratamento, o monitoramento da qualidade e da quantidade de água distribuída, o treinamento dos profissionais e a disseminação do conhecimento de novas tecnologias ou processos que reduzam o consumo de água nas unidades operacionais. Essas ações, como parte da Política, têm sido implementadas em todas as unidades operacionais da CVRD e discutidas entre os gestores de recursos hídricos em reuniões semestrais.

Em todas as unidades da CVRD, as comissões de recursos hídricos vêm trabalhando na busca de resultados. Os trabalhos técnicos de mudanças e adequações de processos, associados aos trabalhos de informação e capacitação, que envolve em todos os empregados da Vale, pretendem inocular a necessidade, em todas as atividades da empresa, inclusive de gestão administrativa e social, de se efetivar um uso adequado dos recursos hídricos. Essa tarefa tem pautado as ações de todo o corpo gerencial e, principalmente, vem fortalecendo os trabalhos dos mais de trezentos integrantes das comissões de recursos hídricos.

Leandro Quadros Amorim, M.Sc.¹

ATUAÇÃO DA MBR NA BACIA DO RIO DAS VELHAS: COMPATIBILIDADE ENTRE ÁGUA E MINERAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A Minerações Brasileiras Reunidas S/A (MBR), segunda maior produtora e exportadora de minério de ferro do Brasil e quinta do mundo, volta-se para a extração, o beneficiamento, o transporte e a comercialização de minério de ferro. Atualmente, a empresa tem cinco minas em atividade, todas situadas em Minas Gerais, ao sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), nos municípios de Nova Lima, Itabirito e Brumadinho. A MBR conta também com um porto próprio, na Ilha de Guaíba, município de Mangaratiba-RJ.

A maior parte de suas minas situa-se a montante da captação de água do rio das Velhas, principal fonte de abastecimento de água da RMBH. Nesse cenário, a MBR tem o desafio de compatibilizar a mineração de depósitos de classe mundial de minério de ferro com o aproveitamento racional dos recursos hídricos, fazendo uso de planejamento adequado e de técnicas avançadas de controle ambiental.

O rio das Velhas nasce nas proximidades da cidade de Ouro Preto e segue seu curso na direção norte-noroeste por cerca de 800 km até sua foz, na margem direita do rio São Francisco, na altura da cidade de Pirapora, ambas no Estado de Minas Gerais (Figura 23).

Nos primeiros 80 km do seu curso – trecho que vai da nascente até o cruzamento com a serra do Curral – o rio das Velhas corre pelo distrito mineiro do Quadrilátero Ferrífero. Imediatamente ao norte da serra do Curral e na margem esquerda do rio das Velhas, encontra-se a cidade de Belo Horizonte, com cerca de três milhões de habitantes.

Até meados do século XX, o abastecimento de água de Belo Horizonte provinha de pequenas captações situadas ao norte da serra do Curral. A extração de minério de ferro era ainda incipiente, e os terrenos ao sul da serra do Curral, no vale do rio das Velhas, eram pouco ocupados.



Foto: Arquivo Manoelzão

Foto 29. Rio das Velhas

¹ Engenheiro geólogo e gerente de Meio Ambiente da MBR.

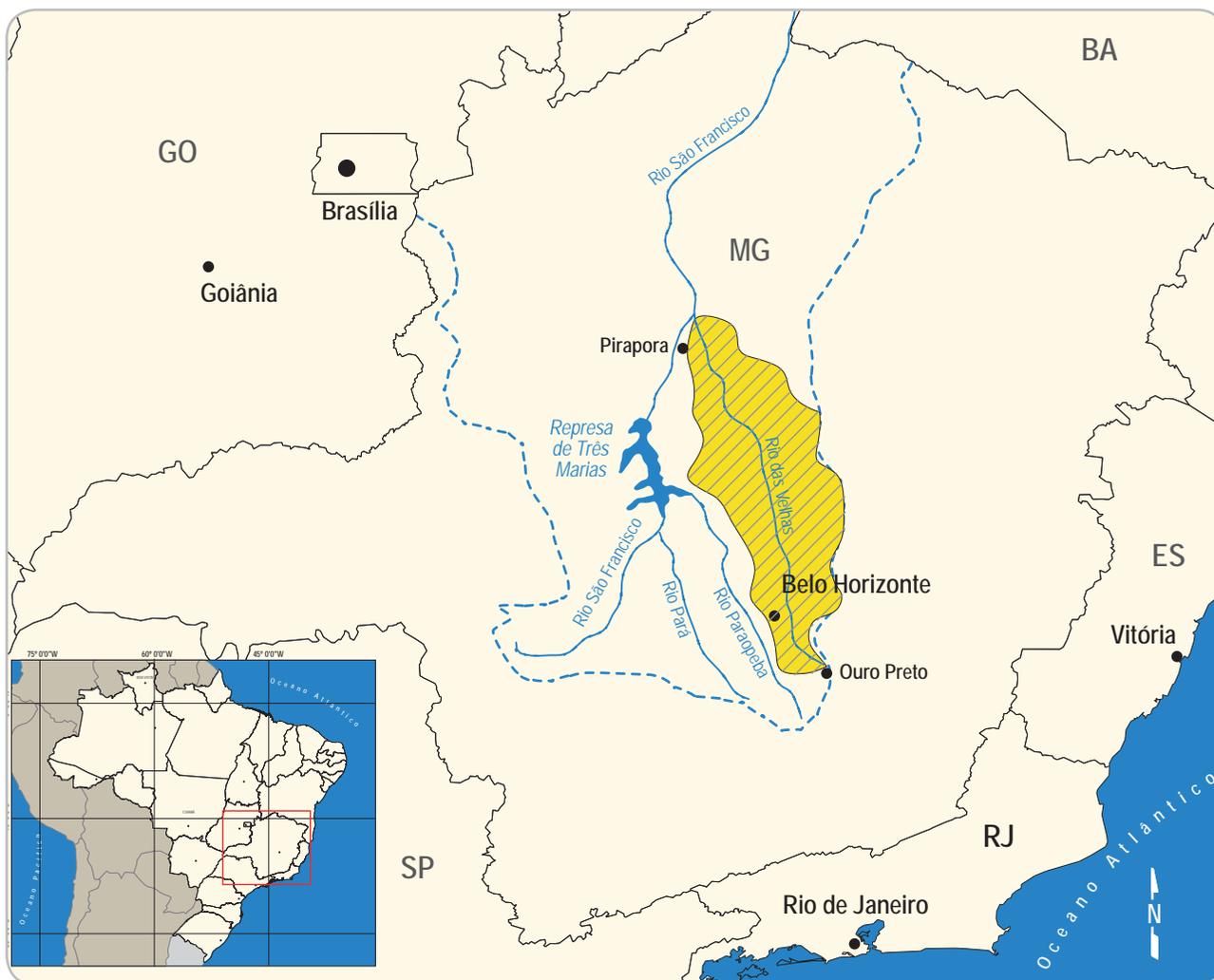


Figura 23. Localização da bacia hidrográfica do rio das Velhas

A partir da segunda metade do século XX, a extração de minério de ferro experimentou um crescimento expressivo com a implantação de projetos de mineração de grande porte para atender ao parque siderúrgico, recém-instalado no Brasil, e também ao mercado transoceânico de minério de ferro, consolidado no pós-guerra. Tendo como base a indústria siderúrgica e, posteriormente, a automobilística (ambas ancoradas na cadeia produtiva do minério de ferro), iniciou-se um processo de industrialização, intensificando o ritmo de crescimento urbano da RMBH. Outro fator característico desta época, a construção de rodovias,

tornou os terrenos ao sul da serra do Curral facilmente acessíveis à população.

O crescimento demográfico provocou forte aumento na demanda por água. Somente na década de 1970, com a construção de um grande sistema de captação e tratamento de água no rio das Velhas, ao sul da serra do Curral, no coração do Quadrilátero Ferrífero, tal demanda foi atendida. A facilidade de acesso intensificou o processo de ocupação urbana nesta mesma área, de forma que a bacia do alto rio das Velhas passou a ser cenário de três grandes atividades: extração de minério de ferro, captação de água e ocupação urbana.

A sociedade, em geral, tem a percepção de que tais atividades são mutuamente excludentes e dentre elas, a mineração é percebida como a maior “ameaça” aos recursos hídricos. Entretanto, a atuação da MBR demonstra que, ao contrário do que se supõe, a extração de minério de ferro e a captação de água não só são compatíveis como complementares, possibilitando o aproveitamento simultâneo dos recursos minerais e hídricos, com benefícios mútuos, sendo perfeitamente possível a convivência harmônica das duas atividades.

A demonstração dessa compatibilidade é o objetivo deste capítulo, no qual se apresenta, como estudo de caso, a atuação de mais de quarenta anos da MBR no alto rio das Velhas.

2 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE MINÉRIO DE FERRO: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

No terceiro quartil do século XX, após a Segunda Grande Guerra, a produção mundial de aço experimentou espetacular crescimento, passando de 200

milhões de toneladas em 1950 para 700 milhões de toneladas em 1974 (Figura 24). Tal crescimento ocorreu em função da demanda decorrente do processo de industrialização mundial, refletida no aumento do uso de automóveis, eletrodomésticos, máquinas e equipamentos, estruturas metálicas e armas; uma característica do Pós-Guerra.

O minério de ferro é a principal matéria prima do aço, sendo necessária cerca de 1,5 tonelada de minério para a produção de uma tonelada de aço. Assim, essa demanda ampliou significativamente o mercado transoceânico, antes incipiente, de minério de ferro, possibilitando o surgimento do Brasil e da Austrália como os principais exportadores de minério de ferro, cada um com cerca de um terço das exportações mundiais. O terço restante divide-se entre os demais países exportadores. Foi neste período que o Brasil desenvolveu um competitivo parque siderúrgico.

Nas três décadas seguintes, do início dos anos 1970 ao final da década de 1990, a produção mundial de aço apresentou um crescimento mais modesto que o verificado no Pós-Guerra. Passou de 700

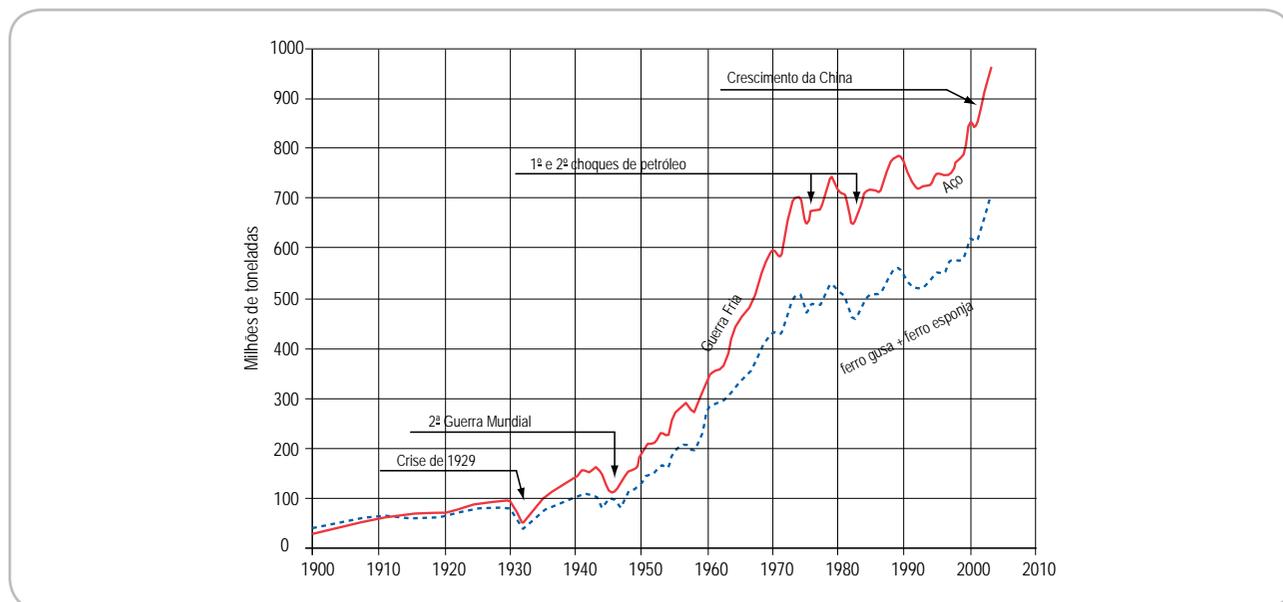


Figura 24. Evolução da produção mundial de aço

milhões de toneladas em 1974 para 800 milhões de toneladas em 1999, consolidando uma estrutura de mercado. No final dos anos 1990, inicia-se um novo e intenso ciclo de crescimento provocado pelo desenvolvimento industrial da China. Para 2005, prevê-se uma produção mundial de aço da ordem de 1 bilhão de toneladas. Mais uma vez, o crescimento na produção de aço impulsionou a demanda por minério de ferro no mercado transoceânico.

Como se verifica na (Figura 25), a indústria do minério de ferro brasileira foi fortemente incrementada a partir da segunda metade da década de 1960, sendo a base de uma enorme cadeia produtiva que vai da extração e transporte de minério, passando pela siderurgia, pela construção civil, eletrodomésticos, automóveis, máquinas, motores, equipamentos e aviões.

Com forte importância econômica, a produção brasileira de minério de ferro é suficiente para garantir o abastecimento do parque siderúrgico nacional, bem como a exportação de um excedente. Em 2004, a receita dessa exportação foi de 4,8 bilhões de dólares, que correspondeu a 5% da balança comercial brasileira. Todos os indicadores, até o momento

em que este capítulo foi escrito, apontam para que o minério de ferro venha a ser o primeiro produto da pauta de exportações brasileiras em 2005.

Até 1986, quando teve início a produção de minério de ferro na serra dos Carajás, no Estado do Pará, toda a produção brasileira de minério de ferro adveio do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Atualmente, o Quadrilátero Ferrífero é responsável por cerca de 74% da produção brasileira; Carajás, por 25%, e as jazidas de Urucum, no Mato Grosso do Sul, por aproximadamente 1%.

3 BACIA DO RIO DAS VELHAS: USO DO SOLO

Para efeito de planejamento, a bacia é subdividida em alto, médio e baixo rio das Velhas, com a primeira sub-bacia ocupando aproximadamente 10% da área total, e as duas últimas, cerca de 45% cada uma.

O alto rio das Velhas corresponde ao trecho entre as cidades de Ouro Preto e Belo Horizonte e tem como substrato o Quadrilátero Ferrífero, onde é expressiva a extração de minério de ferro.

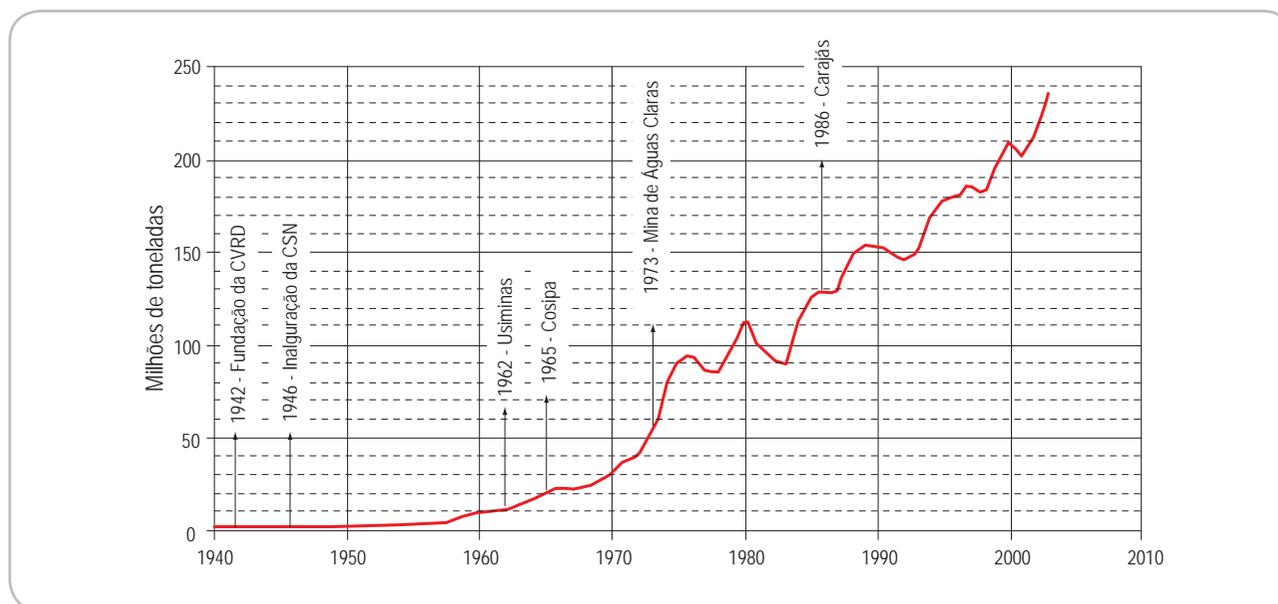


Figura 25. Evolução da produção brasileira de minério de ferro

O levantamento feito para o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das

Velhas, em 2004, apresenta os diferentes usos do solo na bacia, conforme representado na (Figura 26).

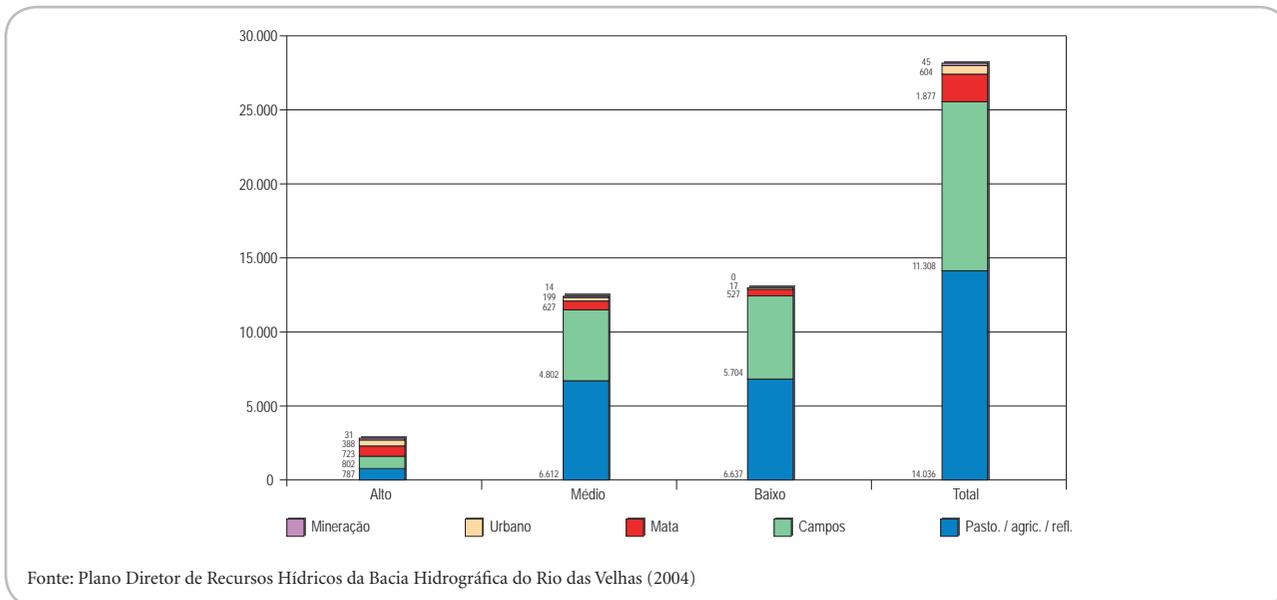


Figura 26. Distribuição do uso do solo na bacia do rio das Velhas (em km²)

A atividade agropastoril, principalmente a pastoreio, é amplamente dominante na bacia. Com apenas 31 km², as áreas de mineração do Alto Velhas correspondem, em sua maioria, à extração de minério de ferro, e os 14 km² de mineração no médio rio das Velhas, são voltados à extração de calcário.

Os dados da (Figura 26) revelam que para cada 1 m² de área de mineração na bacia, existem aproximadamente 13 m² de área urbana, 42 m² de matas nativas, 251 m² de campos e 312 m² de pasto. Isso significa que para cada 1 m² de área de mineração na bacia são 325 m² de áreas ocupadas pelas demais atividades humanas (urbana e agropastoril) e 293 m² de vegetação nativa (matas e campos).

Em termos absolutos, as áreas urbanas, as de matas e as de mineração apresentam comportamento similar, ou seja, são maiores no alto e decrescem em direção no baixo rio das Velhas. A distribuição do uso do solo no médio e baixo rio das Velhas é semelhante, havendo, entretanto, uma



Foto: Arquivo Manoeirão

Foto 30. Rio das Velhas

distinção quanto ao Alto Velhas. Tal distinção fica mais evidente quando se analisam os dados da (Figura 27) em termos proporcionais, como representado na (Figura 28).

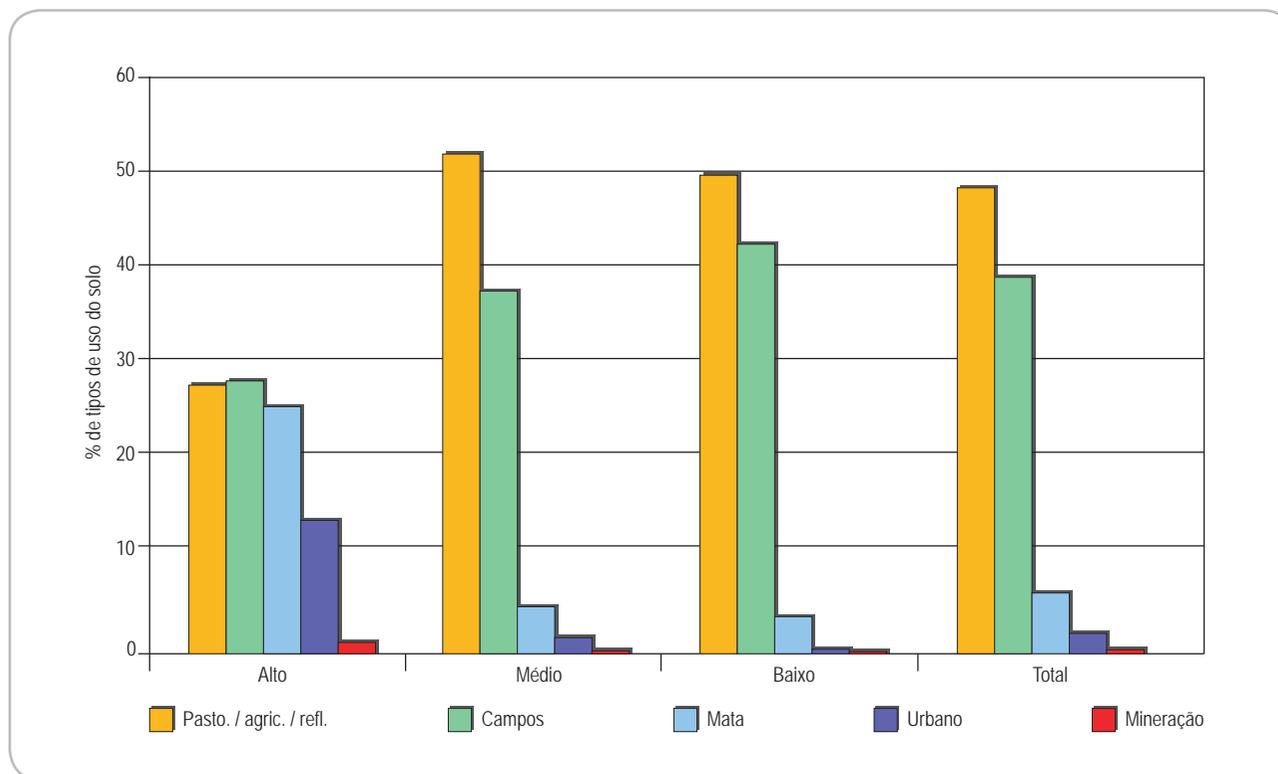


Figura 27. Distribuição do uso do solo na bacia do rio das Velhas (em %)

O alto rio das Velhas diferencia-se das demais sub-bacias por apresentar grande proporção de matas e de áreas urbanas. Quanto à indústria do minério de ferro ali instalada, somente a MBR, ocupando cerca de 1% da sub-bacia, ou menos de 0,2% da bacia como um todo, produziu, em 2003, o equivalente a 15% da produção brasileira de minério de ferro, segundo dados do DNPM (SUMÁRIO MINERAL 2004).

Desta forma, verifica-se que a extração de minério de ferro é uma atividade que ocupa uma parcela diminuta do território e se insere numa região com alta proporção de matas. Então, faz-se uma

pergunta: haveria alguma relação entre as jazidas de minério de ferro e a maior proporção de matas? A resposta é sim.

O alto rio das Velhas, no trecho entre Ouro Preto e Belo Horizonte, tem como substrato geológico o Quadrilátero Ferrífero, que não forma solos aptos para agricultura e pecuária, exceção feita à sua parte central, denominada Complexo do Baçõ (Figura 28). Por isso, o Quadrilátero Ferrífero (exceto o Baçõ) foi poupado do intenso desmatamento para a finalidade agropastoril, que ocorreu no restante da bacia.

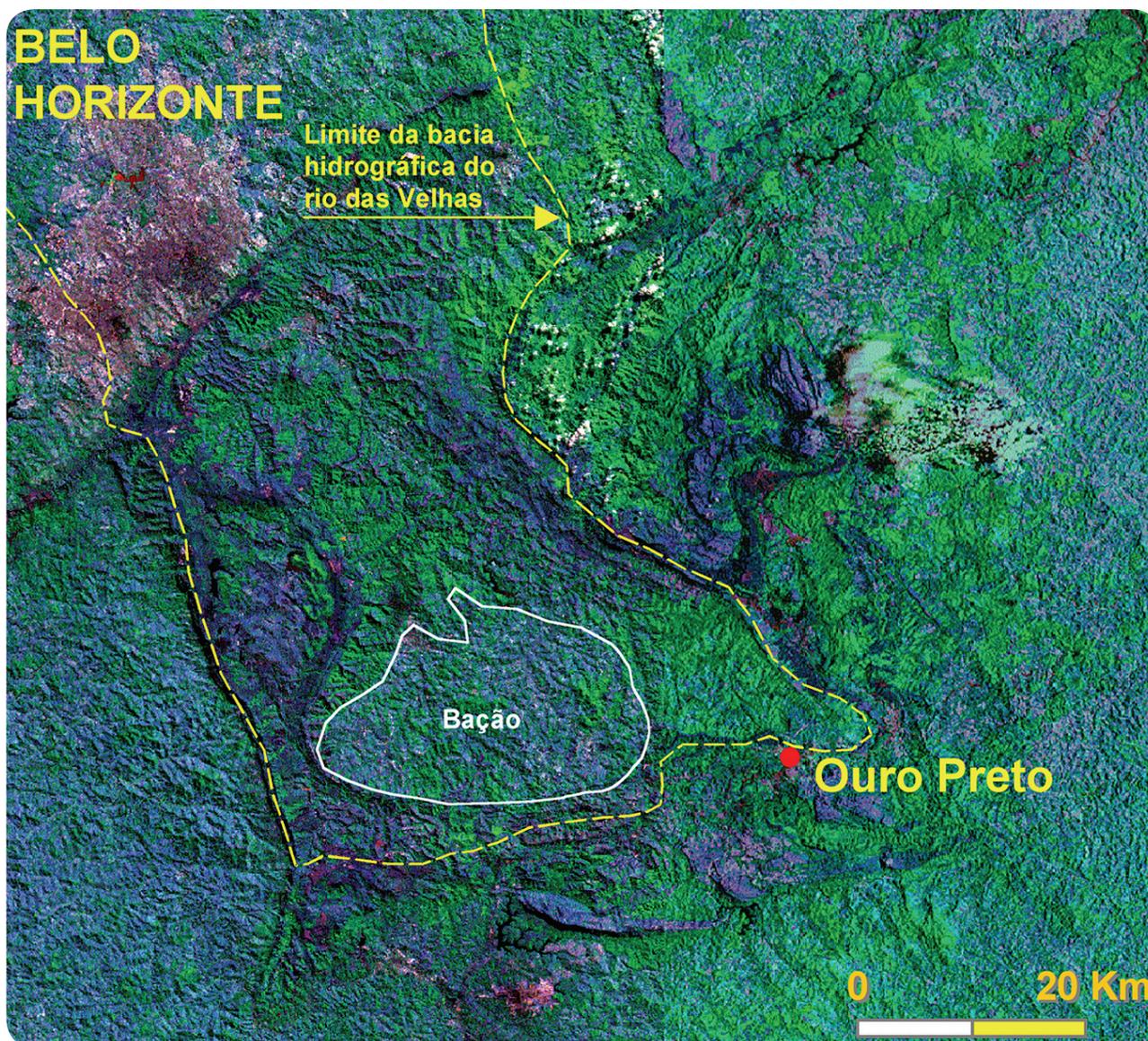


Figura 28. Imagem Landsat da região ao sul de Belo Horizonte

Outro fator considerável é que a existência de jazidas de ouro e minério de ferro na região ao sul de Belo Horizonte levou a companhia de mineração inglesa St. John D'el Rey Mining Co. a adquirir grandes extensões de terra nesta região antes mesmo da implantação da cidade. Em meados da década de 1950, essa companhia foi subdividida em duas: uma deu origem à MBR, com as jazidas de minério de ferro, e a outra deu origem à AngloGold, com as jazidas de ouro.

O fato de grandes glebas de terreno pertencerem a apenas duas empresas de mineração evitou que as áreas fossem envolvidas no processo de crescimento urbano desordenado, a exemplo do que ocorreu ao norte.

Adicionalmente, a implantação dos projetos de extração de minério de ferro da MBR culminou com a criação de grandes extensões territoriais destinadas à preservação ambiental. Atualmente, as áreas de preservação ambiental da MBR somam 31 km²,

número que, coincidentemente, equivale a todas as áreas de mineração na bacia do alto rio das Velhas.

Assim, o uso do solo no alto rio das Velhas diferencia-se do uso dos demais trechos da bacia por apresentar uma maior proporção de matas e uso urbano, além de concentrar todas as atividades de extração de minério de ferro existentes na bacia. As áreas de mata correspondem tanto às que foram poupadas do desmatamento para fins agropecuários, por apresentarem solo impróprio, quanto as que foram protegidas da especulação imobiliária pelas empresas de mineração.

4 QUALIDADE DA ÁGUA E USO DO SOLO: ESTREITA RELAÇÃO

Para o presente estudo, há ainda de se fazer algumas considerações sobre a relação existente entre a distribuição do uso do solo e a qualidade da água dos corpos de água da bacia do rio das Velhas. Dessa forma, faz-se necessário analisar os dados oficiais sobre a qualidade da água do rio das Velhas.

A caracterização da qualidade das águas superficiais do rio das Velhas foi feita com base nos dados coletados no período de 1997 a 2003, nas diversas estações de amostragem monitoradas, por meio do Projeto Águas de Minas,² e do Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMAII³, para compor o Plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio das Velhas.

Um dos principais indicadores da qualidade das águas é o denominado Índice de Qualidade de Água (IQA) desenvolvido pela National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos. Definiu-se um conjunto de nove parâmetros considerados mais representa-

tivos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. A cada parâmetro foi atribuído um peso, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de variação da qualidade das águas em função da concentração do mesmo. Os valores do índice variam entre 0 e 100, sendo águas com IQA menores que 25 classificadas como muito ruins; entre 25 e 50, como ruins; entre 50 e 70, como médias; entre 70 e 90, como boas; e maiores que 90, como excelentes.

No gráfico que consta do plano diretor, reproduzido na Figura 29, verifica-se o comportamento do IQA ao longo do rio das Velhas e de alguns dos seus afluentes. Para facilitar a interpretação e discussão desses resultados, está traçada a linha que liga os pontos do rio das Velhas propriamente dito, separando-o de seus afluentes, cujos nomes foram inseridos para melhor compreensão do aqui exposto.

Fica evidente a queda na qualidade da água do rio das Velhas após as confluências com os rios Arrudas e Onça, que recebem os esgotos da RMBH. Entretanto, antes de se chegar a alguma conclusão definitiva, faz-se oportuno observar, mais detalhadamente, o que podem revelar tais informações.

Em primeiro lugar, é preciso considerar que a distribuição das amostras não é regular ao longo da bacia. O trecho do alto rio das Velhas, que ocupa cerca de 10% da bacia, da nascente até a confluência com o Onça (ponto BV 154), contém 20 amostras; já o trecho correspondente ao médio rio das Velhas, com cerca de 45% da bacia, situado entre as con-

² Programa de monitoramento da qualidade das águas implementado pela Secretaria de Meio Ambiente de Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais.

³ Programa de fortalecimento do Sistema Nacional do Meio Ambiente, implementado pelo Ministério do Meio Ambiente, com abrangência nacional.

fluências com o Onça e o Paraúna (ponto BV 143), conta com apenas 13 amostras; finalmente, o baixo rio das Velhas, também com aproximadamente 45% da bacia, conta com as 5 amostras restantes.

No alto rio das Velhas, comparando-se os IQAs dos afluentes com os do rio das Velhas, verifica-se que dos seus afluentes os maiores poluidores são os rios Maracujá, Itabirito, Água Suja, Arrudas e Onça (Figura 29).

Ao lado disso, os rios Fazenda Velha, do Peixe e Macacos são os afluentes que disponibilizam água de qualidade superior à do rio das Velhas, contribuindo, assim, para a diluição das impurezas. Dessa forma, evita-se uma queda maior na qualidade da água do rio das Velhas, a despeito da baixa qualidade da água dos rios Itabirito e Água Suja, que recebem os esgotos das cidades de Itabirito e Nova Lima, respectivamente. No entanto, tal diluição torna-se insuficiente

após a confluência com os rios Arrudas e Onça, que recebem os esgotos da Região Metropolitana de Belo Horizonte, levando o IQA do rio das Velhas à classificação ruim.

Após ter sua qualidade piorada pelos efluentes de Belo Horizonte, o rio das Velhas recebe as contribuições dos seus afluentes Taquaraçu, Jequitibá, Santo Antônio e Paraúna (este último tem o rio Cipó como seu afluente), o que promove a melhoria progressiva da qualidade da água do rio das Velhas, pelo efeito da diluição, até que, depois de percorridos 300 km a partir da RMBH, a qualidade da água do rio das Velhas retorna à condição semelhante à observada a montante da cidade de Nova Lima. Fica, portanto, evidenciada a influência negativa do lançamento dos esgotos sanitários e industriais urbanos na qualidade da água do rio das Velhas.

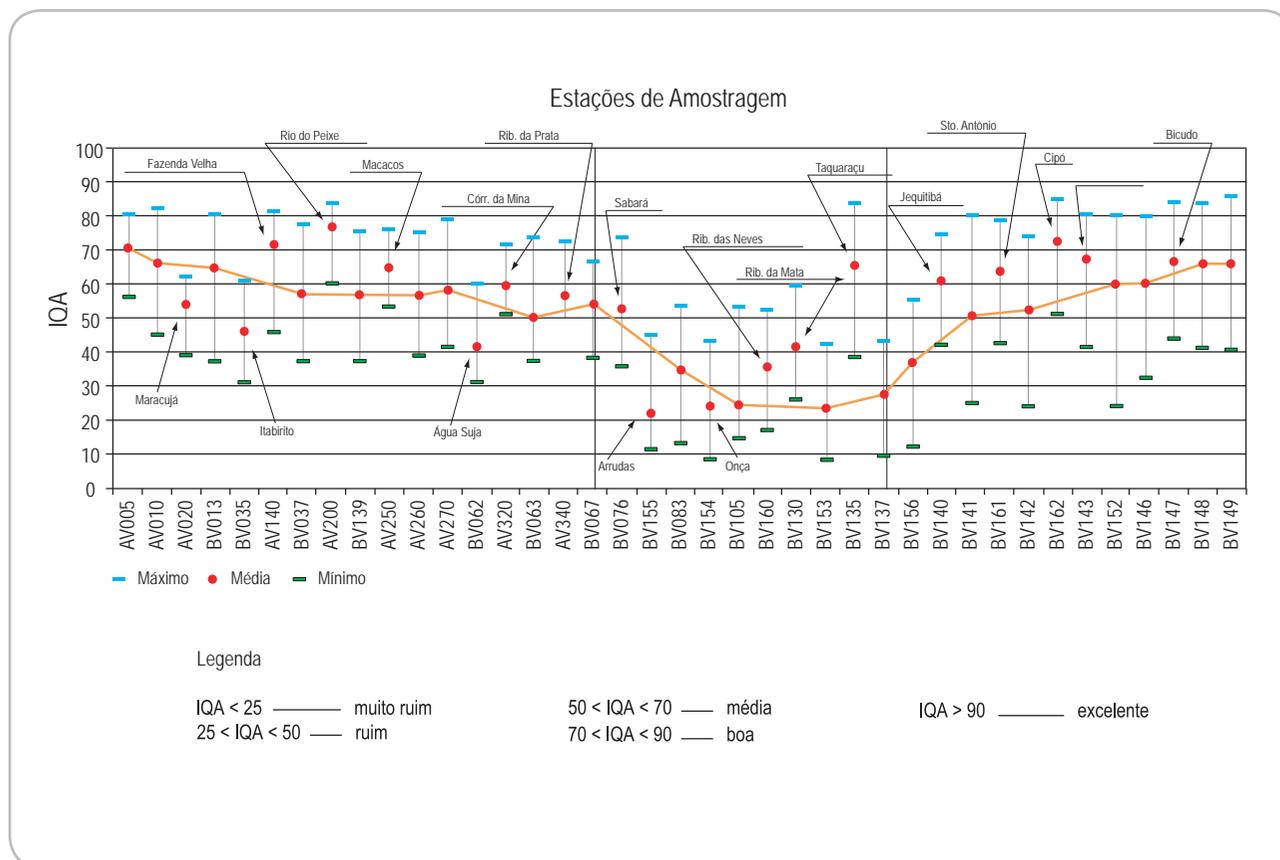


Figura 29. Comportamento do IQA ao longo do rio das Velhas (1997 a 2003)

Nesse contexto, a questão a ser posta é: qual é de fato a relação da indústria extrativa de minério de ferro e os sistemas de captação de água da RMBH no que se refere a uma ameaça à disponibilidade hídrica, seja essa ameaça sob os parâmetros de qualidade ou de quantidade?

Para respondê-la, recorre-se a uma análise comparativa entre os principais usos de recursos hídricos no alto do Rio das Velhas, quais sejam, abastecimento e esgotamento públicos e as atividades de mineração da MBR, realizada com base no monitoramento (já mencionados) e em estudos sistemáticos sobre os recursos hídricos na bacia. Pretende-se com essa análise dirimir dúvidas freqüentes no imaginário popular quanto ao aspecto negativo da relação mineração – recursos hídricos.

4.1 ABASTECIMENTO PÚBLICO

No alto rio das Velhas, na localidade de Bela Fama, situa-se o Sistema de Captação do Rio das Velhas de Abastecimento da RMBH. Nesse Sistema são captados cerca de 6.000 L/s de água, representando 44% do consumo total da região. As captações de Cercadinho, Mutuca e Fechos alimentam o chamado Sistema Morro Redondo, no qual são captados cerca de 700 L/s, ou 5% do consumo total. Essas captações de água, adicionadas à do Barreiro, estão todas situadas na bacia do rio das Velhas e são responsáveis, no total, por cerca de 50% do abastecimento da Região Metropolitana. As demais captações que complementam o abastecimento da RMBH compõem os sistemas Rio Manso, Serra Azul, Vargem das Flores e Ibitiré, situadas na bacia do rio Paraopeba, e respondem pelos outros 50% (Figura 30).

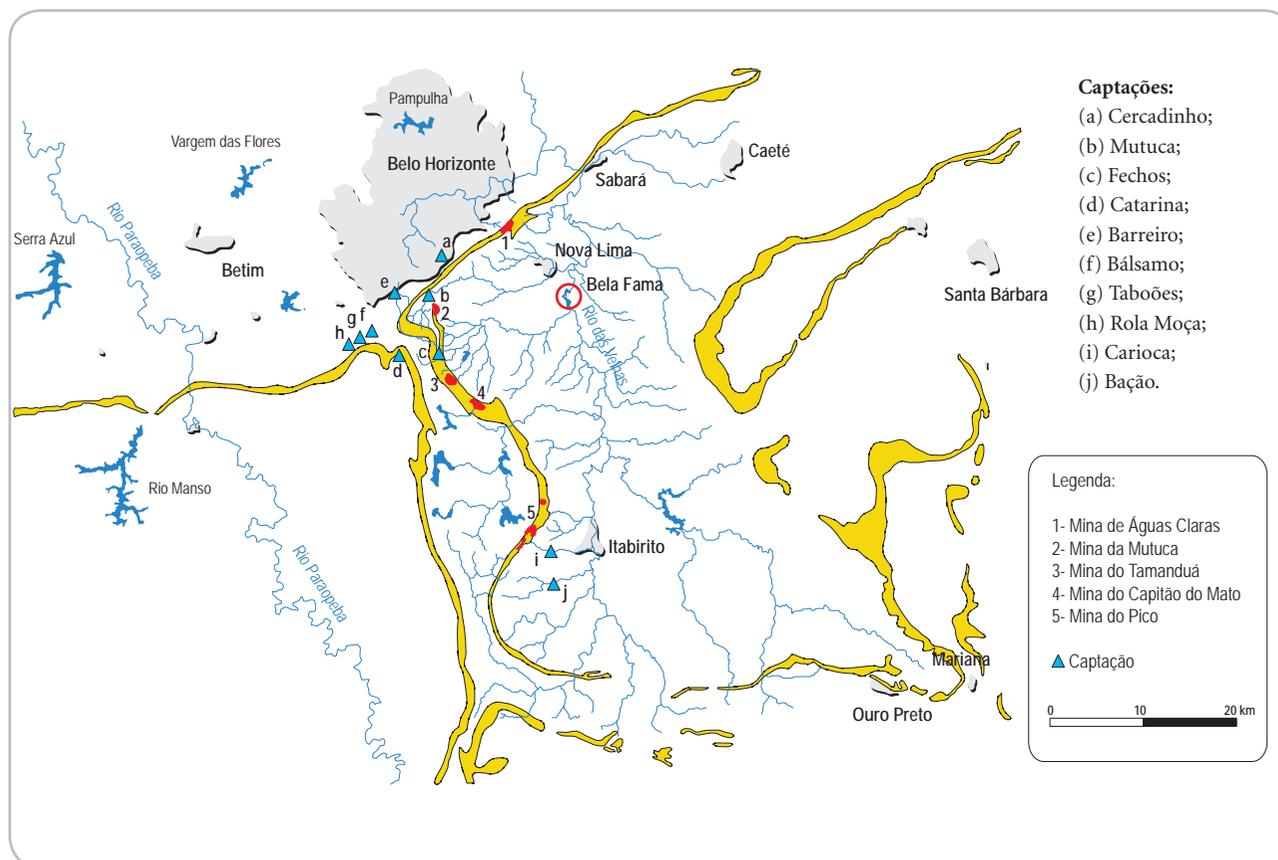


Figura 30. Minas da MBR e estruturas de captação de água da RMBH

Considera-se que, do ponto de vista da qualidade das águas circulantes pela bacia, o uso dos recursos hídricos para o abastecimento público, realizado por meio das captações de água do alto Velhas, deve contribuir duplamente para a piora do IQA verificada em torno da RMBH. De um lado, porque as águas de

boa qualidade são retiradas dos córregos a montante de Belo Horizonte e posteriormente são “devolvidas” a jusante, na forma de esgotos; do outro, porque as águas limpas, ao deixarem de circular pelos córregos, diminuem o poder de diluição do rio das Velhas no trecho a jusante da cidade de Nova Lima.

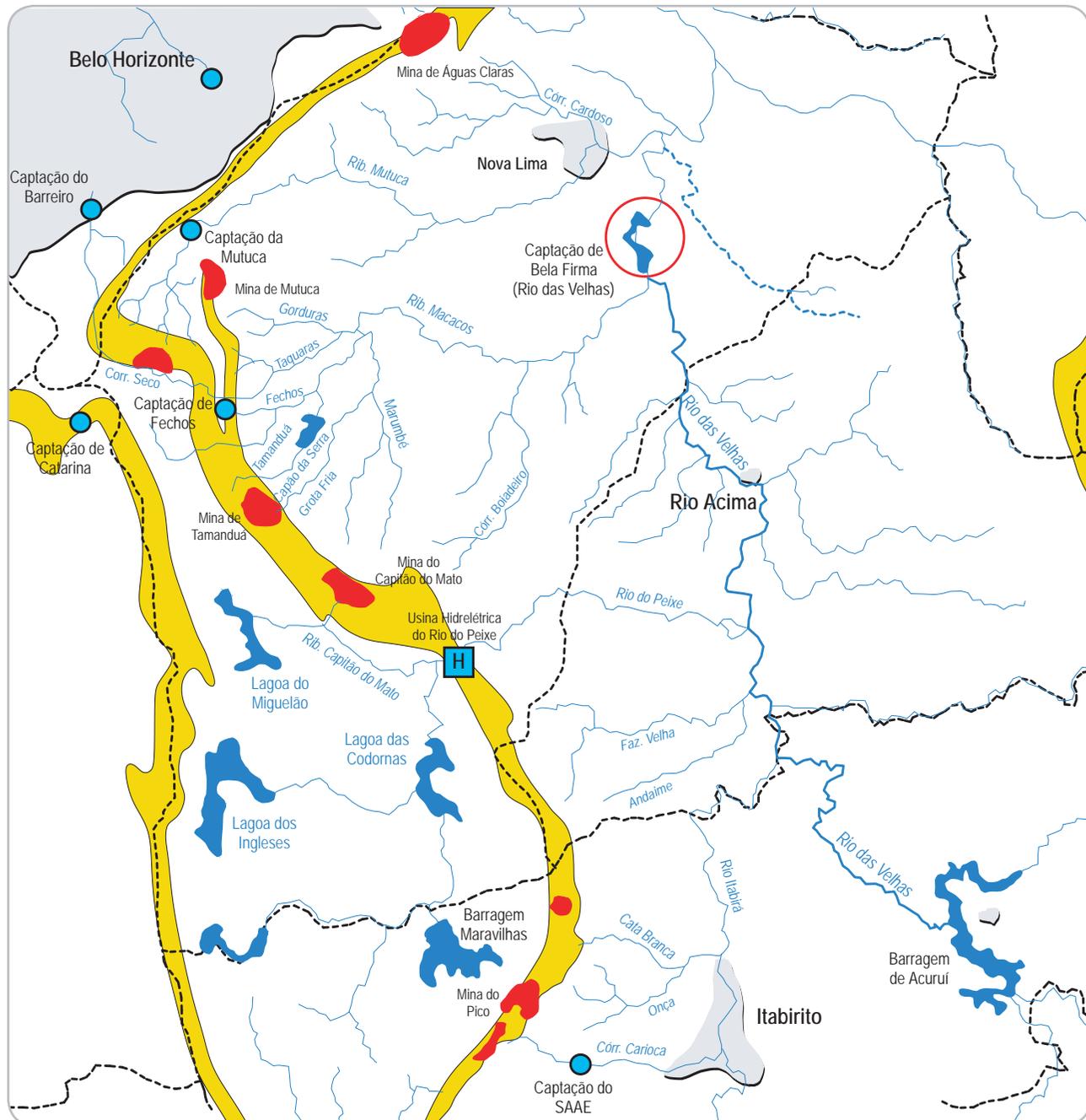


Figura 31. Minas da MBR e estruturas de captação de água da RMBH no Alto Velhas

4.2 EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO

O uso dos recursos hídricos para a atividade de minério de ferro na bacia do alto rio das Velhas, por meio da atuação da MBR, dá-se pelo aproveitamento de quatro minas em atividade – Capão Xavier, Tamanduá, Capitão do Mato e Pico, e de duas minas exauridas – Águas Claras e Mutuca (Figuras 30 e 31).

À exceção da mina de Águas Claras, as demais se situam a montante da captação do Sistema de Bela Fama, sendo que as minas de Mutuca, Capão Xavier e Tamanduá localizadas nas proximidades das captações de água de Mutuca e Fechos.

Assim, na sua atividade de extração do minério, a MBR lança seus efluentes nas bacias do ribeirão Macacos e do rio do Peixe, ambos afluentes do rio das Velhas, que, conforme pode ser visto na (Figura 29), tem elevados valores de IQA.

Como se verifica na tabela a seguir, trata-se de águas de boa qualidade, que, por essa razão, vêm, suprir, parcialmente, o déficit de água limpa causado pelas captações de Mutuca e Fechos e, dessa forma, contribuem positiva e diretamente com o abastecimento público da RMBH.

Tabela 2. Qualidade média das águas efluentes das minas da MBR na bacia do rio das Velhas (2001 a 2005)

MINA	Águas Claras	Mutuca	Capão Xavier	Tamanduá	Capitão do Mato	Pico
Bacia de lançamento	Ribeirão Água Suja	Ribeirão Macacos	Ribeirão Macacos	Ribeirão Macacos	Rio do Peixe	Rio do Peixe
pH	7,06	7,59	6,82	7,26	5,49	7,63
Turbidez (UNT)	4,47	9,03	7,94	14,83	0,84	17,72
Sólidos em suspensão (mg/L)	2,79	4,63	3,35	10,09	0,73	11,15
Sólidos dissolvidos (mg/L)	50,01	89,86	28,33	46,19	9,02	120,43
Condutividade elétrica (µS/cm)	42,50	94,77	23,55	34,00	6,60	128,74
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,44	7,05	7,28	7,33	7,43	7,40
DBO (mg/L)	0,38	1,05	0,14	0,37	0,32	0,74
Ferro solúvel (mg/L)	0,11	0,07	0,18	0,07	0,06	0,05
Manganês solúvel (mg/L)	0,23	0,07	0,05	0,22	0,05	0,06

A boa qualidade dos efluentes advindos das atividades da MBR, confirma-se porque a lavra de minério de ferro consiste, fundamentalmente, numa escavação a céu aberto, com dimensões finais definidas pelo tamanho e pela geometria do corpo mineral. Dessa escavação, são removidos basicamente dois tipos de material: o minério, que vai para uma planta de beneficiamento, e o estéril, composto por todas as rochas que não são minério, disposto de forma controlada em locais adequados, previamente selecionados para tal.

O beneficiamento do minério de ferro de alto teor consiste em separar o minério bruto proveniente da mina em diferentes classes de tamanho. Para

minérios de baixo teor, além disso, é necessário retirar do minério os minerais que não são aproveitáveis pela indústria siderúrgica. Parte do minério bruto é transformada em diferentes produtos, que são comercializados. A outra parcela, não aproveitável, vem a constituir os rejeitos.

Os rejeitos são depositados em barragens de rejeitos (Foto 31) apropriadamente construídas para este fim. Essas barragens têm suas dimensões (volume útil de acumulação) definidas pelo volume total de minério a ser lavrado e pelo tipo de beneficiamento que o minério vai sofrer, tornando possível a estimativa prévia do total de rejeitos que uma determinada mina vai gerar ao longo de sua vida útil.



Foto 31. Barragem de rejeitos da MBR

Com o objetivo de evitar o assoreamento dos córregos a jusante com materiais provenientes da mina ou das pilhas de estéril, carreados pela água da chuva que escoar pelo terreno, freqüentemente se torna necessária a construção de barragens ou diques de contenção de sedimentos nestes cursos d'água.

Como na maioria dos processos industriais, o conjunto desse manejo de água implica a existência de um efluente líquido, que tem como destino algum curso d'água. Assim, o controle de efluentes é uma peça fundamental do processo de mineração para que esta não produza a poluição do curso de água receptor.

Nesse aspecto, o controle requerido é a simples decantação, pois, a boa qualidade dos efluentes está no fato de que esse processo de mineração não interfere na qualidade da água, isso porque os minerais que formam as rochas locais são quimicamente inertes: trata-se de óxidos e hidróxidos de ferro, carbonatos e silicatos sem a presença de sais ou sulfetos que, ao integrar com a água poderiam alterar sua qualidade. Adicionalmente, no processo de beneficiamento de minério não são utilizados produtos químicos, assim, não existe a presença de contaminantes, nem naturais nem artificiais.

Assim, com efluentes de boa qualidade, a MBR, por meio de uma extração de minério ambientalmente responsável, pode contribuir com o aumento da disponibilidade hídrica, que por sua vez favorece

a capacidade de diluição dos corpos de água, podendo, ocasionalmente, trazer melhoras nos aspectos qualitativos das águas da bacia do Alto Velhas.

É relevante o fato de que o rio do Peixe, que recebe os efluentes de duas minas da MBR, tem o melhor IQA médio de toda a bacia hidrográfica do rio das Velhas, superando até mesmo o rio Cipó, famoso pela boa qualidade de suas águas, com origem na serra do Cipó, área completamente preservada, e foz, no rio Paraúna, afluente do rio das Velhas.

Dessa forma, constata-se que o local onde se estabeleceu a indústria de minério de ferro no alto rio das Velhas é justamente o lugar onde as águas têm a melhor qualidade, em função da boa qualidade dos efluentes e do alto grau de preservação ambiental. No cumprimento da legislação ambiental, que obriga a atividade de a mineração criar e a manter unidades de conservação, bem como em seu processo de gestão territorial, a MBR protegeu suas áreas de uma ocupação urbana desordenada e predatória, como se verifica no entorno de quase toda área de propriedade e de responsabilidade da empresa, mantendo uma região de excelência ambiental, com resultados visivelmente positivos não só para a bacia hidrográfica do rio das Velhas, como para toda a RMBH.

5 EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E RECURSOS HÍDRICOS: ASPECTOS QUANTITATIVOS

5.1 A INTERFACE COM A ÁGUA SUBTERRÂNEA

Os grandes projetos de extração de minério de ferro no Brasil (Quadrilátero Ferrífero) tiveram início quase que simultaneamente, em meados da década de 1960 a meados da década de 1970. Àquela época, desconheciam-se (ou desconsideravam-se) o fato de que a Formação Cauê, hospedeira do minério de ferro, é

também um aquífero. Com o aprofundamento das cavas, muitas minas atingiram o nível d'água. Num primeiro momento, no início da década de 1980, a drenagem das minas deu por gravidade, através de canaletas, época em que se iniciaram os estudos hidrogeológicos para a solução do que era, então, um problema para a mineração: a presença de água nas frentes de lavra. A partir de meados da década de 1980, iniciou-se o processo de rebaixamento do nível d'água das minas por meio de poços tubulares profundos (BERTACHINI, 1994).

A “descoberta” de que o minério de ferro se constituía num aquífero desencadeou um processo crescente de percepção social que foi a tônica dos anos 1990: a suspeita de que a mineração de ferro estaria comprometendo os recursos hídricos. Esse processo fez com que os estudos hidrogeológicos, antes restritos ao âmbito das minas, fossem estendidos às áreas do seu entorno com o objetivo de verificar possíveis impactos ambientais.

Paralelamente a isso, com o desenvolvimento da legislação ambiental, estudos hidrogeológicos prévios englobando toda a área de influência dos projetos passaram a ser exigidos e fiscalizados pelos órgãos ambientais no processo de licenciamento dos novos empreendimentos mineiros. Esses estudos, desenvolvidos ao longo dos últimos 15 anos, constituem-se na grande fonte de dados e informações para o conhecimento científico do sistema hidrogeológico atuante no Quadrilátero Ferrífero.

Atualmente, vê-se a entrada da indústria de minério de ferro numa nova fase, o que corresponde ao início do processo de exaustão das primeiras minas abertas na década de 1970. Isso fará com que algumas das cavas venham a ser inundadas, gerando lagos profundos. Detalhados estudos foram desenvolvidos no sentido de se integrar esses lagos a um uso futuro ambientalmente adequado, mantendo a

manter a boa qualidade de suas águas. Esses estudos indicam como usos potenciais para estes lagos o lazer e o abastecimento público de água.

5.2 O PROCESSO DE REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA

O corpo mineral é também um aquífero (rocha capaz de acumular e transmitir água). Assim, ao se aprofundarem as cavas, freqüentemente se atinge o nível d'água no terreno, sendo necessário que se proceda ao seu rebaixamento, para que seja possível o prosseguimento da lavra. Esse rebaixamento se dá pela extração de água do aquífero por meio de poços ou galerias de drenagem, numa quantidade maior que a recarga natural advinda da infiltração das águas pluviais no solo. A destinação desta água durante a operação e a recuperação do aquífero após a exaustão da mina é um aspecto relevante da interface entre água e mineração, devendo portanto, devem ser considerado nos projetos de lavra.

Esse rebaixamento do nível d'água pode, eventualmente, interferir nas vazões naturais de algumas nascentes situadas no entorno da mina, de forma que este é outro aspecto importante a ser avaliado nos projetos de mineração.

As medidas mitigadoras para as nascentes impactadas consistem na reposição de água, fazendo uso da própria água proveniente dos poços de rebaixamento. Ao final da vida da mina,⁴ com o término do bombeamento, forma-se um lago na cava, fazendo com que o nível d'água retorne à sua posição original, restabelecendo os fluxos originais de água subterrânea e pondo fim aos impactos hidrológicos que, portanto, são reversíveis.

Todas essas ações são integradas e constituem os planos de gestão hidrológica, minuciosa e cuidadosamente preparados pelas empresas mineradoras,

⁴ O tempo de vida útil da mina de Águas Claras foi de trinta anos. O rebaixamento de nível, até o encerramento da mina, ocorreu, por etapas, durante 19 anos.

os quais são submetidos à aprovação pelos órgãos ambientais e de recursos hídricos competentes, bem como pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, se houver. De acordo com esses estudos, na maioria dos casos, verifica-se que os projetos de mineração são desenvolvidos sem que haja redução da disponibilidade hídrica na área de influência do empreendimento, seja durante a operação, seja na desativação ou na pós-desativação da mina, quando se considera o balanço hídrico de todo o processo.

Do ponto de vista da conservação dos recursos hídricos, o processo de mineração terá reduzido seu potencial de impactos sobre o meio ambiente diante da possibilidade de investigação e avaliação dos aspectos ambientais a ele relacionados e da viabilidade da mitigação dos danos decorrentes da atividade.

6 A MBR E OS USOS MÚLTIPLOS DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO DAS VELHAS

A mina de Águas Claras iniciou sua produção em 1973, constituindo-se na principal mina da MBR, que contava, ainda, com a produção da mina da Mutuca, iniciada em 1961, e da mina do Pico, que operava com pequena produção desde a década de 1940. Dessa forma, a MBR tornou-se a segunda maior exportadora de minério de ferro do Brasil e a quinta do mundo.

No início da década de 1980, com o aprofundamento das cavas para a extração do minério de ferro, as minas de Águas Claras e Mutuca atingiram o nível d'água do terreno. Imediatamente, a empresa, por meio de estudos hidrogeológicos, voltou-se para a solução do que era, então, um problema para a mineração: a presença de água nas frentes de lavra. Em meados da década de 1980, iniciou-se o processo de rebaixamento do nível d'água dessas minas através de poços tubulares profundos, solução mundialmente adotada na mineração.

Assim, bombeando vazões médias de 73 L/s na mina de Águas Claras e 30 L/s na mina da Mutuca, ao longo de cerca de 15 anos, o nível d'água nestas minas foi artificialmente rebaixado em 300 e 250 metros, respectivamente, permitindo o aprofundamento das cavas em condições de segurança operacional.

No final da década de 1980, início do rebaixamento do nível d'água na mina de Águas Claras, suspeitou-se que tal atividade estaria interferindo na vazão das nascentes do Parque das Mangabeiras, antiga mina de minério de ferro de propriedade da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, situada na vertente norte da serra do Curral, transformada em parque em 1982 após sua exaustão. Os estudos desenvolvidos, com base em rigoroso sistema de monitoramento operado por mais de dez anos comprovaram que não houve interferência da mineração nas nascentes do parque.

Na mina da Mutuca o rebaixamento do nível d'água também foi desenvolvido sem interferência nas vazões do manancial homônimo, vizinho à mina: Manancial do Mutuca, construído na década de 1950 para o abastecimento de água de Belo Horizonte.

No início da década de 1990, a MBR desenvolveu um programa de expansão na mina do Pico, no município de Itabirito, para complementar a produção, já decrescente, das outras minas, preparando, assim, a substituição destas quando da sua exaustão. Nesta mina, o rebaixamento do nível d'água foi iniciado em 1994 e ampliado a partir de 1999, atualmente com uma vazão bombeada da ordem de 400 L/s.

Em 1999, levantou-se a suspeita de que o rebaixamento do nível d'água da mina do Pico estaria comprometendo as nascentes do córrego Carioca, onde há uma estrutura de captação de águas municipal. De forma semelhante ao ocorrido no final da década de

1980, na mina de Águas Claras, os estudos, mais uma vez, mostraram que não houve interferência nos mananciais destinados ao abastecimento público.

As águas bombeadas na mina do Pico são lançadas na barragem de rejeitos, de onde fluem até atingir a chamada lagoa das Codornas que, na verdade, é uma barragem integrante de uma usina de geração de energia elétrica situada no rio do Peixe. Construída há mais de cem anos pela empresa de mineração St. John D'el Rey Mining Co., esta PCH encontra-se ainda em atividade. Após passarem pela usina, as águas fluem pelo rio do Peixe até atingirem o rio das Velhas.

Verifica-se aqui um notável exemplo de uso múltiplo da água da mina: industrial (no beneficiamento do minério); paisagístico (na lagoa); geração de energia elétrica (na usina); e, finalmente, abastecimento público, pois o rio do Peixe é um dos principais afluentes do rio das Velhas, a montante da captação de água existente. O destino final dessas águas é, portanto, o abastecimento público da RMBH.

Em meados da década de 1990, em continuidade ao seu programa de expansão e de substituição de minas, a MBR iniciou suas operações no chamado Complexo Tamanduá, composto pelas minas de Tamanduá e Capitão do Mato, situadas nas adjacências do Condomínio Residencial Morro do Chapéu.

Com vazão bombeada da ordem de 350 L/s, o rebaixamento do nível d'água nessas minas foi iniciado em 2005. Entretanto, em função de um acordo entre a empresa e o condomínio, a MBR antecipou a perfuração e a operação do primeiro poço de rebaixamento para suprir de água o condomínio, em substituição aos pequenos poços existentes, que não atendiam satisfatoriamente à demanda. Assim, há oito anos, o condomínio é abastecido pela MBR.

A exemplo do que ocorre na mina do Pico, as águas provenientes do rebaixamento do nível d'água nestas duas minas têm como destino o abastecimento público da RMBH, vez que são lançadas

em córregos que contribuem para a captação do rio das Velhas.

Os estudos hidrogeológicos da mina de Capão Xavier tiveram início em 1993. Esta mina, após um longo e detalhado processo de licenciamento ambiental, iniciou a produção em junho de 2004 e também se situa nas adjacências do Manancial do Mutuca. Em função da sua proximidade com este e outros mananciais que abastecem a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com base na experiência da exploração da mina de Águas Claras, que resultou especialmente num acúmulo de conhecimento no que se refere à mineração e a disponibilidade hídrica, foram adotadas medidas ainda mais avançadas para a proteção e o controle ambiental.

7 NOVOS USOS PARA AS ÁREAS MINERADAS

A mina da Mutuca exauriu-se em 2001, e a mina de Águas Claras, em 2003, após quarenta e trinta anos de produção ininterrupta, respectivamente. Desta forma, a empresa inaugurou uma nova fase em sua história, correspondente ao fechamento de suas primeiras minas.

A cava exaurida da mina de Águas Claras, parte integrante de um processo de recuperação ambiental iniciado há décadas, está sendo transformada num lago profundo. Por tratar-se de reservatório de águas de boa qualidade, a área utilizada pela mineração encontra-se apta a novos usos, integrada, ainda, a um entorno de áreas preservadas pela empresa, formando um expressivo conjunto com alta qualidade ambiental.

A cava exaurida da mina da Mutuca terá outro destino. Será utilizada para a disposição do estéril (material extraído da mina sem valor econômico) da futura mina de Capão Xavier, bem como do rejeito (parte mais fina do minério normalmente armazenada em barragens). Dessa forma, a mineração em

Capão Xavier promoverá a reconstituição topográfica da cava exaurida da mina da Mutuca, fazendo com que, reconstituída, a área minerada esteja, futuramente, apta a novos usos.

A mina de Capão Xavier irá promover um amplo aproveitamento do potencial hídrico. Há 11 anos, quando do início do desenvolvimento dos estudos hidrogeológicos para avaliar o impacto desta mineração nos mananciais do entorno (Mutuca, Fechos, Catarina e Barreiro), supunha-se que a proximidade entre a mina e os mananciais seria um problema. Contudo, tais estudos revelaram o contrário. A mina irá promover o aumento da disponibilidade hídrica do sistema de abastecimento público de água.

Os estudos indicam que o rebaixamento do nível d'água na mina poderá provocar diminuição gradual de vazão no Manancial de Fechos. Entretanto, sabe-se que esse impacto será reversível, ou seja, o enchimento do futuro lago que se formará na cava de Capão Xavier após a exaustão da mina, a exemplo do que ocorre hoje em Águas Claras, promoverá o retorno das vazões naturais nessas nascentes.

Um aspecto importante é que a vazão bombeada na mina para promover o rebaixamento será notadamente superior à redução da vazão proveniente das nascentes, que determinará um excedente de água a ser disponibilizado para o sistema de abastecimento público.

Com esse excedente planeja-se utilizar a água bombeada da mina diretamente para o abastecimento público do bairro Jardim Canadá e para os condomínios Retiro das Pedras e Jardim Monte Verde, comunidades situadas nas proximidades da mina.

O lago que se formará na cava após a exaustão da mina, além de promover a recuperação das vazões naturais das nascentes eventualmente impactadas, se constituirá num grande reservatório de água, com capacidade de acumulação de 57 milhões de metros cúbicos. Esse reservatório será integrado ao sistema

de abastecimento de água, promovendo a regularização das vazões, ou seja, acumulando água no período chuvoso, quando há sobra de água, para utilizá-la no período de estiagem, quando há déficit.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos diversos aspectos considerados neste capítulo, observamos que a atuação da MBR, há mais de quarenta anos da bacia do alto rio das Velhas, revela que o pressuposto de incompatibilidade entre extração de minério de ferro e aproveitamento dos recursos hídricos no alto rio das Velhas não reflete a realidade dos fatos.

A alta qualidade ambiental verificada nessa porção da bacia decorre da existência de jazidas de minério de ferro, pois, por sua própria natureza ferruginosa, o solo do Quadrilátero Ferrífero não se presta à agricultura e à pecuária e, por isso, foi poupado do intenso desmatamento que ocorreu no restante da bacia.

Adicionalmente, grandes glebas de terrenos ao sul de Belo Horizonte foram adquiridas por empresas de mineração e, portanto, não participaram do processo de ocupação urbana desordenada que ocorreu nas demais regiões periféricas da cidade.

O local onde o rio das Velhas apresenta a melhor qualidade de água é justamente onde atua a MBR, isso porque seus efluentes são de boa qualidade e a área se situa a montante da grande fonte poluidora da bacia: o lançamento de esgotos domésticos e industriais da RMBH. A despeito disso, existem outras fontes importantes de poluição a se considerar, que são os esgotos das cidades de Itabirito e Nova Lima.

Comparada com as áreas utilizadas pelas demais atividades humanas, a área usada pela mineração é proporcionalmente muito pequena. Ademais a MBR é diretamente responsável pela criação e pela manutenção de importantes áreas de preservação

ambiental a sul de Belo Horizonte, o que contribuiu para a boa qualidade das águas.

Os processos de mineração da MBR são desenvolvidos considerando o conceito das melhores práticas ambientais, em atendimento as medidas de controle e mitigação de forma que não haja prejuízo algum para os recursos hídricos, seja em qualidade,

seja em quantidade, de modo que a relação entre a mineração e esses aspectos relativos à água, suposto problema, mostra-se, na verdade, como um benefício que permite à sociedade o aproveitamento racional da “água de mina”, desde que sejam adotados pela empresa mineradora procedimentos adequados de gestão ambiental e de recursos hídricos.



Foto 32. Cava da mina de ferro de Águas Claras na Serra do Curral, Belo Horizonte, em 2005

A ÁGUA NO TRANSPORTE E NO BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO – ESTUDO DE CASO MINERAÇÃO EM MARIANA – SAMARCO MINERAÇÃO S/A

1 INTRODUÇÃO

A Samarco Mineração é uma empresa de lavra, beneficiamento, transporte e pelotização de minério de ferro. É a segunda maior exportadora transoceânica de pelotas, utilizadas em processos siderúrgicos de alto-forno e redução direta.

Suas operações de extração e beneficiamento do minério são realizadas na unidade de Germano, onde se localizam as minas de Alegria, com reservas estimadas em quatro bilhões de toneladas. Esta unidade situa-se nos municípios de Mariana e Ouro Preto-MG. Através de um mineroduto de 396 km de extensão, a produção da unidade de Germano é transportada à unidade de Ubu, localizada em An-

chieta-ES. Nesta unidade, estão localizadas as plantas de pelotização e o porto.

Pioneira na gestão dos recursos hídricos, a Samarco foi a primeira empresa brasileira no setor de mineração a obter a outorga de direito para utilizá-los. A empresa também foi pioneira, em seu setor, na implementação do tratamento de efluentes líquidos e garante, em todas as suas operações, o uso responsável da água. Para isso, são continuamente planejadas e implementadas ações de redução do consumo do recurso e monitoramento das características físico-químicas e biológicas dos efluentes e das lagoas e dos rios onde eles são descartados.

Alexandre da Mata Reis¹
Euzimar Augusto da Rocha Rosado²
Ana Cristina Calil R. Bragança³
José Carlos Mariano de Souza⁴
Carlos Alberto da Cruz Rodrigues⁵
Marcos Gomes Vieira⁶
Domingos Sávio B. Queiroz⁷
Maury de Souza Júnior⁸
Edmar Fantini⁹
Vitor Márcio Nunes Feitosa¹⁰
Eduardo Luiz Giffoni Lima¹¹

¹ Engenheiro Mecatrônico - PUC/MG; Analista de Sistemas Gerenciais

² Engenheiro Eletricista - UFES; Analista de Meio Ambiente e Higiene Ocupacional

³ Engenheira Química - UFMG; Engenheira de Processo

⁴ Engenheiro Mecânico - UFMG; Gerente de Mineroduto

⁵ Engenheiro Mecânico - PUC/RJ; Consultor

⁶ Engenheiro de Minas - UFMG; Chefe de Equipe de Laboratórios

⁷ Engenheiro de Minas - UFOP; Engenheiro de Processo

⁸ Engenheiro Metalúrgico - UFOP; Gerente Geral Pelotização

⁹ Engenheiro Mecânico - PUC/MG; Coordenador de Construção do Mineroduto

¹⁰ Geólogo - USP; Gerente Geral de Desenvolvimento Sustentável

¹¹ Engenheiro Eletricista - PUC/MG; Chefe de Departamento de Operações do Mineroduto

Ao obter, em 1998, o certificado ISO 14.001, a Samarco se tornou a primeira mineradora do mundo a receber a certificação para todas as etapas de seu processo produtivo. Desde então são definidos, periodicamente, objetivos e metas relativas aos compromissos assumidos e ações a serem implementadas, com vistas à melhoria contínua de seu processo. Em todas as edições desses objetivos e metas a gestão dos recursos hídricos foi abordada, na busca da redução do consumo ou da melhoria da qualidade dos efluentes.

Internamente e nas comunidades em que está presente, a Samarco promove campanhas de conscientização e racionalização do uso da água. Em Minas Gerais, a empresa acompanha a atuação de três

Comitês de Bacia Hidrográfica: do Rio Doce, do Rio Piracicaba e do Rio Piranga. No Espírito Santo, a Samarco participou do processo de formação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente.

A água, um insumo fundamental no processo produtivo da Samarco, é captada para utilização na unidade de Germano em duas fontes: o rio Piracicaba (água nova), afluente do rio Doce, e a barragem de Santarém, localizada a 11 km da planta de beneficiamento. Trata-se de uma barragem de acumulação localizada no córrego Santarém, um dos cursos de água da bacia hidrográfica do rio Piranga. Uma outra captação também é feita no rio Matipó, também da bacia do rio Piranga, para utilização na Estação de Bombas II, localizada no km 154 do mineroduto.

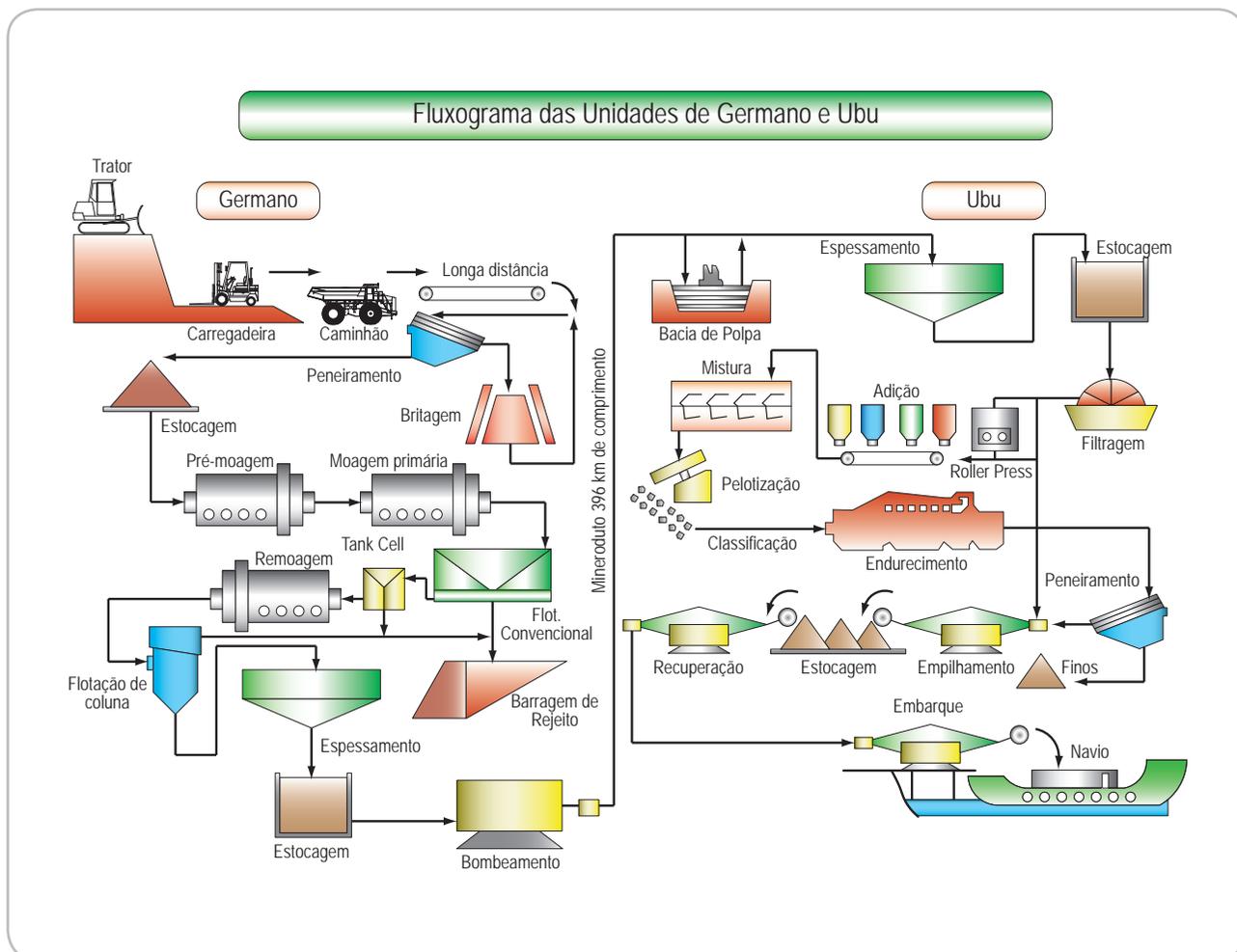


Figura 32a. Fluxo do processo produtivo da Samarco nas Unidades de Germano e Ubu

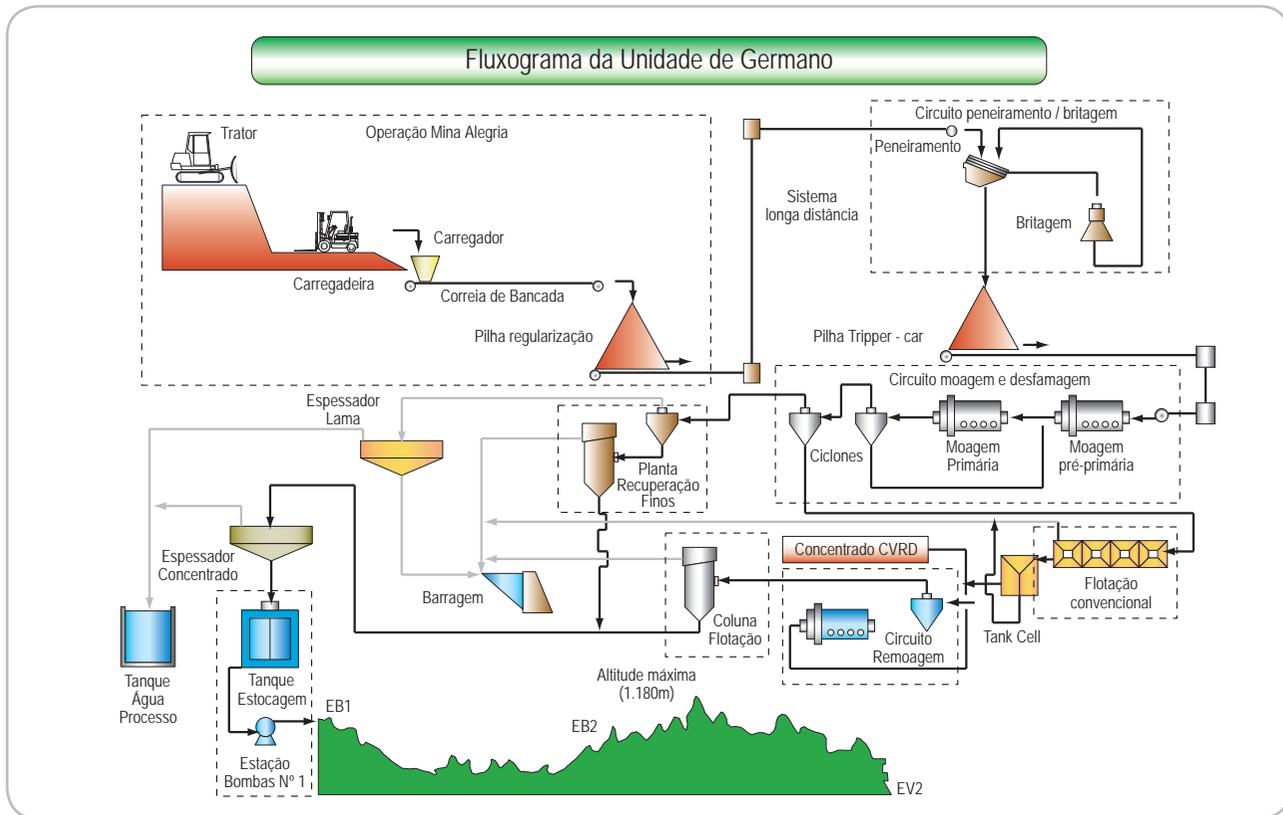


Figura 32b. Fluxograma da Unidade de Germano

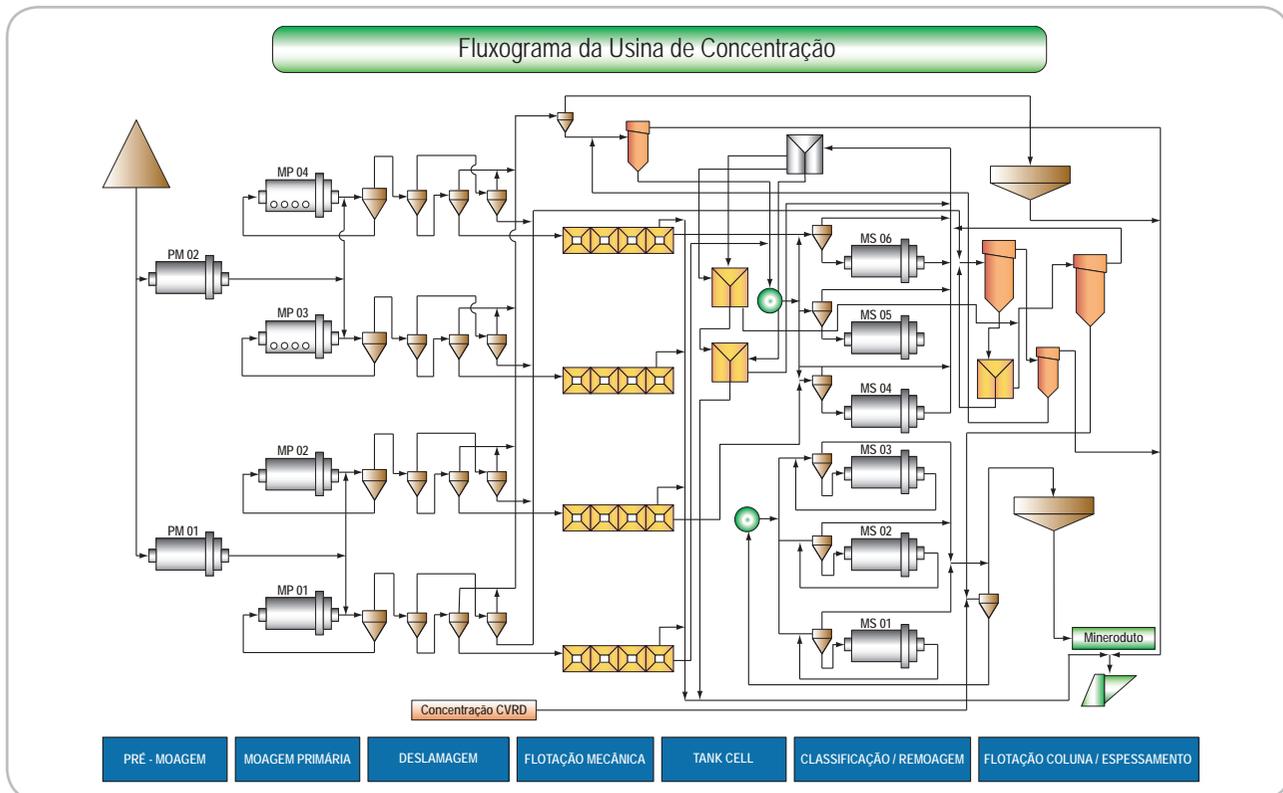


Figura 32c. Fluxograma da usina de concentração





Foto 33. Unidade industrial de Germano

2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE POLPA

O minério proveniente das minas da Samarco é composto, primordialmente, por partículas de quartzo e de hematita. As partículas de quartzo são indesejáveis nos processos siderúrgicos subsequentes e, portanto, o minério deve ser processado para que ocorra a remoção desse material. Esse processamento é feito na planta de beneficiamento, no qual ocorre a redução do tamanho das partículas de minério e a separação do quartzo. Desse processo, resultam dois produtos: um concentrado, que é transportado via mineroduto para a Unidade de Ponta Ubu, e o rejeito, que é depositado na Barragem de Germano.

3 O MINERODUTO SAMARCO

Os minerodutos têm sido utilizados há longo tempo para transporte de partículas sólidas, mas seu uso se torna especialmente atrativo quando as distâncias são longas e o processamento do minério é feito em via úmida.

O mineroduto Samarco, o primeiro do Brasil para transporte de polpa de minério de ferro, teve sua operação iniciada em maio de 1977, com a condução de concentrado produzido na usina de beneficiamento da mina de Germano para a usina de poltização de Ponta Ubu-ES. Possui 396 km de extensão e consiste de duas estações de bombas, duas estações de válvulas, uma estação de orifícios e uma estação terminal. Por se tratar de um duto, não existem os impactos ambientais decorrentes de perdas de material associadas à sua rotina de transporte. A utilização de energia elétrica para a operação das bombas reduz os custos e impactos associados à utilização de combustíveis fósseis.



Foto 34. Mineroduto, km 0

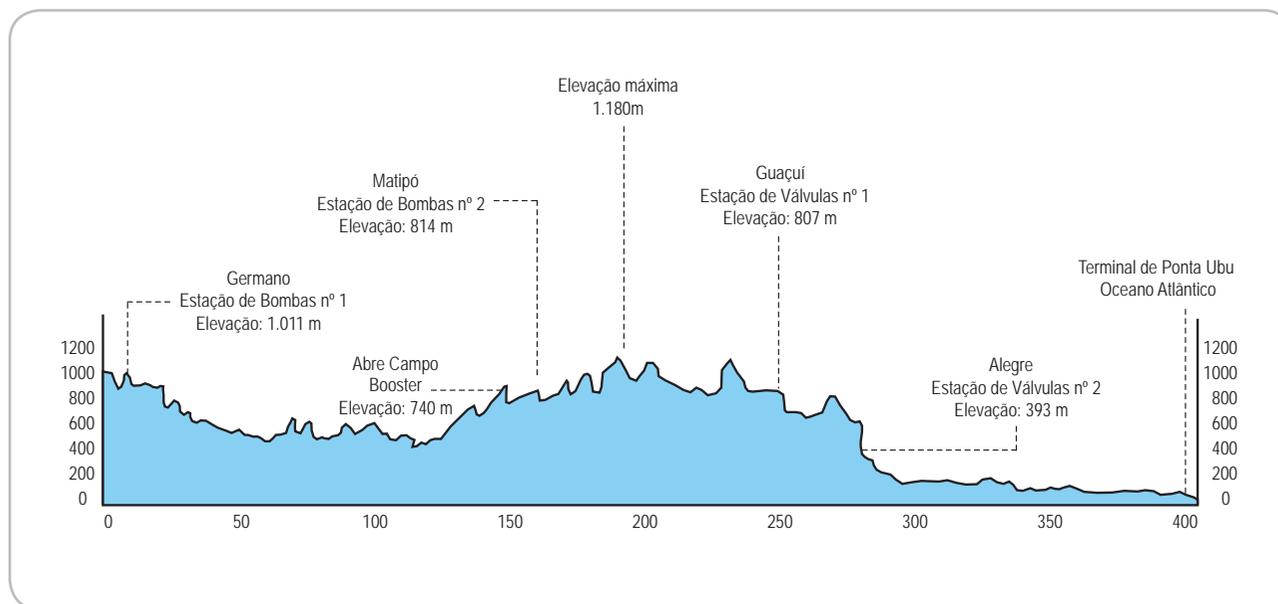


Figura 33. Perfil do mineroduto

O mineroduto está implantado em uma faixa de servidão com 35 metros de largura e percorre 24 municípios dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo. De seu comprimento total, acima de 99% da estrutura se encontra enterrada.

Os estudos realizados e as ações implementadas para a otimização de sua operação permitem que seja transportada uma polpa com 70,38% de sólidos (dados de 2004), enquanto sua especificação inicial previa uma condição de operação com o percentual de sólidos da polpa entre 60% e 70%.

O mineroduto possui, além dos existentes nas estações, oito pontos de monitoramento de pressões ao longo de sua extensão. Todos os pontos fornecem informações para o controle operacional e também para o sistema de detecção de vazamentos, um sistema de transmissão de dados via satélite que permi-

te a operação de todas as estações por meio de um único local. Isso, em conjunto com os dados apresentados on-line, permite um alto nível de segurança e redução dos níveis de impacto causados por um eventual vazamento, já que a interrupção do bombeamento é feita de maneira imediata, e a detecção do local do vazamento pode ser feita com um alto nível de precisão.

A prevenção da ocorrência de vazamentos é feita por meio de processos de defesa das paredes do mineroduto contra a corrosão causada pelo contato com o solo: o recobrimento do tubo com uma fita à base de PVC e a proteção catódica, que evita a corrosão associada aos níveis de pH do solo. A verificação do bom funcionamento das proteções é feita por meio do monitoramento periódico da espessura das paredes do mineroduto.

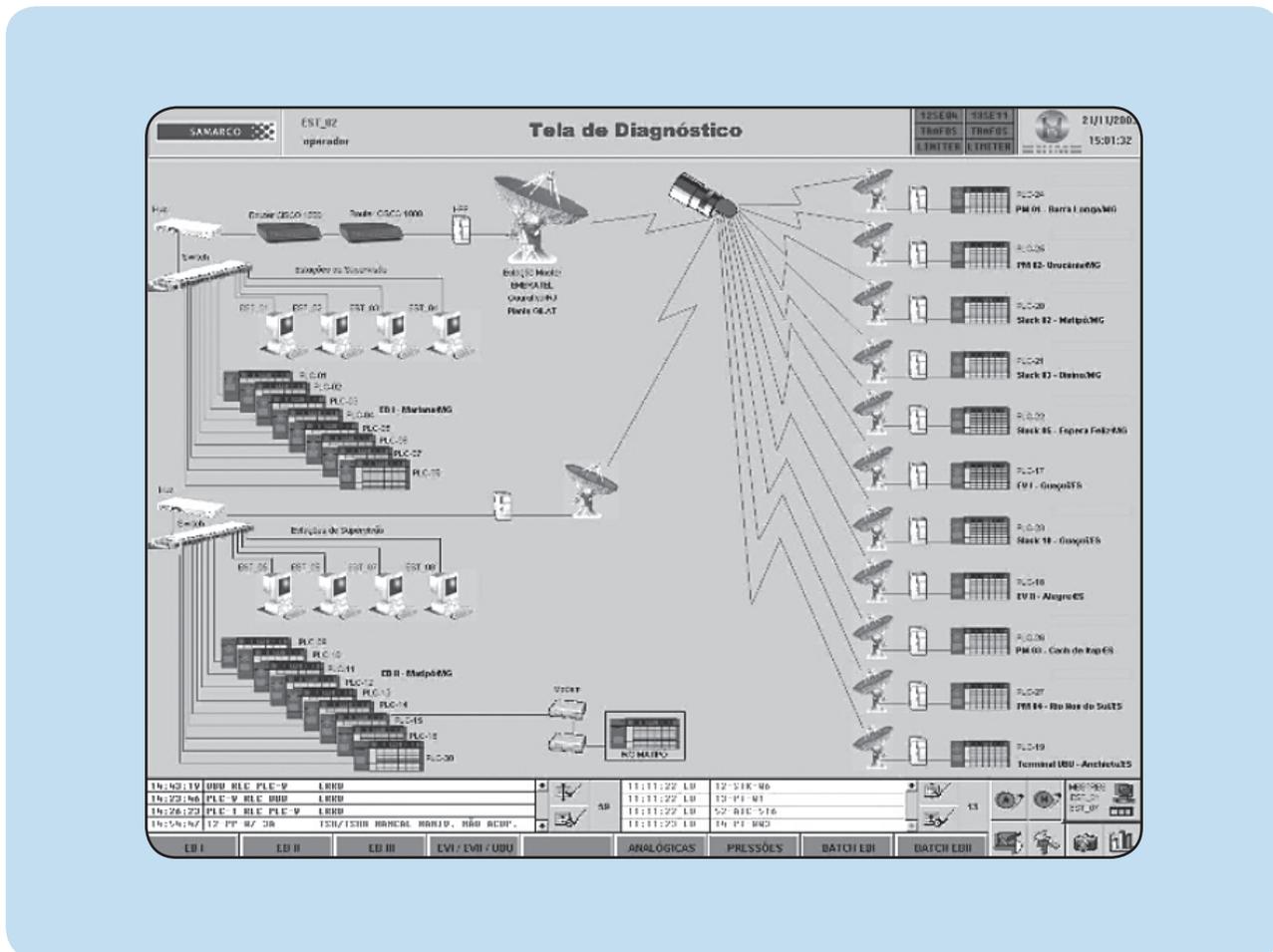


Figura 34. Sistema de monitorização via satélite

O mineroduto opera atualmente de maneira satisfatória, superiores às previstas em projetos, mediante a implantação dos planos de manutenção preventiva e preditiva das melhorias no controle operacional, da redução das taxas de corrosão e do controle sistemático das espessuras de sua tubulação. Entre os ganhos obtidos podemos citar:

- aumento da vida útil: com uma previsão inicial de 20 anos de vida útil, atualmente se prevê uma vida útil do mineroduto de 42 anos;
- capacidade de bombeamento: de uma capacidade projetada de 12 milhões de toneladas de polpa por ano, o mineroduto opera atualmente com a capacidade de bombeamento de 15,5 milhões de toneladas anuais;
- disponibilidade: pode ser definida como o tempo em que o equipamento se encontra sob condições de ser operado. Projetado inicialmente para alcançar uma disponibilidade de 93%, o mineroduto opera atualmente com 99% de disponibilidade média.

Para a mitigação de impactos ambientais decorrentes da operação do mineroduto, as seguintes medidas foram adotadas:

- adoção de inspeções periódicas de meio ambiente, com base em *check lists* que abordam os tópicos mais importantes, tais como: controle da geração e coleta de resíduos e eliminação de pontos de vazamento de água.

- divulgação ampla de um Manual de Segurança do Mineroduto, que contempla as ações a serem tomadas em caso de emergências operacionais. Esse manual contém ações para vazamentos, entupimentos e ações de terceiros, entre outros assuntos.
- adoção de um programa de manutenção da faixa de servidão que, além de manter a integridade da tubulação, busca a minimização dos impactos ambientais relativos à faixa.
- implantação de um Sistema de Detecção de Vazamentos (LDS), que tem por objetivo principal minimizar impactos ambientais que podem decorrer de vazamentos.

Dentre as ações de gerenciamento do consumo de recursos hídricos implementadas em Germano, o aumento do percentual de sólidos da polpa bombeada pelo mineroduto está diretamente relacionada à diminuição da captação de água no rio Piracicaba. Isso porque, em comparação com as perdas no processo e aos usos consuntivos da água pela empresa, o transporte do concentrado representa a maior parcela de saída daquele recurso da unidade. A diminuição do percentual de água na polpa representa uma menor saída de água do processo de beneficiamento e, conseqüentemente, uma menor necessidade de entrada de água nova.

Neste capítulo, são apresentadas as ações que possibilitaram às operações da unidade de Germano atingir resultados que explicitam a melhoria constante nos níveis de utilização dos recursos hídricos, incluindo a operação do mineroduto.

4 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA SAMARCO

4.1 METODOLOGIA

A obtenção de melhorias na utilização dos recursos hídricos é baseada em dados que explicitam a inte-

ração entre a água e o processo produtivo. Um balanço que apresenta as entradas (captações) e as saídas (efluentes e vertedouros de barragens) de água na unidade mostra a potencialidade do aumento da recirculação do recurso nas próprias áreas internas da unidade de Germano, que evita seu lançamento e posterior rebombeamento do reservatório de Santarém. Este, apesar de também armazenar a água de drenagem, tem como maior contribuinte a água vertida pela barragem de Germano, utilizada para a contenção dos rejeitos advindos do processo produtivo. Conseqüentemente, uma maior utilização da água armazenada em Santarém, cuja maior parte é originada dos efluentes da unidade de Germano, implica uma redução na necessidade de captação da água do rio Piracicaba, esta considerada uma água nova para o processo.

São apresentadas a seguir as ações relacionadas à meta estabelecida em 2001, de redução do consumo específico da água captada no rio Piracicaba e na barragem de Santarém em 35%, tomando-se como base o volume captado no ano de 1999. Essa meta, de 2000, foi uma revisão de uma proposta lançada no ano anterior, que apresentava um valor a ser alcançado de 25% de redução. Com os trabalhos de verificação, análise e adequação dos processos da área, foi apresentada e aceita uma meta ainda mais desafiadora.

4.2 AÇÕES DE MELHORIA

As ações que promovem a busca da meta foram inicialmente baseadas em um diagnóstico realizado no ano de 1999. No relatório gerado foram apresentados 31 pontos de melhoria, dentre os quais um ponto foi considerado prioritário: a recirculação de água no processo.

4.2.1 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Considerado um fator chave para a obtenção de resultados significativos, o processo de beneficiamento

recebeu grande parte das ações de melhoria no sistema de água da Samarco. A concentração do minério de ferro é realizada por via úmida, na qual a água é utilizada nas etapas de moagem do minério, separação do rejeito arenoso (flotação), classificação das partículas do material sendo beneficiado (ciclonação) e preparação da polpa de concentrado nos espessadores. A reutilização da água nesses processos tem grande impacto na redução da captação deste recurso na fonte.

Já implantado anteriormente, o sistema de recirculação de água recebeu investimentos visando ao aumento de sua eficiência. Dentre as ações implementadas, pode-se citar a instalação de uma terceira tubulação no sistema (investimento de US\$ 350.000) e de mais duas bombas para recirculação (investimento de US\$ 60.000). Isso promoveu um aumento da quantidade de água recirculada na ordem de 11,8%, ao se comparar o ano de 1999 com o ano de 2004.

Na busca de maior agilidade e confiabilidade relativas às informações obtidas, durante o período foram instalados medidores de vazão nos pontos de

captação, recirculação e consumo, possibilitando a geração de dados *on-line*. O investimento dessa etapa foi de US\$ 80.000.



Foto 35. Espessadores

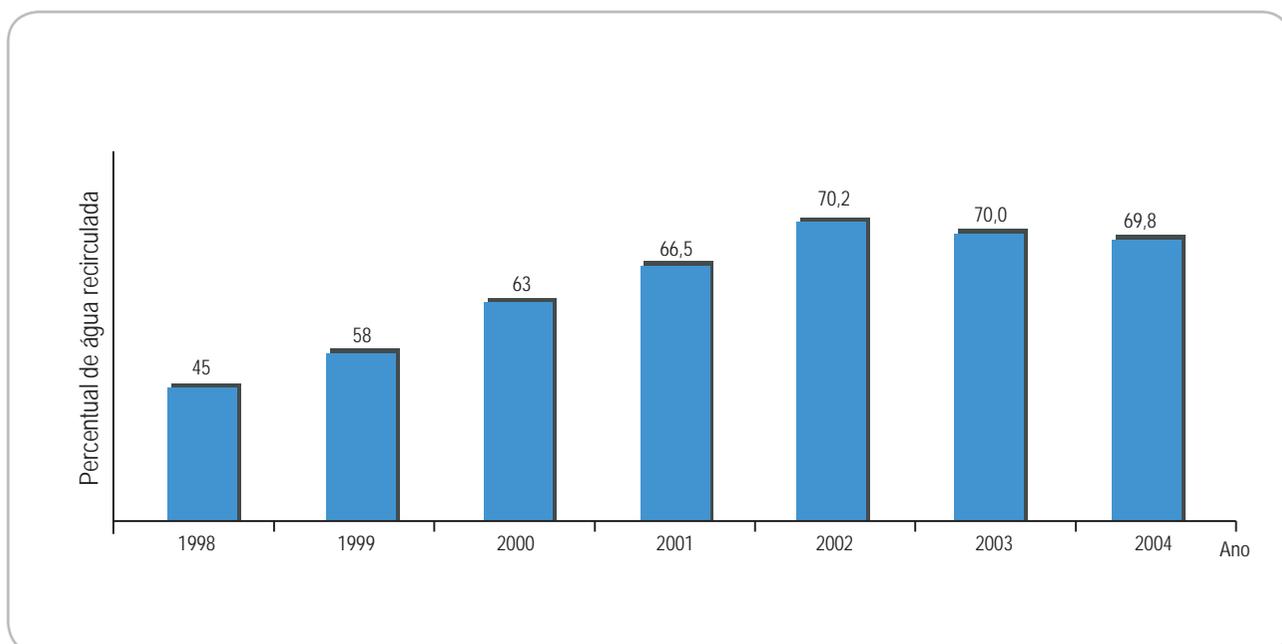


Figura 35. Evolução do percentual de recirculação de água de processo

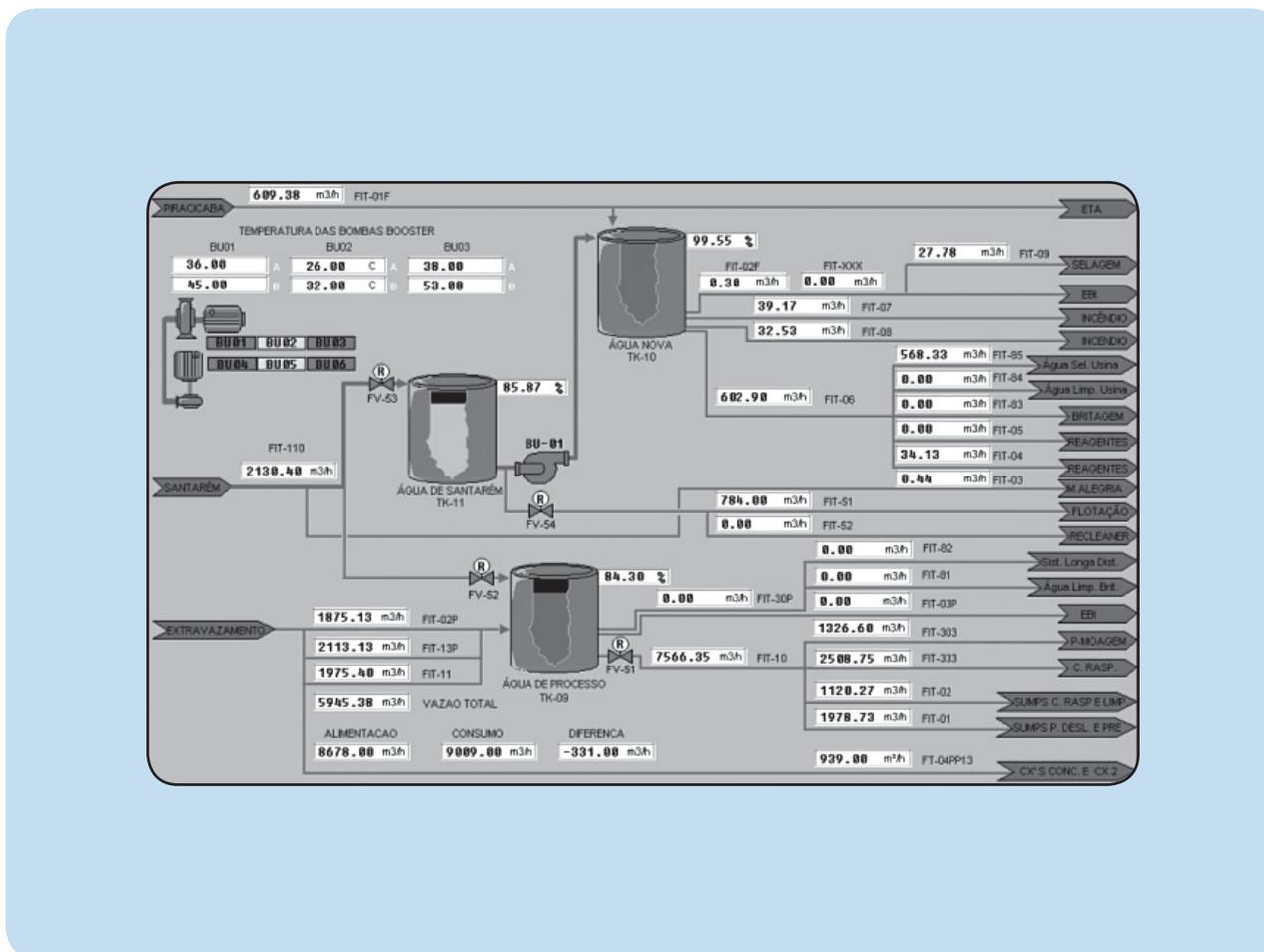


Figura 36. Sinótico do sistema de água de Germano

Para garantir a implementação das melhorias do sistema de recirculação de água, foram realizadas, no período entre 2001 e 2004, diversas ações dirigidas à redução do consumo específico de água na unidade de Germano.

- Aumento da disponibilidade de água recirculada

Para a obtenção de água disponível para viabilizar o aumento da recirculação no processo, tratou-se de reduzir o volume de água presente na polpa de concentrado, a qual é transportada pelo mineroduto, e também no rejeito de finos de minério que são lan-

çados na barragem de contenção (Barragem de Germano). Diminuindo-se o volume de água que é retirada do processo por meio do efluente da usina e da polpa de concentrado, obtém-se conseqüentemente uma maior quantidade disponível para recirculação. Essa quantidade adicional pôde ser aproveitada a partir de um acréscimo da capacidade das bombas.

A densidade da polpa de concentrado aumentou, desde 1999, em 2,36%, o que reflete em uma redução no volume de água transportada pelo mineroduto de 0,0431 m³/t de concentrado produzido.

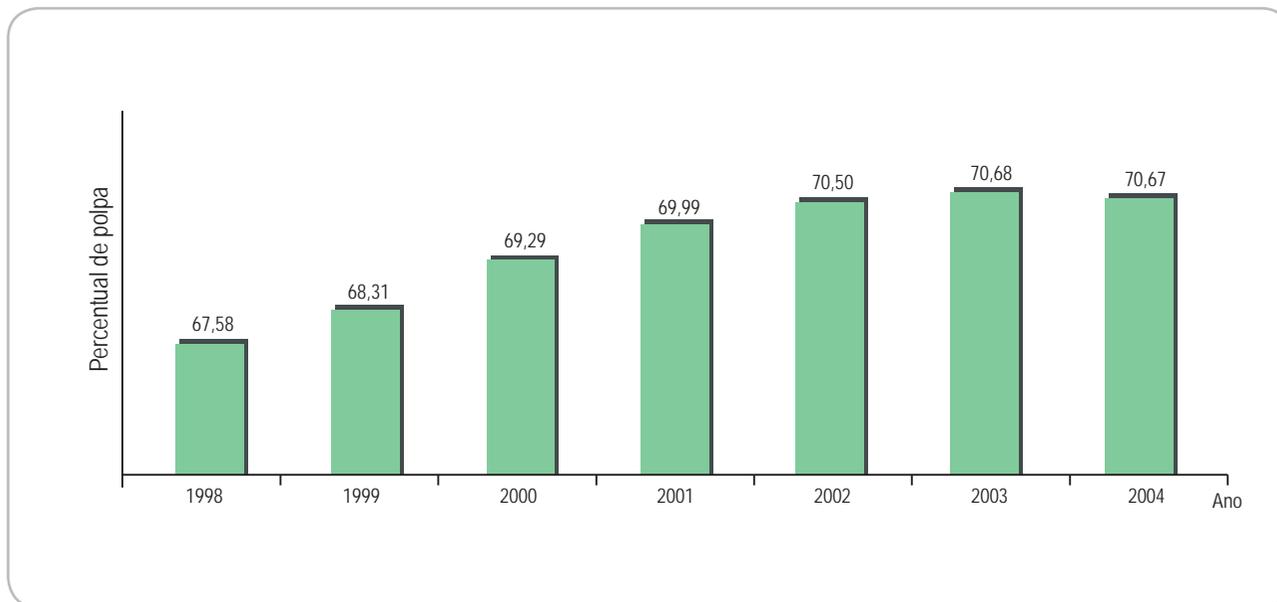


Figura 37. Porcentagem de sólidos da polpa – transportada pelo mineroduto

- Implantação do balanço diário de água
 O balanço diário quantifica todos os fluxos de entrada, recirculação e saída de água na unidade de

Germano. Por meio desse balanço é possível também monitorar diariamente o consumo específico de água no processo.



Foto 36. Barragem de Santarém



Foto 37. Barragem de Germano

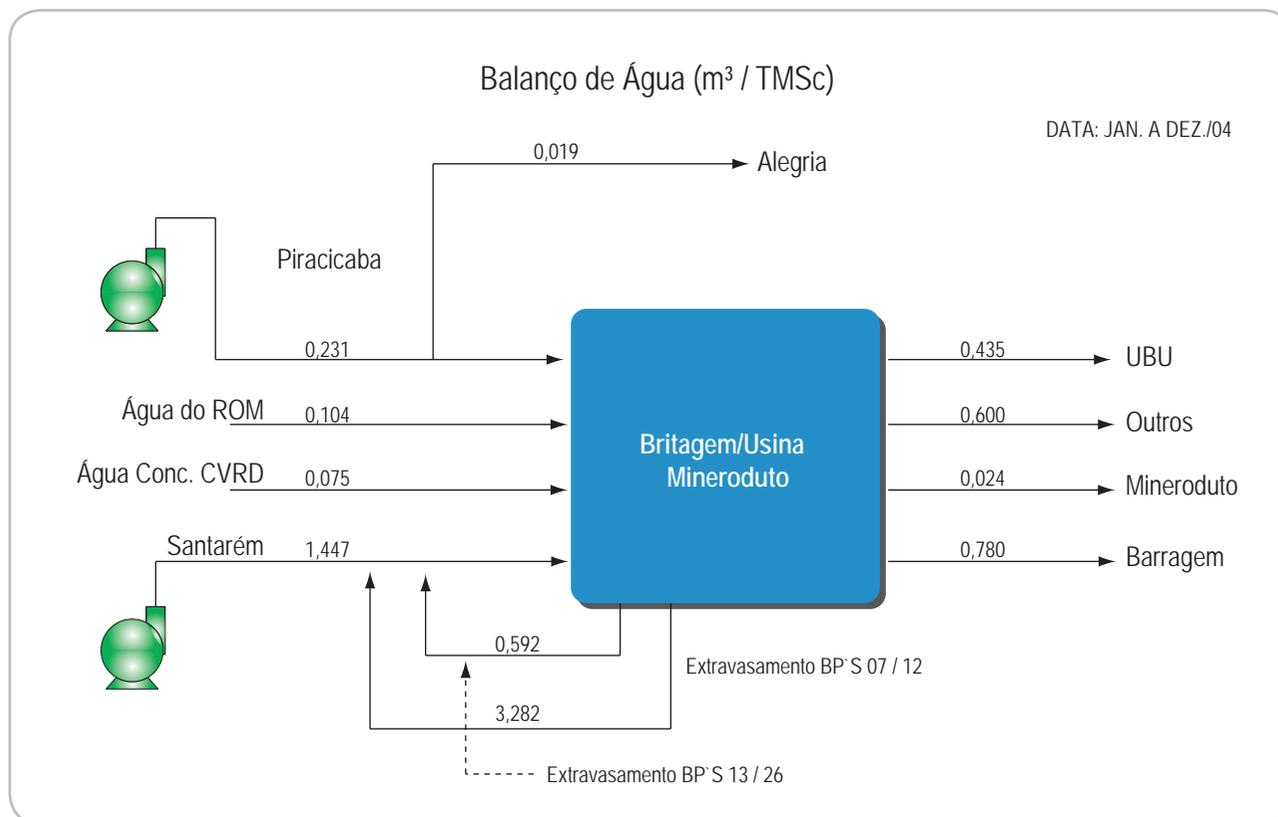


Figura 38. Balanço de água da Unidade de Germano

- A água captada no rio Piracicaba correspondente a aproximadamente 4% da entrada de água no processo; além de ser utilizada no beneficiamento, tem uma parcela desviada para potabilização e utilização pelos empregados da unidade de Germano.
- O minério extraído (ROM) possui um teor de umidade que é contabilizado no balanço de água. Outras entradas de água não oriundas de captação da Samarco, associadas a produtos, também são contabilizadas. Elas correspondem a cerca de 2,2% da entrada de água no processo.
- As barragens possuem a função de conter os rejeitos do processo e armazenar a água advinda tanto dos efluentes quanto de sua área de drenagem. Os efluentes recebidos pela barragem de Germano são tratados (retenção de sólidos e clarificação) e vertem para a Barragem de Santarém.
- A água armazenada em Santarém, correspondente a aproximadamente 24% da entrada de água no processo, é bombeada para reutilização. A água vertida pela barragem alimenta o córrego de mesmo nome. Uma estrutura (*by-pass*) construída no dique garante a vazão mínima do córrego em épocas de seca.
- A polpa de concentrado – produto final da etapa de beneficiamento do minério – é enviada para tanques e bombeada para Ubu. O mineroduto transporta cerca de 7,6% da água alimentada no processo de beneficiamento.

4.2.2 INTRODUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA DO PROCESSO COMO ITEM DE CONTROLE DA ROTINA

O consumo específico de água do processo é definido como a soma do volume de água captada na barragem de Santarém, o volume captado no rio Piracicaba e do volume de água recirculada internamente

divididas pela produção de concentrado de minério de ferro – produto final da unidade de Germano. Depois de implantado o controle desse parâmetro na rotina, que gerou a criação de metas específicas, a apresentação de resultados e implantação de ações para correção de anormalidades, o consumo específico de água no processo foi reduzido em 13,7%.

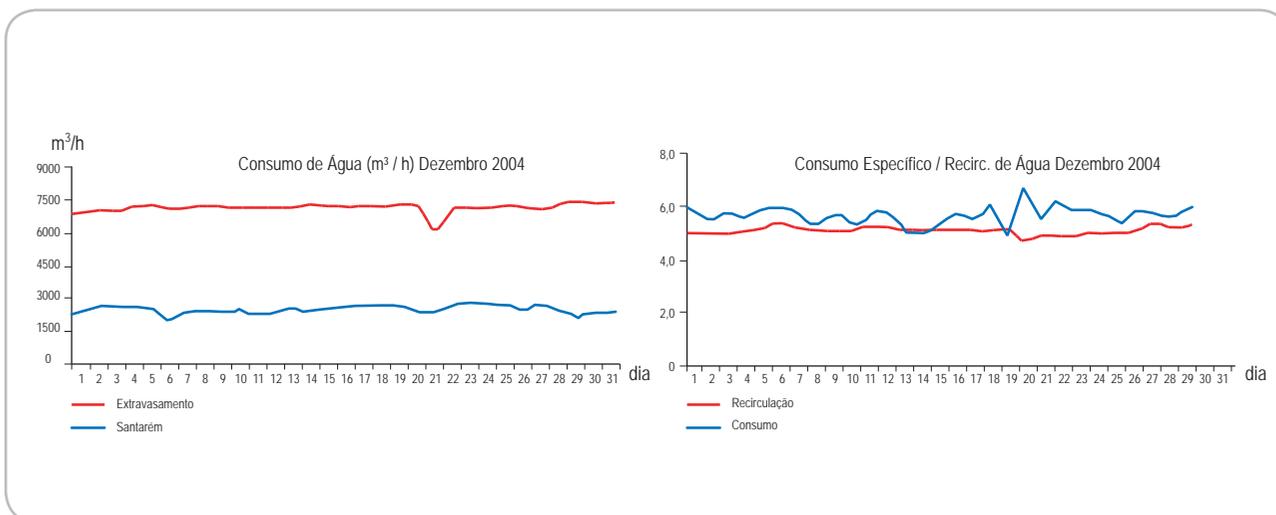


Figura 39. Parâmetros monitorados diariamente no processo de beneficiamento do minério

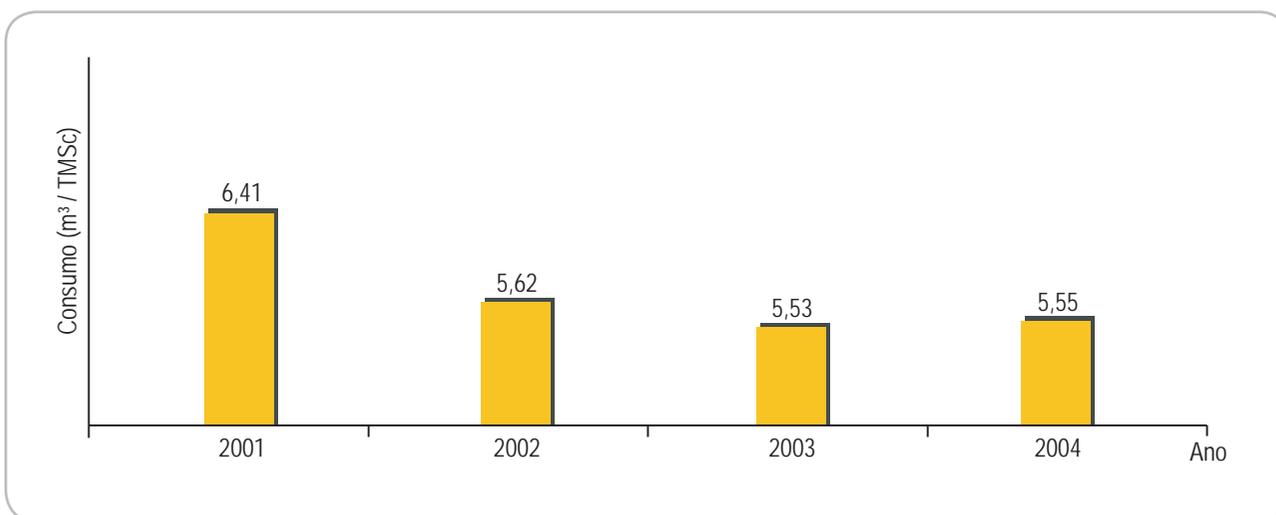


Figura 40. Consumo específico de água no processo

Além do consumo específico de água do processo, outros parâmetros são monitorados de modo a garantir a apresentação de dados que auxiliam a tomada de decisões na busca pela melhoria dos sistemas. Esses parâmetros, quando considerados em conjunto, são formadores de temáticas, que por sua vez compõem um indicador ambiental controlado e apresentado mensalmente a todas as áreas da empresa.

A temática recursos hídricos é composta por seis elementos, sendo três são relativos ao con-

sumo de água no processo produtivo da Samarco. Cada elemento, por sua vez, desdobra-se em parâmetros que possuem características afins ao tema.

Cada parâmetro recebe uma pontuação de acordo com o resultado medido no período. A soma total dos pontos obtidos em cada elemento em relação ao total de pontos possíveis define o resultado do mês para a temática. O valor limite mínimo para cada temática é de 80%.

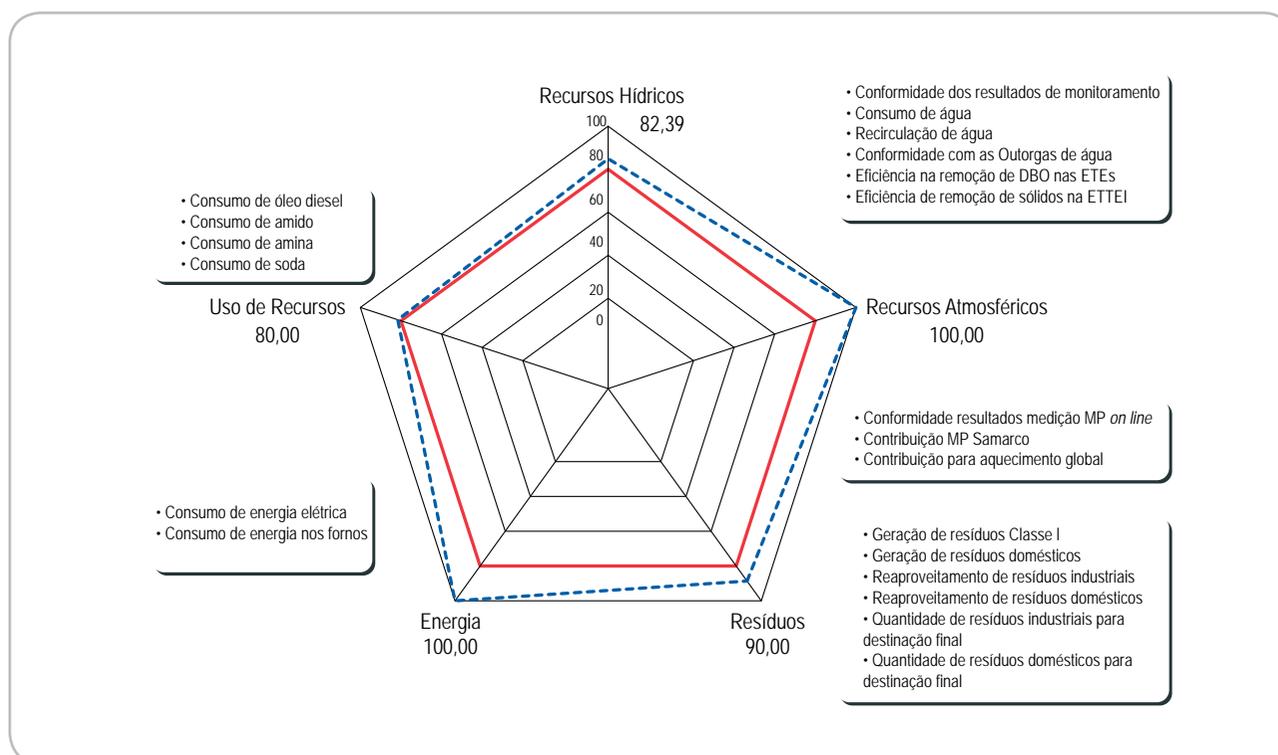


Figura 41. Indicadores ambientais controlados mensalmente

4.2.3 CAMPANHAS INTERNAS DO USO RACIONAL DE ÁGUA

A obtenção de constantes resultados positivos depende da difusão, entre os participantes dos processos, da consciência da validade da implantação de novas práticas e dos benefícios obtidos com os resultados

alcançados. Campanhas de educação ambiental com foco no uso responsável dos recursos hídricos foram elaboradas e apresentadas aos empregados da Samarco e contratadas.

Em conjunto com as campanhas, outra importante ferramenta utilizada foi o programa denominado Campo de Idéias, no qual as idéias apresentadas e implantadas pelos empregados recebem premiações em dinheiro. As idéias devem apresentar ganhos em pelo menos uma das dimensões: qualida-

de, atendimento, custo, segurança do trabalho, clima organizacional e meio ambiente. Dentre as ações implantadas com o foco ambiental, o tema água esteve presente tanto na questão da eliminação de pequenos vazamentos quanto em modificações no processo produtivo, caso deste estudo de caso.

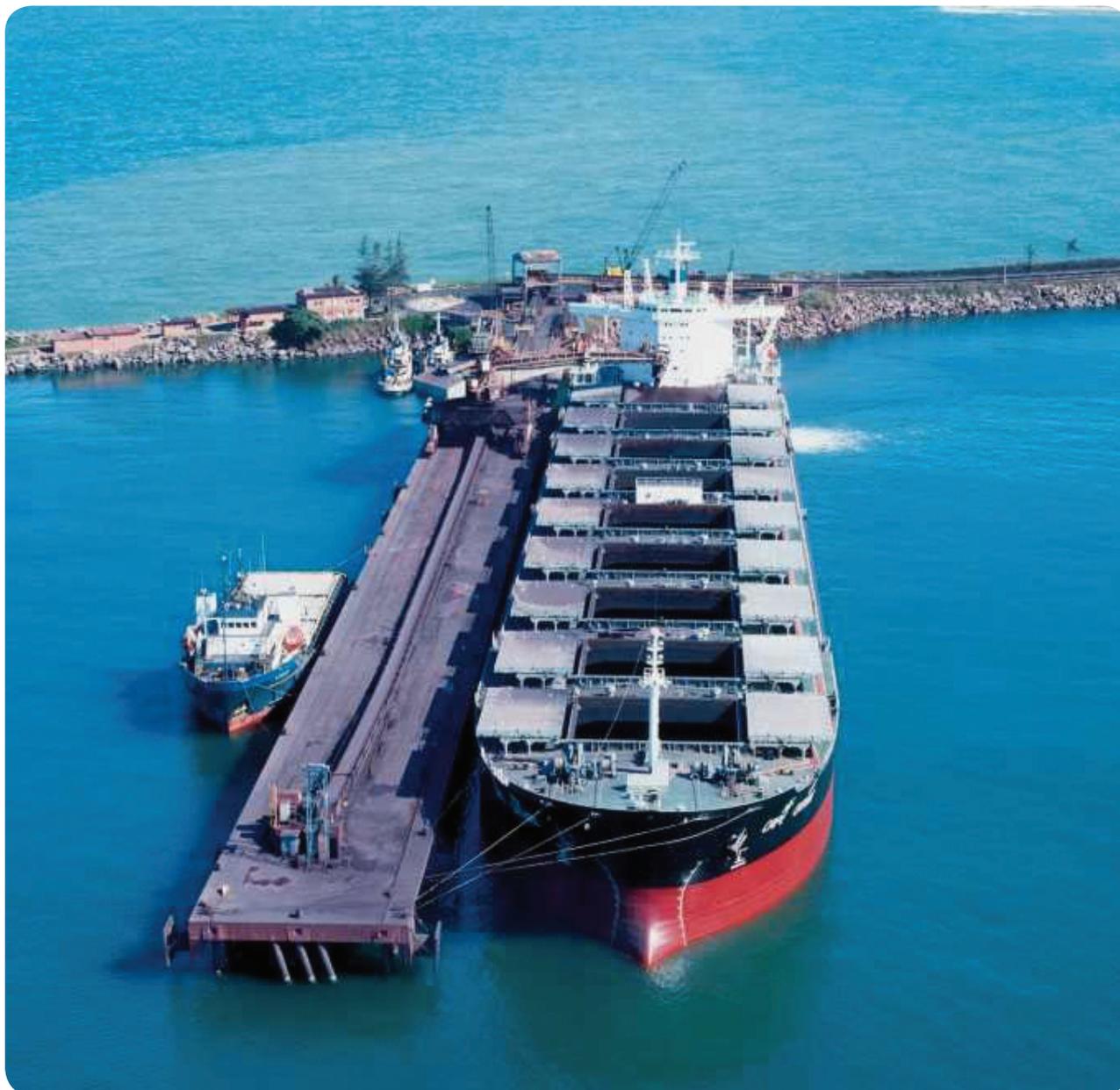


Foto: Arquivo SAMARCO

Foto 38. Porto de Ubu (ES)



Figura 42. Folder e painel utilizados em campanhas internas

4.3 IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA PARA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA E ENERGIA

A Samarco elaborou o programa de Uso Racional e Eficiente da Água e Energia no Sistema de Água/Rejeitos da Unidade de Germano. Este programa, ainda em andamento, tem como objetivo implantar melhorias com vistas ao aumento do índice de racionalização do uso de água e energia. É composto por quatro etapas:

- caracterização do consumo energético dos ramais de entrada e saída do tanque de água de processo;
- estudo de repotenciação dos equipamentos elétricos de bombeamento do extravasamento;
- estudo de redução de perdas hidráulicas do sistema;

- avaliação do potencial de economia de energia por meio da adoção de bombeamento com velocidade variável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da implementação de ações no âmbito do processo produtivo da empresa, pode ser verificada a diminuição do consumo específico de água captada do Rio Piracicaba e da barragem de Santarém, racionalização que atinge 31,4% do total de água consumida no processo no ano de 1999, quando foi definida a meta de redução do consumo específico de água pela empresa. Isso implicou, em 2004, na eliminação da necessidade de captação de aproximadamente 12.000.000 de m³ de água, conside-

rando a produção do período. Com esta produção, podemos concluir que em 2004 deixou-se de captar aproximadamente 3.000.000 de m³ de água do Rio Piracicaba (base de referência: valores de captação de 1999).

Com o aumento da densidade da polpa bombeada pelo mineroduto, de 68,31% para 70,38%, temos, em 2004, a diminuição da necessidade de bombeamento anual de água para Ponta Ubu de aproximadamente 320.000 m³, em relação aos valores de 1999.

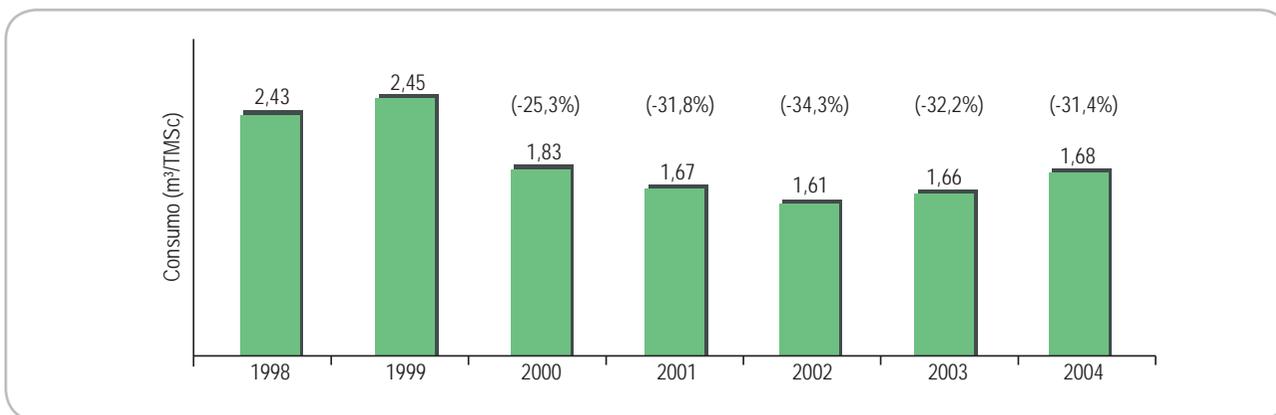


Figura 43. Evolução do consumo específico da água da Barragem de Santarém e do rio Piracicaba

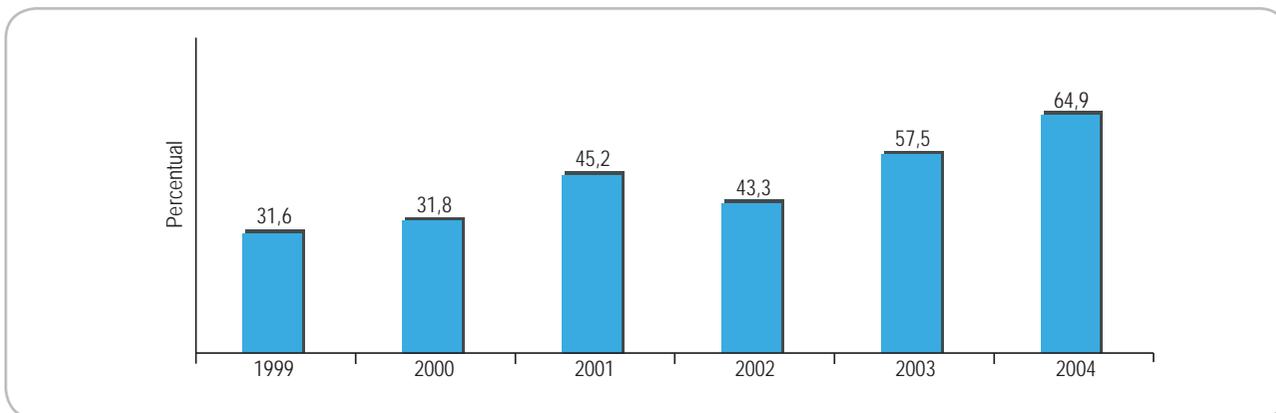


Figura 44. Evolução no percentual de racionalização de captação de água do rio Piracicaba

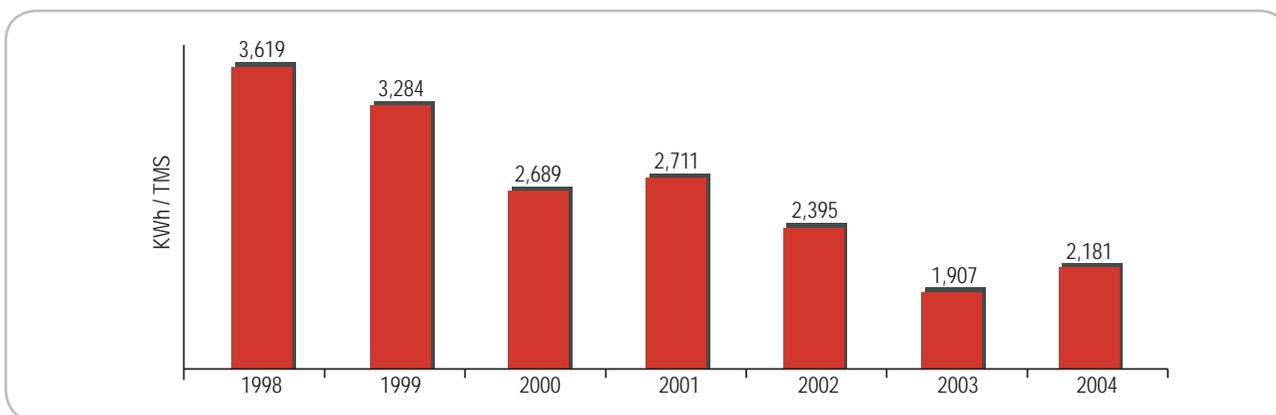


Figura 45. Evolução do consumo específico de energia do sistema de água



GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA MINERAÇÃO DE CARVÃO – CASO DA MINA DO TREVO – SIDERÓPOLIS-SC

1 INTRODUÇÃO

A bacia carbonífera catarinense situa-se no sul de Santa Catarina (Figura 46) com influência direta sobre três

bacias hidrográficas, que correspondem às bacias dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão (Figura 47).

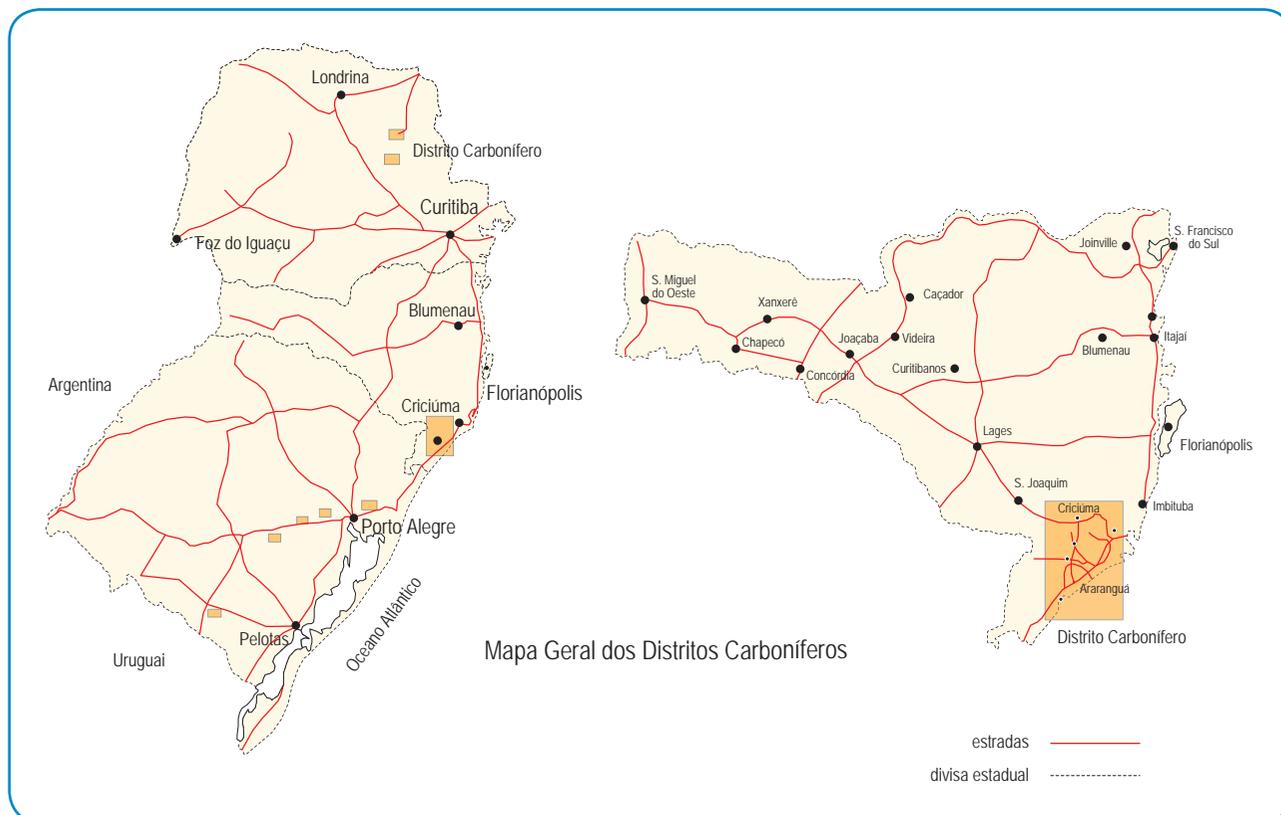


Figura 46. Localização do distrito carbonífero de Santa Catarina

¹ Geólogo, assessor do DNPM/11^o DS – Criciúma-SC.

² Engenheiro de minas, DNPM/11^o DS – Florianópolis-SC.

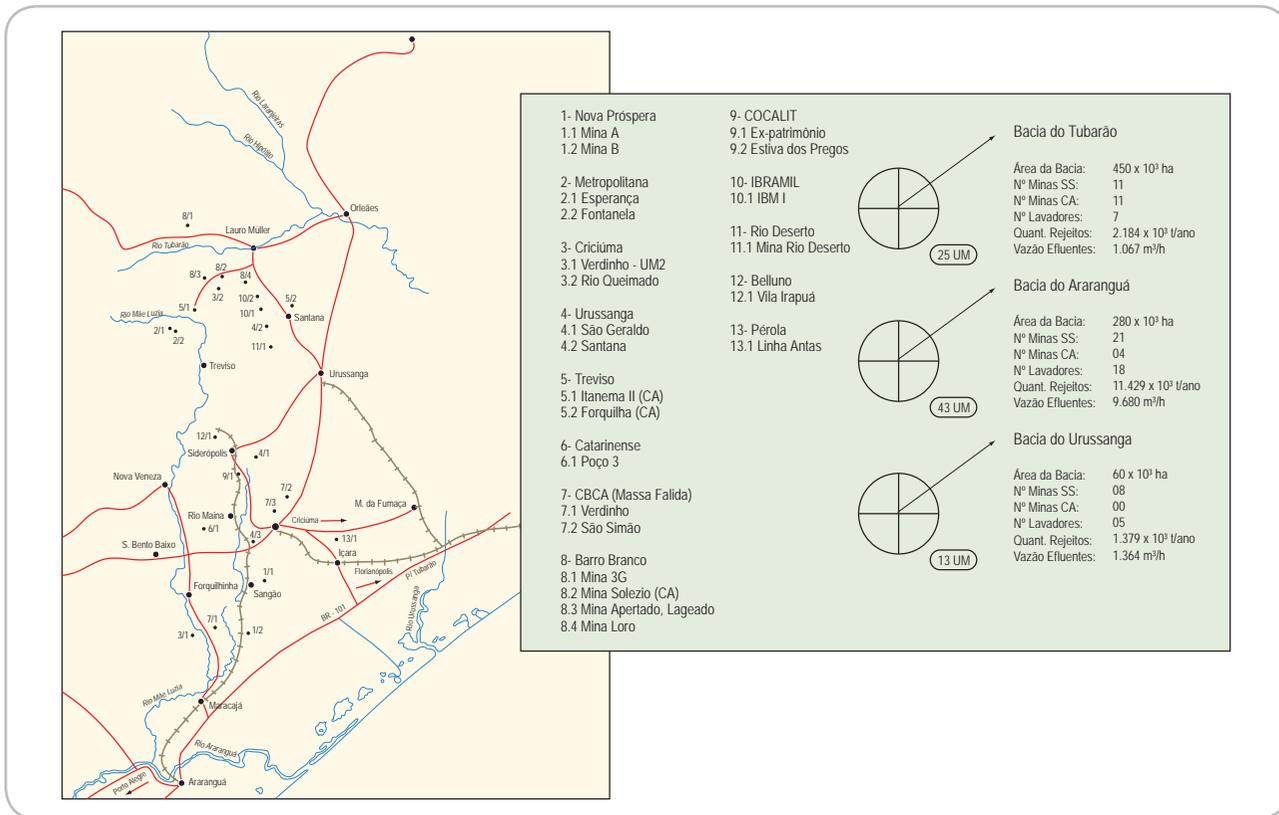


Figura 47. Localização das minas e das bacias hidrográficas da região carbonífera

As camadas de carvão economicamente mineáveis ocorrem na parte superior da Formação Rio Bonito e são denominadas, de cima para baixo, Barro Branco, Irapuá e Rio Bonito. A camada Barro Branco distribui-se em toda a bacia carbonífera e é objeto

de lavra por mais de um século, situando-se de 10 a 20 m abaixo do contato entre as formações Palermo e Rio Bonito, seguindo-se as camadas Irapuá e Bonito, com menor área de ocorrência, respectivamente a 15 e 50 m abaixo (Figura 48).

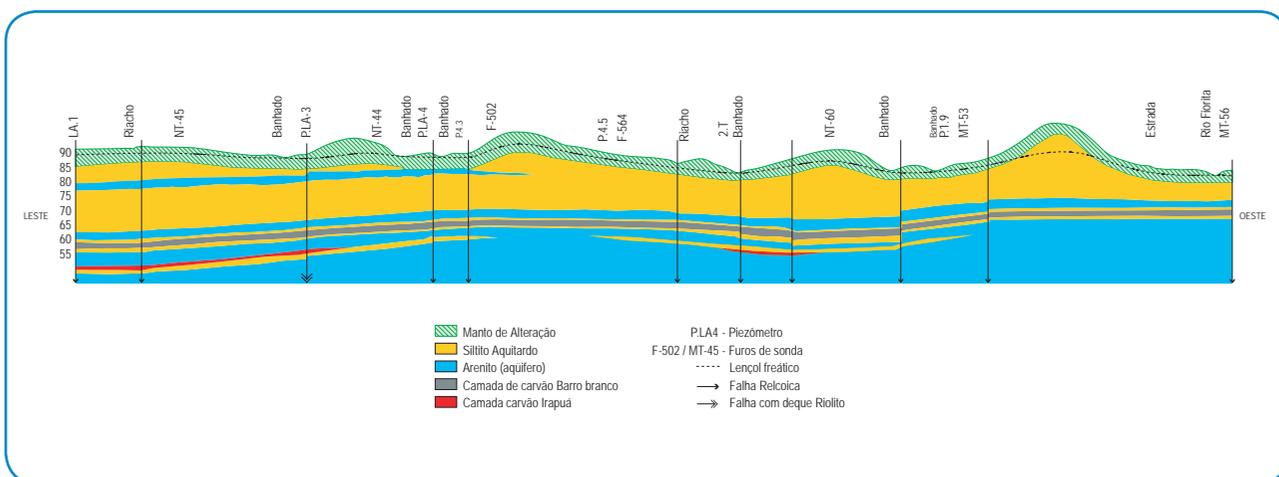


Figura 48. Perfil estratigráfico da mina do Trevo (ICDR, 2001)

Atualmente, a lavra de carvão é desenvolvida em 14 minas, das quais oito são subterrâneas e seis exploradas a céu aberto.

No início da exploração carbonífera nessa região, a lavra a céu aberto era desenvolvida com equipamentos de grande porte e praticada onde a camada de carvão ocorria em profundidade máxima de até 25 m, sem recuperação da área lavrada. Após a conclusão da lavra, formavam-se grandes cavas inundadas que correspondiam ao afloramento do lençol freático. O método utilizado era de câmaras e pilares nas minas subterrâneas, com o desmonte dos pilares, o que significa que os pilares conformados pela abertura de galerias paralelas e perpendiculares, entre si, eram também objeto de lavra, proporcionando a instabilidade do maciço rochoso. O desmonte de pilares provocava a ocorrência de subsidências, com fraturamento das rochas da cobertura e conseqüente fluxo da água do lençol freático para o interior das minas.

Nos dois tipos de lavra, subterrânea e a céu aberto, havia a geração de efluentes ácidos, pelo contato da água com os sulfetos contidos na camada de carvão no subsolo ou, com rejeitos carbonosos depositados nas cavas. A água aduzida do subsolo para a superfície, transformada em efluente ácido, era lançada nas drenagens receptoras sem qualquer tratamento, ocorrendo o mesmo com os efluentes ácidos das cavas de minas a céu aberto.

Na década de 1970, o Governo Federal implantou o Plano de Mobilização Energética (PME), que visava a elevar significativamente a produção de carvão, com a finalidade de enfrentar a crise gerada pelo forte aumento no preço do petróleo no mercado internacional.

Aproximadamente vinte milhões de dólares norte-americanos foram gastos pelo governo federal em pesquisas que bloquearam áreas onde foram implantadas grandes minas mecanizadas. A implantação dessas minas, também financiadas pelo governo,

aumentou a produção de *run of mine* – ROM (minério bruto), que passou de 3.506.314 t em 1970 para 19.781.089 t em 1985.

Na época, não houve a devida preocupação com o fato de que, junto com o aumento da produção e beneficiamento do carvão ocorreria uma forte elevação no volume de efluentes ácidos gerados. Por conseqüência, em 25 de setembro de 1980, por meio do Decreto nº 85.206, a região carbonífera foi considerada a 14ª Área Crítica Nacional para Efeito de Controle da Poluição e Qualidade Ambiental. Nessa ocasião, todas as bacias hidrográficas da região carbonífera já estavam comprometidas.

Em 6 de julho de 1982, a Portaria Interministerial nº 917/MME-Minter-MIC determinou que as empresas envolvidas na lavra e que beneficiamento de carvão deveriam apresentar projetos executivos para a construção de depósitos de rejeitos controlados e operação das usinas de beneficiamento em circuito fechado, com posterior tratamento dos efluentes excedentes. Entretanto, os procedimentos técnicos propostos nos projetos não foram integralmente implantados pelas empresas, não ocorrendo melhoria substancial à qualidade das drenagens, que até hoje continuam trazendo problemas à região, notadamente no atendimento público.

Diante dessa situação, o (DNPM) Departamento Nacional de Produção Mineral, tomou a iniciativa de implementar novos procedimentos na lavra em minas de carvão, objetivando primordialmente a preservação dos recursos hídricos superficiais e freáticos, bem como a diminuição do volume de efluentes ácidos gerados na lavra.

Dessa forma, foi exigido das empresas, no início da década de 1990, uma modificação no método de lavra, não sendo permitido mais o desmonte (lavra) de pilares, evitando conseqüentemente o surgimento de subsidências e o fraturamento da cobertura rochosa (Figura 49).

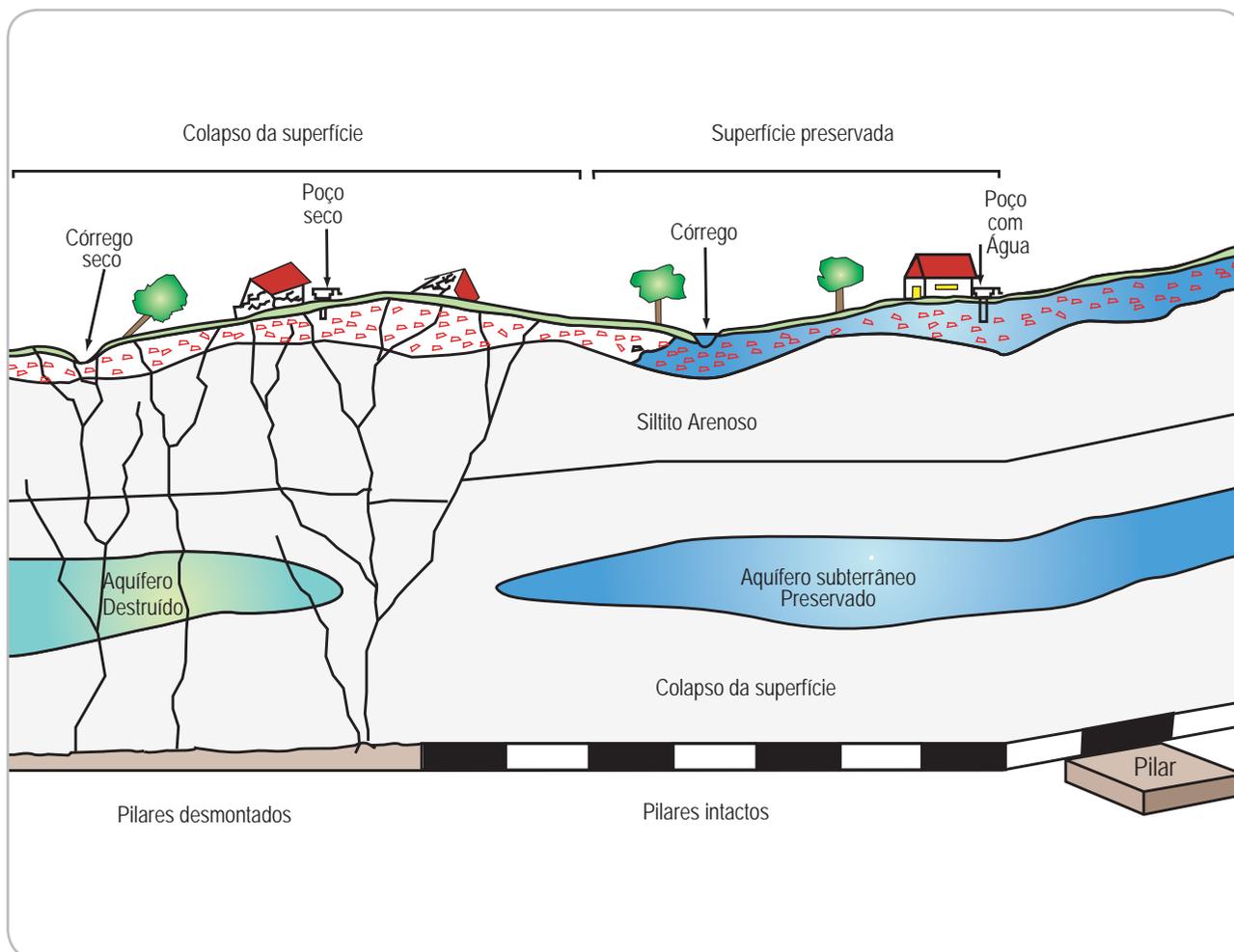


Figura 49. Perfil de mina subterrânea com e sem recuperação de pilares

Esta medida mostrou-se eficiente também para a diminuição o volume dos efluentes ácidos gerados na lavra. Contudo, não foi suficiente para uma melhora substancial nos parâmetros de qualidade d'água medidos nos recursos hídricos receptores dos efluentes. Conclui-se daí que as minas deveriam ser sistematicamente monitoradas, visando a possibilitar ações preventivas na preservação das reservas hídricas localizadas nos perímetros das atividades minerárias.

Também na década de 1990, em relação às minas a céu aberto, o DNPM exigiu que nos processos de exploração não se praticasse a inversão das litologias no decapeamento da camada de carvão. Essa exigência visava a evitar o soterramento das argilas e do solo orgânico e, conseqüentemente, a exposição de rochas ricas em sulfetos à ação oxidante do ar, provocando a poluição da água e do solo.



O (DNPM) Departamento Nacional de Produção Mineral

O (DNPM) Departamento Nacional da Produção Mineral foi criado em 8 de março de 1934 pelo Decreto nº 23.979, vinculado ao Ministério da Agricultura. Em 1960, com a criação do Ministério das Minas e Energia (MME), o DNPM foi incorporado àquele Ministério.

Atualmente, o DNPM é uma autarquia federal, criada pela Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, dotada de personalidade jurídica de direito público, com autonomia patrimonial, administrativa e financeira, com sede e foro em Brasília, Distrito Federal, e circunscrição em todo o território nacional.

O DNPM tem por finalidade promover o planejamento e o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, conforme dispõem o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e a legislação que os complementa.

Como missão, o DNPM é o responsável pela gestão do patrimônio mineral brasileiro, de forma social, ambiental e economicamente sustentável, utilizando instrumentos de regulação em benefício da sociedade.

Outra medida tomada foi relativa ao fim da atividade, ou descomissionamento. Assim, foi exigido que após o término da lavra do carvão no bloco as rochas de cobertura fossem novamente depositadas dentro dos cortes na seqüência inversa da extração, promovendo a reconstituição topográfica da área. Posteriormente, proceder a cobertura com argila e solo orgânico previamente estocados e revegetar a área, visando à sua proteção contra a ação dos agentes erosivos e à sua reintegração à paisagem.

A mina do Trevo, objeto do estudo de caso aqui apresentado, é operada pela Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda (ICRDL) e localiza-se no município de Siderópolis, próximo ao rio Mãe Luzia, importante drenagem da bacia hidrográfica do rio Aranguá. Para sua implantação em 1998, foram feitas novas exigências para aprovação do Projeto Técnico de Mina, iniciando assim, na região uma nova sistemática no gerenciamento das águas subterrâneas e superficiais na mineração de carvão.

2 MINERAÇÃO NA MINA DO TREVO (SS)

2.1 GEOLOGIA DA JAZIDA

A camada de carvão em exploração é denominada Barro Branco, que, dentro do perímetro projetado para a mina, mostra uma cobertura que varia de 20 a 180 m. O mergulho da camada é de 1º para SW, podendo acentuar-se localmente. A variação na espessura da cobertura é reflexo da presença de um alto topográfico no qual afloram, de baixo para cima, rochas das formações Palermo (siltitos) e Irati (folhelhos), sendo esta última encimada por diabásio. Neste condicionamento geológico a presença de água é constatada em três situações:

- Em cotas mais elevadas, como nascentes no contato da Formação Irati, de baixa permeabilidade.

de, com o diabásio sobreposto. A água está armazenada nas fraturas do diabásio e, por meio das nascentes, pereniza as drenagens superficiais que fluem para cotas topograficamente inferiores.

- Lençol freático livre, alimentado pela água de precipitação e drenagens superficiais quando esta fica armazenada no solo e na alteração dos siltitos da Formação Palermo. Esta água conforma um reservatório limitado inferiormente por siltitos inalterados com baixa permeabilidade e, juntamente com as nascentes e os açudes sustenta as atividades desenvolvidas pelos superficiários que residem no perímetro da mina.
- Aquífero confinado, armazenada nos arenitos da Formação Rio Bonito entre o topo da camada Barro Branco, em lavra, e o contato entre esta formação e a Palermo. O comportamento desse aquífero é modificado durante a lavra do carvão, quando os arenitos são expostos no teto das galerias, sob a forma de intenso gotejamento, sem influir nos mananciais superficiais e freáticos.

A ocorrência de estruturas representadas por fraturas, falhas e diques de diabásio que cortam sub-verticalmente a seqüência de rochas sedimentares pode, dependendo de suas características, conectar hidráulicamente as águas superficiais e

freáticas com as galerias no subsolo, causando seu rebaixamento ou desaparecimento.

Dados técnicos – mina do Trevo (SS)

- Implantação: 21/01/1998
- Início da produção: junho de 1998
- Camada de carvão Barro Branco
- Área minerável: 3.789.390 m²
- Reserva *in situ*: 14.005.000 t
- Método de lavra: câmaras e pilares sem desmonte de pilares
- Produção anual prevista: 912.000 t de ROM
- Vida útil da mina: oito anos
- Acesso ao subsolo: dois planos (galerias) inclinados e um poço vertical (ventilação e saída de emergência)

2.2 O PROCESSO DE LAVRA

A lavra de carvão na mina do Trevo (SS), que já incorpora nova sistemática no gerenciamento das águas subterrâneas e superficiais para a mineração de carvão, descrita no próximo item, é desenvolvida pela construção de um eixo que é conformado por dez galerias paralelas e está estrategicamente posicionado em relação ao perímetro da mina. A partir do eixo e perpendicularmente a ele são desenvolvidos painéis, que são as frentes de lavra, com vinte galerias.



Foto 39. Mina do Trevo

Cada painel possui uma correia que transporta o produto da lavra até o eixo. No eixo, outra correia de maior capacidade recebe o minério de todos os painéis, transportando-o até a superfície, onde é beneficiado (Foto 39). Os painéis são fisicamente separados, dispondo cada um deles de uma bomba responsável pela transferência do efluente gerado na lavra para a represa principal da mina e daí para a superfície.

Como se verá na descrição, no próximo item, dos procedimentos adotados para o controle e a mitigação dos impactos sobre os recursos hídricos, os volumes de efluentes bombeados de cada painel para a estação de drenagem e daí para a superfície são diariamente monitorados. Os valores ficam registrados em livro específico. A água não

poluída, captada na superfície e utilizada no subsolo em operações como perfuração da camada de carvão (detonação na frente de lavra) e rochas do teto imediato das galerias (ancoramento) bem como na umidificação do minério para evitar a geração de poeira, tem seu volume registrado diariamente por um de hidrômetro.

3 GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

Por se tratar de uma área onde são desenvolvidas atividades de agricultura e criação de diversos animais que dependem essencialmente da água, houve uma mobilização da comunidade local que solicitou apoio do DNPM e da Fundação de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (Fatma), para a promoção de uma ampla discussão que permitisse assegurar que a lavra seria realizada sem prejuízo da água superficial e freática, garantindo assim seu desenvolvimento sustentável.

Após análise criteriosa do Projeto Técnico da Mina (PTM), que já apresentava procedimentos e técnicas de exploração com forte conotação para a preservação dos recursos hídricos, várias modificações foram exigidas e cumpridas até que o projeto pudesse ser aprovado com o mínimo de risco para a manutenção dos recursos hídricos.

Tanto o órgão ambiental, Fatma, responsável pelo licenciamento do empreendimento, como o DNPM, de modo integrado, formularam exigências, para o desenvolvimento da mina, de beneficiamento, fiscalização e monitoramento em conjunto com ações de controle ambiental e medidas compensatórias a serem cumpridas pela empresa em benefício da comunidade. Todas as determinações, constantes no Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), foram objeto de

exaustivas discussões, antes da aprovação definitiva das licenças necessárias à implantação da mina.

Destacam-se aqui os principais procedimentos exigidos para a emissão das licenças ambientais e para a aprovação do Plano Técnico de Mina no processo da exploração mineral.

3.1 NA MINA

- Método de lavra: câmaras e pilares, sem desmonte de pilares, evitando a ocorrência de subsidências e o fraturamento das rochas de cobertura.
- Prática de pilares com fator de segurança mínimo de 1,8 calculado pelo Método Sul-Africano ou 1,35 pelo Dimenpil, aplicando aquele que indicar as maiores dimensões. Estes métodos permitem calcular a capacidade dos pilares de suportar cargas e levam em consideração suas formas e dimensões, largura e altura das galerias e espessura das rochas da cobertura.
- Levantamento geofísico com determinação da posição espacial de estruturas como fraturas, falhas e diques de diabásio que possam servir de conduto das águas superficiais e freáticas quando atravessadas por galerias.
- Execução de sondagem horizontal no subsolo quando a frente de lavra estiver a 50 m das estruturas detectadas pela geofísica, visando a conhecer seu comportamento quanto à percolação de águas superficiais e freáticas para o subsolo, se ocorrerem.
- Tamponamento de todos os furos de sonda realizados durante a pesquisa e no desenvolvimento da lavra, impedindo o fluxo de água para o subsolo através destes.
- Impermeabilização das estruturas encontradas no desenvolvimento da lavra (fraturas, falhas e diques) não detectadas pela geofísica e que promovam, por percolação, o rebaixamento do nível do lençol freático, águas de açudes ou diminuam a vazão de drenagem superficial.

- Acompanhamento sismográfico das detonações realizadas no subsolo em coberturas menores do que 30 m, respeitando limites estabelecidos pelas normas da ABNT, preservando as obras civis localizadas dentro do perímetro da mina.
- Determinação das vazões e instalação de relógio nas bombas localizadas nos diversos setores no subsolo, cujos dados são utilizados no balanço hídrico da mina.
- Instalação de hidrômetro na tubulação que aduz água para o subsolo, cujos dados são utilizados no balanço hídrico da mina.
- Instalação de pluviômetro com registro das precipitações pluviométricas em ponto estratégico dentro do perímetro da mina, cujos dados são utilizados no balanço hídrico da mina.
- Instalação de régua de nível em todos os açudes visando à correlação entre o nível de água nos açudes com vazões de efluentes bombeadas do subsolo e dados de pluviometria.
- Instalação de malha de poços piezométricos para monitoramento do nível do lençol freático visando à correlação entre o seu nível com vazões de efluentes bombeadas do subsolo e dados de pluviometria.
- Instalação de calhas de vazão em todas as drenagens na superfície visando à medição das vazões, correlacionando-as com as dos efluentes bombeados do subsolo e pluviometria.

3.2 NO BENEFICIAMENTO

- Operação da usina com circuito de efluentes fechado e reutilização dos efluentes líquidos no beneficiamento.
- Captação da água de pior qualidade dentre as fontes disponíveis, originária de efluentes do subsolo ou da drenagem local, para o uso na usina de beneficiamento.

- Disposição controlada dos rejeitos gerados no beneficiamento.

Essas medidas propiciam o registro em tempo real de qualquer mudança significativa no balanço hídrico da mina e nos registros dos monitores, permitindo a imediata intervenção na causa do problema, e proporcionam a estabilidade do maciço rochoso da cobertura, evitando danos ambientais.

Como medidas compensatórias para a abertura da mina, foi celebrado um Termo de Compromisso entre a Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda. (ICRDL), órgãos públicos e moradores, inclusive com a participação da Pastoral da Ecologia ligada à Arquidiocese de Tubarão, comprometendo-se a empresa em efetivar as ações e os procedimentos apresentados a seguir.

- Escolha da Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina (UNESC) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Santa Catarina (EPAGRI) para realização dos serviços de acompanhamento e monitoramento da água, do subsolo, da superfície, do depósito de rejeitos, do ar, da vegetação e da agricultura em geral. Previsão legal: art. 8º, Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, art. 2º, VII, Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.
- Avaliação das propriedades por engenheiro agrimensor e três imobiliárias escolhidas de comum acordo entre os agricultores e a empresa mineradora e especializadas em avaliações para fazer o levantamento da área e do valor de cada propriedade atingida, bem como o pagamento das despesas necessárias para o registro destas propriedades em cartório e de todas as despesas decorrentes deste item. Seguro das propriedades registradas. Previsão legal: Constituição Federal, art. 225, parágrafo 1º, III, Resolução nº 1/96, art. 6º, I, e art. 8º.

- Área de proteção ambiental x área de mineração: demarcação imediata da linha superficial que separa a área de proteção ambiental da área de mineração, com o pagamento proporcional aos superficiários dos danos causados na demarcação. Previsão legal: Lei nº 6.938, de 1981, art. 2º, V, Código de Mineração, art. 47, VIII, Portaria nº 148/80, I (H, I).
- Despesa de acompanhamento: pagamento de todas as despesas das pessoas da comunidade envolvidas no processo de acompanhamento (vistorias mensais) da Mina do Trevo, bem como as diárias pessoais de cada um dos componentes da comissão de acompanhamento. Previsão legal: art. 8º da Resolução CONAMA nº 001, de 1986.
- Construção de reservatórios e filtros: construção de no mínimo dez reservatórios de água em locais a serem definidos por projetos técnicos elaborados pela Unesc e pela Epagri, obedecendo às normas técnicas como filtragem e demais tratamentos recomendados. Melhoria dos reservatórios já existentes nas comunidades envolvidas. Previsão legal: Código de Mineração, art. 47, X, XI.
- Assistência médica: por meio da realização de convênios com profissionais e clínicas especializadas.
- Educação: fornecimento de todo material escolar para filhos dos proprietários dentro do perímetro da mina inscritos em curso médio e 70% do material para os inscritos em cursos profissionalizantes.
- Igreja de Santa Ana: reforma ampla e geral da Igreja de Santa Ana, segundo projeto técnico elaborado por entidade definida de comum acordo entre a mineradora e agricultores (Foto 40).
- Maquinário: Doação de um trator Valmet 78, novo, com no mínimo os seguintes implemen-



Foto 40. Igreja de Santa Ana, reformada pela empresa

tos: arado com 2 discos; grade de 24 discos; plantadeira/adubadeira com três linhas para milho e cinco para feijão, destinada ao plantio convencional e direto; roçadeira; carreta agrícola: capacidade de cinco toneladas; subsolador com cinco hastes; bateadeira com plataforma e ensacador; pulverizador de barra: capacidade de seiscentos litros; atomizador para pulverização de bananal; distribuidor de calcário e de esterco seco com esteira: capacidade de carga de cinco toneladas.

- Telefone: instalação de linha telefônica para uso da comunidade.
- Acompanhamento: acesso de todos os componentes da Comissão de Acompanhamento da Mina do Trevo aos dados do monitoramento, processos de lavra e às instalações da mina do Trevo com acompanhamento técnico e sem aviso prévio. Previsão legal: Resolução CONAMA nº 001, de 1986.
- Horto florestal: convênio com a Prefeitura Municipal de Siderópolis para reestruturação do horto e fornecimento gratuito aos moradores das comunidades atingidas direta ou indiretamente pelo processo de mineração de mudas de plantas ornamentais, reflorestamento comer-

cial (pinus, eucalipto, palmito, dentre outras) e plantas frutíferas.

- Recuperação de cem hectares de áreas degradadas por antigas minas de carvão a céu aberto não recuperadas, localizadas na área de entorno da comunidade.
- Construção de campo para a prática de esporte.

Atualmente, todos os itens correspondentes às medidas compensatórias foram atendidos pela empresa, exceto o seguro das propriedades. Os trabalhos de construção do campo para a prática de esporte e a recuperação de cem hectares, estão em andamento.

Como medidas de controle e regularização foram também exigidos os procedimentos descritos a seguir.

3.3 NA FISCALIZAÇÃO

- Vistorias sistemáticas efetuadas pelo DNPM (duas a três por ano), visando verificar o cumprimento do Planejamento de Lavra (PLA) Anual que projeta, entre outros procedimentos, ações que impeçam a percolação de água superficial e freática para o subsolo da mina (Foto 41).
- Vistoria mensal da Comissão de Acompanhamento da Mina do Trevo, que envolve o pes-



Foto 41. Fiscalização efetuada por técnicos do DNPM

soal da comunidade, apoiada por técnicos do DNPM e da FATMA com a finalidade de observar e dar conhecimento aos superficiários da situação da mina quanto à preservação dos recursos hídricos e à manutenção de suas propriedades (Fotos 42 e 43).



Foto 42. Reunião prévia para a vistoria na mina pela comunidade



Foto 43. Vistoria na mina pelo pessoal da comunidade

- Reunião mensal da comissão com a empresa, com apoio técnico do DNPM e da Fatma, visando a discutir problemas constatados na vistoria e propor ações a serem implementadas pela empresa (Foto 44).



Foto 44: Reunião da comunidade com técnicos da empresa e órgãos públicos após a vistoria

- Troca de informações com o representante da comunidade, contratado pela empresa, que dispõe de sala no escritório da mina, acompanhando diariamente todos os trabalhos desenvolvidos na lavra e no monitoramento.
- Medições sismográficas das detonações, visando à preservação das obras civis de superfície executadas pelo DNPM (Fotos 45 e 46).
- Medição de poeira no subsolo visando a manter a qualidade e a salubridade do ambiente de trabalho, executada pelo DNPM.
- Medição de poeira no pátio da mina, visando manutenção e qualidade do ar na comunidade e no ambiente de trabalho, executada pelo DNPM (Foto 47).
- Medições de ruídos no subsolo e superfície para minimizar os incômodos no ambiente de trabalho e na vizinhança da mina, executada pelo DNPM.
- Medição de direção e velocidade dos ventos, executada pelo DNPM.



Foto 45: Medição sismográfica das detonações, acompanhada por técnicos da UFRGS



Foto 46: Medição sismográfica das detonações em treinamento promovido pelo DNPM



Foto 47. Monitoramento da qualidade do ar

- Medição de parâmetros físicos dos efluentes do subsolo e da usina para melhor gerenciamento dos recursos hídricos, executada pelo DNPM.

3.4 MONITORAMENTO

O monitoramento foi iniciado concomitantemente à lavra e o número de monitores foi gradativamente aumentado com a expansão da área minerada. Assim, a rede de monitoramento de recursos hídricos na mina é composta por 02 pluviômetros, 179 poços piezométricos, 39 calhas de medição de vazão, 09 bombas d'água no subsolo, 18 réguas em açudes, 13 pontos de amostra de água para análise e 05 pontos de amostra de solo para análise, conforme descrição mais detalhada a seguir.

Os dados de precipitação são medidos em dois pluviômetros, instalados em pontos estratégicos dentro do perímetro da mina e diariamente registrados (Foto 48 e Tabela 3).

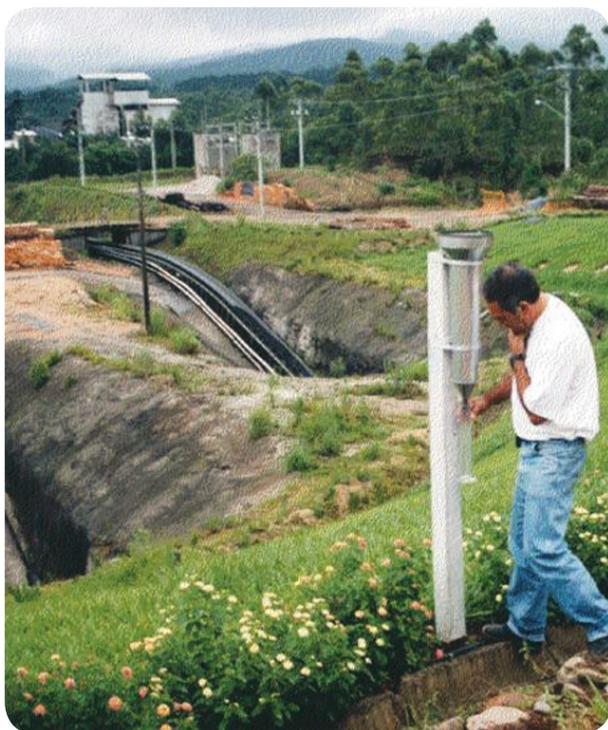


Foto 48: Coleta de dados pluviométricos.

Os poços piezométricos, que monitoram as águas subterrâneas, são construídos em malha regular, com seu nível inferior alcançando siltito inalterado da Formação Palermo com baixa permeabilidade. O nível do lençol freático nos poços, posicionados até uma distância de 150 m da frente de lavra, é monitorado diariamente, diminuindo a frequência com o seu distanciamento (Fotos 49 e 50).



Foto 49: Poços piezométricos



Foto 50: Detalhe dos poços piezométricos



Tabela 3. Medições do nível do lençol freático

Indústria Carbonífera Rio Deserto LTDA Setor: Mina do Trevo													
Nível do Lençol Freático										Condições doTempo	Precipi- tação (mm) Hora: 19h		
Pontos													
Cota Superf.	98,579	96,012	94,568	93,322	91,079	89,425	93,682	86,956	86,001				
Cota Base	93,969	92,582	90,938	90,252	86,269	85,635	87,652	84,316	83,401				
	E2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7				
Mês	Dias	M E D I D A S (metros)											
M A R Ç O 2001	1			92,768	92,212						Bom	0,00	
	2			92,708	92,152						Bom	0,00	
	3	sábado									Bom	0,00	
	4	domingo									Bom	0,00	
	5				92,558	92,042					Bom	0,00	
	6				92,478	91,992					Nublado	1,80	
	7				92,438	91,972					Bom	0,00	
	8		97,039	94,872	92,408	91,912	88,739	88,395	89,792		Chuva	11,80	
	9				92,388	91,862					Chuva	7,50	
	10	sábado									Bom	0,00	
	11	domingo									Nublado	1,20	
	12				92,328	91,722					Chuva	6,80	
	13				92,318	91,682					Bom	0,00	
	14		96,519	94,682	92,308	91,622	88,609	88,225	89,552	85,071	Nublado	3,20	
	15				92,308	91,622					Chuva	33,60	
	16				92,328	91,742					Bom	0,00	
	17	sábado									Chuva	2,00	
	18	domingo									Nublado	1,40	
	19				92,298	91,722					Nublado	0,70	
	20				92,288	91,642					Chuva	3,40	
	21				92,278	91,612					Bom	0,00	
	22				92,238	91,562					Bom	0,00	
	23		96,319	94,572	92,208	91,532	88,589	88,135	89,512		Bom	0,00	
	24	sábado									Chuva	7,00	
	25	domingo									Bom	0,00	
	26				92,188	91,472			89,412		Chuva	5,10	
	27				92,168	91,462			89,402		Nublado	2,60	
	28				92,198	91,462			89,402		Nublado	0,50	
	29		96,059	94,362	92,138	91,402	88,499	88,125	89,362	85,726	84,971	Bom	0,00
	30				92,098	91,382	88,499		89,332		Bom	0,00	
	31											12,00	

(Fonte: ICRD, 2001)

As calhas de vazão, para o monitoramento das águas superficiais, estão dispostas em todas as drenagens na área de influência da mina e são monitora-

das diariamente. A quantidade de calhas construídas é diretamente proporcional ao número de drenagens e para uma mesma drenagem depende de sua extensão.

Tabela 4. Cálculo das vazões nas calhas

Indústria Carbonífera Rio Deserto LTDA Setor: Mina do Trevo													
Cálculo de Vazões/periódico: março 2001													Condições do Tempo
Dia	Pontos												
	C1			C2			C3			C4			
	Hora	Medida (mm)	Vazão (m3/h)										
1	8:05	39	48,24	8:55	113	255,60	10:30	300	1.177,20	10:05	122	288,00	Bom
2	8:00	31	33,84	8:50	94	191,52	10:25	272	1.008,72	10:05	100	212,40	Bom
3	sábado			sábado			sábado			sábado			Bom
4	domingo			domingo			domingo			domingo			Bom
5	8:00	28	29,52	8:55	68	116,64	10:30	195	601,20	10:05	69	119,52	Bom
6	9:20	25	25,20	9:10	61	96,48	11:00	152	408,24	10:45	55	82,80	Nublado
7	9:40	23	22,32	9:20	58	89,28	11:55	142	365,04	11:20	55	82,80	Bom
8	8:10	21	19,44	9:15	57	87,12	11:50	134	334,80	11:30	54	80,64	Chuva
9	8:05	21	19,44	8:55	54	80,64	10:30	124	295,20	10:05	50	72,00	Chuva
10	sábado			sábado			sábado			sábado			Bom
11	domingo			domingo			domingo			domingo			Nublado
12	8:35	21	19,44	9:25	50	72,00	10:35	109	241,20	10:20	48	67,68	Chuva
13	8:00	19	16,56	8:50	46	63,36	10:40	106	230,40	10:25	43	56,88	Bom
14	8:25	18	15,12	9:10	42	54,72	10:30	99	208,80	10:15	40	50,40	Nublado
15	8:10	17	13,68	9:00	40	50,40	10:30	96	198,00	10:05	39	48,24	Chuva
16	8:10	20	18,00	8:20	54	80,64	11:30	149	395,28	11:10	49	69,84	Bom
17	sábado			sábado			sábado			sábado			Chuva
18	domingo			domingo			domingo			domingo			Nublado
19	8:05	14	10,08	8:15	42	54,72	11:10	96	198,00	10:50	40	50,40	Nublado
20	8:10	18	15,12	8:20	46	63,36	11:10	92	185,76	10:50	43	56,88	Chuva
21	8:15	18	15,12	8:25	40	50,40	11:30	89	177,12	11:20	39	48,24	Bom
22	8:20	17	13,68	8:10	37	43,92	11:35	82	156,96	11:20	36	41,76	Bom
23	10:00	14	10,08	8:20	36	41,76	11:20	78	145,44	11:10	33	36,72	Bom
24	sábado			sábado			sábado			sábado			Chuva
25	domingo			domingo			domingo			domingo			Bom
26	8:00	14	10,08	7:50	36	41,76	10:30	74	133,92	10:20	31	33,84	Chuva
27	8:15	24	23,76	8:05	43	56,88	10:30	74	133,92	10:20	31	33,84	Nublado
28	14:10	10	7,20	13:10	32	35,28	8:30	70	122,40	15:30	26	26,64	Nublado
29	8:35	10	7,20	9:25	31	33,84	11:00	62	99,36	10:40	26	26,64	Bom
30	8:10	10	7,20	9:10	29	30,96	10:30	60	93,60	10:10	25	25,20	Bom
31	sábado			sábado			sábado			sábado			Chuva

(Fonte: ICRD, 2001)

As réguas são fixadas em todos os açudes e permitem registrar o nível de água com frequência diária ou semanal, dependendo do distanciamento da frente de lavra (Foto 51 e Tabela 4).

Com relação ao monitoramento dos parâmetros de qualidade de água, o DNPM executa medidas na mina, na usina e nas drenagens, notadamente os parâmetros: pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez .



Foto 51: Réguas de medição de nível

Tabela 5. Medidas do nível nos açudes

Indústria Carbonífera Rio Deserto LTDA Setor: Mina do Trevo								
Açudes Altura das Régua (cm) Período: março 2001								
Dia	Régua 1	Régua 2	Régua 3	Régua 4	Régua 5	Régua 6	Régua 7	Régua 8
	Próximo ao ponto 1.1	Próximo ao ponto 2.4	Próximo ao ponto E3	Próximo ao ponto 7.3	Próximo ao ponto 4.4	Próximo ao ponto 4.6	Próximo ao corte resicolor	Próximo ao corte resicolor
1								
2								
3	sábado							
4	domingo							
5								
6								
7	77,0	87,0	81,0	83,0	75,0	44,0	110,0	120,0
8								
9								
10	sábado							
11	domingo							
12								
13	70,5	85,0	81,0	82,0	74,5	37,5	98,5	170,0
14					74,0			
15					74,0			
16					76,0			
17	sábado							
18	domingo							
19					75,0			
20					74,5			
21					74,0			
22	64,0	84,5	81,0	79,0	73,5	35,0	110,0	140,0
23					73,0			
24	sábado							
25	domingo							
26					72,0			
27					72,0			
28	62,0	84,0	81,5	81,0	72,0	35,0	108,5	140,0
29					72,0			
30					71,5			
31	sábado							

(Fonte: ICRD, 2001)

3.5 BALANÇO HÍDRICO

Os dados obtidos no monitoramento (precipitação pluviométrica, nível do lençol freático e açudes, vazão das drenagens, volume de efluente bombeado do subsolo e volume de água não poluída drenado para o interior da mina) permitem, em tempo real, a obtenção de uma informação precisa sobre o comportamento do subsolo da mina visando a registrar o volume d'água percolado, a presença de antigos furos de sonda não tamponados e de estruturas como fraturas, falhas ou dique de diabásio, que são estruturas que atingem a superfície e são locais preferenciais de percolação de água.

Se for confirmado que a variação brusca no registro do monitor foi causada pelo avançamento da lavra, o local pode ser confinado por meio da construção de barragens de concreto ou por meio da impermeabilização da estrutura responsável pela percolação da água, modificando-se localmente o plano de lavra.

Registra-se que essa situação foi enfrentada no desenvolvimento do Painel 1 da mina do Trevo, onde ocorreu um brusco rebaixamento no nível de um piezômetro, e, após o confinamento do local, foi restabelecida a posição original do nível do lençol freático.

Ainda, para o fortalecimento das medidas de controle e gestão, outro procedimento usado é a execução de furo de sonda horizontal no subsolo a partir das frentes de lavra, confirmando previamente-

tamento das águas freáticas e superficiais em resposta ao avançamento da lavra do carvão no subsolo.

Qualquer variação brusca no registro de algum monitor é objeto de análise imediata, verificando-se dados de precipitações, frente de lavra sobre a qual está localizado o monitor, registro da vazão bombeada do painel em lavra e, se necessário, vistoria no local para a existência de estruturas como fraturas, falhas e diques de diabásio, cujas presenças foram indicadas por levantamento geofísico prévio.

Essas estruturas são locais preferenciais para a percolação de água, e, a determinação de sua posição espacial permite que o esquema de avançamento da frente de lavra seja modificado para serem atravessadas antecipadamente por apenas uma galeria. Nesta galeria, a estrutura é estudada em detalhe, medindo-se a vazão de água percolada para o subsolo através dela. Os dados obtidos sinalizam para o número de galerias passíveis de serem traçadas por meio da estrutura, sem prejuízo significativo das águas superficiais e freáticas. Caso a água que flui para as galerias mostre características físico-químicas que permitam sua utilização nas operações do subsolo, igual volume, com a mesma finalidade, deixa de ser aduzido da superfície para o subsolo (Figura 50 e Tabela 5).

Quando ocorrem vazões significativas nessas estruturas, são feitas suas impermeabilizações com resinas especiais.

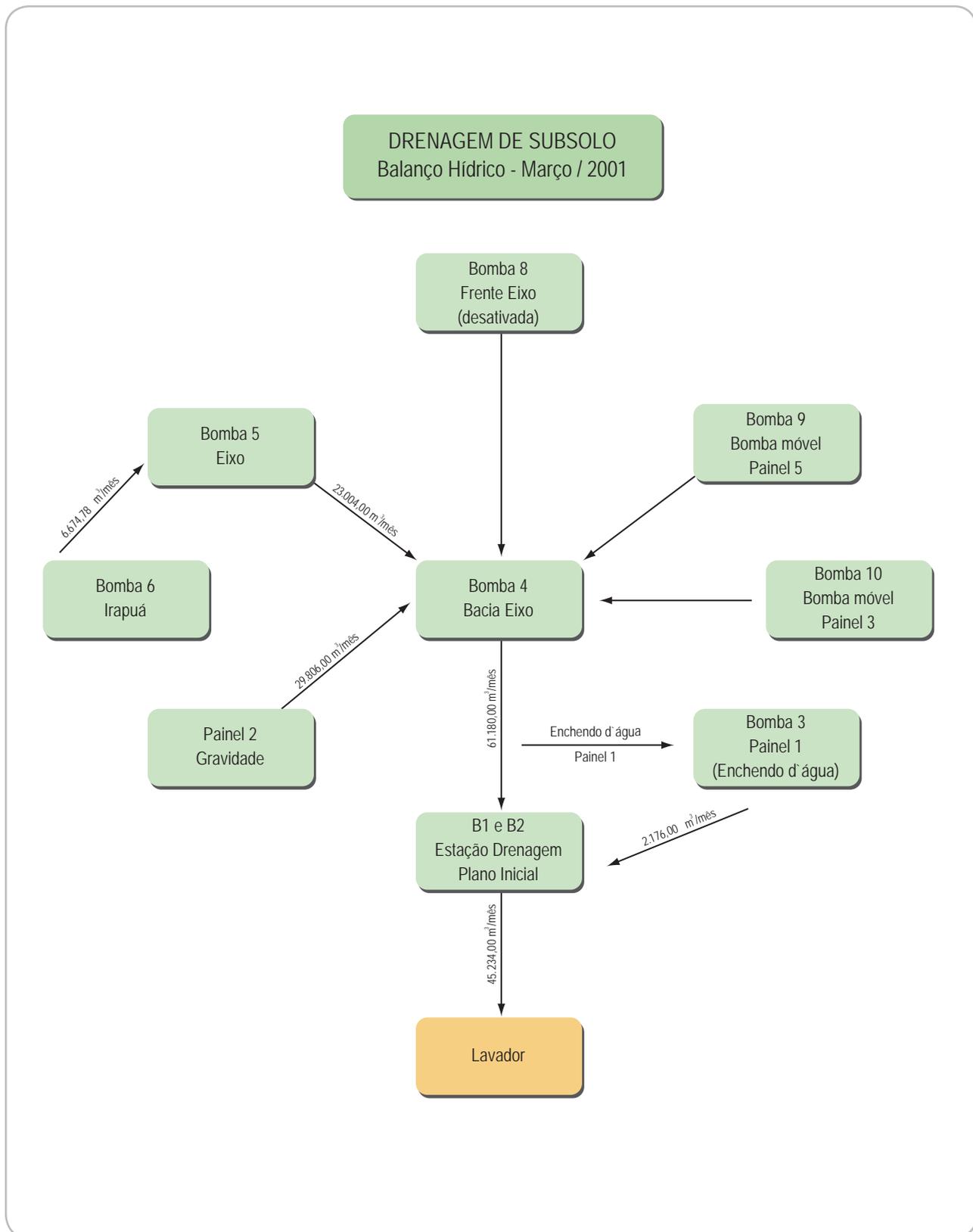


Figura 50. Drenagem de subsolo (ICRD, 2001)

Tabela 6. Medidas de saída de água da mina

INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA						
SETOR: MINA DO TREVO						
SAÍDA DE ÁGUA DA MINA (DIÁRIA)						
MÊS: MARÇO ANO: 2001						
DIA	SAÍDA DE ÁGUA - HORÍMETRO					
	BOMBA 01 60 CV / 103 m³/h	BOMBA 02 60 CV / 120 m³/h	BOMBA 03 – P.01 60 CV / 64 m³/h	BOMBA 04 –B.EIXO 20 CV / 95 m³/h	BOMBA 05 - Eixo 10 CV / 36 m³/h	BOMBA 06 - Irapuã 8 CV / 24,01 m³/h
	VAZÃO (m3/dia)	VAZÃO (m3/dia)	VAZÃO (m3/dia)	VAZÃO (m3/dia)	VAZÃO (m3/dia)	VAZÃO (m3/dia)
1	618,00	720,00	0,00	3135,00	1044,00	144,06
2	721,00	720,00	0,00	1805,00	900,00	192,08
3	618,00	840,00	0,00	1805,00	828,00	216,09
4	824,00	720,00	0,00	1710,00	828,00	240,10
5	721,00	840,00	0,00	1710,00	828,00	216,09
6	618,00	720,00	0,00	1805,00	864,00	192,08
7	721,00	960,00	0,00	1805,00	792,00	192,08
8	618,00	840,00	640,00	1900,00	720,00	168,07
9	721,00	720,00	640,00	1900,00	756,00	216,09
10	515,00	840,00	896,00	1900,00	756,00	240,10
11	618,00	840,00	0,00	1900,00	720,00	216,09
12	618,00	720,00	0,00	1805,00	756,00	168,07
13	721,00	840,00	0,00	1900,00	720,00	216,09
14	618,00	720,00	0,00	1900,00	684,00	168,07
15	721,00	840,00	0,00	1995,00	756,00	192,08
16	618,00	840,00	0,00	1995,00	720,00	192,08
17	721,00	720,00	0,00	1995,00	648,00	168,07
18	618,00	840,00	0,00	1900,00	756,00	192,08
19	721,00	840,00	0,00	1900,00	756,00	168,07
20	618,00	960,00	0,00	1995,00	684,00	144,06
21	618,00	720,00	0,00	1995,00	684,00	120,05
22	721,00	720,00	0,00	2090,00	792,00	144,06
23	618,00	840,00	0,00	1995,00	792,00	240,10
24	618,00	720,00	0,00	1995,00	828,00	288,12
25	515,00	840,00	0,00	2090,00	828,00	264,11
26	618,00	960,00	0,00	1995,00	864,00	240,10
27	618,00	840,00	0,00	1995,00	828,00	288,12
28	721,00	840,00	0,00	2090,00	468,00	336,14
29	618,00	720,00	0,00	2185,00	432,00	336,14
30	721,00	720,00	0,00	2090,00	468,00	336,14
31	721,00	840,00	0,00	1900,00	504,00	240,10
T	20.394,00	24.840,00	2.176,00	61.180,00	23.004,00	6.674,78

(Fonte: ICRD, 2001)

3.6 PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE

Mensalmente, a empresa executa um relatório que contém todos os dados coletados nos monitores durante o período e, uma avaliação do balanço hidrológico em resposta ao avançamento da lavra. Esses relatórios são submetidos à apreciação do DNPM e da FATMA.

No processo de gerenciamento dos recursos hídricos, ficou determinado que nas últimas quartas-feiras de cada mês uma comissão representativa da comunidade, juntamente com técnicos do DNPM, da FATMA e da empresa, devam realizar vistoria no subsolo da mina, visando a verificar o cumprimento do Planejamento de Lavra Anual (PLA), previamente analisado e aprovado, e a observar o aparecimento ou não de fluxos anômalos de água. Determinou-se ainda que na noite do mesmo dia o grupo que participou da vistoria, se reunirá para discutir os problemas observados, ficando registrado em ata assinada

Esse procedimento encontrou respaldo da comunidade, tanto assim que o prefeito de Siderópolis formalizou a criação de uma Comissão de Acompanhamento da Mina do Trevo (CAMT), por meio do Decreto nº 1.982, de 20 de agosto de 1998. A Comissão é composta por seis pessoas da comunidade, sendo eleitos entre elas o presidente e o secretário, dois representantes da Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda., titular da concessão, e representantes do DNPM, da Fundação do Meio Ambiente, Coordenadoria Regional Sul (FATMA/CERSU), do Sindicato dos Mineiros de Siderópolis, da Prefeitura Municipal de Siderópolis, da Câmara de Vereadores, do Sindicato Rural e da EPAGRI.

A missão da CAMT é o acompanhamento do fiel cumprimento do Planejamento de Lavra Anual (PLA). Este planejamento é protocolizado periodicamente pelas empresas carboníferas até o dia 1º de dezembro de cada ano. Após sua aprovação, qualquer modificação no PLA só poderá ser implementada após análise e aprovação do DNPM.

também, dentre outros, pelo técnico representante da empresa. Se for identificada alguma anomalia que requeira ação corretiva a ser implementada, esta é anotada em ata e enviada para a empresa sob a forma de exigência emitida pelo DNPM.

Compondo o processo de gerenciamento, semestralmente os relatórios mensais são disponibilizados para o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH), que interpreta os dados do monitoramento, visando a registrar o comportamento das águas superficiais e freáticas ante o desenvolvimento da lavra de carvão no subsolo. Após a análise dos relatórios, técnicos deste Instituto realizam palestras para a comissão formada por representantes da comunidade, nas quais apresentam mapas e dados sobre o comportamento dos recursos hídricos na área de influência da mina (Figura 51).

Um dos representantes da comunidade na CAMT, contratado pela empresa, dispõe de sala no escritório da mina e acompanha diariamente os trabalhos de lavra, beneficiamento, monitoramento e operação de depósitos de rejeitos e sistema de decantação, informando imediatamente ao DNPM qualquer irregularidade constatada.

O monitoramento sistemático é realizado por pessoas da comunidade, contratadas pela empresa, evitando problemas quanto à credibilidade dos dados obtidos nas leituras dos monitores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação e o desenvolvimento da mina do Trevo (SS), a partir de junho de 1998, só foi possível graças ao cumprimento, por parte da empresa, de todas as exigências formuladas pelo DNPM e pela Fatma. Essas exigências davam ênfase ao planejamento da lavra, que deveria ser contemplado com um plano de monitoramento que garantisse a preservação das águas superficiais e freáticas durante e após o desenvolvimento dos trabalhos de lavra.

Está sendo muito importante a participação da comunidade, que conseguiu a criação de uma comissão para acompanhamento da lavra e mobilizou a sociedade, e inseriu a Procuradoria da República no processo, contribuindo assim para o cumprimento pleno da legislação minerária e ambiental. Considerando o lento avançamento nas frentes de lavra e a frequência mensal das vistorias com participação da comunidade, e considerando também a presença diária de um representante da Comissão de Acompanhamento no escritório da mina, qualquer problema que ocorra no desenvolvimento da lavra, que possa resultar na alteração dos recursos hídricos freáticos e superficiais ou causar subsidência com suas consequências é constatado em tempo real, exigindo-se da empresa providências imediatas.

Desde o início da lavra tem existido um convívio harmonioso entre a empresa, que consegue desenvol-

ver satisfatoriamente seu empreendimento mineiro, e a comunidade, que não sofreu prejuízo em suas atividades e vê preservado o meio ambiente.

O DNPM, juntamente com a Fatma, exige que o Projeto Técnico de Mina (PTM) seja elaborado com ênfase na preservação dos recursos hídricos e seja contemplado com um plano de monitoramento que deve balizar o desenvolvimento da lavra. Na análise do PTM, a comunidade, dentro do perímetro planejado para o empreendimento mineiro, toma conhecimento do projeto por meio da apresentação pública do EIA/RIMA e por reuniões promovidas por técnicos do DNPM, ocasião em que a comunidade é esclarecida sobre os deveres e as obrigações do empreendedor, sendo orientada no sentido de se organizar e participar do acompanhamento da execução dos projetos aprovados.

Recomenda-se que qualquer atividade de pesquisa ou lavra que possa promover modificação no comportamento das águas superficiais e freáticas e dos maciços rochosos que cobrem os minérios, ou onde estes se encaixem, principalmente próximo a centros urbanos, seja obrigatoriamente monitorada. Este procedimento tem-se mostrado eficiente na região carbonífera de Santa Catarina, sendo fator determinante para a viabilidade dos novos empreendimentos mineiros com preservação das diversas atividades desenvolvidas em superfície, tanto nas áreas urbanas quanto, e principalmente nas comunidades rurais.



João Luiz Calmon¹
Sergio Augusto C. da Silva²

MÁRMORE E GRANITO NO ESPÍRITO SANTO: PROBLEMAS AMBIENTAIS E SOLUÇÕES

1 INTRODUÇÃO

Este estudo de caso tem o objetivo de apresentar, ainda que de maneira não exaustiva, a problemática ambiental no setor industrial de rochas ornamentais no Estado do Espírito Santo e o que tem sido realizado para minimizar e resolver os problemas. Um enfoque particular será dado à geração de resíduos (lama abrasiva) na fase de desdobramento dos blocos de mármore e granito.

2 BREVES PINCELADAS SOBRE A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA NO ESTADO

A indústria de mármore e granito representa um dos mais importantes setores da economia do Estado do Espírito Santo. O estado abriga todas as atividades da cadeia de produção do setor, além da maioria das atividades de apoio, como fabricantes e fornecedores de máquinas, equipamentos e outros insumos industriais, além de prestadores de serviço.

Segundo informações contidas no Sindirochas (2004,a), a indústria de rochas ornamentais do Espírito Santo liderou as exportações brasileiras de mármore e granito de janeiro a julho de 2004. Do recorde histórico de US\$ 234,5 milhões exportados pelo país naquele ano, o setor capixaba foi responsável por 65% das vendas totais de blocos e placas.

De acordo com Villaschi Filho e Sabadini (2000)³ a grande maioria das empresas do Espírito Santo, praticamente 91% delas, está localizada nas regiões sul e norte do estado. Atualmente, a mineração das rochas está localizada em dois pólos distintos no Estado. O mais antigo fica no município de Cachoeiro do Itapemirim, onde se encontram muitas jazidas de mármore e a maior parte do parque industrial de beneficiamento. No município de Nova Venécia, na região norte, destaca-se a produção de granito em diversas tonalidades (ADERES, 2003).

¹ Prof. Doutor Engenheiro João Luiz Calmon Nogueira da Gama, Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

² Engenheiro M.Sc. Sergio Augusto Chagas da Silva, engenheiro pleno. Coordenador do Laboratório Metalúrgico e das Plantas Piloto. Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) – DIPE – Diretoria de Pelotização e Metálicos. Galip – Gerência de Laboratórios e Plantas Piloto.

³ Caso o leitor tenha interesse em realizar uma pesquisa mais profunda a respeito do arranjo produtivo do setor de mármore e granito no Estado do Espírito Santo, vale consultar a referência Villaschi Filho e Sabadini, 2000.

De maneira a contextualizar a indústria de mármore e granito do Espírito Santo em relação ao Brasil, apresenta-se na (Tabela 7) um comparativo entre Brasil e o Espírito Santo com a utilização de diferentes indicadores.

Tabela 7. Dados estatísticos de exportação de rochas ornamentais: comparativo Brasil x Espírito Santo (base 2000)

ELEMENTOS COMPARATIVOS	UNIDADE	Brasil	Espírito Santo	ES/BR (%)
Produção	1.000.000 t	5,2 (4,0)	2,4	46 (60)
Pedreiras (lavras)	unidade	1.163	400	34,4
Teares	unidade	1.574	900	57,2
Capacidade serragem	1.000.000 m ²	40,6	25,0	62,5
Empresas	unidade	10.000	1.200	12,0
Empregos diretos	unidade	105.720	20.000	18,9
Exportações em valor	US\$ 1.000.000	271,54	116,05	42,7
Exportações em peso	toneladas	1.101.737	487.701	44,2
Empresas exportadoras	unidade	508	154	30,3
Embarques portuários (rochas)	1.000.000 t	1,10	0,67	60,8
Embarques portuários (exportações totais)	1.000.000 t	230	96	42
Desembarques portuários (importações totais)	1.000.000 t	92	11	12
Área territorial	Km ²	8.500.000	46.184	0,54
População	1.000.000 hab.	180	3	1,66

Fonte: Sindirochas (2004,b)

Destaca-se o grande volume de extração (cerca de 800 mil m³/ano) e o número de teares em operação (cerca de novecentos teares), que representam aproximadamente 57% do total de equipamentos existentes no Brasil. O estado conta ainda com a infra-estrutura logística do porto de Vitória, que responde pela crescente participação nas exportações nacionais de rochas ornamentais.

No estado existem entre 750 e 1.200 empresas no setor com um número próximo de 20 mil empregos diretos, que constituem um parque industrial

produtor de cerca da metade da produção nacional de placas de pedras ornamentais. O setor é muito significativo na economia capixaba, possuindo grande prestígio no exterior, principalmente na Itália, seu principal importador. Atualmente, cresce também a importação por parte dos Estados Unidos da América.

Na (Figura 51), apresenta-se um croqui da localização, por municípios, das jazidas de mármore e granito do Estado do Espírito Santo e respectivas denominações comerciais.

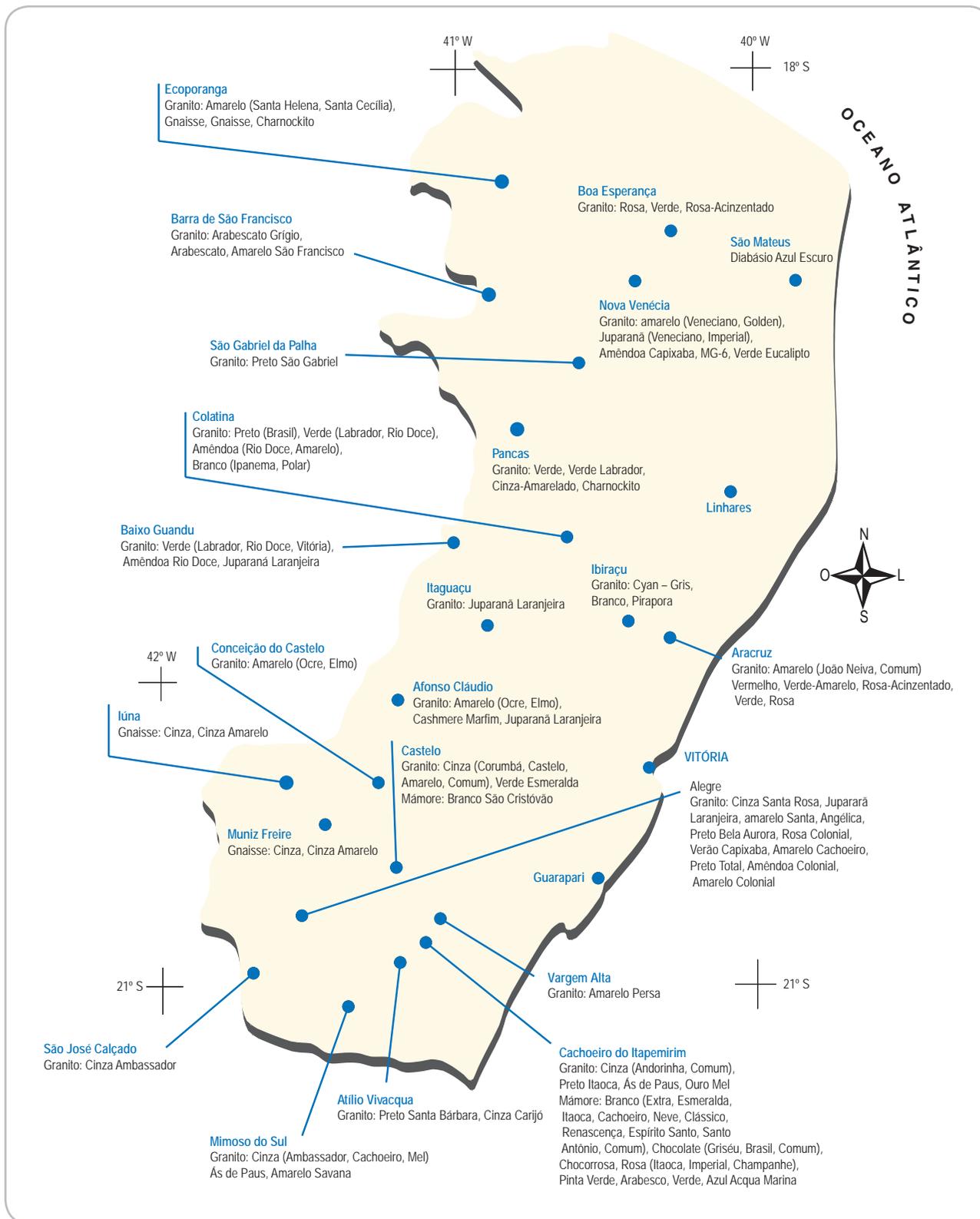


Figura 51. Localização aproximada, por municípios, das jazidas de mármore e granito do Estado do Espírito Santo e respectivas denominações comerciais (IPT, 1993 apud SILVA, 1998)

A indústria tem realizado um esforço significativo para avançar do ponto de vista econômico, social, técnico-científico e ambiental. Não são poucos os gargalos a serem resolvidos. Recentemente, os representantes do Arranjo Produtivo Local (APL) de rochas ornamentais de Cachoeiro do Itapemirim discutiram os fatores sistêmicos que devem ser tratados para desenvolver o setor de rochas ornamentais como um todo. Cabe ressaltar, entre outros, os fatores ligados à logística e ao transporte, ao processo de produção (extração, beneficiamento e polimento), aos impactos ambientais, às novas tecnologias, aos sistemas de recuperação de água do processo produtivo, à disposição e à reciclagem da lama abrasiva, à energia e à infra-estrutura (SINDIROCHAS, 2004a).

3 UMA IDÉIA DO PROCESSO PRODUTIVO TÍPICO NA ÁREA DE SERRAGEM DE ROCHAS ORNAMENTAIS NAS SERRARIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

3.1 O PROCESSO PRODUTIVO TÍPICO NAS UNIDADES INSTALADAS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Durante a pesquisa mineral, o processo produtivo envolve basicamente a exploração das jazidas, o beneficiamento (serragem e polimento) e as áreas de apoio. Em todos os subsistemas sempre existem causas e impactos sobre o meio ambiente (água, ar e solo). No processo de exploração e beneficiamento das rochas ornamentais do Espírito Santo não seria diferente.

Na (Figura 52) apresentam-se algumas operações realizadas na industrialização de blocos de rochas ornamentais.

ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS

Fernanda Delorence
Assessora de Projetos da Cetemag

Arranjos Produtivos são aglomerações de empresas localizadas em um mesmo território que apresentam especialização produtiva e mantêm algum vínculo de articulação, interação, cooperação e aprendizagem entre si e com outros atores locais tais como governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa.

Um Arranjo Produtivo Local é caracterizado pela existência da aglomeração de um número significativo de empresas que atuam em torno de uma atividade produtiva principal. Para isso, é preciso considerar a dinâmica do território em que essas empresas estão inseridas, tendo em vista o número de postos de trabalho, faturamento, mercado, potencial de crescimento, diversificação, entre outros aspectos

Arranjo Produtivo de Rochas Ornamentais (mármore e granito) no Espírito Santo é formado por dois núcleos centrais nos quais estão localizadas a maioria das empresas extratoras e beneficiadoras de mármore e granito. O primeiro se localiza em torno do município de Cachoeiro de Itapemirim, e o segundo, em torno do município de Nova Venécia.

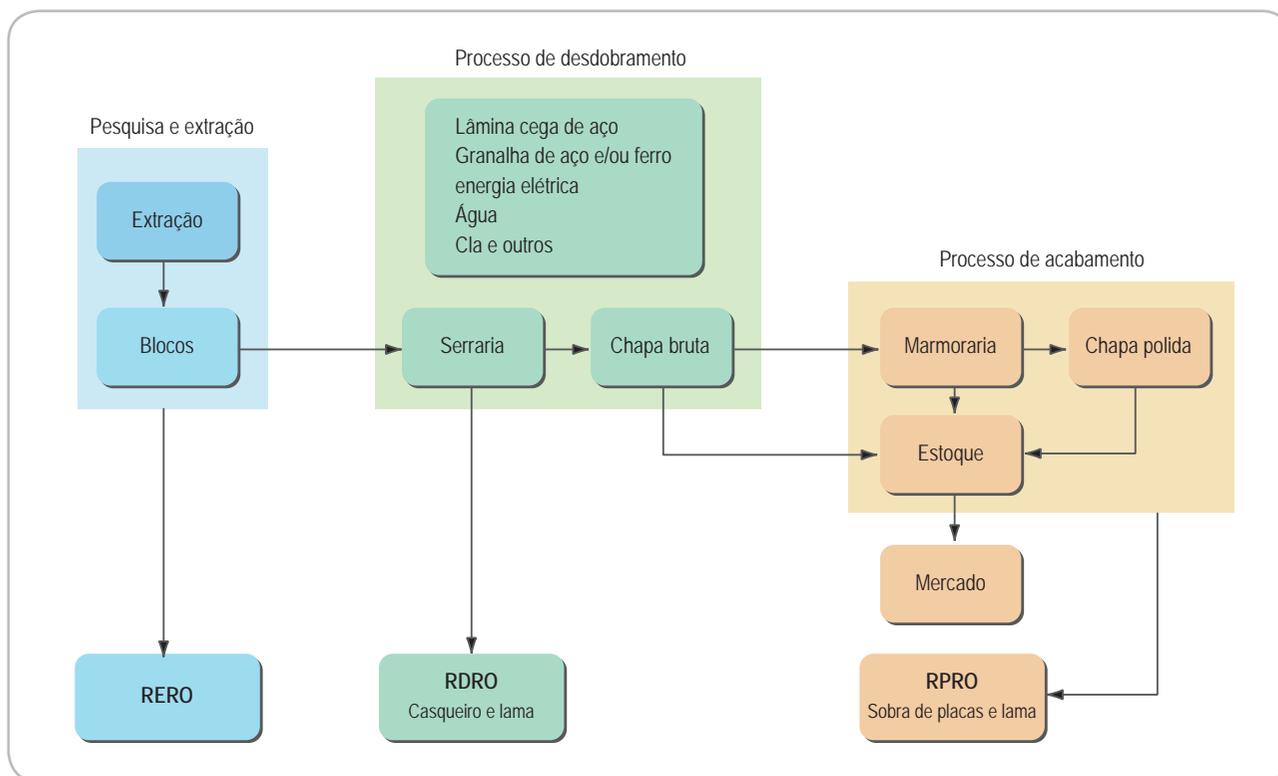


Figura 52. Operações realizadas no processo de industrialização de rochas ornamentais (adaptada de SILVA, 1998; PREZOTTI, 2005)

Onde RERO = resíduos de exploração de rochas ornamentais; RDRO = resíduos de desdobramento de rochas ornamentais; neste texto RSRO utilizado unicamente para a lama abrasiva; e RPRO = resíduos do polimento de rochas ornamentais.

O processo produtivo envolve complexidade desde a exploração, passando pela fase de beneficiamento (desdobramento e polimento) até o armazenamento e o transporte. Assim sendo, considerando a extensão e complexidade do assunto, não serão abordadas todas as etapas do processo produtivo e impactos ambientais decorrentes. Procurar-se-á enfatizar as etapas de desdobramento e polimento, nas quais geradas quantidades expressivas de resíduos que necessitam de um tratamento adequado para não comprometer ambientalmente as regiões onde a indústria opera.

Após serem extraídos, os blocos são transportados às serrarias para desdobramento e serragem.

O desdobramento e o processo de transformação dos blocos em chapas ou placas semi-acabadas, com espessuras que variam de 1 a 3 cm, utilizam máquinas denominadas teares. Aproximadamente novecentos teares (57,2% do total no Brasil) estão distribuídos em várias empresas localizadas, em geral, nas zonas produtoras do estado.

Os teares são equipamentos robustos constituídos por quatro colunas, as quais sustentam um quadro que realiza movimento pendular. Neste quadro são dispostas lâminas de aço no sentido longitudinal do equipamento, umas paralelas às outras. Essas lâminas são de aço carbono de alta dureza e boa resistência mecânica, para melhor resistir aos esforços de tração e abrasão (SENAI, 1992).

A (Foto 52) mostra um modelo característico de tear com mistura abrasiva usado para desdobramento dos blocos de rochas ornamentais. Os produtos desta fase são placas serradas semi-acabadas. Utiliza-se na

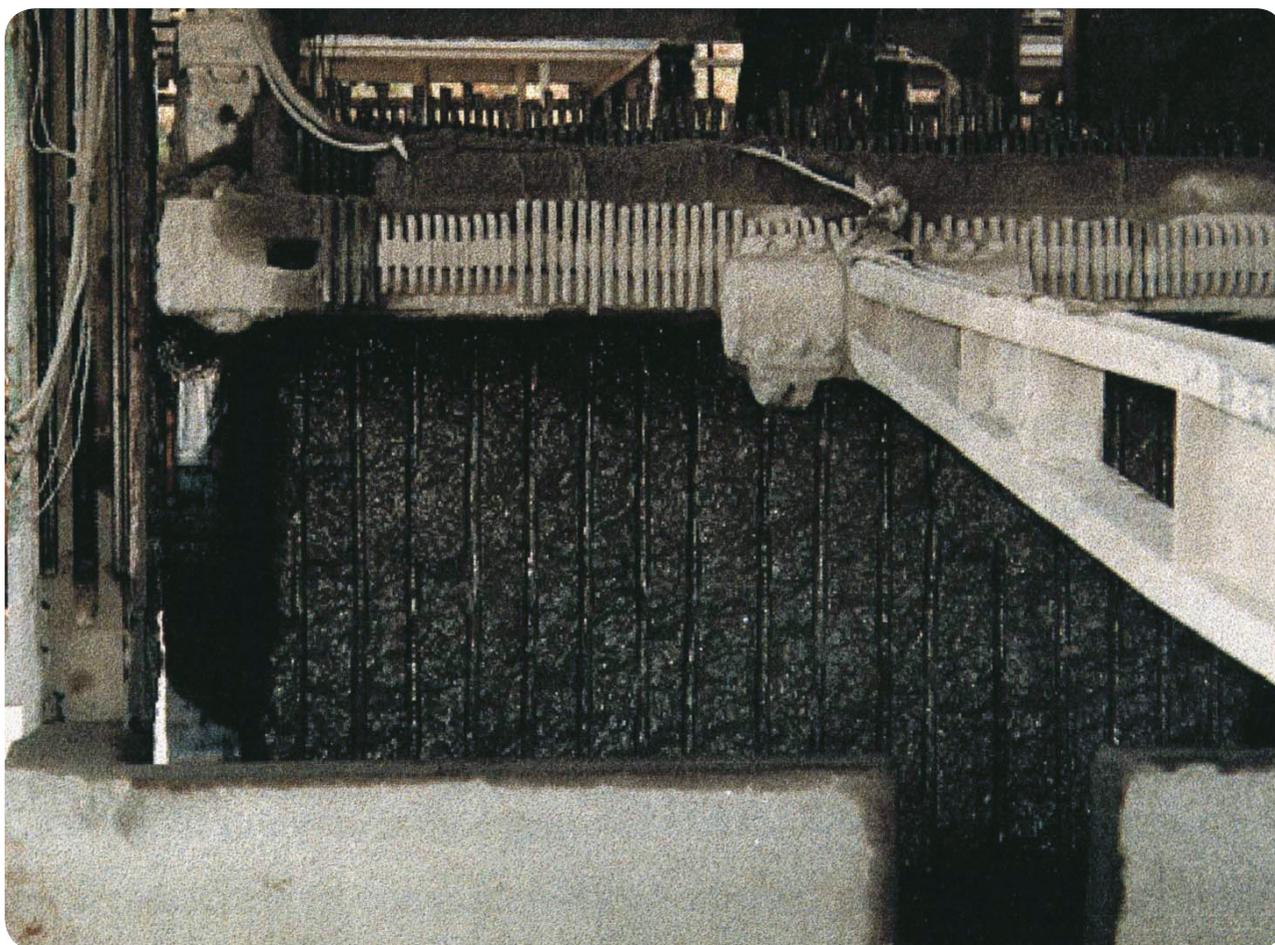


Foto 52. Tear usado para o desdobramento de rochas ornamentais com mistura abrasiva

referida fase como principais insumos: componente abrasivo (granalha de aço ou ferro fundido para a serragem dos blocos), água, cal (calcário, carbureto de cálcio ou outro substituto) e energia elétrica.

Atualmente, na maioria das indústrias de serragem de blocos de rochas ornamentais observa-se o emprego mais difundido de teares de múltiplas lâminas (até cem ou mais lâminas por tear) com o emprego de mistura abrasiva.

O controle da mistura abrasiva é realizado desde as formas mais subjetivas possíveis e dependentes exclusivamente da experiência e do bom-senso do operador até a utilização de novas tecnologias; tudo isso depende do investimento realizado pelas diferentes empresas que atuam no setor.

A polpa ou mistura abrasiva é distribuída por chuveiros sobre o bloco por meio de bombeamento. Após infiltrar-se nos canais abertos pelas lâminas no bloco, a polpa retorna ao tanque de bombeamento, quando novamente é bombeada, configurando-se assim uma operação em circuito fechado (FREIRE e MOTTA, 1995).

No controle da composição da mistura, a parcela mais fina da lama é descartada. Durante esta fase do processamento das rochas tem-se a geração do resíduo da serragem de blocos de granito. Observa-se na (Foto 53) um tanque de bombeamento localizado abaixo do tear. A lama abrasiva de menor granulometria é descartada, e a outra parcela da lama será submetida à recirculação.



Foto 53. Tanque de bombeamento da lama abrasiva

Existem ainda os teares de lâminas diamantadas e os que utilizam discos diamantados (talha blocos). Na produção brasileira, observa-se que a utilização de teares diamantados ainda não é muito significativa, enquanto nos países desenvolvidos a produção que usa o referido tear inclui a totalidade do setor.

Os teares de lâminas diamantadas utilizam um chuveiro de água para promover a limpeza, a lubrificação e o resfriamento das lâminas, que se diferenciam das lâminas de aço-carbono de alta dureza por possuir, em sua parte inferior, diamantes industriais afixados. Este processo é oneroso por causa da reposição e da manutenção das lâminas e também pelo elevado custo de aquisição do tear. O rejeito gerado neste tear pode ser considerado o de menor impacto ao meio ambiente, pois não utiliza mistura abrasiva, o que faz pensar que a quantidade de rejeito gerado pode ser consideravelmente menor.

As instalações industriais onde se processa a transformação dos blocos em chapas planas semi-acabadas, possuem: galpão para as máquinas (teares), um pátio de estocagem de blocos e pátio de estocagem de chapas (brutas e acabadas) pátio de beneficiamento de chapas brutas, pátio de carga e descarga de veículos, oficinas de manutenção, almoxarifado, escritórios etc.

De modo geral, os principais equipamentos utilizados são: teares mecânicos (de mistura abrasiva) ou talha-bloco, para o desdobramento de blocos; carro porta-bloco; carro transportador.

O processo de serragem inicia-se quando o bloco de rocha é colocado sob o quadro de sustentação do equipamento, sendo constantemente banhado pelo fluido abrasivo. O movimento pendular do quadro faz com que as lâminas e a mistura abrasiva imprimam uma ação de corte executada pelo atrito e pelo choque contra o bloco.

Esse movimento é acionado por motor elétrico, por meio de um sistema biela – manivela, com o auxílio de um volante inercial. A alimentação da mistura abrasiva é mantida por um circuito hidráulico permanentemente impulsionado por uma bomba (ROCHAS DE QUALIDADE, 1989).

As placas obtidas logo após a serragem serão levadas às marmorarias para serem, numa primeira etapa, polidas. Nessa etapa, a superfície das placas brutas é desbastada para conferir a elas, aspecto e forma para o polimento final.

A seqüência dessas operações de acabamento é realizada com aplicações sucessivas de politrizes que trabalham com abrasivos sucessivamente mais finos, sendo as superfícies das placas desbastadas até a obtenção do polimento final (levigamento e polimento).

A partir da chapa plana e lisa, tem-se a operação de lustração, que irá conferir ao material o aspecto exigido para o uso final. A obtenção do lustre requerido exige tratamentos específicos, qualquer que seja o tipo de rocha processada.

Uma vez conferido o aspecto final da superfície das chapas, resta dar-lhes a forma e as dimensões almejadas. Nesta fase, as operações são normalmente executadas com o emprego de serras rotativas com discos diamantados para em seguida, o produto acabado ser utilizado na construção civil (CARUSO, 1985).

Nessas etapas a água é altamente desejável e em grande quantidade, não somente para resfriar os elementos abrasivos, como também para arrastar os detritos que vão sendo gerados.

3.2 O REJEITO GERADO NO DESDOBRAMENTO DE BLOCOS DE GRANITO

Para iniciar o corte dos blocos, normalmente parte-se de uma certa quantidade de mistura proveniente da serrada anterior. Quando isso não é possível, faz-se uma mistura com a seguinte composição: 50 a 100 kg de cal ou 30 a 50 kg de borra de carbu-reto de cálcio (CaC_2), sendo a granalha adicionada continuamente, em pequenas quantidades dosadas manualmente ou por um mecanismo de automação (SENAI, 1995).

A mistura abrasiva é bombeada sobre o(s) bloco(s) de modo homogêneo e contínuo em todas as lâminas (cerca de 100 lâminas constituem os teares utilizados atualmente). Em geral, esses sistemas são constituídos de distribuidores multibraços, cada qual com pontos bicos para a aspersão do fluido abrasivo (ROCHAS DE QUALIDADE, 1989).

Durante a operação de serragem dos blocos de granito, a composição da lama abrasiva nos teares passa por grandes variações em curto espaço de tempo. Isso ocorre em decorrência do incremento de fragmentos de rocha (pó), resíduos metálicos da granalha e das lâminas à mistura abrasiva, que, tendo sua composição básica inicial alterada, gradualmente perde eficiência (ROCHA DE QUALIDADE, 1993).

Se tais fragmentos não forem removidos periodicamente, a mistura irá reunir cada vez mais sólidos, aumentando consideravelmente sua viscosidade, reduzindo assim seu poder de corte, a ponto de, com o aumento da porcentagem dessas partículas sólidas, muita da energia aplicada entre a lâmina e a rocha ser desperdiçada em triturar fragmentos de rocha já cortada, além de aumentar o desgaste mecânico das

lâminas e do tear, o que pode resultar em defeitos nas chapas serradas (SENAI, 1993).

Será necessário, portanto, controlar a viscosidade da mistura abrasiva, o que é realizado acrescentando-se periodicamente água e descartando-se a parcela da mistura de menor granulometria, com características físicas que podem prejudicar o desenvolvimento da abrasão necessária ao processo de corte dos blocos. O resíduo descartado é constituído, ainda, por fragmentos metálicos provenientes do desgaste das lâminas e da granalha, além da cal ou substitutivos (calcário ou escória de alto-forno).

A (Foto 54) mostra um tanque de bombeamento da lama abrasiva num instante em que processa o descarte da parcela mais fina da faixa granulométrica da lama.

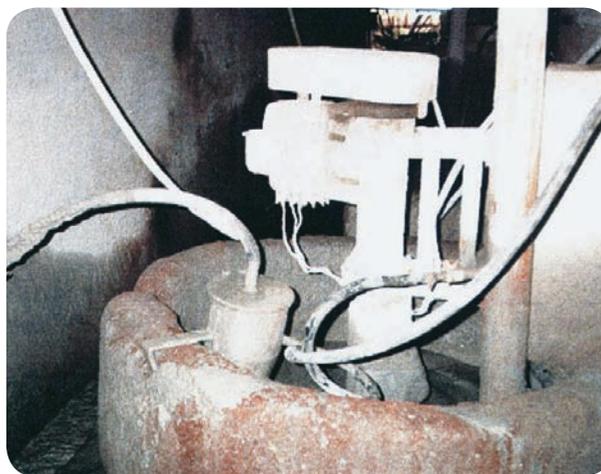


Foto 54. Tanque de bombeamento da lama abrasiva; em detalhe, o descarte de parcela da lama abrasiva para a calha de coleta

O tanque apresentado na figura anterior é um caso particular no qual é realizada a separação da fração de menor granulometria a ser descartada. Este processo é realizado pelo hidrociclone mostrado na foto.

Nos casos mais gerais, deixar-se-á o volume do tanque ser preenchido até atingir seu nível superior, o que possibilitará o descarte do material consti-

tuínte de menor granulometria. Uma vez que este apresenta menor densidade, irá posicionar-se por consequência nas regiões superficiais, de onde serão descartadas por transbordamento.

A partir desse descarte, a lama será transportada para uma canaleta, tipo a apresentada na (Foto 55), para ser depositada num poço e posteriormente bombeada para os tanques de disposição final.



Foto 55. Canaleta para transporte da lama descartada num tear

O que se observa na figura anterior é o caso específico de uma determinada empresa. No entanto, a maioria das empresas utiliza a canaleta de distribuição da lama descartada diretamente ligada ao tanque de recirculação da lama, abaixo do tear.

Após a lama descartada ser desviada por essas canaletas, irá de encontro a um poço que é utilizado para bombear o rejeito até o tanque de decantação. A (Foto 56) mostra esse poço de bombeamento do resíduo.

A partir desse poço o resíduo gerado na serra-gem de blocos de rochas ornamentais será bombeado até o tanque de disposição final, que pode apresentar as mais variadas formas e dimensões. A (Foto 57) apresenta um tanque de disposição final exatamente no momento em que é descartado o resíduo.



Foto 56. Poço de bombeamento do resíduo para a disposição final



Foto 57. Tanque típico de disposição final do resíduo da serra-gem de blocos de rochas ornamentais (descarte)

Esses tanques, na maior parte construídos de maneira inadequada, absorvem toda a geração do resíduo do desdobramento de rochas do empreendimento até completar o volume total disponível. Uma vez cessada essa disponibilidade, o volume deposita-

do será removido para que o tanque fique novamente pronto para estocar o resíduo.

De acordo com Prezotti (2005, p. 22)

Na quase totalidade dos casos, as empresas que trabalham com desdobramento de blocos lançam seus resíduos, em estado semi-sólido (lama fluida), em tanques de acúmulo diretamente no solo sem a devida impermeabilização. Não há nenhum tipo de recirculação do líquido. Ocorre eliminação de parte da água que constitui o resíduo, através de evaporação e infiltração no solo, permanecendo a outra parte como umidade dos resíduos acumulados no solo a céu aberto (Foto 57).

Cabe ressaltar que a questão do processo de infiltração da água e sua movimentação no perfil do solo ainda é um assunto desconhecido no caso dos efluentes de lama abrasiva e de lama proveniente da etapa de acabamento-polimento.

3.3 O REJEITO GERADO NA FASE DE POLIMENTO E ACABAMENTO DE CHAPAS DE GRANITO

Os resíduos provenientes desta etapa de beneficiamento são constituídos de resíduos semi-sólidos em forma de lama fluida, contendo material rocha com granulometria fina e de difícil sedimentação e resíduos sólidos compostos, especificamente, de restos de abrasivos que podem ser adiantados, resinados ou magnésicos, material plástico constituinte das pastilhas e embalagens (plásticos, papelão, etc).

Praticamente todas as empresas que trabalham com os processos de polimento e corte utilizam alguma forma de recirculação da água decantada. Normalmente, são utilizados tanques de concreto armado, dotados de chicanas, construídos enterrados, dimensionados sem critérios técnicos específicos

para esse tipo de resíduo (lama fluida do polimento), conforme se vê na (Foto 58). O material sedimentado é recalçado por meio de bombas hidráulicas para locais de acúmulo também dispostos no solo.



Foto 58. Sistema de tratamento de efluente do beneficiamento de resíduos de polimento. Fonte: Prezotti (2005)

3.4 USO DA ÁGUA NO PROCESSO SEGUNDO AVALIAÇÃO DE PREZOTTI

Geralmente, a água é captada do lençol freático, possivelmente com o bombeamento em rios, quando a indústria está próxima de corpos de água. A água é fornecida pela concessionária de água Cesan para algumas indústrias localizadas na Grande Vitória e em outros locais específicos. Não existe um levantamento fidedigno sobre a captação de água para o setor industrial.

Cabe ressaltar que o engenheiro e pesquisador Júlio César Simões Prezotti (PREZOTTI, 2003, 2005) estuda e monitora estações de tratamento de efluentes líquidos de indústrias de beneficiamento de mármore e granito no Espírito Santo.

Acrescente-se que tais informações são inéditas e muito há para fazer e pesquisar para conhecer real e profundamente o ciclo da água utilizada no processo. Um cadastro censitário de usuários necessita ser realizado, alcançando cada empresa de beneficiamento e polimento de rochas ornamentais instalada no Espírito Santo.

No entanto, a partir de estudos e informações daquele pesquisador, tornou-se possível a apresentação de uma estimativa a respeito da utilização de água no processo de desdobramento e acabamento de mármore e granitos no estado.

Segundo o pesquisador, as bases para o cálculo do consumo de água no processo de beneficiamento de rochas ornamentais no Espírito Santo são:

TEARES

Tabela 8. Teares no ES

REGIÃO DO ES	TEARES – quantidade estimada (b)
Norte do ES (a)	120
Grande Vitória	100
Sul do ES	580
Total no ES	800

Notas: (a) Teares no norte do ES: Nova Venécia = 55; Barra de São Francisco = 50; Ecoporanga = 4; outros no norte = 11; (b) Vazão estimada de água necessária 3,0 a 6,0 m³/dia x tear.

Os teares listados na Tabela 8 são aqueles com cerca 70-75 lâminas de corte. Os maiores, com cerca de 200 lâminas, estão incluídos na listagem por meio de medidas equivalentes realizadas.

CABEÇOTES DE POLIMENTO

Tabela 9. Cabeçotes de polimento no ES

REGIÃO DO ES	Cabeçotes de polimento – quantidade estimada (b)
Norte do ES (a)	250
Grande Vitória	250
Sul do ES	1500
Total no ES	2000

Notas: norte do ES: (a) Nova Venécia = 90; Barra de São Francisco = 90; Ecoporanga = 20; Outros no norte = 50; vazão estimada de água necessária = 15,0 a 25,0 litros/minuto x cabeçote.

DISCOS DE CORTE

Tabela 10. Discos de corte no ES

REGIÃO DO ES	Discos de corte – quantidade estimada (b)
Norte do ES (a)	80
Grande Vitória	Informações não disponíveis
Sul do ES	Informações não disponíveis
Total no ES	1000 (c)

Notas: norte do ES: (a) Nova Venécia = 30; Barra de São Francisco = 35; Ecoporanga = 5; Outros no norte = 10; (b)vazão estimada de água necessária = 20,0 a 25,0 litros/minuto x disco. (c) o valor real é desconhecido.

LIMPEZA DE BLOCOS E PISOS

Estimada entre 2,0 e 3,0 m³/bloco serrado.

De posse desses dados, ainda que se necessite de um levantamento mais completo, pode-se calcular o consumo de água no sistema de desdobraimento e acabamento:

Teares no ES: (em operação) = $800 \times 4,5 \text{ m}^3/\text{dia} \times \text{tear}^* = 3.600,00 \text{ m}^3/\text{dia}$

(*) Considera uma média dos valores encontrados pelo autor.

Cabeçotes de polimento no ES: (em operação) = $2.000 \times 20,0 \text{ litros/minuto} \times \text{cabeçote}^* = 28.800,00 \text{ m}^3/\text{dia}$.

(*) considera 12 horas de operação/dia.

Discos de corte no ES: $1.000 \text{ unidades}^* \times 22,5 \text{ litros/minuto} \times \text{disco}^{**} = 16.200,0 \text{ m}^3/\text{dia}$.

(*) 1.000 é uma quantidade suposta.

(**) considera 12 horas de operação/dia.

Limpeza de blocos e pisos: $6.400 \text{ blocos serrados/mês} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{bloco serrado}^* = 16.000 \text{ m}^3/\text{mês} = 534 \text{ m}^3/\text{dia}$.

(*) 800 teares realizando uma média de 08 serradas/mês/tear = $6.400 \text{ serradas/mês} = 6.400 \text{ blocos serrados/mês}$.

Totalizando, o consumo de água estimado necessário ao beneficiamento e ao acabamento de rochas no ES = $49.134 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Essa quantidade não considera a recirculação de água no sistema. Caso seja utilizado o sistema de tratamento de efluentes líquidos proposto pelo fluxograma da Figura X, o qual será apresentado, por conveniência, no tópico 6, pode-se estimar uma recirculação acima de 60% do valor total de água necessário. São poucas as empresas que utilizam um sistema de tratamento de efluentes líquidos. Assim, hoje cerca de 90% da água está incorporada na lama

proveniente do desdobraimento e do acabamento, a qual é depositada em tanques de disposição e grande parte é evaporada. Cabe ainda observar que a maioria dos tanques não é adequada, e, além disso, pouco se conhece a respeito do processo de transporte dos líquidos no subsolo (meios porosos) com possíveis contaminações ao próprio solo subsuperficial e de córregos e rios.

Transformando a vazão necessária, sem a utilização da recirculação, em termos de população equivalente, considerando-se um *per capita* médio para o ES de cerca 180 litros/habitante equivalente x dia, tem-se: Vazão para uma população equivalente = $(49.134 \text{ m}^3/\text{dia}) / (0,18 \text{ m}^3/\text{hab.} \times \text{dia}) = 273 \text{ mil habitantes/dia}$. Seria possível atender cerca de 273 mil habitantes/dia = 8,8% da população do Espírito Santo/dia com a água que é consumida no processo produtivo da indústria de pedras ornamentais. Cabe também raciocinar que este valor é muito próximo da demanda da capital do Espírito Santo, Vitória (292.304 habitantes no ano 2000).

Saliente-se que os cálculos apresentados devem ser vistos com certa precaução e têm a intenção de mostrar certa ordem de magnitude. Cálculos mais exatos dependeriam de um cadastro censitário de todo setor no Estado do Espírito Santo, sendo esta uma das importantes metas a serem perseguidas.

Em relação à etapa de extração de granito e mármore, não existem informações pesquisadas em campo e que as vazões necessárias para os equipamentos de corte não são muito significativos em relação às outras etapas do processo.

4 OS IMPACTOS AMBIENTAIS

4.1 A FASE DE DESDOBRAMENTO E POLIMENTO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

Diversos são os impactos causados pelo setor de rochas ornamentais desde sua pesquisa mineral até o corte de blocos e polimentos de chapas. Os impactos classificam-se também quanto ao enfoque do impacto, se de ordem social, econômica, civil-trabalhista, se causam danos diretamente à saúde do homem ou indiretamente por contaminação do meio ambiente.

Nesta seção, não se objetiva realizar uma abordagem tão ampla e sistêmica. Porém, antes de iniciar a descrição dos impactos causados pelas serrarias, torna-se importante mostrar, na Tabela 11, aqueles impactos que ocorrem sobre a qualidade da água e dos solos durante a pesquisa mineral, na exploração, no beneficiamento e nas áreas de apoio no processo de industrialização de rochas ornamentais.

Na área de desdobramento dos blocos de mármore e granito, basicamente o fluxo poluente pode ser visualizado na (Figura 53).

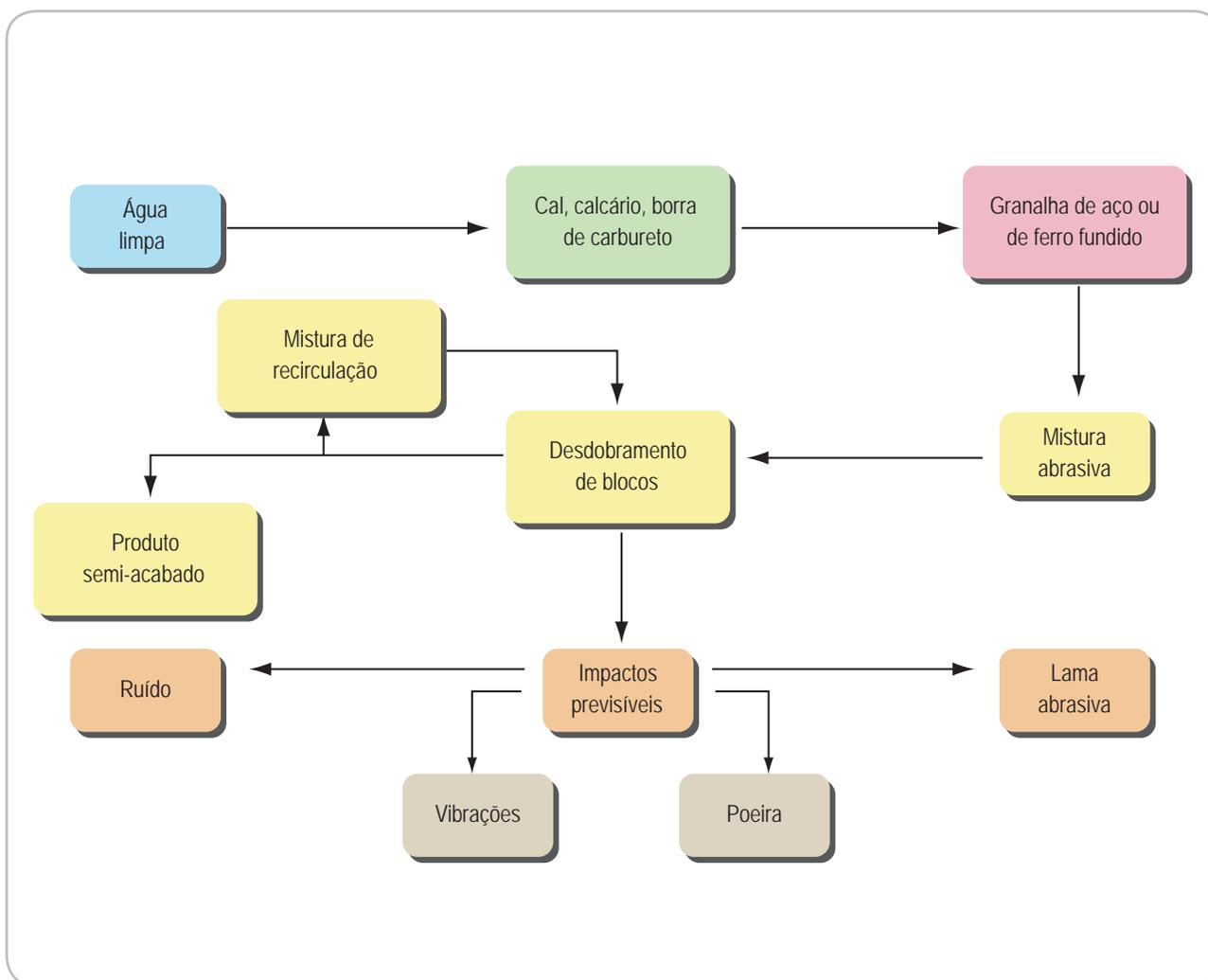


Figura 53. Esquema do fluxo poluente na serragem dos blocos de rochas ornamentais (SILVA, 1998)

Tabela 11. Impactos gerados durante a pesquisa mineral e demais etapas da industrialização de rochas ornamentais

Pesquisa mineral		
Tipo	Causa do impacto	Parâmetro gerador
Sondagem rotativa ou percussão	Arraste de partículas por água pluvial	Incremento de turbidez e sólidos sedimentáveis
Sondagem e amostragem de grandes volumes	Revolvimento e turbilhonamento de áreas alagadas e leitos de cursos d'água	Incremento de turbidez e sólidos sedimentáveis
Lavra (exploração)		
Tipo	Causa do impacto	Parâmetro gerador
A céu aberto, em bancadas	Arraste de partículas finas das áreas decapeadas por água pluvial	Incremento de turbidez e sólidos sedimentáveis
Desmorte hidráulico	Aporte de partículas por arraste pluvial e lançamento de resíduos sob a forma de polpa	Incremento de turbidez, sólidos sedimentáveis, pH e outros compostos
Beneficiamento		
Tipo	Causa do impacto	Parâmetro gerador
Serragem de blocos	Lançamento de rejeitos sob a forma de polpa em tanques de deposição ou nos cursos d'água	Incremento de turbidez e sólidos sedimentáveis, podendo ocorrer solubilização de metais pelo tempo de contato com a água
Polimento e corte	Lançamento de rejeitos sob a forma de polpa em tanques de deposição ou nos cursos d'água, podendo conter insumos químicos incorporados	Incremento de turbidez e sólidos sedimentáveis, podendo ocorrer presença de substâncias orgânicas
Áreas de apoio		
Tipo	Causa do impacto	Parâmetro gerador
Oficinas	Utilização de óleo combustível e lubrificante	Incremento na concentração de óleos e graxas
Moradias, cozinhas, sanitários, etc.	Lançamento de esgoto de material orgânico	Incremento no número de coliformes. Redução da quantidade de oxigênio dissolvido

Fonte: Ibram (1992), p. 23-24

A lama abrasiva geralmente é descartada em grandes tanques de disposição final existentes em grande parte das serrarias distribuídas no Estado do Espírito Santo. Estima-se que a quantidade gerada deste resíduo no Estado do Espírito Santo esteja em torno de 60 mil toneladas/mês (massa úmida) ou 49 mil toneladas/mês (massa seca), considerando apenas 60% da capacidade de serragem.⁴ Os resul-

tados das pesquisas realizadas por Prezotti (2003) mostram números em torno de 1.500 m³/dia ou 3 mil toneladas/dia de lançamentos, o que significa 90 mil toneladas/mês (massa úmida) de efluentes líquidos do setor.

No caso da lama abrasiva, são utilizados cerca de 500 kg de granalha de aço por serrada (um conjunto de lâminas realiza cerca de duas serradas). Pode-se

⁴A quantidade gerada de resíduo, lama abrasiva e lama decorrente do polimento necessitam de avaliações mais fidedignas, ainda que os valores apresentados forneçam uma boa ordem de grandeza na atualidade.

estimar que juntamente com os efluentes são descartados cerca de 186 mil kg/dia de resíduos ferrosos sem os devidos controles para redução de impactos ambientais (PREZOTTI, 2003).

Cabe ressaltar que, durante o processo de serragem, 25% a 30% do bloco são transformados em pó (a diminuição dessa perda depende muito da melhoria da tecnologia de corte). Tal material, proveniente da serragem, em geral cortado nos teares convencionais, está adicionado da granalha de aço, água, calcário, etc. Assim, o tratamento do referido resíduo deve ser uma grande prioridade do setor, enfatizando-se que sua disposição final sob a forma de aterros industriais determina a formação de grandes ambientes desérticos, não sendo a melhor solução para o problema.

Assim, torna-se premente que seja viabilizado o aperfeiçoamento do processo produtivo e o desenvolvimento de tecnologias para a redução de resíduos, bem como para sua reciclagem, o que agregará valor ao produto final e permitirá sua aplicação em outros setores industriais. O aterro industrial deve ser, sempre, a última alternativa em uma política ambiental correta.

A (Foto 59) mostra as dimensões superficiais que podem atingir um tanque de deposição final de resíduo da serragem de blocos de rochas ornamentais.



Foto 59. Tanque de deposição final de resíduo de serragem de blocos de rochas ornamentais

A (Foto 60) mostra a profundidade e as dimensões que podem atingir um tanque de disposição final do resíduo, enquanto a (Foto 61) apresenta um local de descarte final sob condições de saturação. Em tais condições, a quantidade excessiva de resíduo será retirada e depositada em outras regiões.



Foto 60. Profundidade do tanque com a lama abrasiva solidificada



Foto 61. Condições finais de um tanque

Na (Foto 62) pode ser visualizado o contraste ambiental que existe nas regiões produtoras de rochas ornamentais. Apesar do esforço e da preocupação dos setores envolvidos e das próprias empresas, os resíduos e os rejeitos gerados muitas vezes são lançados diretamente no ambiente natural, sem serem submetidos a qualquer processo de tratamento para eliminar ou reduzir os constituintes presentes nos despejos.

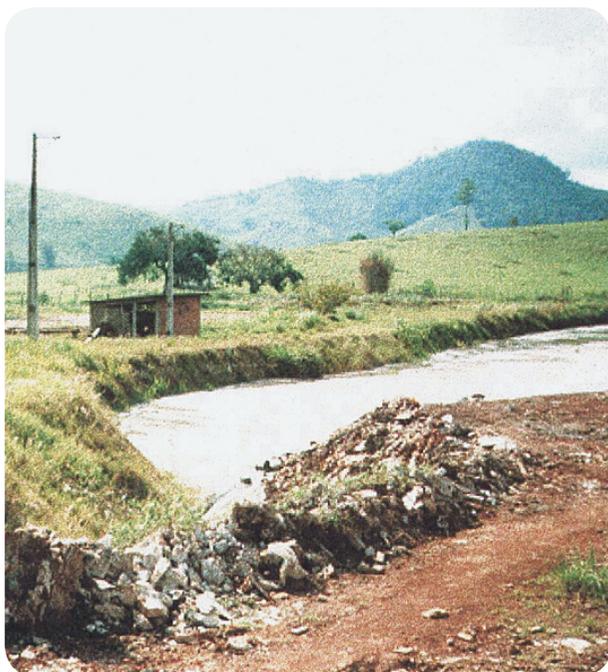


Foto 62. Contraste ambiental nas regiões produtoras de rochas ornamentais

Pode acontecer de os resíduos serem lançados diretamente nos corpos de água. Caso sejam lançados no solo, podem estar sendo depositados em locais inadequados sem a devida proteção e impermeabilização. Isto, além de contaminar o próprio solo, pode alterar as condições naturais do subsolo e do lençol de água subterrânea. Na (Foto 63) visualiza-se uma situação em que o resíduo é lançado diretamente em um curso de água e é possível observar a alteração da cor da água e a modificação do pH (prejuízos à fauna e à flora).



Foto 63. Lançamento do resíduo de serragem de rochas ornamentais em um curso de água

A (Foto 64) ilustra o acúmulo de resíduos gerados numa serraria de blocos de rochas.



Foto 64. Acúmulo de resíduos gerados

Em resumo, os dados de Prezotti (2003) permitem constatar que, em quase a totalidade dos casos, as empresas que trabalham com desdobramento de blocos lançam as águas residuárias de seus teares em tanques de acúmulo diretamente no solo sem a devida impermeabilização. Não há nenhum tipo de recirculação do líquido; uma parte evapora ou se infiltra no solo, enquanto a outra permanece como umidade nos resíduos acumulados.

As empresas que realizam processos de separação de fases dos efluentes gerados, cerca de 2% das 1.200 empresas implantadas no estado, utilizam sistemas de tratamento cuja concepção de projeto se resume em tratamento físico-químico, consistindo de dosagem de coagulante, sedimentação primária e utilização de filtro-prensa para desidratação do material sedimentado.

4.2 IMPACTOS DE ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS

Ainda que exista muita carência de estudos e pesquisas sobre os danos aos corpos de água e ao lençol freático, apresentam-se alguns resultados verificados por diferentes pesquisadores.

- Avaliação de alterações de qualidade das águas
Caiado e Mendonça (1995) divulgaram os resultados dos estudos de avaliação das alterações de qualidade das águas nas bacias dos rios Castelo, Fruteiras e trecho final do rio Itapemirim, localizadas nas proximidades da cidade de Cachoeiro do Itapemirim, sul do Estado do Espírito Santo.

Os resultados obtidos foram comparados com aqueles correspondentes à bacia do rio Norte Braço Direito, que drena regiões de pastagem e agricultura, possuindo aforamentos de gnaisses, que ainda não motivou maiores investimentos para a exploração, sendo por isso tomada como testemunha.

A pesquisa mostrou que as atividades de mineração e beneficiamento de mármore e granito causam alterações significativas na qualidade dos recursos hídricos regionais, com incremento das concentrações de todos os parâmetros analisados, exceto as concentrações de magnésio e ferro, que não apresentaram alterações que pudessem ser caracterizadas como resultados de impactos dessas atividades.

As alterações de qualidade das águas observadas pelos pesquisadores indicam a necessidade de um maior controle das empresas, que têm causado prejuízos à utilização dos recursos hídricos regionais, e alterações danosas à fauna e à flora aquática.

- Análise de solubilização e lixiviação dos resíduos gerados na fase de desdobramento de rochas ornamentais (in natura e incorporados em produtos)

Em sua dissertação de mestrado, Silva (1998) explorou de maneira extensa as características do setor de industrialização das rochas ornamentais, buscando evidenciar o processo de geração e disposição final do rejeito gerado na serragem de blocos de granito. Realizou-se a caracterização química, morfológico-estrutural, física e ambiental, e também se verificou a potencialidade deste resíduo para a produção de elementos de construção.

Os ensaios apresentados na dissertação em pauta evidenciam que, apesar de o resíduo ser classificado *in natura* como classe II – não inerte, por apresentar concentrações de alumínio acima dos limites máximos estabelecidos pela NBR 10.004/87, quando incorporado a algum produto como argamassas e tijolos não oferece riscos ambientais, isso constatado por análises de solubilização (NBR 10.006/87) e lixiviação (NBR 10.005/87). Sendo redundante, a incorporação do resíduo sólido a produtos típicos da indústria da construção, da indústria cerâmica ou outras mitiga ou elimina o impacto ambiental causado pelo resíduo *in natura*.

- Análise de solubilização e lixiviação dos resíduos gerados na fase de desdobramento de rochas ornamentais (*in natura*)

Estudos realizados por Gonçalves (2000), citado por Prezotti (2005), visando a utilização do resíduo do corte do granito em concreto, foi avaliado o risco ambiental deste material por meio de ensaios de

lixiviação (NBR 10.005/87) e solubilização (NBR 10.006/87). Os RBRO⁵ foram classificados como classe II – não inerte, por apresentarem concentrações de fluoreto acima dos limites máximos estabelecidos pela NBR 10.004/87.

Segundo Prezotti (2005), apresentando os resultados parciais da amostragem e a caracterização dos resíduos semi-sólidos desidratados (lama fluida desidratada), realizada conforme a NBR 10.004/04, as análises laboratoriais indicam a classificação destes resíduos como classe II A – não inerte, por apresentarem concentrações de cádmio (análises de lixiviação, resultado de uma das empresas analisadas) e ferro (análises de solubilização, resultado de uma das empresas analisadas) e fluoreto (análises de solubilização, resultado de uma das empresas analisadas) acima dos limites máximos estabelecidos pela NBR 10.004/87. Estes resultados coincidem com as informações existentes na literatura sobre o tema.

Destaca-se, no entanto, que não é possível afirmar, conclusivamente, a classificação desse tipo de resíduo, uma vez que os estudos de caracterização publicados sobre os RBRO no Brasil são em número reduzido, e a metodologia empregada não possui representatividade estatística, principalmente quanto às campanhas de amostragem e aos parâmetros de caracterização ambiental estudados.

Os resultados obtidos das análises laboratoriais efetuadas, até o presente momento, indicam a classificação dos resíduos semi-sólidos desidratados (lama fluida desidratada) como de classe II A.

Segundo o autor do trabalho, pretende-se ampliar o número de amostras, analisando os resíduos em estado semi-sólido segregando-os por etapa do processo de beneficiamento: serragem e polimento. O objetivo é obter conhecimento específico por tipo de resíduo para viabilizar um tratamento diferencia-

do e uma maior eficiência na mitigação dos impactos potenciais associados ao processo.

5 PROJETOS DE PESQUISA DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO PELO MEIO ACADÊMICO-CIENTÍFICO, ENVOLVIDOS COM AS SOLUÇÕES PARA APROVEITAMENTO DA LAMA ABRASIVA GERADA NO PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DE BLOCOS DE MÁRMORE E GRANITO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Existe um trabalho e um esforço significativos tanto em nível regional como nacional no sentido de encontrar aplicações para a lama abrasiva; em geral, pesquisas voltadas para as potencialidades de utilização do resíduo na indústria da construção civil como artefatos e materiais de construção, na área rodoviária, na indústria cerâmica e outros.

Particularmente, no Espírito Santo, desde 1995 os autores deste tópico vêm desenvolvendo pesquisas no âmbito do Núcleo de Desenvolvimento em Construção Civil (NDCC), no Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, na área de aproveitamento da lama abrasiva em argamassas de assentamento de blocos de alvenaria e em tijolos de solo-cimento (projeto de pesquisa fomentado pelo SEBRAE-ES). Tais pesquisas culminaram em uma dissertação de mestrado em engenharia ambiental de Silva (1998) e dois artigos publicados em Congressos Nacionais: Calmon et al. (1997a); Calmon et al. (1997b) e Calmon et al. (1998). A pesquisa e a própria dissertação foram bem amplas, envolvendo

⁵ Resíduos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais.

além das aplicações estudadas, uma caracterização do ponto de vista químico, morfológico, microestrutural e ambiental da lama abrasiva. Do ponto de vista ambiental foi analisado o resíduo tanto em forma bruta como quando incorporado em novos materiais (argamassas e tijolos de solo-cimento).

5.1 PROJETOS DE PESQUISA DESENVOLVIDOS

Sem a ambição de esgotar o assunto, mas tentando ser o mais fidedigno possível, mostra-se na Tabela 12 os projetos de pesquisa e/ou artigos publicados, em sua maioria, nacionais, buscando aplicabilidade para

Tabela 12. Artigos publicados relativos à aplicabilidade da lama abrasiva

Autor (ano)	Título
Freire e Motta (1995)	Potencialidades para o aproveitamento econômico de rejeito da serragem de granito
Calmon et al. (1997a)	Reciclagem do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas
Calmon et al. (1997b)	Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento
Calmon et al. (1998)	Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de tijolos de solo-cimento
Silva (1998)	Caracterização do resíduo de serragem de blocos de granito. Estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solo-cimento
Gonçalves (2000)	Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos
Lima et al. (2000)	Estudo da viabilidade técnica da substituição dos pós cerâmicos convencionais por pó de granito na injeção de peças cerâmicas à baixa pressão
Hernández-Crespo e Rincón (2001)(1)	<i>New porcelainized stoneware materials obtained by recycling of MSW incinerator fly ashes and granite sawing residues</i>
Falcão Pontes e Stelling Júnior (2001)	Utilização de finos de serrarias do Espírito Santo nas indústrias de construção civil
Rodrigues (2001)	Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como filer no concreto asfáltico usinado a quente
Gonçalves et al. (2002)	Avaliação da influência da utilização do resíduo de corte de granito (RCG), como adição, em propriedades mecânicas do concreto
Alvarenga (2002)	Habitação em estrutura de aço leve e de componentes reciclados. Um ensaio projetual
Moura et al. (2002)	Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso
Menezes et al. (2002)	O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas
Moreira et al. (2003)	Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do Estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha
Miranda et al. (2003)	Utilização de resíduos de caulim e granito para a composição de massas plásticas na confecção de grês-cerâmicos. Anais....UFPB, 2003
Ferreira et al. (2003)	Aproveitamento de resíduos industriais provenientes de serragem de granitos para uso na composição de massas para confecção de revestimentos cerâmicos
Silva et al. (2003)	Reciclagem de resíduos de granitos para uso na composição de massas plásticas para confecção de ladrilhos cerâmicos rústicos.
Souto et al. (2003)	Utilização de rejeitos da serragem de granitos em composições de cerâmica branca. Anais... UFPB, 2003
Prezotti (2003)	Resultados de monitoramentos de estações de tratamento de efluentes líquidos de indústrias de beneficiamento de mármore de granito implantadas no município de Cachoeiro de Itapemirim
Menezes et al. (2004)	Use of granite sawing wastes in the production of ceramic bricks and tiles
Souza et al. (2004)	Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como materiais de enchimento em concretos asfálticos usinados a quente

Continua...

Tabela 12. Artigos publicados relativos à aplicabilidade da lama abrasiva (continuação)

Autor (ano)	Título
Calmon (2005)	O estado atual das pesquisas sobre o resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais. Enfoque no potencial de utilização
Prezotti (2005a)	Proposta de gerenciamento para resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais
Costa (2005)	Valorização de resíduos de pedreiras de mármore como agregados secundários para a construção
Mothé Filho (2005a)	Estudo do efluente líquido da indústria do mármore e granito
Correa (2005)	Uso de resíduos das serrarias de rochas ornamentais na composição do asfalto
de Mello (2005)	Avaliação da utilização da lama proveniente d acabamento de mármore e granitos como matéria prima em cerâmica vermelha
Mello (2005)	Possibilidade de aproveitamento dos resíduos finos da serragem de blocos de mármore e granitos pela indústria de cimento
Mothé Filho (2005,b)	Reciclagem: o caso do resíduo sólido das rochas ornamentais

Nota: (1) os autores são do Instituto de Ciências de la Construcción Eduardo Torroja, Madri, Espanha.

o resíduo gerado. Têm sido apontadas grandes perspectivas de utilização principalmente na cadeia produtiva da indústria da construção civil e na indústria cerâmica.

Nas pesquisas apresentadas no Quadro 6 cabe esclarecer que no caso de aplicação dos resíduos de rochas ornamentais, na maioria dos trabalhos estes foram usados tal qual, isto é, com a granalha incorporada ao resíduo. Alguns trabalhos estudaram a questão da separação magnética da granalha, testando diferentes métodos de separação magnética, avaliando-se qual o mais eficaz.⁶

Cabe ainda ressaltar que mesmo utilizando o processo de separação magnética nem toda a granalha conseguiria ser retirada, pois cerca de 60% das partículas apresentam suscetibilidade magnética em temperatura ambiente (ver espectroscopia Mössbauer em Silva, 1998). Percebe-se que utilizar o resíduo na indústria cerâmica requer mais cuidado, entretanto não é inviável, e já existem muitos casos de sucesso. Apesar de existirem vários trabalhos, utilizam-se aqui algumas conclusões dos pesquisadores Falcão Pontes e Stellin Júnior (2001):

- Existe viabilidade técnica de se purificar o resíduo através da separação magnética de alta intensidade. Tal processo foi capaz de remover o Fe em até 75%, reduzindo o teor de 3,2% para 0,7%, viabilizando a sua utilização em usos mais nobres.
- Os estudos de purificação com o ciclone necessitam ser aprofundados, pois apesar dos resultados obtidos (remoção de 30% Fe) serem inferiores aos da separação magnética, estes resultados poderão ser melhorados. Além disto, esta rota apresenta baixos custos de investimento operacional.
- Os resultados obtidos para uso do resíduo na cerâmica vermelha e na construção civil foram considerados promissores.
- O resíduo beneficiado pode ser utilizado em até 30% nas formulações de massa para cerâmica vermelha.
- Em face de sua granulometria, o resíduo beneficiado pode substituir com vantagens a argila grosseira que os ceramistas normalmente misturam com sua argila mais fina para diminuir a plasticidade.

⁶ Ver, por exemplo, Falcão Pontes e Stellin Júnior (2001).

- O resíduo não beneficiado traz problemas para obtenção da resistência mecânica mínima a 900 °C nas proporções de 20% e 30%.
- Apesar do resíduo não beneficiado atender aos requisitos a 1100 °C, ele apresenta defeitos superficiais e internos do tipo coração negro que inviabilizam o seu uso em formulações de peças de cerâmica vermelha.
- O resíduo não beneficiado traz problemas para obtenção da resistência mecânica mínima a 900 °C, nas proporções de 20% e 30%.

Uma pesquisa a ser destacada foi desenvolvida por Alvarenga (2002) sob a orientação do Professor J. L. Calmon, um dos autores deste estudo de caso. A pesquisa culminou numa dissertação de mestrado intitulada Habitação em estrutura de aço leve e de componentes reciclados. Um ensaio projetual. O projeto conjugou os conceitos de sustentabilidade, com utilização de aço na estrutura e diferentes componentes reciclados como elementos de arquitetura. Um dos componentes foram as paredes de vedação da edificação projetada, utilizando-se casqueiros de granito provenientes da indústria de rochas ornamentais.

A idéia consiste na utilização do casqueiro, resíduo abundante, como alternativa de vedação de edificações. Apresenta baixo custo, é resistente e durável, e pode ser viabilizado a partir de tecnologias já conhecidas e acessíveis.

O bloco de granito, quando serrado para a produção de placas, tem como rejeito a primeira e última “fatia”: o casqueiro, que se pode ver na (Foto 65). Este possui uma característica bastante importante para o uso proposto: um lado liso, serrado, e outro rugoso, com espessura não uniforme. Como o sistema estrutural *light steel frame* se utiliza de vedações na forma de sanduíche, ou seja, os painéis ou placas

são instalados em ambos os lados da estrutura, escondendo-a, pode-se utilizar o lado liso aparente e o lado irregular para o vão interno. E foi a partir desta estratégia que se desenvolveu esta alternativa de vedação externa de edificações.

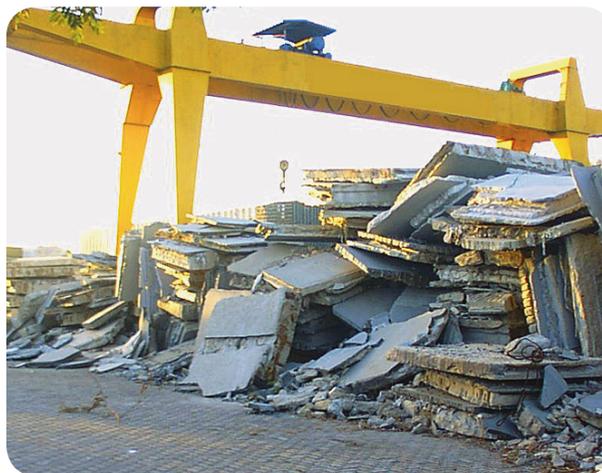


Foto 65. Primeira e última “fatia” proveniente da serração de blocos no tear

Um outro trabalho importante que vem sendo realizado é o do *Atecel*[®] (Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior), em convênio com a Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Desenvolve-se importante linha de pesquisa na área de aproveitamento de resíduos, a que se tem chamado “Esse lixo é um luxo”. Entre os vários projetos destaca-se “Tirando leite de pedras”.

O objetivo geral do projeto é o desenvolvimento, na Paraíba, de uma cultura de aproveitamento de materiais pétreos e resíduos minerais em geral. Os objetivos específicos são: a) produção de tijolos e blocos para construção à base de compósitos de resíduos sólidos; b) Produção de pedras ornamentais e peças de artesanato, também à base de compósitos de resíduos; c) manufatura de utensílios para residências e escritórios, constituídos de compósitos econômicos e ecológicos; d) produção de insumos

para construção civil a partir do aproveitamento de sobras de construção e entulhos de demolição; e) redução do volume de resíduos a serem administrados pelo poder público; f) barateamento da construção civil e outros.

Cabe ressaltar também o trabalho da equipe da UFPB, relativo à utilização do resíduo do setor de rochas ornamentais na indústria cerâmica e o trabalho que vem sendo desenvolvido na Universidade Estadual de Feira de Santana (Uefs). BA na área de aproveitamento da lama abrasiva como materiais de construção.

5.2 PROJETOS DE PESQUISA EM DESENVOLVIMENTO

Encontra-se em desenvolvimento uma pesquisa conjunta entre a Universidade Estadual de Feira de Santana (Uefs), a Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) e o Centro Tecnológico do Mármore e Granito (Cetemag), fomentado pela Finep/MCT. O projeto é intitulado Projeto RSROHIS – Projeto de Utilização de Resíduos de Rochas Ornamentais na Produção de Peças Pré-Moldadas para Habitação de Interesse Social. O projeto tem como coordenadores o professor doutor Washington Moura (Uefs) e o professor doutor. Ing. João Luiz Calmon (Ufes).

A relevância do projeto está fundamentada em duas vertentes. A primeira vertente é concernente à questão ambiental relativa aos resíduos provenientes de corte de granito produzidos tanto no Espírito Santo, um dos maiores produtores de granito do país, quando no Estado da Bahia. A outra vertente refere-se à questão da demanda habitacional nacional, na qual tais resíduos podem ser utilizados para confeccionar diferentes elementos de arquitetura para a indústria da construção civil.

O referido projeto é um bom indicador e exemplo da integração de pesquisa entre universidades, criando redes de pesquisadores com o objetivo de resolver um problema que além de regional é nacional.

No projeto será avaliada a viabilidade da utilização do resíduo de serragem de rochas ornamentais (mármore e granitos) para produção de peças pré-moldadas (blocos de vedação e pisos pré-moldados) para Habitação de Interesse Social (HIS), o que contribuirá para a inovação tecnológica de produtos, ao mesmo tempo em que agregará valor ao resíduo utilizado, com a oferta de um produto alternativo voltado à construção de moradias para famílias de baixa renda.

Na área de concreto auto-adensável, pesquisas estão em desenvolvimento no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Ufes sob a orientação do professor doutor Ing. João Luiz Calmon. Como o concreto auto-adensável necessita de quantidade considerável de *filler*, os resíduos de mármore e granito estão sendo pesquisados para utilização em grandes quantidades. Ainda não existem resultados conclusivos.

Na (Figura 54) apresenta-se um esquema que mostra as possíveis utilizações da lama abrasiva por setores industriais.

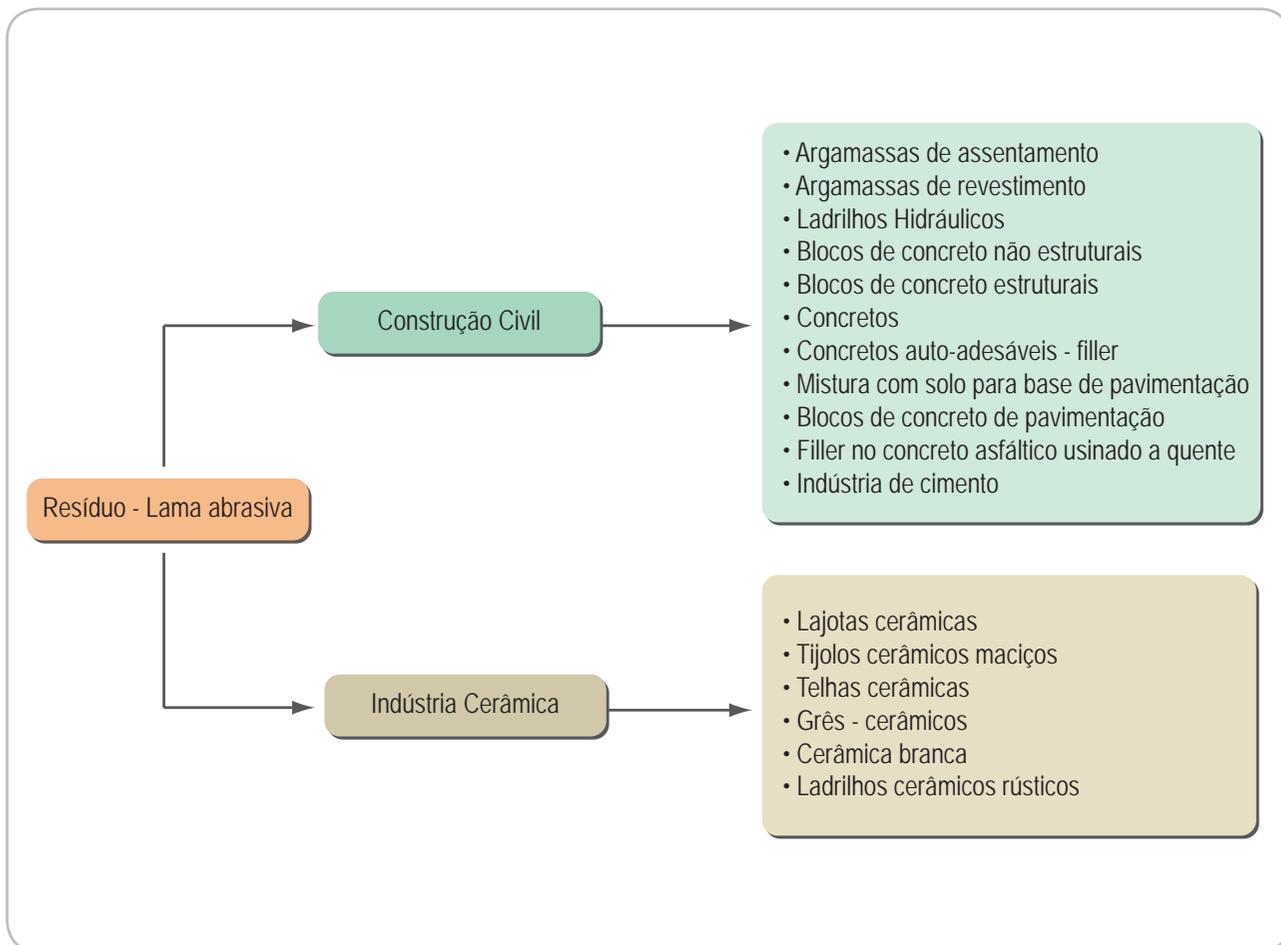


Figura 54. Utilizações da lama abrasiva na indústria da construção civil e cerâmica

5.3 PROJETOS DE PESQUISA FORMULADOS A SEREM DESENVOLVIDOS

- Integração das pesquisas desenvolvidas para a lama abrasiva – Rochab⁷.

A referida integração das pesquisas, anteriormente citada foi proposta por Calmon (2004) em projeto apresentado ao Centro Tecnológico do Mármore e Granito (Cetemag) (Cachoeiro do Itapemirim-ES-Brasil) com o objetivo de conseguir financiamento para o desenvolvimento do projeto.

O objetivo geral do projeto é integrar o conhecimento gerado em pesquisas desenvolvidas até o momento. Além de integrar, objetiva-se otimizar os investimentos até agora realizados em P&D por dife-

rentes agentes fomentadores. Para tal, parte-se para a fase de desenvolvimento experimental, engenharia de produto e de processo, chegando decisivamente à transferência de tecnologia, principalmente para micro e pequenos empresários (na maioria das vezes empresários de fundo de quintal) produtores de diferentes produtos ou elementos de edificações.

Usa-se para isto a construção de um protótipo de habitação denominado Rochab, construído com componentes ou produtos que utilizam o Resíduo da Serragem de Rochas Ornamentais (RSRO) em sua composição. Estes componentes são: concreto com adições para diferentes elementos da habitação (Econcreto), blocos de concreto para alvenaria

⁷ Núcleo de Desenvolvimento em Construção Civil (NDCC) e Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

estrutural (Ecobloco), argamassas de revestimento e assentamento (Ecomassa), telhas de concreto (Ecotelha), blocos para pavimentos intertravados (Ecopav) e ladrilhos hidráulicos (Ecopiso). A unidade habitacional a ser construída dará visibilidade à viabilidade sócio-econômico-ambiental da utilização dos diferentes produtos citados. O protótipo poderá vir a utilizar, do mesmo resíduo, por unidade habitacional de 42,00 m² de área construída, cerca de cinco a seis toneladas de RSRO.

Cabe salientar que a solução para a viabilidade econômica da exploração do resíduo não está necessariamente ligada a construções residenciais, mas à integralidade dos pequenos fabricantes de artefatos e materiais de construção. Tais fabricantes não vender tais produtos com resíduo incorporado, de acordo com as especificações exigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Para a sustentabilidade ambiental, o ideal é que haja a alternativa de gerar a menor quantidade de resíduos possível, ainda na fase de projeto do processo de fabricação. Quando isso já não é mais possível então a reciclagem dos resíduos gerados é o próximo passo. Por último, deve-se optar pelos aterros e pelos depósitos de resíduos das diferentes classes.

Não há dúvidas, entretanto, que o mercado da construção civil é uma excelente alternativa para a aplicação desse grande volume de material gerado e descartado durante o processo de fabricação.

A casa construída (Rochab) será um símbolo para apresentar as diferentes possibilidades de produtos que utilizam o RSRO, e integrando e consolidando as pesquisas realizadas até o momento em nível nacional.

O aperfeiçoamento de tecnologias desenvolvidas em fase de pesquisa aplicada de diferentes produtos em conjunto com a engenharia de processo e de produto é a grande tônica do projeto. O protótipo demonstrará a capacidade de absorver o RSRO em

diferentes componentes de uma habitação de interesse social, cerca de cinco a seis toneladas por unidade. Estima-se que um pequeno conjunto residencial com duzentas casas consumiria cerca de 1.100 toneladas do resíduo, sem contar a pavimentação de ruas, cujo consumo do RSRO seria de aproximadamente 150 t/km para a pavimentação intertravada de blocos com 6 cm de espessura. Em termos de moradias, o consumo estimado para um conjunto de 12 blocos com 16 unidades habitacionais cada é de mais de trezentos toneladas do RSRO somente nos blocos de alvenaria estrutural.

• Projeto Socioambiental – Cetemag

O projeto socioambiental tem por objetivo geral delinear os primeiros passos de um macroprojeto de ações integradas que contribuirão para o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias, voltadas para o equacionamento dos problemas socioambientais, que atualmente dificultam o desenvolvimento das atividades do APL em Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Entre vários objetivos específicos do projeto, destacam-se: a) criar, em formato de condomínio, núcleos espalhados geograficamente para depósito, tratamento e reaproveitamento dos resíduos gerados pelas atividades do setor, de acordo com as exigências dos órgãos ambientais; b) atrair empresas que utilizem esses resíduos como matérias-primas em seus processos produtivos; c) desenvolver parcerias tecnológicas que ampliem o leque de utilização produtiva dos resíduos; d) reaproveitar os resíduos gerados no processo produtivo; e) gerar empregos para as comunidades de cada núcleo por meio da criação de novos empreendimentos; f) preservar o ambiente onde está inserido o APL; g) consolidar a imagem de um setor comprometido com a integridade ambiental e social de sua região; h) propiciar áreas de treinamento e lazer

para a população de cada núcleo; i) recuperar áreas degradadas; j) formar parques ambientais das empresas de mármore e granito; k) lançar o Selo Socioambiental para as empresas participantes dos núcleos.

As idéias e os objetivos contidos no projeto são de vital importância para que as pesquisas científicas realizadas até o momento possam ser aplicadas, já que são dependentes de uma logística de armazenamento do resíduo e da conscientização dos microempresários, que poderão vir a fabricar artefatos para as indústrias de construção civil e de cerâmica, entre outras.

6 EQUIPAMENTOS E NOVAS TECNOLOGIAS INSERIDAS NO PROCESSO PRODUTIVO

6.1 O ECOTEAR (SINDIROCHAS, 2004A)

O empresário Aristides Fraga Filho desenvolve, há nove anos, um equipamento que visa a desdobrar blocos de rochas sem o uso de água. O equipamento, denominado Ecotear, compatibiliza a preservação do meio ambiente à economia no processo produtivo e poderá revolucionar toda a produção das rochas ornamentais.

O Ecotear é uma máquina com nove metros de comprimento por quatro metros de largura que pesa cerca de 45 toneladas. É menor que o tear convencional e sua utilização objetiva o desdobramento de blocos em chapas. A novidade é que ele não utiliza água no processo de corte, o que minimiza o impacto ambiental do processo industrial do beneficiamento de rochas ornamentais.

No Ecotear, além de não se usar água, o corte do bloco é feito na vertical, o que possibilita a inserção da granalha diretamente no sulco do corte por meio de um sistema de dosagem e distribuição que alimenta cada canal individualmente.

O Ecotear gera resíduo em forma de pó, que o distingue ainda mais do tear convencional, cujo resíduo é a lama abrasiva. O equipamento será enclosurado para evitar o arraste das partículas em suspensão, possibilitar o recolhimento do resíduo e também evitar o ruído excessivo, deixando-o dentro dos padrões exigidos por lei.

Segundo o empresário que desenvolve o equipamento, à medida que o resíduo é gerado ele passa por um processo de separação magnética para segregar as partes metálica e mineral. Conforme os planos, o resíduo mineral poderá ser empacotado e vendido para a produção de argamassas e outros artefatos. Já o resíduo metálico poderá ser utilizado por siderúrgicas que usam o material na fabricação de aço.

Aguarda-se a liberação do financiamento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) para que os testes sejam iniciados.

6.2 O FILTRO-PRENSA

O filtro-prensa é um equipamento fundamental no processo produtivo do setor do mármore e granito. Atua em um processo de prensagem que elimina da lama abrasiva o excesso de água e devolve à indústria esta mesma água para ser reutilizada no resfriamento durante o processo de corte dos blocos nos teares. Esta redução da umidade no processo de prensagem torna o resíduo mais adequado para utilização no processo de confecção de materiais de construção e de produtos na indústria cerâmica.

Uma importante solução seria colocar filtros-prensa nos núcleos ou centrais de resíduos das indústrias para reutilização da água contida na lama abrasiva e beneficiamento do resíduo para armazenagem e posterior utilização. Essa idéia está contida no Projeto Socioambiental do Cetemag no qual se pretende criar, em formato de condomínio, núcleos ou centrais de resíduos espalhados geograficamente no âmbito do APL. Tais centrais serão para depósito,

tratamento e reaproveitamento dos resíduos gerados pelas atividades do setor e estarão de acordo com as exigências dos órgãos ambientais. Ao mesmo tempo, pretende-se fomentar a utilização do resíduo nas empresas interessadas.

6.3 UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO PROCESSO INDUSTRIAL

Com o objetivo de promover a economia, o aproveitamento racional dos recursos naturais e conscientizar os empresários sobre a importância da reutilização da água, o consultor do Sindirochas, Engenheiro Marlon Antônio Machado, vem divulgando, entre os empresários do setor, a prática de captação de água da chuva para uso nos processos industriais (SINDIROCHAS, 2004c).

De acordo com aquele consultor, existem hoje no sul do estado cerca de 1.500 empresas do setor de rochas ornamentais. Considerando que as instalações industriais possuem, no mínimo, oitocentos metros quadrados de área coberta, isso daria um total de 1.200 quilômetros quadrados de área coberta disponível para o recolhimento de água da chuva. Algumas empresas já estão fazendo essa captação via cisterna.

O pesquisador Julio Prezotti estimou, no contexto do licenciamento da empresa Bruno Zanetti, a possibilidade de coleta de cerca de 960 m³/mês, considerando uma área coberta de cerca de 10.000 m² e média mensal de precipitação em torno de 120 mm/mês. No caso em pauta, foi construída uma cisterna com cerca 450 m³ para armazenamento das águas pluviais coletadas.

Com a coleta de água de chuva para uso no processo de beneficiamento de rochas e considerando uma média de 1.000 m² de área coberta/empresa e um total de cerca oitocentas empresas de porte (não inclui as pequenas empresas), será possível captar cerca 2.560 m³/dia, valor este equivalente a 5,2%

do total necessário para o setor no Espírito Santo (49.134 m³/dia). Supondo que 75% da água seria recirculada usando sistema de tratamento dos efluentes e o filtro-prensa (consumo de água reduzido em aproximadamente 36.851 m³/dia) e considerando a viabilidade de captação de águas pluviais (2.560 m³/dia), o sistema necessitaria captar de outras fontes em torno de 9.724 m³ de água/dia.

Portanto, a vazão de água da chuva se fosse coletada seria: $Q = c \cdot I \cdot A$, onde c = coeficiente de escoamento superficial (adotado = 0,8 para cobertura de telha de concreto armado); I = precipitação mensal = 0,12 metros /mês; e A = área de coleta = 10.000 m². A vazão seria de $Q = 0,8 \times 0,12 \times 10.000 = 960$ m³/mês. É muita água a ser aproveitada. No caso estudado, foi construída uma cisterna com cerca 450 m³ para armazenamento das águas pluviais coletadas.

O mesmo raciocínio pode ser utilizado para toda a área coberta desse setor industrial. Considerando uma média de 1.000 m² de área coberta/empresa e um total de cerca oitocentas empresas de porte (desconsiderando as pequenas empresas), pode-se captar cerca de 96 m³/mês x empresa x 800 empresas = 76.800 m³/mês = 2.560 m³/dia, valor este equivalente a 5,2% do total necessário para o setor no Espírito Santo (49.134 m³/dia). Supondo que 75% da água seria recirculada usando sistema de tratamento dos efluentes e o filtro-prensa (aproximadamente 36.851 m³/dia) e considerando a captação de águas pluviais (2.560 m³/dia), o sistema necessitaria captar de lençol, rios ou Cesan em torno de 9.724 m³/dia. Evidentemente, essa simulação deve ser vista com reservas em função do caráter probabilístico de precipitação pluviométrica, pois tal precipitação varia em função das regiões do estado do Espírito Santo, considerando-se as características pluviométricas das diferentes regiões do Espírito Santo poder-se-ia chegar a 189.360 m³/mês ou 6.312 m³/dia de captação pluvial. Assim, o

sistema necessitaria captar do lençol e/ou outras fontes 5.971 m³/dia.

Vale notar que os números apresentados referem-se a estimativas e apontam somente a ordem de magnitude passível de ser alcançada com o uso de água de chuva nos sistemas de beneficiamento de rochas. Cálculos exatos dependeriam de um cadastro rigoroso em todo setor no Estado do Espírito Santo.

6.4 EMPRESA POLITA – NOVO TEAR (SINDIROCHAS, 2004D)

A implantação de um tear importado da Itália que utiliza o diamante em substituição à lâmina para serrar blocos é um diferencial utilizado pela Polita, empresa de Cachoeiro do Itapemirim-ES. O tear oferece vantagens tais como: ampliação da produção, diminuição do tempo gasto para o desdobramento e melhorias do ponto de vista ambiental, pois não usa a granalha.

6.5 EQUIPAMENTOS PRODUZIDOS PELA BERMONTEC E AÇORES METALURGIA – CACHOEIRO DO ITAPEMIRIM-ES

- Recuperador de granalha

Este equipamento promove a recuperação de 100% da granalha ativa, eliminando os resíduos (pó de serragem e granalha fina) e controla automaticamente o nível do poço do tear e a viscosidade da lama, adicionando mistura (água + cal). Além do aproveitamento da granalha para o processo de serragem, o que repercute diretamente nos custos, também, quando do descarte da lama abrasiva, contribui para a homogeneidade das partículas do resíduo e para sua posterior utilização.

- Sistema de decantação e depuração de água desenvolvido pela Açores Metalurgia (Cachoeiro do Itapemirim), com automação BERMONTEC

Com a preocupação de recuperar e preservar os recursos hídricos, a empresa vem desenvolvendo e fabricando equipamentos de alto rendimento na recuperação de água utilizada nas indústrias de beneficiamento de Mármore e Granito de Cachoeiro do Itapemirim.

6.6 MARCEL – MÁRMORE COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO LTDA.

- Experiências bem-sucedidas (a partir das informações da Empresa)

A Marcel, há 19 anos em Cachoeiro do Itapemirim-ES, atua no segmento de beneficiamento de rochas ornamentais em todas as suas ramificações. Sempre teve como um de seus objetivos o melhor aproveitamento possível dos recursos naturais utilizados em seus processos produtivos bem como uma grande preocupação com o destino final dos rejeitos dos processos industriais.

Segundo o representante da empresa, sr. Rodrigo Guilherme, alguns processos foram revisados, além de instalados equipamentos capazes de reciclar mais de 6 milhões de litros de água por mês. Isso equivale ao consumo de 300 (trezentas) residências, com famílias de três a quatro pessoas, o que causa uma sensível economia dos recursos hídricos disponíveis.

Além disso, a Marcel possui equipamentos que fazem a recuperação da granalha de aço utilizada nas serrarias de granito, sendo essa granalha recuperada novamente incorporada ao processo de serragem, evitando a contaminação do meio ambiente.

Em parceria com a Cerâmica Cimaco Ltda e após diversos ensaios realizados, comprovou-se a eficácia da utilização da lama abrasiva resultante dos processos da Marcel na massa empregada na fabricação de produtos cerâmicos em substituição a uma das argilas que dá a liga necessária a uma queima perfeita.

O representante da empresa salienta que dentre todos os tipos de lama testados os únicos aprovados foram aqueles que haviam passado pelo processo de prensagem, através de um filtro-prensa, o que elimina da lama o excesso de água e devolve à indústria essa mesma água para ser reutilizada.

Também se constatou que, com a utilização da lama abrasiva na fabricação da cerâmica, houve uma diminuição da retração no processo de queima o um produto acabado mais uniforme, padronizado e sem as trincas habitualmente encontradas em lajotas, tijolos, etc.

A parceria e a integração da Marcel com a Cimaco resulta hoje na reciclagem de seiscentas toneladas de lama abrasiva mensalmente, o que evita seu descarte inadequado e o conseqüente impacto

ambiental, além de aportar valor agregado ao resíduo e reduzir significativamente o impacto sobre o meio ambiente.

A Marcel possui ainda uma estação de tratamento de água em funcionamento cuja estrutura física foi importada da Itália, país considerado referência em tecnologia na extração e no beneficiamento de rochas ornamentais, onde é muito difundido o emprego de estações desse tipo para o tratamento de tais águas residuárias (PREZOTTI, 2003), conforme pode ser visto na (Figura 55) deste estudo de caso.

Os efluentes tratados na Marcel são totalmente recirculados no processo industrial, e os resíduos sólidos, destinados à fabricação de cerâmicas vermelhas.

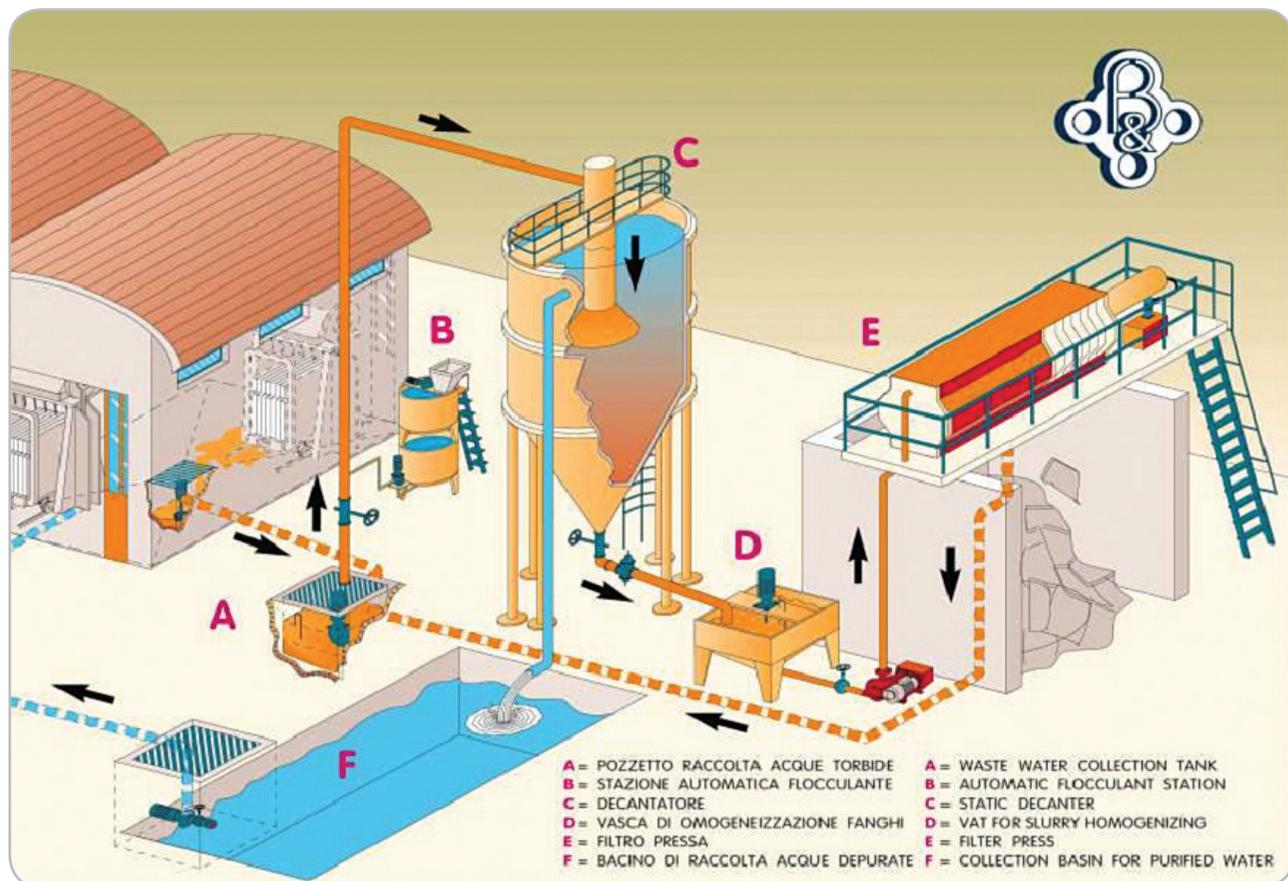


Figura 55. Concepção de projeto da Estação de Tratamento implantada na empresa Marcel (PREZOTTI, 2003). Cortesia: Fracarolli e Balsan (Itália)

6.7 CONCEPÇÃO DO PROJETO DE DESIDRATAÇÃO DOS RESÍDUOS PROPOSTO EM PREZOTTI

Prezotti (2005) propõe um sistema de desidratação constituído por uma série de unidades onde se realiza um processo físico-químico, por meio de coagulação/floculação, sedimentação primária e desidratação do material sedimentado por meio de filtro-prensa. Na (Figura 56), visualiza-se um fluxograma que detalha o tratamento em várias etapas do processo industrial (lavagem dos blocos

e pisos, desdobramento de blocos, polimento de chapas desdobradas e corte de chapas polidas vistas na (Figura 52). A estrutura física do sistema é similar às estações implantadas na Itália, como a usada pela empresa Marcel.

Prezotti (2005) também propõe um aterro devidamente concebido de acordo com critérios técnicos e ambientais determinados pelas normas brasileiras ABNT: NBR 13896 (1997) e ABNT: NBR 11174 (1990). Após a desidratação, o resíduo é transportado para o aterro projetado adequadamente.



Foto 66. Lapidação de mármore e granitos

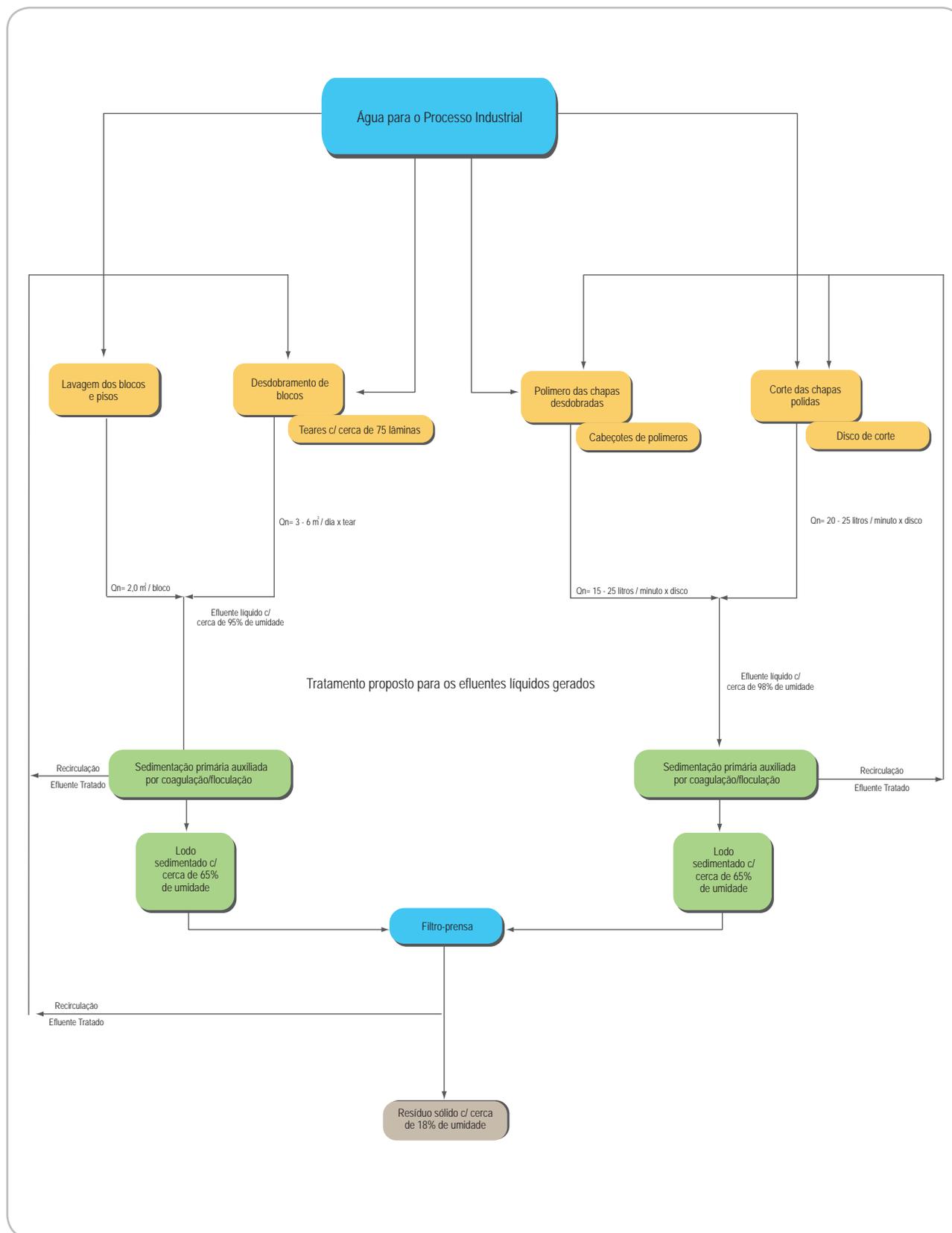


Figura 56. Tratamento proposto para os efluentes líquidos gerados no processo industrial

Ressalte-se que após o tratamento e desidratação, uma política de reciclagem e aproveitamento do resíduo sólido como matéria-prima para a indústria de construção, cerâmica e de cimento pode substituir a disposição do resíduo em aterros específicos e garantir sua transformação em um subproduto industrial.

6.8 O CASO DA MARMOCIL LTDA.

A Marmocil Ltda, localizada em Cariacica-ES, ocupa uma área total de 61.600 m². A empresa pertence ao Grupo Granasa e dedica-se ao beneficiamento e ao comércio de rochas para revestimento.

Algumas iniciativas da empresa no sentido de minimizar o impacto ambiental durante o processo produtivo foram apresentadas pela Engenheira Sirley Oliveira, do Departamento de Meio Ambiente do Grupo Granasa.

A Marmocil, desde a implantação do seu parque de beneficiamento tem envidado esforços para reduzir o resíduo gerado pelo processo produtivo do corte e polimento de chapas e, para tanto, investiu em equipamentos modernos capazes de gerar um resíduo o menos poluente possível.

O corte é feito em um moderno tear da marca Wires Engineering, modelo Falcon 615, de 15 fios. Durante o processo de corte utiliza-se água para o resfriamento dos fios. Esta água, juntamente com o pó-de-pedra gerado pelo processo de corte, é direcionada, por canaletas, para um tanque de espera até ser conduzida para o filtro-prensa e a estocagem.

No filtro-prensa mostrado na (Foto 67), há a separação da água do material sólido. A água volta para o sistema para o resfriamento dos fios no tear e o resíduo fica estocado em uma caçamba até ser destinado ao aterro industrial.

O resultado do investimento no tear baseado em fios diamantados e no filtro-prensa é significativo do ponto de vista ambiental, uma vez que permite o reaproveitamento da água para refrigeração e um



Foto 67. Vista do filtro-prensa

resíduo com condições de umidade mais adequadas para ser utilizado em novos materiais.

Na seqüência de sua modernização, a Marmocil desenvolveu estudos que comprovam a viabilidade técnica de se utilizar o resíduo na fabricação de argamassa, podendo ser utilizado tanto o resíduo do tear (pó-de-pedra) como o da polidora (lama abrasiva). O resíduo entra como substituto de um argilo-mineral utilizado como matéria-prima para uma linha de produto fabricado pela Lorenge. Os resultados da pesquisa ainda não foram incorporados ao processo produtivo.

A aplicação de resíduos na indústria de cimento está atualmente sob análise de empresa especializada com o objetivo de identificar a possibilidade de utilização do resíduo do tear (pó-de-pedra) na fabricação de cimento. As análises comprovaram a possibilidade de o resíduo ser incorporado ao clínquer, após passagem por um processo de beneficiamento e blendagem que resulta em mistura e granulometria ideais para que aquele possa ser incorporado ao produto.

Os rejeitos relativos às lascas de rochas geradas por quebras de chapas e aparas de blocos também são focos de atenção. Na busca de viabilizar a utilização desse tipo de rejeito está sendo criada uma Escola de Mosaico, também em Cariacica-ES, sob

administração do Instituto Social e Ambiental Waldomiro Robson. A escola será profissionalizante e objetiva o treinamento de mão-de-obra para a utilização do rejeito da indústria, que deverá promover o desenvolvimento social da região de Cariacica com a geração de trabalho e renda.

O referido projeto está sendo realizado em parceria com o Instituto Internazionale del Marmo (IS.I.M.), da Itália, que participa em todas as fases, desde o planejamento e o dimensionamento de máquinas até o treinamento da mão-de-obra. As máquinas, todas italianas, já foram adquiridas, e a inauguração está prevista para o segundo semestre de 2005.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que foi relatado anteriormente, pergunta-se por que ainda se continua depositando a lama abrasiva em aterros, em sua maioria totalmente inadequados, sem impermeabilização, considerando-se que existem tantas pesquisas: aplicada, desenvolvimento experimental e protótipos e outros projetos complementares, cujos resultados, se forem operacionalizados, podem agregar valor ao próprio resíduo, gerar desenvolvimento regional e minimizar de maneira significativa o impacto ambiental que decorre da atividade.

O que esses autores podem dizer e defender é que as pesquisas desenvolvidas e os protótipos oferecem segurança do ponto de vista técnico-científico, verificando-se uma importante gama de aplicações concretas. Pode-se, dizer sem intenção de exaurir o que foi realizado até o momento, que uma significativa pesquisa básica e aplicada foi realizada na área de aproveitamento da lama abrasiva (RSRO), visando ao desenvolvimento de diferentes componentes e/ou elementos de construção com base cimentícia para edificações e para a indústria cerâmica. Eviden-

temente que se deve avançar em pesquisa básica de utilização do filler – resíduo de corte de granito na fabricação de grês-cerâmicos, na área da indústria cerâmica, na indústria de petróleo (no processo de escavação de poços – assunto cogitado e ainda incipiente), na indústria de cimento e na utilização do referido resíduo como filler em concreto auto-adensável de alto desempenho, em fase de pesquisa no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo.

Parece que passar da fase de protótipo para aplicação e inovação tecnológica depende de outros fatores, tais como: forte interesse político; maior efetividade na aplicação da legislação ambiental; articulação afinada entre os agentes e os atores do processo, que envolve a indústria de rochas ornamentais e seus representantes, além de outros setores, como o da construção civil e o da indústria cerâmica, os governos municipal e estadual e universidades e centros de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

O estado do conhecimento ou estado da arte a respeito do assunto permite que se defenda a realização de uma grande integração das pesquisas desenvolvidas até o momento em âmbito regional e nacional, como proposto no Projeto Rochab, ainda sem financiamento, complementado pelo Projeto Socioambiental do Cetemag.

Em resumo, pode-se dizer que o setor industrial de mármore e granito deve direcionar investimentos para a modernização de seus sistemas e buscar parceiros tais como universidades, poder público, organismos de classe e organismos de fomento a pesquisa e inovação tecnológica, a fim de mitigar o impacto ambiental que decorre da atividade no caso de seus processos não serem devidamente controlados.

Tais investimentos devem concentrar-se nas áreas de reciclagem dos resíduos sólidos provenientes do beneficiamento e do acabamento; teares e sistemas de polimento mais eficientes; projetos e implan-

tação de sistemas de tratamento dos efluentes líquidos (lama), que permitem a recirculação da água no sistema de produção e a desidratação do resíduo por meio da implantação de filtros-prensa, para posterior utilização em processos de reciclagem para as indústrias de construção, cerâmica, cimento e outras aplicações; aproveitamento das águas pluviais para abastecimento do sistema de beneficiamento e acabamento; implantação de aterros de acordo com a norma brasileira; estudo logístico que envolva a implantação de centrais de resíduos sólidos para absorver os resíduos provenientes das serrarias e alimentar os produtores de materiais de construção; cadastramento do setor industrial em termos de equipamentos existentes, consumo de água, recirculação, sistemas de captação de água, entre outros; estudos e pesquisas nas áreas de transporte e contaminação do solos, córregos e rios; e estudos de impactos nas bacias hidrográficas.

Está na hora de aplicar o conhecimento acumulado até a presente data pelos centros de pesquisa e operacionalizar os desenvolvimentos do ponto de vista sócio-econômico-ambiental, o que significa perseguir o desenvolvimento sustentável.

8 AGRADECIMENTOS

Os autores sinceramente agradecem a importante colaboração do Centro Tecnológico do Mármore e Granito (Cetemag) e em particular as empresas Marmocil Ltda. e a Marcel Mármore Comércio e Exportação Ltda. Da mesma forma agradecem ao Eng^o. M.Sc. Julio Prezotti Simões, por importantes contribuições na área de utilização da água pelo setor, e ao professor Jair Casagrande, do Departamento de Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Ufes, pela orientação na área de aproveitamento de águas pluviais.



Juliana Araújo da Matta Machado Esper¹

Rodrigo Dutra Amaral²

Luis Albano Tondo³

Marcos Paulo Dias⁴

Paulo Ferreira Gontijo⁵

A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA MINA MORRO DO OURO

1 INTRODUÇÃO

A Rio Paracatu Mineração S/A (RPM), uma empresa do Grupo Kinross, opera a Mina Morro do Ouro, que lavra minério aurífero, sendo este uma rocha filítica que se apresenta nas tipologias oxidada e sulfetada. O Sistema de Gestão Ambiental (SGA), parte do Sistema de Gestão Integrada (SGI) da RPM, tem grande experiência na gestão de drenagem ácida e dos recursos hídricos. Este artigo apresenta uma breve descrição do empreendimento e a estratégia de gestão de recursos hídricos, com ênfase nas ações tomadas e naquelas em andamento como parte do Projeto de Desenvolvimento Sustentável, que tem como um dos objetivos o uso racional dos recursos hídricos.

2 INFORMAÇÕES BÁSICAS

2.1 BARRAGEM DE REJEITOS

A RPM está localizada em Paracatu, a 230 km de Brasília. A operação consiste de uma mina a céu aberto,

uma planta de beneficiamento e hidrometalurgia, uma barragem de rejeitos, tanques de disposição de rejeitos sulfetados e instalações de infra-estrutura, a operação atual processa cerca de 18 milhões de toneladas por ano e produz 6 toneladas de ouro. A RPM possui apenas a Kinross (100%) como acionista, é a mina de ouro que lavra o minério com menor teor de ouro no mundo (0,42 g/t). A viabilidade econômica desse minério de baixo teor vem sendo garantida por condições específicas da operação, como a ausência de capeamento, baixa dureza do minério, constantes otimizações implantadas e aumento na escala de produção.

A (Foto 68) apresenta uma imagem de satélite com vista aérea da área industrial da RPM, incluindo a mina com os tanques de drenagem pluvial e tanques específicos, barragem de rejeitos, planta industrial e áreas administrativas. Na parte inferior da imagem, pode-se ver parte da cidade de Paracatu.

¹ Engenheira de Minas. Chefe de Departamento de Meio Ambiente.

² Engenheiro Agrônomo. Gerente de Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

³ Engenheiro de Minas. Gerente Geral do Projeto Expansão.

⁴ Engenheiro de Minas. Chefe do Departamento da Usina de Beneficiamento.

⁵ Engenheiro de Minas. Gerente de Produção.

2.2 GEOLOGIA E MINERALIZAÇÃO DE OURO

A coluna estratigráfica do Morro do Ouro, esquematizada na (Figura 57), é constituída basicamente por filito, sendo composta pelos horizontes C, cobertura, T, transição e B1, minério oxidado, que constituem a porção oxidada do corpo mineralizado, além da unidade B2 minério primário sulfetado, de maior dureza.

A recarga dos sistemas de água subterrânea ocorre na estação chuvosa fazendo com que os níveis de água subterrânea subam. A recarga é relativamente pequena por causa da baixa permeabilidade do substrato rochoso de filito. A água escoo preferencialmente através das fraturas e das falhas, zonas de maior permeabilidade do maciço rochoso.

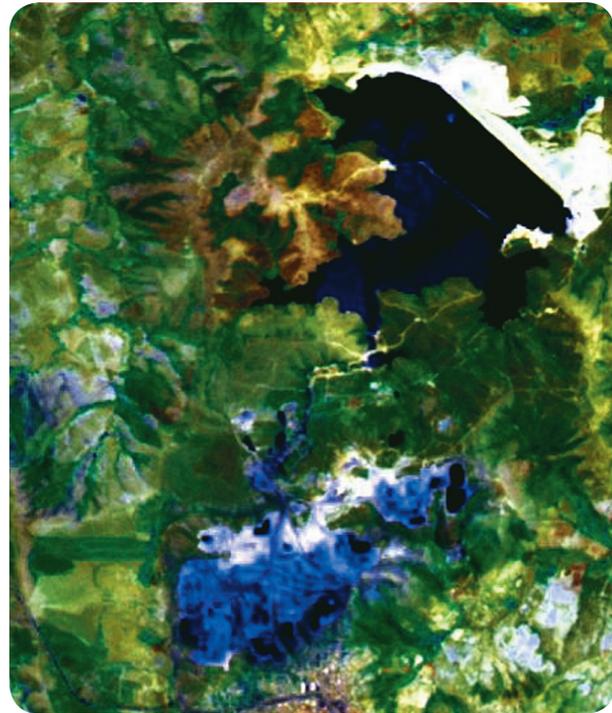


Foto 68: Imagem de satélite com vista área da RPM em 2003

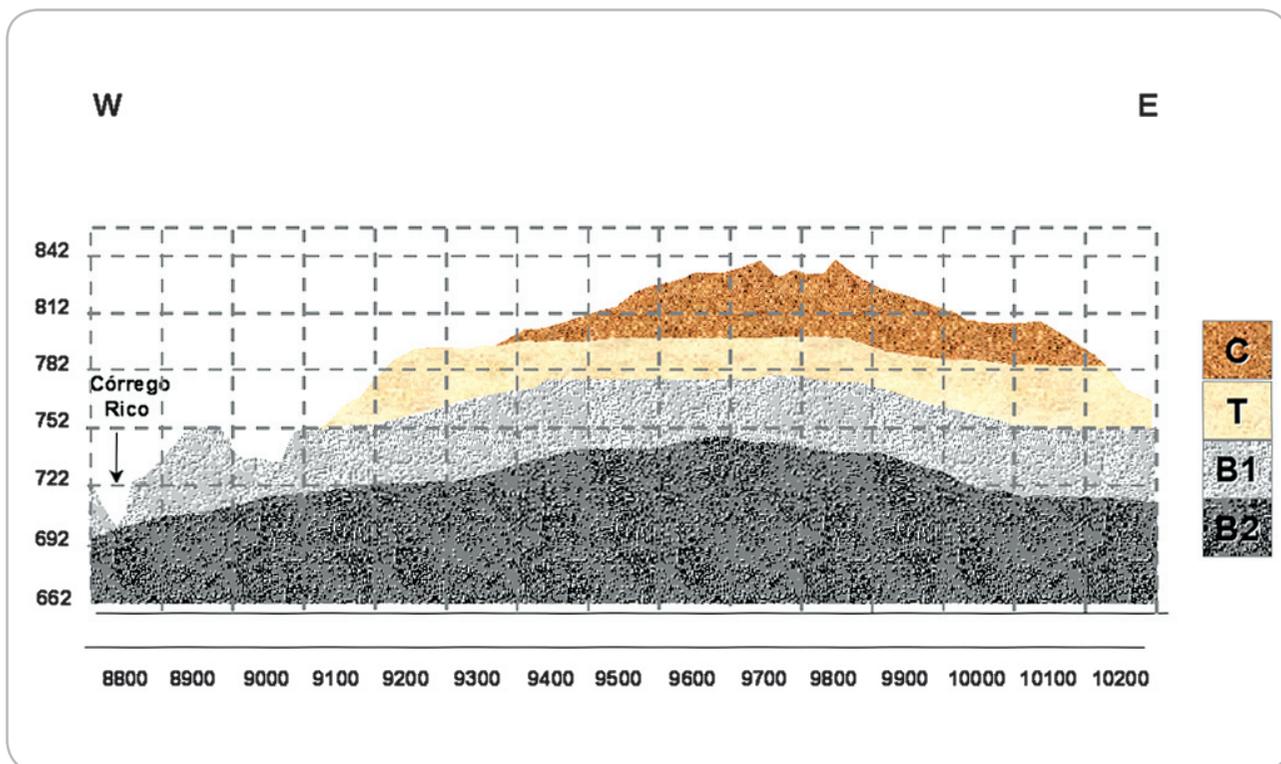


Figura 57. Perfil geológico esquemático da mineralização da Mina Morro do Ouro

2.3 A MINA E AS OPERAÇÕES DE LAVRA

A mina é a céu aberto e pode ser considerada uma mina em encosta, porque não existem taludes proeminentes. A drenagem pluvial da mina é coletada em tanques (*sumps*) colocados nas elevações mais baixas da mina, nas porções sul e sudoeste. Não existe capeamento significativo, o desmonte é mecânico e a escavação é feita diretamente por tratores de esteira D10N com escarificadores, o desmonte com explosivos é utilizado apenas para afrouxamento das rochas com Wi (*work index*) maior que 9. Normalmente são operadas duas faces na mina, uma oxidada e outra

sulfetada, com a finalidade de blendar teor e dureza das diversas tipologias de minério. Cada frente de lavra opera com dois tratores, uma carregadeira e quatro a cinco caminhões fora de estrada de 85 e 100 toneladas. Os caminhões carregados encaminham o minério diretamente para britagem ou pilha de estoque. A seguir é apresentada a (Foto 69) com uma vista aérea da mina, na qual podem ser observados os tanques (*sumps*) de coleção da drenagem pluvial. Destacam-se também a grande extensão da mina e a proximidade da cidade de Paracatu.



Foto 69. Vista aérea da Mina Morro do Ouro

2.4 BENEFICIAMENTO E HIDROMETALURGIA

De modo geral, a recuperação de ouro na planta tem uma média histórica de aproximadamente 77%. A (Figura 58) apresenta um fluxograma simplificado do processo para produção de ouro e prata projetado para 2005.

O minério ROM é britado em quatro linhas de britagem (uma em *stand by*) que produzem individualmente cerca de 850 toneladas por hora. O circuito de moagem consiste de quatro moinhos primários (15" x 19") e um moinho secundário de maior diâmetro (16,5" x 25") para remoagem de parte da carga circulante do circuito primário. Os moinhos estão em circuito fechado com hidrociclones. A carga circulante passa por quatro linhas de jigagem para recuperação gravimétrica de ouro. A flotação é feita em três estágios – flash (célula unitária), scavenger e cleaner – para recuperação de minerais sulfetados e, conseqüentemente, de ouro e prata que possam estar associados a estes.

O concentrado da usina, em torno de 45 t/h (ou 1,5% do ROM) e com teor médio de 20-30 g/t de ouro é enviado para a hidrometalurgia, a metade do rejeito da flotação é espessado antes de ser enviado a barragem de rejeitos.

Na planta de hidrometalurgia, esse concentrado sofre um processo de remoagem e separação gravimétrica em concentrador centrífugo Knelson. O concentrado remoído (90% < 325#) é espessado e enviado às etapas de lixiviação (circuito CIL), eluição (onde o ouro é retirado do carvão) e eletrodeposição. O produto final dessas etapas é calcinado e fundido por indução. O bullion (barra de ouro) produzido nesse processo é composto por 70% a 75% de ouro e 25% a 30% de prata, com mínimas impurezas de cobre e ferro. O processo de refino do ouro é executado por terceiros.

A seguir são apresentados o fluxograma simplificado da RPM (Figura 58) e a da planta de beneficiamento e hidrometalurgia.

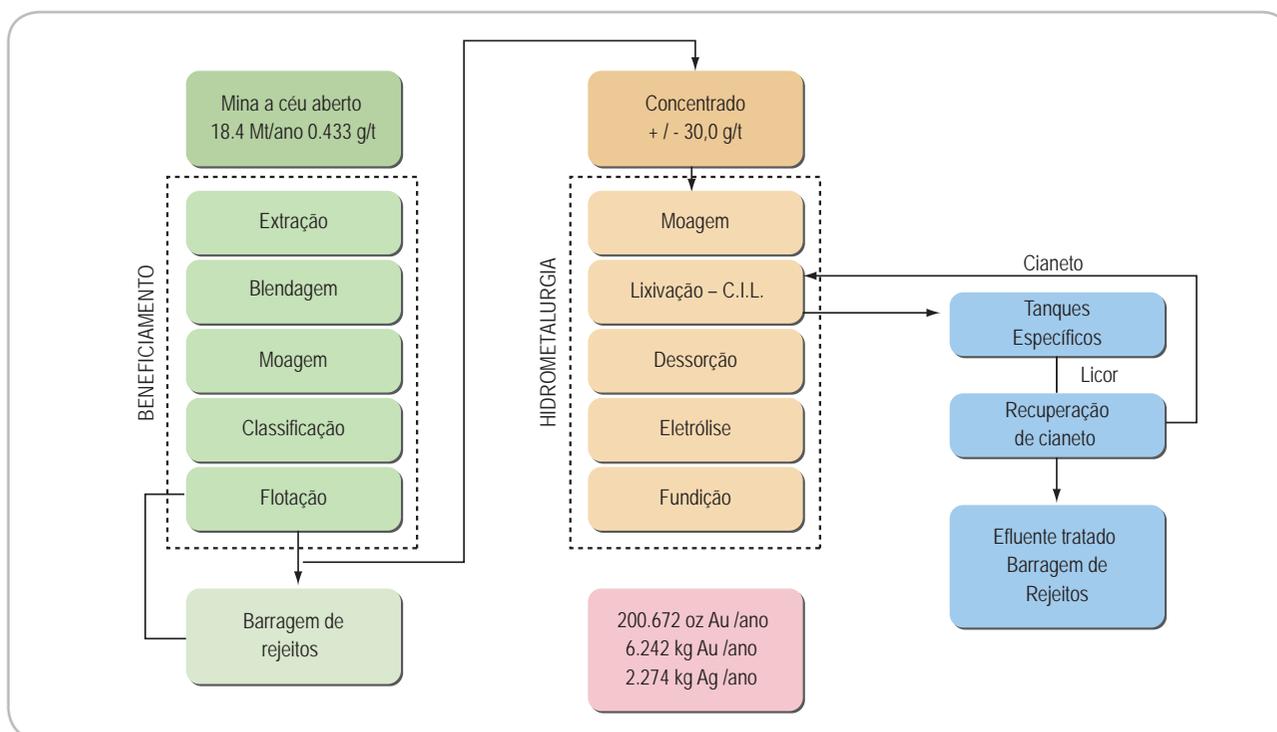


Figura 58. Fluxograma produtivo simplificado (2004)

A seguir é apresentada a (Foto 70), com uma vista aérea da planta industrial da RPM, de cima para baixo é possível ver o despacho de caminhões, bri-

tagem, planta de beneficiamento e hidrometalurgia, além de dois espessadores e dois tanques de equalização para suprimento de água à planta.



Foto 70. Vista aérea da planta de beneficiamento e hidrometalurgia da RPM

3 EQUIPAMENTOS, PROJETOS E PLANOS DE CONTROLE DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL – SGA

Desde 2000, a RPM tem uma SGA certificado de acordo com a Norma ISO 14001 que regula todas as atividades visando prevenir a poluição e a promover a melhoria contínua do desempenho ambiental da RPM. De acordo com o SGA desenvolvido pela RPM, todas as instalações da mina Morro do Ouro são submetidas a auditorias internas e externas.

A seguir serão apresentados, de forma sintética, os pontos-chaves da gestão ambiental da RPM e seus desafios ambientais

3.1 GERENCIAMENTO DE ÁGUA NA ÁREA DA MINA

A mina a céu aberto tem uma grande área com mineralizações sulfetadas expostas, que resultam em geração de drenagem ácida. A drenagem pluvial que intercepta a área da mina é encaminhada a seis tanques (*sumps*) localizados nas partes mais baixas do perímetro da mina. Isso elimina a possibilidade de água ácida ser vertida nos córregos que circundam

a mina. Os tanques alimentam, por gravidade, um tanque centralizador equipado com uma estação de bombeamento. O objetivo é manter o tanque vazio, enviando a água para reúso na planta ou para abastecimento de caminhões-pipa. A baixíssima permeabilidade do filito (10-6 cm/s), o procedimento de bombeamento das águas e a alta taxa de evaporação permitem baixas taxas de percolação, que são ainda atenuadas pelo material carbonático presente no filito. O tanque centralizador, que armazena a maior quantidade da água e por mais tempo, tem seu fundo selado com uma camada de calcáreo.

3.2 BARRAGEM DE REJEITOS

A RPM possui uma barragem de rejeito de grande porte que recebe todo o rejeito da flotação, que representa cerca de 98% da alimentação. O maciço da barragem tem aproximadamente 3,8 km de comprimento, 80 metros de altura e uma área total de aproximadamente 800 hectares, valor este que inclui as áreas de empréstimo de argila e silte para construção do maciço. A barragem contém apenas o material sulfetado residual, que não é recuperado pela planta de beneficiamento. Para assegurar que não ocorra processo de geração de drenagem ácida na barragem é adicionado calcário em relação estequiométrica com a concentração de enxofre no rejeito da flotação. A Barragem também recebe o rejeito final da planta AVR, que trata o cianeto residual, de tal forma que não são detectadas elevadas concentrações de cianeto total na água contida no lago formado na barragem. Não há extravasamento de água; e o único efluente da barragem é a água proveniente dos drenos a uma taxa de vazão de aproximadamente 120 m³/h. A qualidade dessa água é comparável ao padrão para águas Classe II de acordo com a Legislação do Estado de Minas Gerais. O pH é mantido neutro (entre pH 7 e pH 8). Atualmente, cerca de 84 % de toda a água do processo é recirculada na barragem.

3.3 DISPOSIÇÃO DO REJEITO SULFETADO

Uma pequena fração da alimentação da planta é recuperada como concentrado sulfetado. Esse rejeito é permanentemente disposto em tanques, chamados tanques específicos, que são escavados na área de perímetro da mina e selados para prevenir contaminação da água subterrânea. Os riscos potenciais desses rejeitos são referentes à alta concentração de minerais sulfetados de cianeto e de arsênio na água. A concentração total de cianeto e arsênio de até 100 ppm.

A água decantada no tanque é bombeada de volta a um circuito especial de recuperação de cianeto e precipitação de arsênio, conhecida como planta AVR – acidificação, volatilização e recuperação –, que recupera cerca de 60% do cianeto total presente na água clarificada proveniente do tanque específico. Os níveis de arsênio em solução contidos no efluente da planta AVR são subsequenteiramente tratados por meio de precipitação química com a adição de sulfato férrico ou ferroso. A água assim tratada é enviada à barragem de rejeitos.

Uma vez que um tanque específico é preenchido, o rejeito sólido depositado é consolidado com o tempo, e o excesso de água é bombeado para a planta AVR. A água subterrânea, na área de influência desses tanques, é monitorada.

Atualmente, os três primeiros tanques específicos estão fechados e estão sendo desenvolvidos, especialmente para eles, testes para avaliação do desempenho da cobertura atual e definição de projeto final de cobertura. Os testes constam basicamente de avaliação geotécnica e geoquímica de várias amostras coletadas de rejeito e de possíveis materiais a serem utilizados na cobertura de multicamadas, além da instalação de uma estação meteorológica completa, com sensores de umidade e sensores térmicos de condutividade do solo. Em 2006, ter-se-á um primeiro modelamento das coberturas como principal

produto a previsão do comportamento e dos riscos a longo prazo das mesmas. A partir destes resultados serão definidas mudanças na estratégia de fechamento, se necessário, incluindo coberturas de multicamadas, para garantir que não ocorrerá drenagem ácida e lixiviação de metais a longo prazo.

O único tanque atualmente em operação é o tanque específico V. Este tanque foi construído com um sistema de camadas selantes incluindo uma camada de geomembrana Pead de 1,5 mm, 0,3 m de camada de argila compactada, uma camada de areia e um dreno central de coleção acima do sistema selante. A seguir é apresentada a (Foto 71), do tanque específico IV, na qual se observa a geomembrana Pead utilizada em seu revestimento.



Foto 71. Vista geral do tanque específico IV

3.4 EMISSÕES DE POEIRA E GASES GERADOS DE EFEITO ESTUFA

Em razão da proximidade da mina à cidade de Paracatu, o controle de poeira é particularmente importante para RPM. Níveis de background de poeira em Paracatu foram estabelecidos antes das atividades da RPM. Monitoramentos em andamento têm mostrado uma redução nos níveis de poeira em Paracatu, a maior parte dessa redução atribuída à melhoria da qualidade das ruas e das estradas da cidade que foram pavimentadas e asfaltadas. O início das operações da RPM não afetou os níveis de emissão registrados, conforme pode ser constatado na (Figura 59). Este apresenta a evolução histórica do monitoramento de qualidade do ar realizado pela RPM por meio de aparelhos HI-VOL instalados no entorno da Mina e em Paracatu.

RPM controla e estabelece metas para as emissões de gases efeito estufa, que, relacionados especificamente à operação da RPM são aqueles gerados principalmente com o consumo de diesel dos equipamentos da mina e da barragem, o consumo de gasolina, o uso de calcário para neutralização do rejeito da barragem e o déficit do balanço entre área desmatada e área reabilitada.

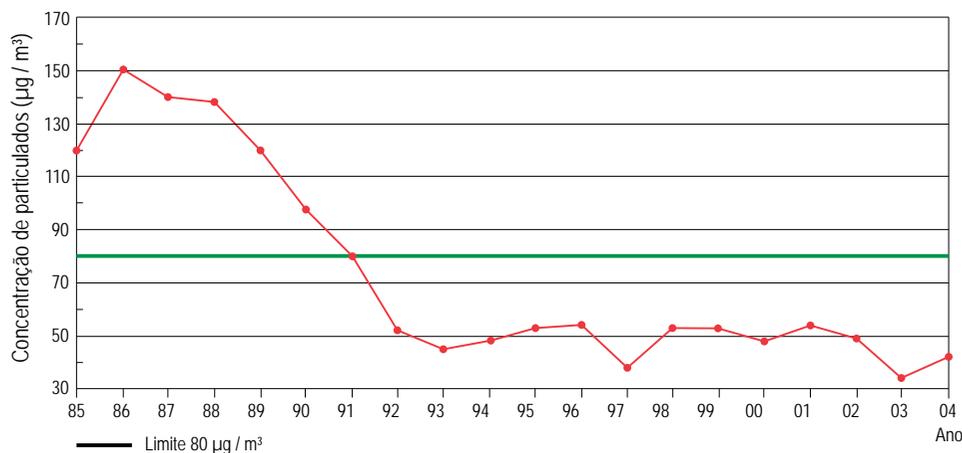


Figura 59. Monitoramento de qualidade do ar realizado pela RPM em Paracatu, de 1985 a agosto/2004

3.5 PLANO DE FECHAMENTO

A RPM compreende uma área total de aproximadamente 3,000 ha. Isso inclui a mina, barragem de rejeitos, tanques específicos, planta industrial, infra-estrutura, e outras áreas, como reservas ambientais. A RPM desenvolve estudos para definir a melhor estratégia de fechamento para todas as áreas gerenciadas pela RPM. Sempre que pertinente a RPM atualiza seu plano de fechamento. Este documento é feito de acordo com as diretrizes do Grupo Kinross.

A maior parte da pesquisa em relação ao fechamento é focada na prevenção de drenagem ácida. Os estudos mais relevantes em andamento são os testes de campo conduzidos pela RPM em parceria com a Universidade Federal de Viçosa, (testes de cobertura e reabilitação), os testes cinéticos (lisímetros) desenvolvidos em um laboratório na RPM, e um programa de desenvolvimento, que inclui estudos de biodiversidade e modelamento matemático de coberturas com base nos resultados dos testes já desenvolvidos e daqueles em andamento.

3.6 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA – SGI

A RPM integrou todos os sistemas de saúde, segurança e meio ambiente existentes, como o programa National Occupational Safety Association (Nosa), os padrões RPM de Saúde, Segurança e Meio Ambiente e o SGA. A RPM promove a re-certificação e manutenção do SGA utilizando a estrutura do SGI, que está disponível na intranet da RPM com acesso para todos os funcionários e contratados que possuem acesso à rede.

4 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Um balanço hídrico simplificado da operação da RPM, que é atualizado anualmente, pode ser entendido conforme descrito abaixo e apresentado na (Figura 60).

- Entrada média de água no processo: 4.348 m³/h.
- A taxa de evaporação na barragem é de 881 m³/h (24 h/dia), enquanto a taxa de infiltração é de 100 m³/h (Promon, 1988).
- Água reciclada da barragem: 3.386 m³/h (78% do consumo total da RPM).
- Água recirculada dos espessadores: 201 m³/h (4% do consumo total da RPM).
- Água reciclada dos tanques da mina: 425 m³/h (10% do consumo total da RPM).
- Água nova bombeada de ribeirões a jusante da barragem de rejeito: 340 m³/h (8% do consumo total da RPM).
- Deposição de rejeitos: 0,52 t de água por tonelada de sólidos depositados, isto sendo equivalente a 66% de sólidos nos rejeitos finais (Promon 1988).
- A chuva anual mínima de Paracatu é 852 mm/ano. A média anual dos últimos quarenta e dois anos é de 1.379 mm.
- Evapotranspiração Potencial de Paracatu (Método de Penman): 1.734,4 mm (base 2004).
- Evapotranspiração Potencial (Método de Thornthwaite): 1.112,4 mm (base 2004).

A capacidade atual instalada de bombeamento da RPM é maior que a quantidade de água que vem sendo bombeada para a planta. A capacidade instalada poderá ser utilizada para beneficiar até 30 milhões de toneladas por anos, porém atualmente se tem lavrado menos de 20 milhões de toneladas por ano. A seguir é apresentado um desenho esquemático mostrando a capacidade atual do sistema de abastecimento de água industrial da RPM.

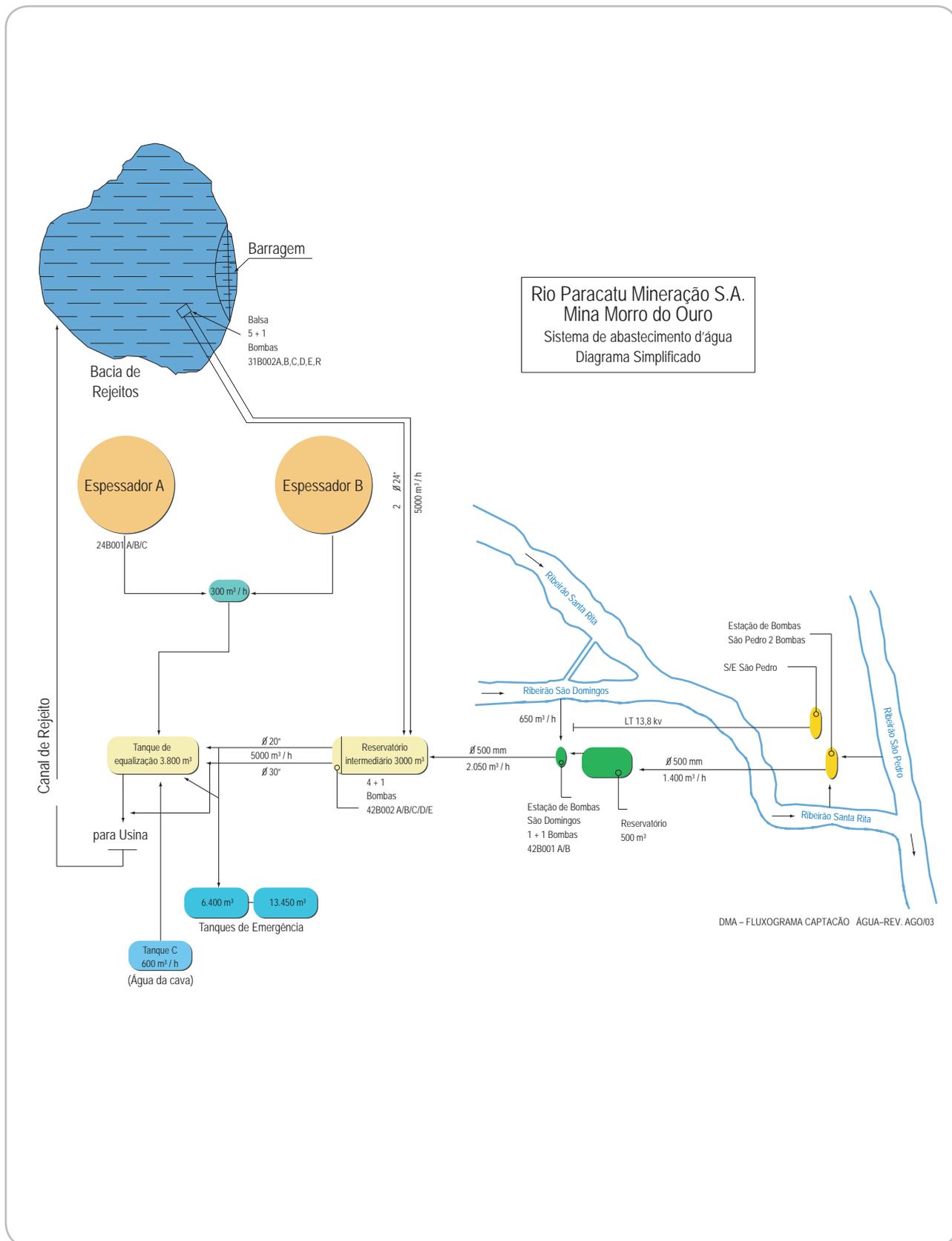


Figura 60. Diagrama simplificado da capacidade do sistema de abastecimento de água industrial da RPM (base agosto/2003)

De acordo com padrões típicos de operação da RPM, a empresa tem rotineiramente adotado uma série de medidas visando à redução do consumo específico de água nova e o controle de suas emissões (efluentes) ao meio ambiente. Essas medidas incluem:

- Alçamento da barragem de rejeitos uma fase acima do projeto construtivo normalmente requerido para não haver nenhum extravasamento, de forma que possibilite maior captura de água de chuva na micro bacia da barragem de rejeitos, possibilitando reuso de acerca até 84% de toda água industrial utilizada pela RPM.
- O sistema de drenagem pluvial da mina, com direcionamento de água de chuva para uma série de tanques (*sumps*) permite a recirculação de cerca de 1.000 m³/h de água durante parte do ano (enquanto tiver água nos tanques). Recentemente foi instalada uma nova estação em outra porção da mina (extensão nordeste), com capacidade de 300 m³/h, o que permitirá uma melhor utilização das águas da mina, que serão bombeadas em maior quantidade e mais rapidamente, minimizando perdas, principalmente por evaporação.
- A RPM espessa 50% do rejeito gerado antes do seu direcionamento à barragem de rejeitos, possibilitando assim uma reutilização dessa água diretamente na planta, sem custos maiores de bombeamento e minimizando perdas por evaporação;
- Adoção de campanhas educativas e estabelecimento de planos de melhoria contínua da gestão dos recursos hídricos.
- Controle diário dos volumes de água bombeados das diversas fontes, quais sejam: barragem de rejeitos, mina, espessadores e captações de água nova.

Monitoramentos do parâmetro precipitação com periodicidade diária na estação pluviométrica localizada na no prédio da Geologia da RPM. Manutenção de Estação Meteorológica com coleta de dados horária utilizando sistema *datalogger*:

- Desde 1997, quando se iniciou a lavra do minério sulfetado, a RPM não verte água da barragem de rejeitos para as drenagens naturais, o efluente final da barragem é aquele proveniente do dreno de fundo da barragem. Este efluente tem Padrão comparável às águas Classe II (DN Copam 010/1986);
- A RPM mantém monitoramento biológicos periódicos da água do lago e do dreno da barragem de rejeitos, e em um ponto à jusante da barragem, no córrego receptor de seu efluente;
- O lago da barragem de rejeitos apresenta grande riqueza de biodiversidade, incluindo várias espécies de peixe e espécies de avifauna que habitam a região de entorno.
- A água dos tanques da mina, que interceptam drenagem pluvial acidificada não é vertida para as drenagens naturais;
- Tem, por fim, um contínuo e dinâmico controle e monitoramento das águas subterrâneas sob influência das diversas operações da RPM.

Todas as ações que já vinham sendo feitas pela RPM, visando à melhoria da sua gestão de recursos hídricos foram direcionadas para ser gerenciadas pelo grupo responsável pela implantação do Projeto de Desenvolvimento Sustentável, conforme será descrito a seguir, para que tais ações fossem estruturadas dentro de um conceito mais amplo e estruturado.

5 O PROJETO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Em 2003, o Grupo Rio Tinto por meio da Rio Tinto Brasil, utilizou a RPM como um estudo de caso para

aplicação da política de Desenvolvimento Sustentável: “Assegurar que as empresas, as operações e os produtos do Grupo Rio Tinto contribuam de forma positiva para a transição global na direção do Desenvolvimento Sustentável”.

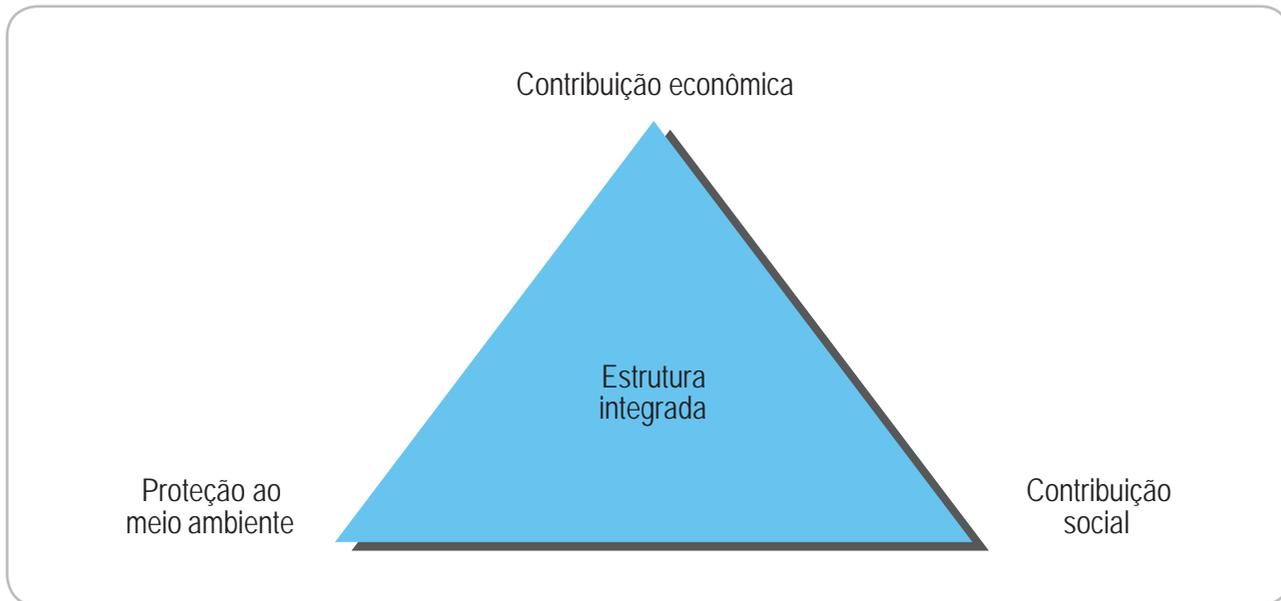


Figura 61: Diagrama simplificado da capacidade do sistema de abastecimento de água industrial da RPM

Foi então implantado um grupo de Desenvolvimento Sustentável visando direcionar todas as ações, que já vinham sendo tomadas, com relação aos assuntos de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Comunidade de forma integrada com as questões econômicas e de sustentabilidade do empreendimento da RPM.

Dentro do Projeto Desenvolvimento Sustentável, que vem sendo desenvolvido na RPM, existe um macroobjetivo referente ao Uso Racional da Água na RPM. Este objetivo foi dividido em dois subobjetivos, sendo um com foco mais em ações internas a serem implementadas na RPM e outro com as ações focadas para a bacia hidrográfica e demais usuários da região na qual a RPM está inserida:

Objetivo 1. Ambiente externo “Assegurar a disponibilidade futura de água para RPM”. Foram definidas as seguintes metas:

- 1a. Atuar efetivamente no Comitê da Bacia do Rio Paracatu, a partir da Gestão de 2004.
O Comitê de Bacia do Rio Paracatu já está em sua terceira gestão. A RPM intensificou sua participação, sendo vice-presidente da Secretaria Executiva da gestão de 2004 a 2006.
- 1b. Apoiar a revisão e atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu, em 2005.
Por meio da participação na secretaria executiva do Comitê de Bacias, a RPM apoiou a revisão do Plano Diretor de Recursos Hídri-

cos de Paracatu, que será finalizado em abril de 2006.

- 1c. Instalar e operar estações fluviométricas de medição de descarga líquida nos rios São Pedro, entre Ribeiros e Santa Rita, a partir de 2004.

A quantificação temporal da descarga líquida dos principais ribeirões, utilizados para captação de água na região, possibilita uma melhor gestão do uso da água e previsão dos riscos de falta de água nos períodos de estiagem.



Foto 72. Réguas Limnimétricas – Ribeirão Entre-Ribeiros



Foto 73. Coleta de dados da Estação Automática – Ribeirão São Pedro

Objetivo 2 “Reduzir o Consumo Específico de Água na RPM” Foram definidas as seguintes ações/metras:

- 2a. Implantação do Grupo de Gestão de Água e Energia – GGAE, em 2004/2005.

As Principais ações do GGAE são a definição de melhores estratégias referentes à otimização e redução do consumo específico de água e energia. Abaixo são apresentadas algumas ações já realizadas e que obtiveram ganhos reais de redução consumo específico de água:

- Instalação de Cinco Medidores Magnéticos de Vazão nos principais pontos de captação e bombeamento de água

Esta medida permitiu um balanço mais consistente das vazões bombeadas nas diversas fontes. Foram instalados medidores na estação de captação de água nova e na estação de junção da água nova captada e da água reciclada da barragem de rejeitos; e na entrada da Usina.

As (Fotos 74 e 75) mostram dois medidores de vazão instalados nas adutoras de captação de água nova e recirculada da barragem de rejeitos.



Foto 74. Medidor de Vazão -Tubulação de 30"



Foto 75. Medidor de Vazão – Tubulação de 20'

• Validação das Idéias de água e energia do Programa de Melhorias Contínuas da RPM:

1. Passagem de PIG nas adutoras;
A retirada de material orgânico e incrustações presentes nas adutoras promovendo melhoria no desempenho de bombeamento e consequente economia de energia.
 2. Otimização do circuito de beneficiamento: Com o aumento do % de sólidos na Planta de 31% para 34,5%, obteve-se redução no consumo específico de água de 2,20m³/t para 2,00m³/t. As principais ações foram: retirada de operação do circuito de flotação unitária e reprocessamento do overflow da classificação secundária.
- 2b. Estabelecimento de metas visando a reduzir consumo de água nova – “Reduzir em 10% a captação de água nova por tonelada de produto, no período de 2004 a 2008 (base 2003)”.

Por meio do estabelecimento formal das metas e de indicadores de desempenho, a RPM tem agora um melhor acompanhamento do andamento mensal e das projeções em longo prazo.

- 2c. Estabelecimento de meta, vinculada à participação nos resultados (PR) dos funcionários da RPM – Como exemplo cita-se as metas de 2005 e 2006 respectivamente: “Consumo de água menor ou iguala 2,08 e 2,03 m³/t de minério tratado”.

Desta forma, a RPM desdobrou objetivos corporativos em metas individuais, envolvendo todos os funcionários. Ter-se participação crescente, através de sugestões e maior rigor operacional.

- Concluir os estudos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos da Mina Morro do Ouro e áreas adjacentes. Prazo: Junho de 2005.

Um estudo hidrogeológicos e hidrogeoquímicos está em andamento para atualizar e complementar as informações existentes. Este trabalho foi iniciado em 2002 e dividido em três fases, das quais todas já foram concluídas. O objetivo geral do trabalho foi o de determinar as condições hidrogeológicas e hidrogeoquímicas na RPM (Mina, Tanques Específicos e Barragem de Rejeitos), para avaliar se atuais e futuras operações de mineração acarretarão impacto sobre as águas subterrâneas e superficiais, possibilitando, também, a avaliação dos impactos ambientais decorrentes do Projeto Expansão de Lavra. As informações já obtidas já permitiram uma melhor gestão da água na RPM. Com a conclusão da última fase a RPM possibilitou refinamento do seu balanço hídrico e de massa, além da continuidade de ações visando otimizações operacionais na gestão dos recursos hídricos.

Devido a grande relevância deste tema, segue a seguir um sumário dos objetivos e principais ações tomadas para o desenvolvendo deste estudo.

Os objetivos específicos, cumpridos no decorrer dos estudos, incluíram:

- determinar se as informações hidrogeológicas e hidrogeoquímicas existentes seriam suficientes

para desenvolver modelos conceituais de águas subterrâneas e condições hidroquímicas;

- revisar os programas de amostragem de qualidade de águas subterrâneas e superficiais e determinar se os dados coletados cumprem padrões apropriados de controle de qualidade (QA/QC), de modo que possam ser utilizados em análises detalhadas e interpretações;
- desenvolver modelo hidrogeológico e hidrogeoquímico conceitual preliminar com base em dados existentes e na experiência adquirida em outras minas;
- estimar, com base nos modelos conceituais preliminares, os impactos potenciais das operações atuais e futuras sobre os recursos hídricos locais e regionais;
- identificar necessidade de coleta de dados adicionais para possibilitar a interpretação dos modelos conceituais;
- avaliar novos dados para revisão e refinamento dos modelos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos conceituais; e
- desenvolver modelos matemáticos hidrogeológicos e hidrogeoquímicos para determinar os efeitos sobre os recursos hídricos locais e regionais particularmente com relação a:
 - natureza e extensão de impactos sobre as águas superficiais e subterrâneas na área da mina;
 - natureza e extensão de impactos sobre as águas superficiais e subterrâneas próximo ao reservatório de rejeitos;
 - natureza e extensão de impactos sobre as águas superficiais e subterrâneas próximo aos Tanques Específicos;
 - desenvolvimento de um modelo de lago, a ser formado na cava, com a implementação do Projeto de Expansão da Mina que está em fase de licenciamento. O objetivo é de prever

potenciais impactos nos níveis e qualidade das águas subterrâneas e superficiais.

- proporcionar recomendações para o monitoramento hidrogeológico e hidrogeoquímico que já está em andamento na RPM.

De forma a cumprir os objetivos acima especificados, as seguintes atividades foram desenvolvidas na Fase I dos trabalhos:

- compilação e avaliação dos dados preexistentes na RPM, incluindo: geologia regional e local, hidrologia, hidrogeologia e hidrogeoquímica;
- avaliação dos dados disponíveis de qualidade de águas superficiais e subterrâneas;
- realização de inspeções de campo para subsidiar uma primeira aproximação do modelo hidrogeológico conceitual e para revisar o escopo previamente delimitado;
- definição de um programa complementar de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas;
- elaboração de um modelo conceitual preliminar, integrando aspectos hidrogeológicos, geoquímicos e hidroquímicos.

Na Fase II dos estudos, as atividades realizadas foram:

- inventário de nascentes e surgências de água para caracterização das condições hidrológicas no entorno da mina;
- medições de vazão de nascentes e de níveis de água subterrânea e determinação de parâmetros de campo de qualidade da água; e
- implementação de um programa abrangente de amostragem da qualidade da água.

Além dessas atividades, no decorrer dos trabalhos foi identificada a necessidade de realização de outros serviços, que foram:

- levantamento geofísico da área dos Tanques Específicos;
- balanço hídrico dos Tanques da Mina;
- sondagem e instalação de poços de monitoramento de águas subterrâneas;
- realização de testes de permeabilidade (slug tests) nos poços de monitoramento; e
- caracterização geoquímica de amostras de rocha e de rejeitos.

Na Fase III dos trabalhos foram elaborados modelos computacionais hidrogeológicos e hidrogeoquímicos da mina em sua fase atual e na condição futura (cava final do Projeto Expansão de Lavra), da barragem de rejeitos e dos tanques específicos já instalados. Tais modelos servirão de ferramenta para o detalhamento do programa de gestão das águas superficiais e subterrâneas, na etapa de consolidação do Plano de Controle Ambiental do empreendimento planejado.

- implementar atualização do Balanço Hídrico e de Massas na RPM, utilizando software específico com modelagens dinâmicas e simulações probabilísticas: Março de 2005.

Concluído. Através do software Goldsin refinou-se o balanço hídrico e de massa da RPM, obtendo-se visão sistêmica da gestão dos recursos hídricos, projeções futuras e melhorias contínuas.

- implantar Padrões Rio Tinto de Meio Ambiente – estabelecer as principais ações e responsabilidades relacionadas ao Uso e Controle da Qualidade da Água: Dezembro de 2004.

Já foram implantados e incorporados ao SGI da RPM, são eles: Sistema de Gestão Ambiental; Prognóstico e Controle de Drenagem Ácida; Controle da Qualidade do Ar; Emissão de Gases de Efeito Estufa; Controle de Materiais Perigosos e Contaminação; Gestão Responsável do Uso da Terra; Gerenciamento de Resíduos Minerais; Gerenciamento de Resíduos Não-minerais; Controle de Ruídos e Vibração; Controle do Uso e da Qualidade da Água. Com relação ao tema principal deste trabalho, destaca-se o padrão referente ao Controle do Uso e da Qualidade da Água, que permitiu sistematização das ações e responsabilidades na gestão das águas na RPM.

- implantar estação meteorológica, na área da Mina Morro do Ouro, com coleta contínua de dados: Outubro de 2004.

A RPM implantou uma estação meteorológica completa, com monitoramento contínuo de dados através de um programa específico de coleta de dados (data logger). Os dados desta estação irão subsidiar, com maior precisão, o balanço hídrico. Este balanço também utiliza outros dados históricos coletados na RPM e em Paracatu.

5.1 INDICADORES DE PERFORMANCE

A seguir são apresentadas as (Figuras 62 e 63), onde se pode observar a tendência de diminuição do consumo de água e de água nova. Mérito este em grande parte atribuído às diversas ações apresentadas neste trabalho, como parte das ações do Projeto de Desenvolvimento Sustentável.

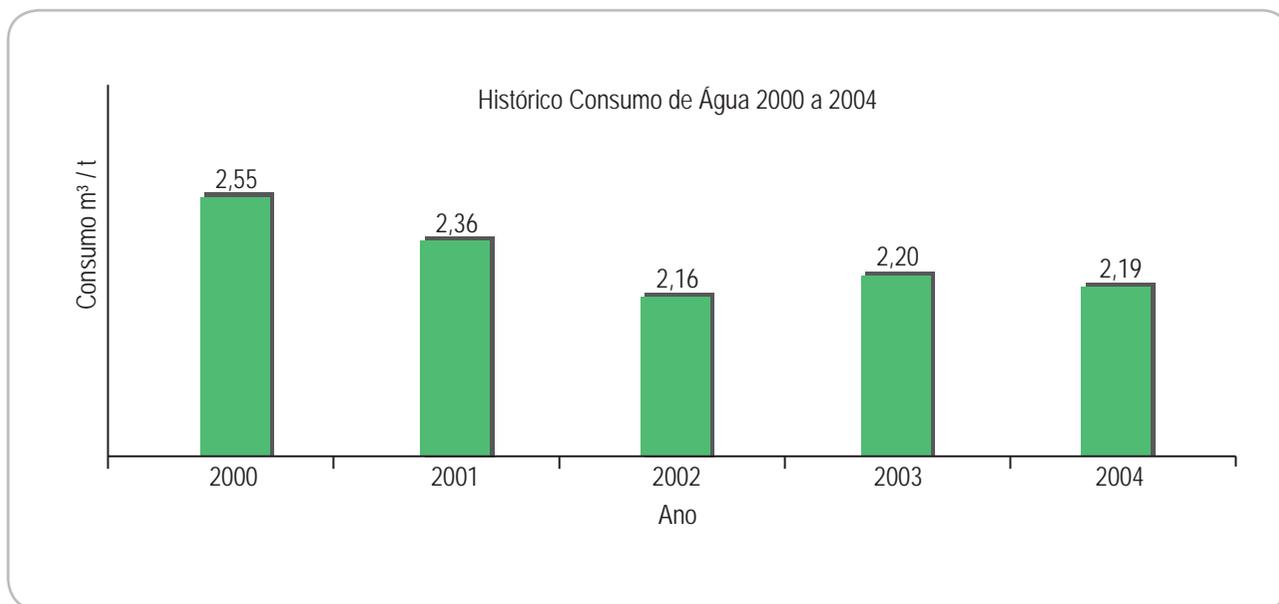


Figura 62. Histórico do consumo específico de água de 2000 a 10/2004

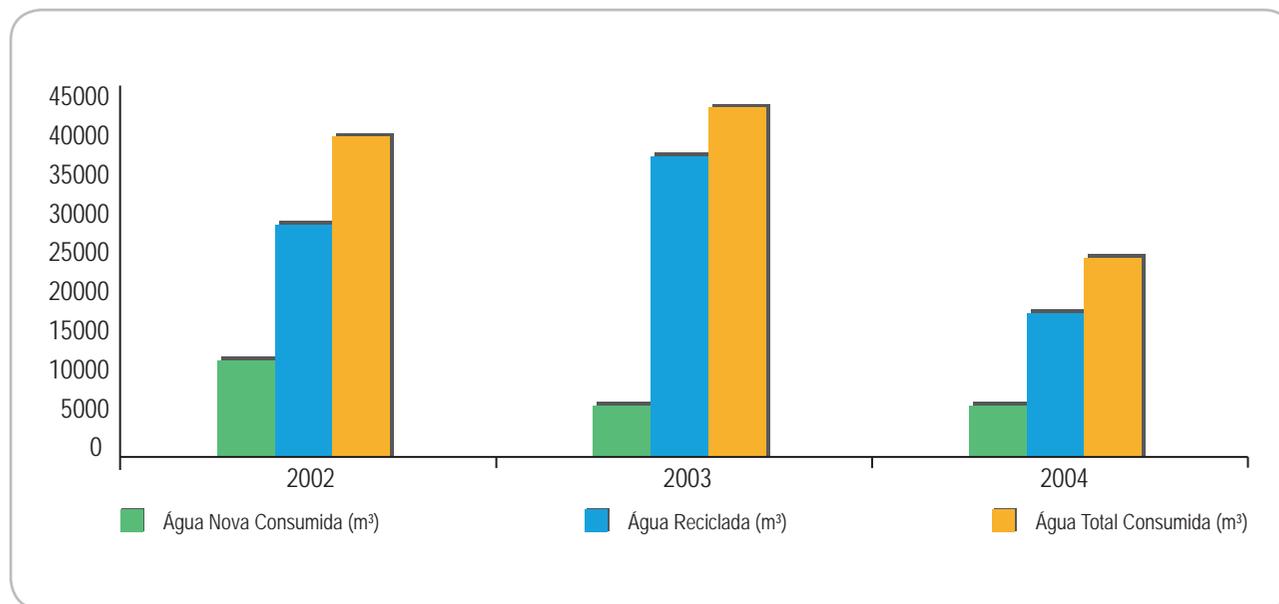


Figura 63. Comparativo do consumo de água, por fonte de fornecimento, na Mina Morro do Ouro de 2002 a agosto/2004



Foto 76. Vista aérea da mina Morro do Ouro – Paracatu-MG

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais desafios da RPM são a prevenção e controle de drenagem ácida e o gerenciamento de água e do solo. A RPM, através de extenso programa voltado para promover a melhoria contínua do seu SGA, conforme apresentado, todo ele focado na diminuição dos riscos e prevenção da poluição, especialmente no controle e na proteção dos recursos hídricos, se insere no conjunto de empresas em que a responsabilidade empresarial ambiental e social se incorpora em todo os seus níveis de decisão.

Dentro do Projeto de Desenvolvimento Sustentável da RPM, conforme aqui apresentado, várias ações vem sendo desenvolvidas para melhoria contínua da gestão dos recursos hídricos, podendo ser claramente observado uma expressiva redução do consumo específico de água e de água nova na Planta de Beneficiamento da RPM. Estas ações são essenciais para garantir a sustentabilidade do Projeto Morro do Ouro, garantindo sua produtividade em harmonia com as questões ambientais e sociais da região em que o mesmo está inserido.



Ana Lúcia Taveira¹
Luiz Lourenço Fregadolli²

PLANO DE GESTÃO DE ÁGUAS: METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO EM MINERAÇÃO. ESTUDO DE CASO DA UNIDADE FORTALEZA DE MINAS DA VOTORANTIM METAIS

1 INTRODUÇÃO

As questões relacionadas ao uso da água têm alcançando êxito junto aos órgãos governamentais, às empresas e à sociedade nos últimos anos. O uso indiscriminado desse recurso gerou níveis de poluição e escassez nunca vistos antes. Especialistas ambientais prevêem que, caso não se reverta a situação, em 2010 o mundo enfrentará sérios problemas de abastecimento de água, comprometendo seu desenvolvimento. Em algumas regiões do planeta, a água passou a ser motivo de disputa entre os povos, onde se reclama o direito de posse sobre rios, lagos, açudes e outras fontes de recursos hídricos. Tudo isso porque a água é vida, é a essência da sobrevivência.

Na busca por soluções alternativas para reverter esse quadro negativo, a sociedade tem-se mobilizado para estabelecer usos sustentáveis para os recursos hídricos. Os governos têm definido políticas de gestão de águas que vão desde o estabelecimento de leis de uso mais rigorosas, a projetos de saneamento e cobrança pelo uso de recursos hídricos proporcional

ao consumo, ao lançamento de efluentes e às alterações de regime, quantidade e qualidade das águas dos corpos hídricos. A comunidade tem-se inserido nas campanhas de diminuição do consumo de água e no controle da poluição sobre esse recurso. As empresas têm investido cada vez mais em programas e projetos que visam a racionalizar o uso de água, estabelecendo planos de gestão de águas que buscam otimizar e definir diretrizes sustentáveis para as bacias hidrográficas sobre sua influência.

É nessa ótica do uso sustentável do recurso hídrico que a Unidade Fortaleza de Minas (MSF), da Votorantim Metais, estabeleceu seu Plano de Gestão de Águas e apresenta-se a seguir.

2 INFORMAÇÕES BÁSICAS

Dentre os recursos naturais, um dos que apresentam os mais variados, legítimos e correntes usos, é a água. Nos dias atuais, em função dos progressos sociais e industriais que vem atravessando a humanidade, po-

¹ Coordenadora de Meio Ambiente da Unidade Fortaleza de Minas, da Votorantim Metais.

² Gerente de desenvolvimento humano e organizacional e meio ambiente da unidade Fortaleza de Minas, da Votorantim Metais.

dem-se enumerar os seguintes usos múltiplos desse recurso:

- abastecimento público;
- consumo industrial;
- matéria prima para a indústria;
- irrigação;
- dessedentação de animais;
- recreação e lazer;
- geração de energia elétrica;
- transporte;
- diluição de efluentes;
- preservação da flora e da fauna.

Os cinco primeiros usos referidos exigem a retirada da água do manancial. Já para os demais isso não é necessário. Quanto ao uso da água para diluição dos efluentes industriais e domésticos, esta é uma prática que vem diminuindo em função das leis ambientais, que ganharam êxito no início dos anos 1990, especialmente nas médias e nas grandes empresas.

Com o crescimento acelerado da população e o desenvolvimento industrial e tecnológico, ocorridos principalmente após a II Guerra Mundial, as fontes disponíveis de água estão, a cada dia, cada vez mais comprometidas ou correndo algum risco de exaustão, especialmente nos grandes centros urbanos e industriais. A poluição de mananciais, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado para a irrigação, a impermeabilização do solo, entre tantas outras ações do homem, são responsáveis pela degradação dos recursos hídricos hoje vista em várias partes do mundo. Esse fato agrava-se quando se analisa a disponibilidade de água: 97,5% são água salgada; 2,493% estão contidos nas geleiras ou nas regiões subterrâneas de difícil acesso; e apenas 0,007% correspondem a água doce disponível para o

uso humano, com grande parte apresentando níveis de poluição que a tornam imprópria para o consumo. Outro fator preocupante é o desperdício provocado pelo uso indiscriminado do recurso, envolvendo, na maioria dos casos, fatores culturais.

A poluição hídrica é decorrente da presença, do lançamento ou da liberação nas águas de toda e qualquer forma de matéria ou energia com a intensidade, a quantidade, a concentração e as características em desacordo com os padrões de qualidade ambiental estabelecidos por legislação, ocasionando, assim, interferência prejudicial aos usos preponderantes das águas (Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, e ABNT, 1987). No caso específico da mineração, a poluição hídrica está relacionada ao transporte de partículas de áreas decapeadas³ por água pluvial; deposição direta de estéril⁴ em cursos de água; lançamentos de rejeito; deposição de resíduos sólidos não inertes; bombeamento de água com sólido proveniente do rebaixamento do lençol freático em cavas de minas; lançamento de esgotos e efluentes oleosos de oficinas. A situação é agravada em função da gênese da jazida, como, por exemplo, em minas sulfetadas, onde as drenagens são ácidas. Ademais, a captação indevida de água assim como o rebaixamento de lençol freático, interferindo nas áreas de recarga – pode contribuir negativamente para a disponibilidade do recurso.

A consequência desse uso inadequado dos recursos hídricos resultou no fato de que oitenta países já enfrentam graves problemas por falta ou escassez de água, tais como: Arábia Saudita, Israel, Egito, Etiópia, Haiti, Irã, Líbia, Marrocos, Síria e África do Sul. Como agravante, a população está crescendo mais rapidamente em áreas onde a água é escassa (MEDEIROS-LEÃO, 2001). No Brasil essa situação

³ Retirada da camada superficial do solo.

⁴ Material extraído pelo processo de lavra, porém sem aproveitamento no processo mineral ou sem valor econômico.

também não é diferente. Além da distribuição irregular de água (uma vez que 68% desse recurso está no Norte, onde vivem apenas 7% da população, e 6% dos recursos hídricos está no Sudeste, onde vivem 43% da população brasileira), o desperdício e a poluição provocada pela falta de tratamento de efluentes agravam a situação no país. Entre 40% e 60% da água tratada e distribuída são desperdiçados pelo mau uso e pelas condições precárias da rede de distribuição brasileira (FERREIRA, 2001).

Para administrar esses problemas, torna-se imperativa a existência de um sistema de gerenciamento de recursos hídricos. O sistema estabelece as metas da qualidade de água e os critérios para sua utilização, visando do uso sustentável desse recurso, baseado em cenários presente e futuro. Este tem sido o modelo adotado por vários países, com uma estrutura institucional que reflete as condições geográficas e sócias-políticas de cada um, visando estabelecer diretrizes sustentáveis para o uso da água pelos diversos segmentos da sociedade.

No estudo de caso aqui apresentado, o da Unidade Fortaleza de Minas, da Votorantim Metais, na cidade de Fortaleza de Minas, estado de Minas Gerais, utilizou-se o princípio da gestão sustentável de

recursos hídricos para minimizar e controlar as interferências quali-quantitativas decorrentes das atividades exercidas pela empresa na rede hidrográfica sob sua influência. Esse trabalho tem proporcionado o conhecimento de suas interferências, a definição da melhor forma de agir proativamente e o comprometimento de todos os usuários internos na conservação e na racionalização do uso da água.

3 A UNIDADE FORTALEZA DE MINAS

A Unidade Fortaleza de Minas (MSF) localiza-se no município de Fortaleza de Minas, no sudoeste do Estado de Minas Gerais. Está distante cerca de 370 km de Belo Horizonte, sendo seu acesso principal feito pela MG 050 até o trevo para Fortaleza de Minas, onde são mais 23 km por estrada vicinal. A localização do empreendimento é apresentada na (Figura 64). Suas atividades iniciaram-se em 1998, com extração de minério sulfetado de níquel. Até o ano 2000, a lavra foi realizada a céu aberto; a partir daí, iniciou-se a mina subterrânea. O estéril é depositado em uma pilha, ocupando uma área de 35 hectares.



Foto 77. Vista do Mirante – Fortaleza de Minas

O concentrado produzido é enviado para a fundição, onde será obtido o matte de níquel,⁶ produto final da MSF. O processo de fundição inicia-se com a secagem do concentrado. Em seguida ele é conduzido para o forno *flash*, onde se obtém matte e escória. A escória é alimentada no forno elétrico, onde se obtém a escória final, a ser depositada, e a outra porção de matte, que se junta ao obtido no forno *flash*. Para tanto, o matte e a

escória passam por processo de granulação por meio da adição de água. Para obtenção de água resfriada, é utilizada torre de resfriamento; para obtenção de vapor, é utilizada caldeira a óleo.

Os gases obtidos no forno *flash* são conduzidos para a planta de ácido para a recuperação do enxofre e produção do ácido sulfúrico, outro produto da MSF.

Para melhor visualização do processo produtivo, ver (Figura 65).

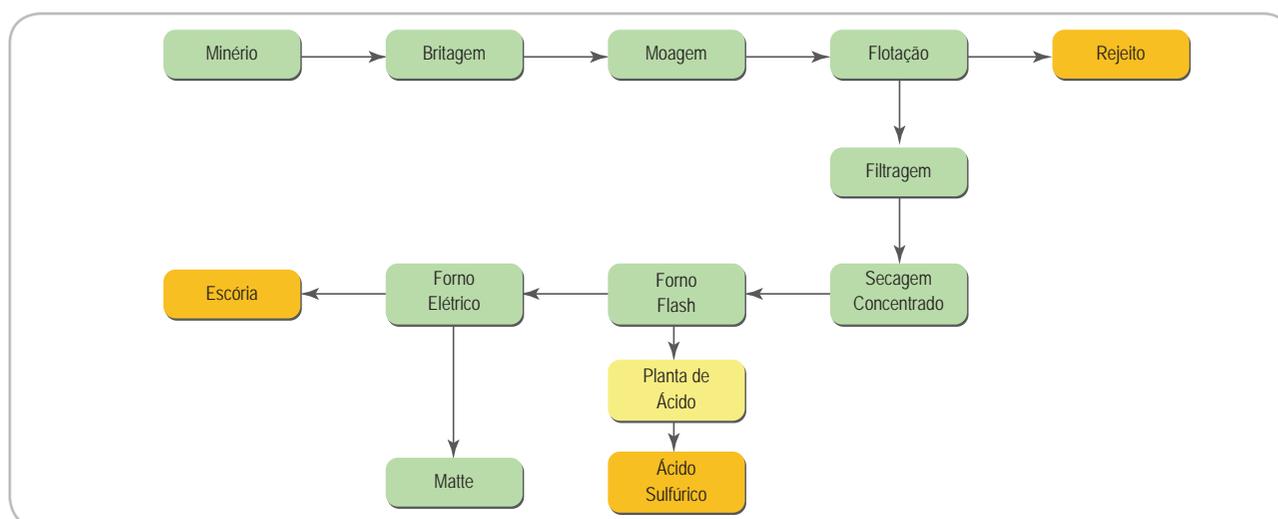


Figura 65. Fluxograma simplificado do processo produtivo da MSF

O *make up* (água nova) de água para consumo no processo produtivo é proveniente da barragem de água bruta, aproximadamente 50%, em função das perdas por evaporação. Os outros 50% são provenientes da recirculação. Todos os efluentes gerados na área industrial da MSF, bem como a drenagem pluvial dos pátios de minério sulfetado, são conduzidos para a bacia de água recirculada, fechando o circuito de água e impedindo que a água ácida seja enviada para a barragem de água bruta. Todas as drenagens pluviais não contaminadas da MSF são conduzidas para a barragem de água bruta, a jusante de toda a área do empreendimento, incluindo o efluente do depósito de estéril.

A vazão residual da barragem de água bruta

(50 m³/h), e o excesso de água pluvial que transborda pelo canal lateral, vertedouro (podendo chegar a 200 m³/h), alimentam o córrego Muniz, cuja água é disponibilizada para a comunidade. Portanto, a água dessa barragem tem de estar com a qualidade adequada. Para isso, é necessário que todas as ações de controle sobre a qualidade das águas na MSF, incluindo o processo de recirculação, sejam feitas na área industrial e no depósito de estéril, pois qualquer forma de tratamento, mesmo que para polimento, é impossível num corpo de água com as dimensões da barragem de água bruta, com 15 hectares de área.

Para melhor visualização do balanço de água da MSF, ver (Figura 66).

⁶ Agregado granular composto de diversos metais, principalmente níquel, cobalto e cobre.

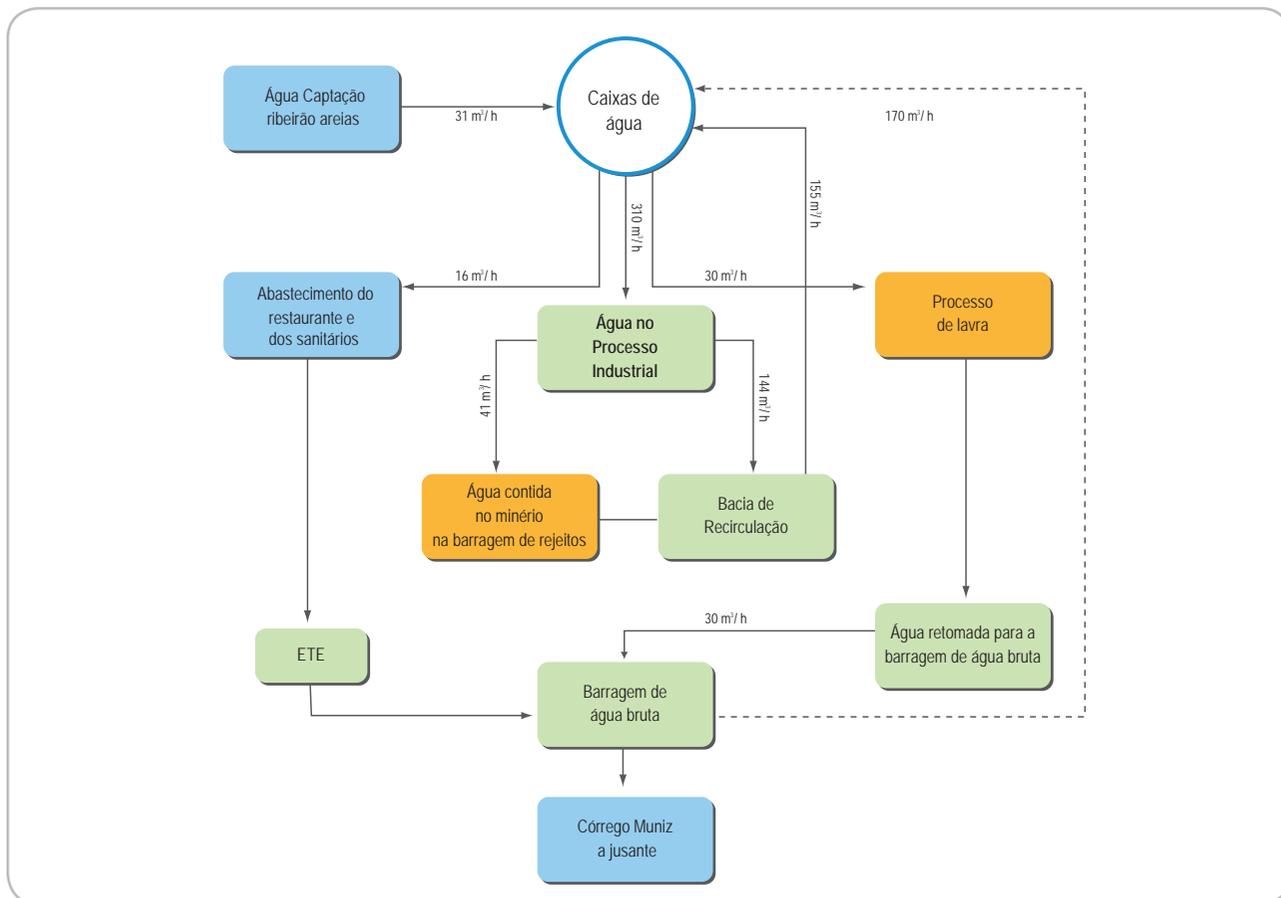


Figura 66. Balanço de água simplificado da MSF – não considerando o *make-up*

Dois eventos desencadearam processos de contaminação com níquel na barragem de água bruta da MSF: o primeiro, ocorrido em 1998 (primeiro ano de operação), quando a drenagem do pátio de minério sulfetado foi, por um erro de avaliação do processo, direcionada para essa barragem. Assim que detectado o problema, por meio de amostragem de água da barragem, imediatamente a drenagem foi refeita e direcionada para o processo produtivo, através do tanque de rejeito da flotação, onde há correção de pH para precipitação dos metais no depósito de rejeito. O outro evento foi em 2001, quando se detectou a geração de drenagem ácida no efluente do depósito de estéril, provocada pela diluição entre minério e estéril, sendo o efluente contaminado

conduzido para a barragem de água bruta. Até hoje esse processo ocorre, porém algumas medidas já foram tomadas. Foi implantado o tratamento químico e passivo (utilizando-se o processo de ZVI – “Zero-Valent Iron”) para esse efluente, intensificada a cobertura e construído um sistema de drenagem para evitar a infiltração de água, que é encaminhada para o processo produtivo. Com a implantação dessas medidas, o problema foi minimizado, no entanto estão sendo realizados estudos hidrogeológicos, hidroquímicos, de biolixiviação e de avaliação de cobertura “ideal” que não permita a infiltração de água pluvial, com vistas à identificação de problemas e ao estabelecimento ações futuras de controle total do processo de drenagem ácida.

Assim, pode-se verificar que a drenagem ácida constitui o fator de maior necessidade de controle na MSF. Os processos de geração são inevitáveis, porém gerenciáveis no curto prazo, pelo do uso racional da água e pelo controle de suas fontes de contaminação. Para isso, a MSF desenvolveu seu Plano de Gestão de Águas. Com um horizonte mais amplo de realização, estão sendo feitos estudos detalhados das áreas onde o processo de drenagem ácida ocorre para que haja minimização e controle desse evento. O foco desses estudos constitui o tratamento na fonte, visando a eliminá-la, ou seu controle depois de gerada a drenagem ácida.

4 CONDIÇÕES DE CONTORNO PARA O PLANO DE GESTÃO DE ÁGUAS

Em 2002, a MSF implantou seu Plano de Gestão de Águas com o objetivo principal de iniciar o processo de descontaminação da barragem de água bruta, sendo ela alimentada apenas pelo efluente tratado do depósito de estéril e pela água pluvial não contaminada, que precipita sobre a área industrial. É importante mencionar que a barragem foi dimensionada considerando os estudos hidrológicos da região, tendo-se em vista a segurança da operação. Os efluentes provenientes de processo de drenagem ácida, antes descartados nessa barragem, estão retornando à planta, fechando o circuito de água. Entretanto, caso haja necessidade de descartá-los, eles serão tratados previamente, visando a garantir a qualidade da água da barragem de água bruta.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA SOBRE INFLUÊNCIA DA MSF

A MSF localiza-se na bacia do Rio Grande, sub-bacia do Rio São João, sendo o córrego Muniz seu afluente

pela margem esquerda, no município de Fortaleza de Minas-MG. O córrego Muniz abastece propriedades rurais até desaguar no rio São João.

O ribeirão Areias tem como influência da MSF a captação de água nova, por meio da estação de bombeamento instalada às margens daquele ribeirão, não havendo nenhum tipo de lançamento de efluente.

O córrego Muniz nasce dentro da área industrial da empresa e forma dois braços. O braço esquerdo recebe a contribuição da área de produção (fundição, concentração e manutenção). O braço direito recebe a contribuição do depósito de estéril. Esses dois braços drenam para a barragem de água bruta, sendo efluente desta lançado no córrego Muniz, que, conseqüentemente, drena para fora dos limites da empresa. São aproximadamente três quilômetros de extensão até o córrego Muniz desaguar no rio São João, corpo de água principal. Nesses três quilômetros, o córrego percorre diversas fazendas.

O ribeirão Fortaleza e o córrego José Mendes não recebem contribuições da MSF, apesar de terem seus cursos em áreas limítrofes à empresa. Porém, sofrem interferência de fazendas localizadas às suas margens.

Na (Foto 78) é mostrada a rede hidrográfica no entorno da MSF. Ressalta-se que os ribeirões Areias e Fortaleza não estão na área fotografada.

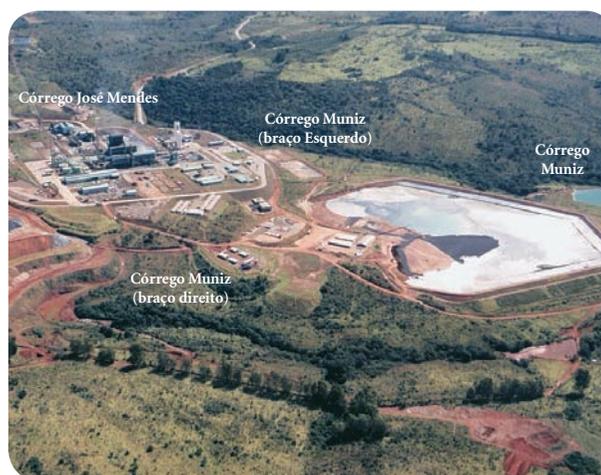


Foto 78. Rede hidrográfica no entorno da MSF

A rede hidrográfica superficial considera que as informações sobre a influência da MSF na drenagem se divide em:

- a) influência direta, ou seja, os corpos de água que recebem os efluentes da MSF ou sofrem qualquer outro tipo de interferência da mineração. Nessa categoria estão o córrego Muniz (lançamento da vazão residual, transbordo da barragem de água e *make up* de água para o processo a partir da barragem de água bruta) e o ribeirão Areias (captação de água para consumo humano e utilidades);
- b) influência indireta, ou seja, estão na área de influência da MSF mas não recebem qualquer tipo de interferência da empresa. Nessa categoria estão o ribeirão Fortaleza e o córrego José Mendes.

As águas subterrâneas sofrem influência da área industrial como um todo em razão do depósito de estéril; da mina subterrânea; das áreas de tancagem/bacias e da estocagem da concentração e da fundição; do sistema de barragens; do aterro sanitário e dos sistemas de tratamento de efluentes.

Diversos são os documentos que abordaram, ao longo dos anos, a boa *performance* da rede hidrográfica na MSF. O *background* da região é abordado no EIA/RIMA elaborado pela MSF para obter sua Licença Prévia, e foi utilizado em diversos estudos posteriores, visando a avaliar e a consolidar a real influência da empresa na região.

4.2 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PERTINENTE

De acordo com a Lei Federal nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998, são classificadas como crimes ambientais as seguintes atitudes, entre outras:

Provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, a morte de espécies aquá-

licas; causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”.

Portanto, o lançamento descontrolado de efluentes, a alteração negativa da qualidade das águas superficiais ou subterrâneas e a captação sem a devida regularização (cadastro e outorga) podem ser enquadrados como crimes ambientais se provocarem efeitos adversos ao meio ambiente. Há, portanto, uma série de legislações específicas para tratar do controle quali-quantitativo das águas, conforme abordado a seguir.

4.2.1 ESFERA FEDERAL

Do ponto de vista de controle de poluição das águas, a legislação brasileira baseia-se em dois critérios: a qualidade da água do corpo receptor, que permite enquadrá-lo em determinada classe de usos preponderantes; e o ato da utilização de recursos hídricos que implique alterações na qualidade – entre outras – destes como pode ocorrer mediante o lançamento de resíduos líquidos ou gasosos, em razão de suas características físico-químicas, biológicas e de toxicidade. Com relação ao corpo receptor, a classificação é feita segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes; abrangendo águas doces, salinas e salobras; e inclui 13 classes de qualidade. Os limites e as condições relativos aos corpos de água constam da Resolução CONAMA nº 357, de 2005, norma que atualizou e substituiu a Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Quanto aos efluentes de qualquer fonte poluidora, estes somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, os padrões e às exigências dispostos na mencionada Resolução e em outras normas aplicáveis.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências, estabelece a necessidade de outorga de uso de recursos hídricos para a derivação ou captação e parcela de água existente em um corpo de água ou para a extração de água de aquífero subterrâneo, com objetivo de consumo, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; para o lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final o volume retirado bem como outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

4.2.2 ESFERA ESTADUAL

A MSF está sujeita a Legislação Ambiental do Estado de Minas Gerais para qualidade das águas, ou seja, a DN Copam nº 10/86, uma vez que esta norma é mais restritiva que a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. De acordo com aquela Deliberação, os padrões a serem seguidos pela MSF e especificados em seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA) são os da Classe II, conforme estabelecido no item C do artigo 11 da referida Deliberação.

Pela ausência de legislação específica para as águas subterrâneas, os padrões de qualidade de água para o monitoramento de lençol freático na MSF seguem a DN Copam nº 10/86 para classe II, conforme adotado para águas superficiais. Esse critério está estabelecido no (EIA/Rima) Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental da MSF.

Em relação aos efluentes, a MSF também segue a Deliberação Normativa Copam nº 10/86.

A Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Pelo art. 18, estão estabelecidos os usos sujeitos a outorga pelo poder público, inde-

pendentemente da natureza pública ou privada dos usuários.

A Lei nº 13.771, de 11 de dezembro de 2000, dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado e dá outras providências.

A Portaria Administrativa Igam nº 010, de 1998, altera a redação da Portaria nº 030, de 7 de junho de 1993. Essa Portaria estabelece critérios para outorga e define a modalidade de uso ou das obras sujeita à outorga.

4.2.3 ESFERA MUNICIPAL

Não há legislação específica.

4.2.4 PADRÕES INTERNOS DA MSF

Os padrões internos são aqueles estabelecidos no Plano de Gestão de Águas da MSF para que sejam alcançados os índices definidos nas metas internas da empresa (que compõem o Plano), visando à melhoria contínua do sistema ou, no mínimo, o atendimento à legislação ambiental vigente, tanto para os aspectos qualitativos quanto quantitativos. Esses índices são estabelecidos com base em estudos de dados históricos da MSF e em referências bibliográficas, processados e analisados periodicamente pelo Departamento de Meio Ambiente da empresa.

Para lançamento de qualquer efluente da área industrial (em geral, fundição e concentração) na barragem de água bruta é definido que o pH deve ser 9. Este valor foi estabelecido visando a precipitar o Ni (principal metal pesado contaminante dos efluentes da MSF), que ocorre em pH 8,5, considerando ainda uma margem de segurança, em função de erros de leitura que podem ocorrer nos pHmetros (equipamento que faz a leitura de pH), bem como os dados históricos da MSF.

Na (Figura 67), a seguir, é apresentado o comportamento do Ni em função do pH, no qual se per-

cebe que a faixa ideal é acima de 9. Os valores utilizados foram da água recirculada, que era um dos principais efluentes internos da MSF no período de chuva, antes da implantação do Plano de Gestão de Águas. Ele retrata a contribuição do rejeito da concentração, da água da mina, da granulação de escória da fundição e da lavagem de piso da área industrial.

Hoje a água recirculada retorna 100% para o processo produtivo. Isso foi possível após a elaboração do balanço de água da empresa, visando a otimizar a recirculação de água. As mudanças realizadas foram todas focadas na substituição de água bruta

(captada na barragem de água bruta) por água recirculada e no gerenciamento de todas as suas fontes de contribuição, ou seja, garantir a qualidade adequada dessa água para que, em caso de transbordo (situação atípica), ela não contamine a barragem de água bruta. Até então, a bacia de água recirculada vertia para a barragem de água bruta, contribuindo para sua contaminação, pois o controle de todas as suas fontes de alimentação apresentava falhas de gerenciamento na área operacional. Além disso, o consumo de água bruta, que representa o barramento do córrego Muniz, era elevado.

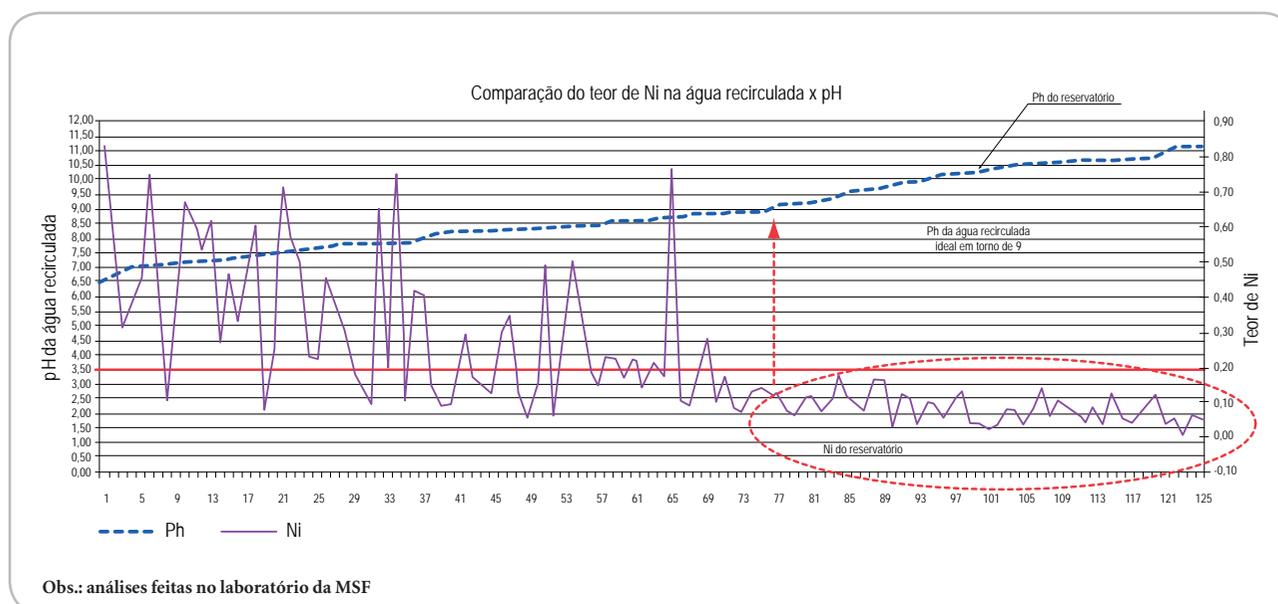


Figura 67. Comparação do teor de níquel na água recirculada x pH

4.3 A IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO DE ÁGUAS DA MSF

Após detectada a contaminação da água da barragem de água bruta em função dos eventos ocorridos em 1998 e 2001, a MSF investiu numa série de projetos corretivos para que tais eventos ou outros semelhantes não se manifestassem. Porém, faltava à empresa identificar por que o processo de descontaminação não ocorria de forma eficaz. Após avaliação do risco de todo

o sistema de águas, utilizando a metodologia de “aspecto e impacto”, detectou-se que o problema estava relacionado, principalmente, a falhas na operação dos sistemas de tratamento implantados. Assim, o Plano de Gestão de Águas direcionou seu foco principalmente para o gerenciamento e para a conscientização dos funcionários com relação ao assunto tratado.

O Plano de Gestão de Águas da MSF é um documento que reúne e consolida todas as informações relativas ao uso das águas (superficial e subterrânea) sob influência da empresa, tanto para seu próprio consumo (humano e industrial) como para aqueles cuja água pode sofrer interferências em qualidade ou quantidade em função do desenvolvimento das atividades industriais.

Dessa forma, estão reunidas, avaliadas e disponibilizadas as diversas informações utilizadas pelo Departamento de Meio Ambiente da MSF para o controle das águas. As áreas de produção participam ativamente desse Plano na execução das diretrizes estabelecidas e na melhoria contínua de seus processos. Portanto, torná-lo prático depende de todos os funcionários.

Por intermédio desse documento é possível obter informações a respeito dos seguintes assuntos principais: controles implementados pela MSF para avaliar o consumo e a qualidade das águas consumidas e lançadas pela empresa; as interferências que alcançam a rede hidrográfica sob influência da MSF; a análise de risco das interferências (rotineiras e emergenciais) provocadas pela MSF na rede hidrográfica; o sistema de processamento e reportagem de dados, metas, indicadores, responsabilidades, etc.

A reunião de todas essas informações tem como objetivo disponibilizar num único documento todo o sistema de gestão de águas praticado pela empresa, implementado pelas suas diversas áreas, tornando essa informação de fácil acesso a todos aqueles que necessitarem. Também, por meio das revisões periódicas programadas, será o momento de rever de forma

abrangente as interferências provocadas e o controle implementado pela MSF, avaliando a necessidade de implementação ou mudança em algum controle.

Portanto, o Plano de Gestão de Águas é constituído dos seguintes tópicos, seguindo os princípios da norma ISO 14001:

- introdução e objetivo;
- legislação e padrões internos;
- regime pluviométrico local;
- caracterização da rede hidrográfica sobre influência da MSF;
- caracterização do processo produtivo da MSF – balanço de água;
- caracterização do efluente da barragem de água bruta;
- sistemas de tratamento (descrição, eficácia e melhorias);
- controle quantitativo das águas;
- controle qualitativo das águas;
- avaliação de risco de situações atuais, novos projetos ou mudanças;
- análise de riscos de acidentes ambientais que interferem na qualidade das águas e medidas de controle implantadas;
- objetivos e metas – melhoria do sistema;
- responsabilidades;
- reportagem de dados;
- treinamento e conscientização;
- auditorias;
- controle de revisão.

Sendo assim, o Plano de Gestão de Águas é embasado no ciclo PDCA e na melhoria contínua, conforme esquema a seguir:

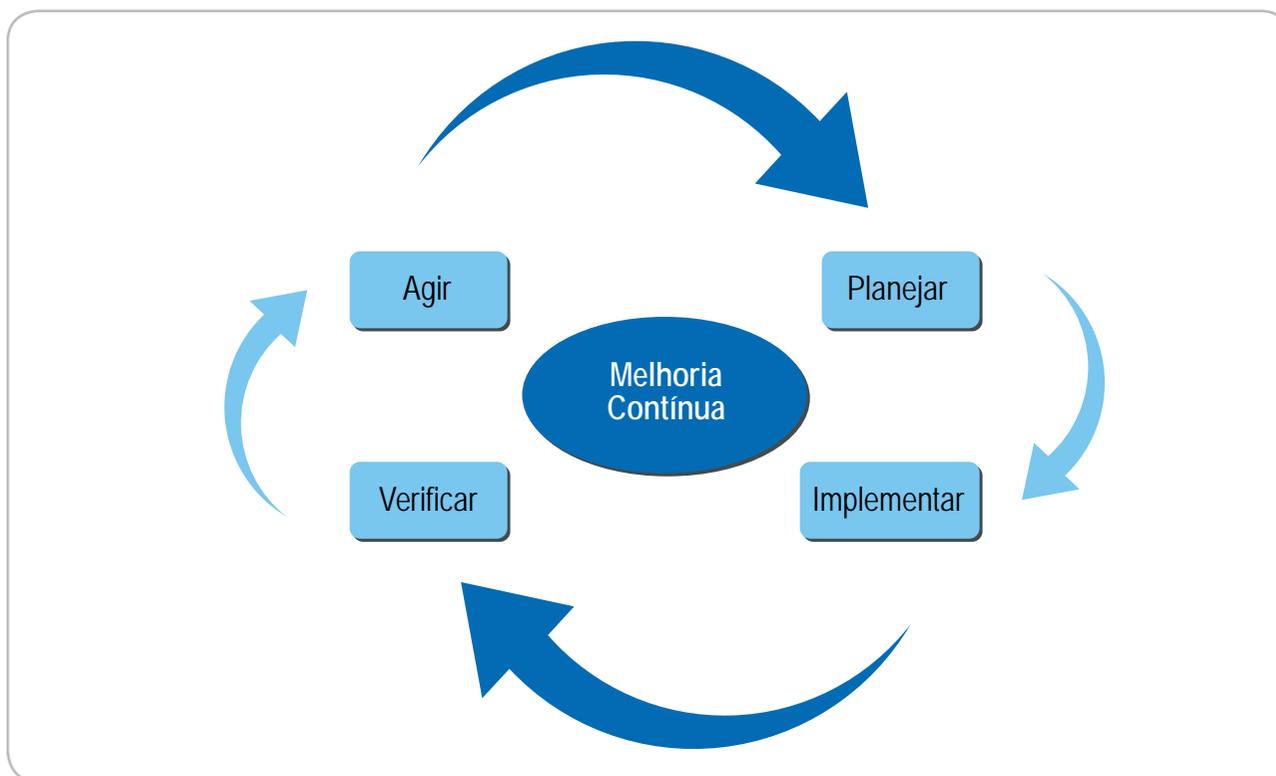


Figura 68. Ciclo de ações para a melhoria contínua

Ressalte-se que um dos pontos mais trabalhados no Plano de Gestão de Águas foi a conscientização dos funcionários e dos contratados da MSE. Isso se deve ao fato de os desvios que ocorriam na gestão de águas estarem muito mais relacionados ao comportamento operacional que à falta de sistema de tratamento adequado, que existia, porém muitas vezes era operado de forma deficiente. Prova disso eram os constantes desvios detectados no efluente da água de granulação de escória, na água bombeada da mina, no efluente do depósito de rejeito e de estéril, bem como o constante transbordo da água recirculada com qualidade inadequada.

A única falha estrutural apontada com a implementação do Plano de Gestão de Águas foi a necessidade de implantação da estação de tratamento de efluente do depósito de estéril e da água da mina. Os próprios funcionários, à medida que foram envolvidos no processo de implementação do Plano, iden-

tificaram novos usos para a água recirculada, o que promoveu o aumento de seu consumo e tem impedido o transbordo da bacia. Além disso, foi definida a responsabilidade deles no controle qualitativo dos efluentes.

Para essa “mudança” de cultura, inicialmente foram considerados como público-alvo os funcionários e contratados da Gerência de Metalurgia (funcionários da concentração, da fundição e planta de ácido), uma vez que a maioria dos efluentes era gerada nessas áreas. Os demais efluentes gerados por outras áreas são controlados pelo próprio Departamento de Meio Ambiente da empresa. Foi estabelecido que seria feito um treinamento obrigatório e que ele faria parte do Programa de Participação nos Resultados (PPR) de todos os funcionários.

Estabeleceu-se uma rede de monitoramento interna, com periodicidade semanal de análise e interpretação dos dados. A avaliação semanal, feita pelo

coordenador de meio ambiente da unidade, era enviada aos gerentes, aos coordenadores e aos supervisores da área, com vistas a estabelecer o comprometimento destes e informá-los dos resultados obtidos e das ações futuras. Ademais, foram estabelecidos indicadores de desempenho ambiental relacionados à gestão de águas, os quais passaram a ser divulgados para toda a empresa e discutidos em reunião de análise crítica (reunião estabelecida conforme norma ISO 14001).

Outro instrumento de gestão utilizado determinou inspeções de área, realizadas pelas áreas operacionais em conjunto com o Departamento de Meio Ambiente. Nelas, passou-se a fazer a conscientização dos funcionários e dos contratados nos seus postos de trabalho, conferindo as planilhas de controle de efluentes e se estes estavam contemplando os riscos ambientais associados em suas Análises Preliminares de Risco (APRs)– avaliação de risco obrigatório para cada trabalhador que for realizada uma tarefa, sendo conferida periodicamente pelo supervisor imediato).

Por fim, os resultados e a contribuição de cada área na obtenção desses resultados passaram a ser divulgada em palestras realizadas pelo coordenador de meio ambiente. Assim, cada funcionário passou a conhecer sua responsabilidade nos resultados ob-

tidos por ele, pela sua área e pela empresa. Essa metodologia de conscientização é usada desde 2002 até os dias atuais.

4.4 RESULTADOS OBTIDOS

Após dois anos de implantação do Plano de Gestão de Águas da MSE, podem-se destacar os seguintes resultados obtidos:

- 100% dos funcionários (público-alvo) treinados no Plano de Gestão de Águas;
- nenhum desvio qualitativo no efluente da granulação de escória;
- nenhum desvio qualitativo no efluente do depósito de estéril;
- nenhum desvio qualitativo no efluente do depósito de rejeito;
- nenhum desvio qualitativo no efluente bombeado da mina subterrânea;
- 1 ano e 6 meses sem transbordo da barragem de água recirculada, retornando toda a água para o processo produtivo;
- progressivo processo de melhoria da água bruta da MSE, conforme (Figura 69), a seguir. Quando se analisa o córrego Muniz, desde janeiro de 2004, pode-se considerar o níquel e o manganês controlados dentro do limite legal.

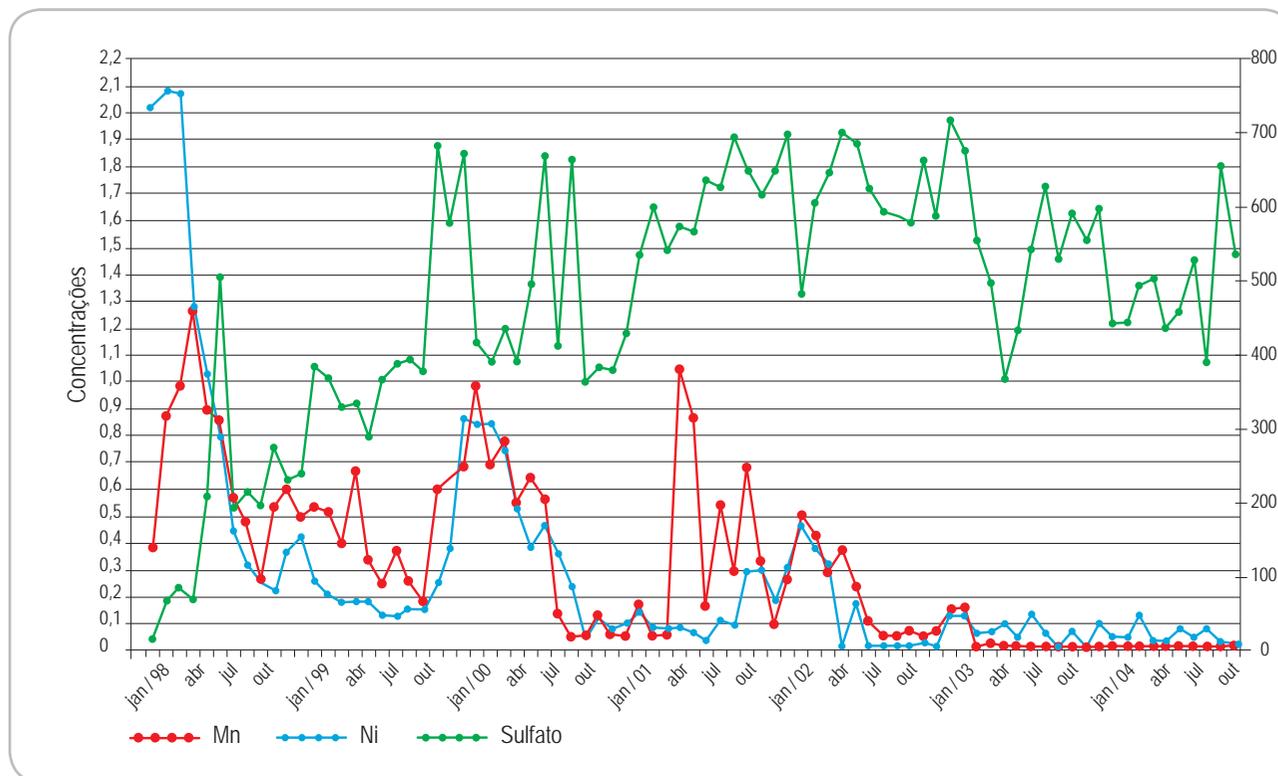


Figura 69. Dados qualitativos da barragem de água bruta da MSF

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de geração de drenagem ácida envolve o controle de uma série de variáveis e resulta em um processo complexo. No caso da MSF, o gerenciamento desse processo no curto prazo tornou-se prioridade para a empresa. A base foi a revisão dos projetos implantados, adequação dos mesmos aos novos riscos identificados, definição de diretrizes de atuação clara para todos os funcionários e conscientização. Com isso, a empresa tem conseguido atingir todas as suas metas de curto prazo relativamente à qualidade de água, com um desempenho satisfatório. No lon-

go prazo, o processo é tratado de forma mais ampla, com estudos diversos.

Após dois anos de trabalho no Plano de Gestão de Águas, fica a conclusão de que a participação da área operacional, junto com a gerência de uma empresa, é a base de todo o sucesso. Ainda é cedo para afirmar que na MSF há conscientização ambiental com mudança de cultura, pois cobranças ainda são feitas e pequenos desvios relatados, pois o processo é novo. Entretanto, com certeza é possível afirmar que a empresa está no caminho certo.

Luís Antonio Torres da Silva¹
Patrick Thadeu Thomas²
Pedro Carlos Pociotti³

USO DA ÁGUA NA MINERAÇÃO DE AREIA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

1 INTRODUÇÃO

A extração de areia para construção civil, importante atividade econômica para manutenção da vida urbana, tal como nossa civilização conhece e exalta, é uma atividade que ao explorar um recurso natural mineral causa impactos ambientais inerentes ao exercício da atividade, cuja mitigação é possível, devendo-se buscá-la com a mesma intensidade como que se procura aprimorar os processos extrativos. Nesse sentido, é importante mencionar que a mineração se caracteriza por ser uma atividade temporária, o que permite estabelecer um programa para uso futuro da área onde ela se instala que venha compor e satisfazer as necessidades vindouras das comunidades dessa região. É, portanto, nesse contexto que se enquadram tanto a necessária implementação das medidas de controle estabelecidas e fiscalizadas pelos órgãos ambientais como a gestão de recursos hídricos, que são adotadas pelos empreendedores, conscientes de suas obrigações relativas ao cuidado com o meio ambiente, de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, apresenta-se a participação do segmento dos exploradores de areia na bacia do rio Paraíba do Sul, no processo de implementação do instrumento de gestão cobrança pelo uso da água. Esse instrumento, definido na Lei nº 9.433, de 1997, coloca-se como um mecanismo de gestão que visa ao reconhecimento da água como bem econômico e dá ao usuário uma indicação de seu real valor, enquanto estimula a adoção de processos de menor consumo, com vistas à racionalização do uso da água. Convém aqui ressaltar que, no que toca propriamente à cobrança pelo uso da água, esta é fixada em termos de valores relativos às derivações, às captações e às extrações de água, ao volume retirado e seu regime de variação, aos nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos e gasosos, ao volume lançado e a seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente. Assim, há se atribuir justos valores pela redução da oferta de água decorrente da atividade do empreendimento, e as compensações relativas à perda permanente da

¹ Engenheiro Agrônomo, técnico da Mineração e Geologia Aplicada Ltda (MGA), consultor da Anepac e do Sindareia-SP.

² Especialista em recursos hídricos da Superintendência de Outorga e Fiscalização, da ANA.

³ Consultor da Agência Nacional de Águas - ANA, na área de informação.

oferta global de água no corpo hídrico (indisponibilidade futura para outros usos) *vis-a-vis* à importância e capacidade econômica do setor usuário.

2 INFORMAÇÕES BÁSICAS

2.1 PROCESSOS DE EXTRAÇÃO DE AREIA E O USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Praticamente toda a areia natural extraída para fins de construção civil utiliza a água em seus processos, que se pode agregar em três grandes grupos:

- a) portos de areia;
- b) cavas aluvionares;
- c) desmonte hidráulico de solos residuais.

2.1.1 PORTOS DE AREIA

Portos de areia são aqueles processos em que a extração da areia é realizada diretamente do leito dos rios por meio de dragas flutuantes. O material extraído é estocado junto às margens dos rios. Portanto é necessária a disponibilidade de uma área limpa (desmatada) na margem ou a utilização do expediente de barcaças para efetuar diretamente o transporte fluvial para outro local.

Do ponto de vista ambiental, os impactos estão associados à necessidade de desmatamento junto às margens dos rios e, nos corpos hídricos, ao revolvimento do material do fundo dos rios, com possíveis prejuízos à biota fluvial, além de modificações da dinâmica de sedimentação, com movimentação dos finos e deposição em outros locais. As perdas no processo ficam restritas à água incorporada ao produto.

Na dinâmica fluvial, pode ocorrer, por breves períodos, o aprofundamento da calha dos rios. No entanto, com o passar do tempo haverá nova reposição de material nos locais de extração, uma vez que permanecem as fontes desses sedimentos.

2.1.2 CAVAS ALUVIONARES

Em cavas aluvionares enquadram-se aqueles processos em que a extração da areia se dá em um ciclo fechado e progressivo em área e profundidade, utilizando-se a água subterrânea como veículo do processo. O processo é iniciado mecanicamente até atingir o lençol freático, momento em que passa a ser controlado pela água subterrânea.

2.1.3 DESMONTE HIDRÁULICO DE SOLOS RESIDUAIS

O processo de desmonte hidráulico, também conhecido por “areia de barranco”, consiste simplesmente na lavagem sob pressão dos finos (argila e silte) em bancadas de solos residuais, separando-os da areia. Os solos residuais são normalmente oriundos da ação do intemperismo em rochas graníticas, gnáissicas, quartzíticas ou xistosas.

O processo de separação dos finos determina seu carregamento junto com a água de desmonte, normalmente para bacias de sedimentação. Caso esse procedimento não ocorra, esses finos são levados com a água de restituição possivelmente até um corpo hídrico. A extração de areia por desmonte hidráulico em solos residuais pode resultar em danos ambientais facilmente passíveis de controle e mitigação.

2.2 A POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) foram instituídos pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Dentre os fundamentos desta Lei, definiu-se a água como um bem de domínio público, tratando-se de um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Estabeleceu-se, dessa forma, como instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre outros, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e a

O Ceivap

O Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – Ceivap, sediado em Resende-RJ, foi criado pelo Decreto Federal nº 1842, de 22 de março de 1996, e constituiu-se num fórum democrático e participativo para os debates e as decisões descentralizadas sobre as questões relacionadas ao uso das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

O Comitê é constituído por representações dos poderes públicos (35%), dos usuários (40%) e de organizações civis (25%) com importante atuação para a conservação, a preservação e a recuperação da qualidade das águas da bacia. Atualmente o Ceivap conta com 60 membros, sendo três da União e 19 de cada estado que compõe a bacia (RJ, SP, MG).

Entre as principais atribuições do Ceivap destacam-se: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia e acompanhar sua execução; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso da água e sugerir os valores a serem cobrados; arbitrar em primeira instância administrativa os conflitos relacionados aos recursos hídricos e definir as metas de qualidade (enquadramento) para as águas dos rios da bacia.

cobrança pelo uso desses recursos. A conceituação e aplicação desses instrumentos, e os demais pressupostos da PNRH podem ser encontrados no Capítulo 3 deste livro.

Em 4 de novembro de 2002, na cidade de Resende-RJ, o Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Ceivap), com base na legislação vigente, deliberou em reunião plenária pela implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos dos setores de saneamento, indústria, agropecuária, aquicultura e geração de energia elétrica em Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Em razão das especificidades em relação às interferências e aos usos dos recursos hídricos no setor de mineração de areia, o Ceivap estabeleceu naquela Deliberação o prazo de um ano, a partir do início efetivo da cobrança, para que fossem definidos os critérios de cobrança pelo uso da água para aquele setor.

No segundo semestre de 2003 iniciou-se a elaboração de dois estudos para subsidiar a definição dos critérios para cobrança pelo uso da água do setor de mineração: um desenvolvido pela equipe do Laboratório de Hidrologia da Coppe-UFRJ, sob coordenação do engenheiro civil Paulo Marcelo Lambert Gomes; e outro pela equipe da Agência Nacional de Águas, sob coordenação de Patrick Thadeu Thomas, com proveito de contribuições anteriormente realizadas por Pedro Carlos Pociotti, especialmente nos casos de cobrança em cavas aluvionares a céu aberto. Esses estudos foram concluídos e apresentados na reunião da Câmara Técnica do Ceivap em 2 de março de 2004.

Diante dos estudos apresentados e dos questionamentos gerados, decidiu-se realizar nova reunião em 23 de março de 2004, na cidade de Taubaté-SP, para que os técnicos do setor e os demais interessados pudessem expor suas considerações a respeito dos estudos. Ao final da reunião, foi alcançado o consenso em torno de uma proposta de critérios de cobrança.

As discussões culminaram com a apresentação da referida proposta de critérios para a cobrança pelo uso da água do setor de extração de areia em leito de rios na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul ao plenário do Ceivap, na reunião realizada em 31 de março de 2004 em Juiz de Fora-MG. A proposta de critérios foi aprovada pelo plenário e resultou na Deliberação Ceivap nº 24, de 31 de março de 2004.

A Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (Anepac), numa iniciativa pioneira no país, acompanhou e participou ativamente das discussões na Câmara Técnica do Ceivap com apoio dos técnicos do Sindicato de Areia do Estado de São Paulo (Sindareia-SP).

A construção do consenso em torno dos critérios de cobrança pelo uso da água dos usuários do setor de extração de areia em leito de rio na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul pode ser considerada como um exemplo de descentralização de decisões com articulação entre usuários, sociedade civil e poder público, fundamentos essenciais da Política Nacional de Recursos Hídricos.



Foto 79. Rio Paraíba do Sul

Fórmula de Cobrança

Fórmula definida pelas Deliberações Ceivap nº 8, de 6 de dezembro de 2001, e nº 15, de 4 de novembro de 2002, para a cobrança pelo uso de recursos hídricos no rio Paraíba do Sul, para os usuários dos setores de saneamento, indústria, agropecuária e aqüicultura:

$$\text{Cobrança Total} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Cobrança de captação} + \\ C_{\text{CAP}} = Q_{\text{CAP}} \times K0 \times \text{PPU} \\ \\ \text{Cobrança de consumo} + \\ C_{\text{CON}} = Q_{\text{CAP}} \times K1 \times \text{PPU} \\ \\ \text{Cobrança de lançamento} \\ C_{\text{LANÇ}} = Q_{\text{CAP}} \times (1 - K1) \times [(1 - K2 \text{ K3})] \times \text{PPU} \end{array} \right.$$

K0 – Coeficiente multiplicador do preço unitário para captação = 0,4

PPU – Preço Público Unitário (R\$/m³) = 0,02 (saneamento e indústria); 0,0005 (agropecuária) e 0,0004 (aqüicultura).

Q_{CAP} – Vazão de água captada (m³/ano).

K1 – Coeficiente de consumo (parcela da vazão captada que não retorna ao corpo hídrico).

K2 – Percentual da vazão de efluentes tratados em relação à vazão total de efluentes produzidos ou índice de cobertura de tratamento de efluentes.

K3 – Nível de eficiência de redução de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

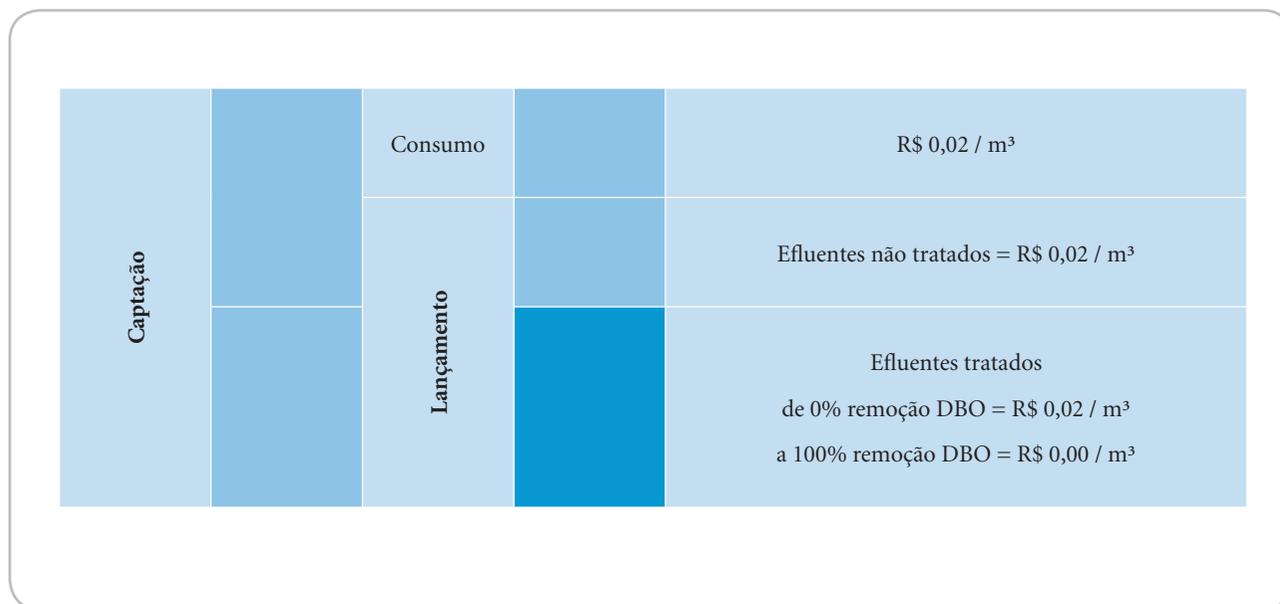


Figura 70. Valores da cobrança pelo uso de recursos hídricos no rio Paraíba do Sul

3 COBRANÇA DA ÁGUA NAS EXTRAÇÕES DE AREIA EM LEITO DE RIO NO VALE DO PARAÍBA

A cobrança pelo uso da água do setor de mineração vale para todos os usuários que utilizem água para extração de areia em leito de rios de domínio federal da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. A fórmula de cobrança envolve três parcelas:

- cobrança pelo volume de água captada no manancial: no caso da mineração em leito, esse volume é representado por aquela água que compõe junto com os sedimentos a polpa dragada. Para fazer o cálculo o minerador precisa informar a produção média mensal de areia e a relação média água/sedimento obtida na polpa dragada;
- cobrança pelo consumo de água (parte do volume de água captada que não retorna ao leito do rio): esse consumo é representado pelo teor de umidade da areia; para o cálculo, o minerador precisa informar, além das informações mencionadas antes, o teor médio de umidade da areia que é vendida;

- cobrança pelo despejo do efluente no corpo receptor: no caso da mineração de areia é zero, uma vez que, neste primeiro momento, como o único parâmetro para avaliar a qualidade do efluente devolvido é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que se relaciona à carga orgânica despejada, a mineração, por não interferir no nível de DBO, está isenta do pagamento dessa 3ª parcela.

Assim, o cálculo do valor da cobrança está baseado nas informações que foram fornecidas pelo minerador, quando do seu cadastramento no órgão público responsável pela outorga e pela cobrança. Essas informações poderão ser alteradas à medida que ocorrerem modificações significativas nos parâmetros informados. Quem usar menos água na sua proporção de polpa dragada e vender areia mais seca pagará menos. Esse é um dos objetivos: quem usa água de forma mais racional paga menos.

Ficou estipulado também que em nenhuma hipótese o valor pago pelo uso da água poderá exceder em 0,5% o custo de produção do bem mineral.

3.1 COBRANÇA DA ÁGUA NAS CAVAS SUBMERSAS

A extração de areia para construção civil no Vale do Paraíba, sobretudo na porção paulista do Vale, ocorre, hoje, que exclusivamente pelo sistema de cava submersa, processando-se nas várzeas antropizadas do rio Paraíba do Sul, alcançando atualmente aproximadamente 2.000 hectares de superfície aquática gerada pela atividade, representando 99,6% da produção de areia nessa porção do território paulista.

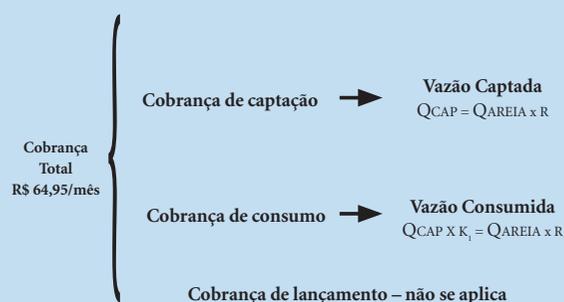
Esse tipo de mineração, por enquanto, não é alcançado pela cobrança estabelecida no Ceivap, pois faz-se necessária uma maior articulação com os governos estaduais para sua implementação, considerando entendimentos já externados pelo governo do Estado de São Paulo de que a água das cavas deva ser considerada água subterrânea que, segundo a Constituição Federal, é de domínio estadual. Acredita-se, por meio do processo em curso de negociação e fortalecimento de parcerias, especialmente entre os órgãos executores das políticas de recursos hídricos, nacional e estaduais, da bacia do rio Paraíba do Sul – base do sucesso das iniciativas do Ceivap –, que em breve serão uniformizados na bacia os procedimentos para a implantação da cobrança também para essa modalidade de uso e interferência.

Mesmo sem ser objeto de cobrança, essa questão foi abordada, permitindo-se antever as discussões que advirão.

Em relação à cobrança da captação da água, numa primeira hipótese prevê-se que seria calculada da mesma forma que para a extração de areia em leito de rio. Quanto à cobrança da água consumida, sugere-se, a princípio, que poderia ser cobrada, além do teor de umidade da areia já previsto no caso do leito de rio, também a evaporação da água nos espelhos de água criados pela abertura das cavas, bem

Critérios de Cobrança da Água na Extração de Areia em Leito de Rios

A fórmula de cobrança da água na extração de areia em leito de rios definida pela Deliberação Ceivap nº 24, de 31 de março de 2004, é semelhante à fórmula aplicável aos demais setores. A diferença recai na forma como são calculadas as vazões captadas e consumidas. Não há lançamento, pois no processo de extração de areia em leito não há lançamento de carga orgânica no rio.



K0 – Coeficiente multiplicador do preço unitário para captação = 0,4

PPU – Preço Público Unitário ($R\$/m^3$) = 0,02 (saneamento e indústria); 0,0005 (agropecuária) e 0,0004 (aquicultura).

Q_{CAP} – Vazão de água captada (m^3/ano).

Q_{AREIA} – Volume médio de areia produzido (m^3/ano).

R – Razão de mistura de polpa dragada água/areia. or exemplo, para 60% de água e 40% de areia, $R=1,5$.

U – Teor de umidade de areia produzida. Por exemplo, para 10% de umidade, $U=0,1$.

como a “perpétua evaporação” gerada nesses espelhos de água após o período de exploração.

A cobrança da água evaporada baseia-se, entre outros aspectos, na possibilidade de que, ainda que a água evaporada volte como chuva para completar seu ciclo, não se pode garantir que ela vá cair na mesma bacia hidrográfica ou mesmo a montante do ponto onde foi captada. Ademais, deve-se ressaltar que a gestão de recursos hídricos trabalha com o conceito de disponibilidade ou de garantia de acesso para os múltiplos usos.

Convém entretanto ressaltar que as discussões só começaram, mas já trazem algumas dificuldades de entendimento, destacando-se: a cobrança de todos os usuários que geram “superfícies de evaporação”; a influência da abertura dessas cavas no balanço hídrico; a impossibilidade de saber onde a água evaporada vai “chover” e qual quantidade vai cair na própria bacia ou nas bacias vizinhas, a montante ou a jusante da captação.

3.2 O VALOR FINAL DA COBRANÇA EM LEITO DE RIO E SUA DEPENDÊNCIA DO FATOR DE MISTURA ÁGUA-AREIA

O ábaco apresentado a seguir permite visualizar, grosseiramente, a ordem de valor da cobrança anual para os empreendimentos de extração de areia em leito de rios federais na Bacia do Paraíba do Sul, levando-se em conta o volume mensal de

areia produzida em $m^3/mês$ e a razão de mistura água-areia. Demonstra-se a diferença da cobrança final, observando-se, por exemplo, uma produção de 60 mil $m^3/mês$ com 60% de água na mistura comparada com a mesma produção de 60 mil $m^3/mês$ com 90% de água na mistura. No primeiro caso, a cobrança anual será da ordem de R\$10 mil, e no segundo, embora com a mesma produção, seria da ordem de R\$ 52 mil, portanto 5,2 vezes maior, somente por uma mudança de água na mistura de 60% para 90%. O mesmo raciocínio pode ser visualizado nas linhas verticais do ábaco, em que para o mesmo valor anual de cobrança podem ser extraídas quantidades crescentes de areia simplesmente se utilizando de valores menores de mistura água-areia. Nada de novo no conceito, quanto mais água movimentar, maior será a cobrança. A questão é a progressividade. Na prática, razões muito baixas de mistura, isto é, pouca água e muita areia, são prejudiciais aos equipamentos por causa do excessivo desgaste. Além disso, o excesso de água implicará maior cobrança.

A implementação da cobrança pelo uso da água no segmento de extração de areia alcançou até o momento somente nove usuários na Bacia do Paraíba do Sul. Esse pequeno número retrata o fato de que o processo foi implementado apenas para os usuários de rios de domínio da União e que hoje o forte da extração de areia na bacia está efetivamente associado aos processos nas cavas a céu aberto e não na extração em leito de rio.

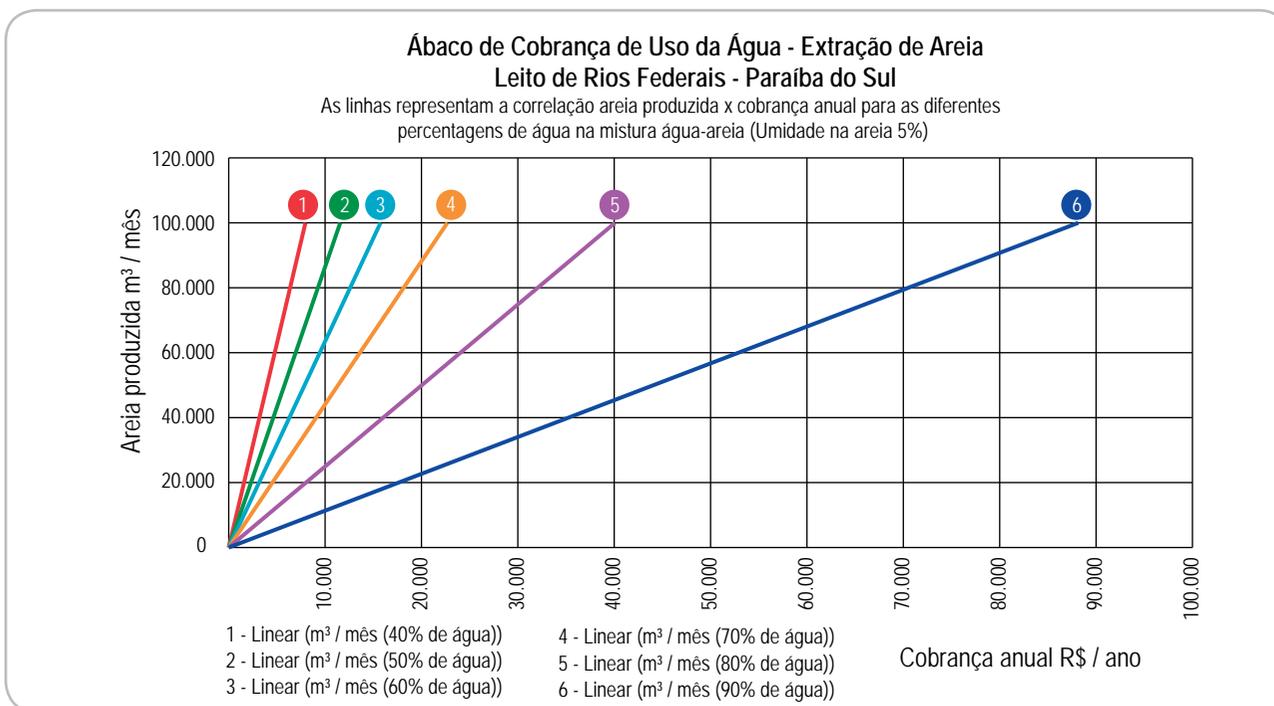


Figura 71. Ábaco de cobrança do uso de recursos hídricos na extração de areia no rio Paraíba do Sul

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo o processo de implantação da cobrança no Comitê da Bacia do rio Paraíba do sul, especialmente a definição dos critérios para a cobrança pelo uso de recursos hídricos para atividade da mineração da areia em leito do rio, evidenciam dois aspectos.

O primeiro é o de como o segmento social representado pelos usuários da indústria e mineração na bacia está preparado para a incorporação, nas suas atividades e processos, das ações para a defesa e proteção do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos. A participação contributiva da ANEPAC e dos técnicos do SINDIAREIA – SP, no processo de formulação dos critérios da cobrança pelo uso de recursos hídricos, que em nenhum momento se colocou como obstáculo, espelha isso. Trata-se do avanço de um novo paradigma imposto para a gestão moderna de qualquer empresa que queira se manter hoje na ativa,

em um mercado globalizado, qual seja: a responsabilidade empresarial social e ambiental.

Nesse contexto, ressalta-se ainda a postura de parceira assumida pela Agência Nacional de Águas, que em momento algum assumiu uma posição de agente público do comando e controle, se colocando, com todos os seus atributos técnicos e gerenciais, à disposição para busca de um consenso entre a preservação da atividade econômica e a preservação dos recursos hídricos. Registra-se que esses avanços precisam ser reconhecidos e incorporados por outros agentes e demais ações da gestão ambiental

Segundo, a certeza de que em um cenário, tal como preconizado no SINGREH, as ações de gestão em prol da preservação ambiental e de recursos hídricos, advindas de um acordo social traduzido pelas deliberações do Ceivap, é o caminho para a construção do verdadeiro significado do binômio Desenvolvimento Sustentável.

Lídia Maria dos Santos¹
Sérgio Eustáquio Neto²

RECOMPOSIÇÃO AMBIENTAL E REVERSÃO DE IMPACTOS SOBRE RECURSOS HÍDRICOS EM EMPRESA MINERADORA DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO DA MINA DE QUARTZITO DA SICAL INDUSTRIAL

1 INTRODUÇÃO

A gestão de recursos hídricos em mineração é um assunto que gera justificáveis controvérsias entre as pessoas – leigas ou especialistas – que se interessam pelas questões ambientais. Por isso, aqueles profissionais mais envolvidos com as atividades práticas da área ambiental, sobretudo os consultores técnicos, freqüentemente se defrontam com a necessidade de esclarecer certas afirmações correntes que, embora bem intencionadas, aparecem parcialmente enredadas em equívocos.

Uma dessas afirmações diz respeito ao pensamento de que a atividade minerária é incompatível com a conservação dos recursos hídricos e... ponto final. Outra, menos extremista, mas igualmente imbuída de uma atitude restritiva a mineradoras, defende que só as grandes empresas têm condições de realizar a recuperação de áreas degradadas porque esta exige um enorme aporte financeiro.

Neste trabalho, pretende-se mostrar uma experiência vivida entre os anos de 1994 e 2002 quando da elaboração e da execução de um Plano de Controle Ambiental implementado por uma empresa detentora de uma mina de pequeno porte – a Sical Industrial – localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, e inserida na serra do Curral, área esta tombada pelo poder público municipal.

As ações apresentadas nesse Plano coroaram-se de tal êxito que o Ministério Público e o Conselho do Patrimônio Artístico, Cultural e Natural do Município de Belo Horizonte, que administra o bem tombado, depois de terem realizado diligências na área da empresa – que já havia sido autuada por descumprimento do seu licenciamento ambiental na Secretaria Municipal de Meio Ambiente – concluíram que “a empresa, a partir de certa época, promoveu melhora significativa nos aspectos ambientais,

¹ Bióloga/UFRuRJ, especialista em Controle Ambiental em Indústria e Mineração pela École des Mines d’Alès, França, Msc Geografia Física e Análise Ambiental/ IGC-UFMG, doutoranda em Biologia Vegetal/ICB-UFMG.

² Engenheiro de Minas e de Segurança/UFOP, especialista em Controle Ambiental em Indústria e Mineração pela École des Mines d’Alès; mestrando em Geotecnia Aplicada à Mineração/Deciv-Ufop.

podendo ser considerada em dia com as obrigações associadas ao licenciamento ambiental”.

O caso que aqui será relatado demonstra que, em resposta às exigências legais, as empresas mineradoras se impuseram a obrigação de implementar medidas que mitiguem os evidentes impactos causados por suas atividades. Com esse mesmo objetivo, os especialistas, os pesquisadores e os técnicos têm procurado desenvolver estudos e práticas que visam à busca das soluções mais adequadas a cada situação concretamente enfrentada – inclusive no que se refere à viabilidade econômica de implementação das propostas ante o investimento do empreendimento – de maneira tornar compatíveis a necessidade de conservação do meio ambiente e os interesses econômicos de pequenos e médios mineradores. Estes, muitas vezes, acreditando que não dispõem de recursos financeiros para sanar passivos ambientais por eles produzidos ou herdados, alguns deles gerados anteriormente à legislação incidente, postergam as ações recomendadas para a devida recuperação ambiental. Com essa atitude, aprofundam-se os problemas existentes nos empreendimentos e avolumam-se seus custos financeiros.

Para propiciar um melhor entendimento deste relato, sua apresentação será dividida em partes, cada uma delas correspondendo, grosso modo, a cada fase do trabalho empreendido na mina de quartzito da Sical Industrial.

Nesse sentido, na parte que segue esta Introdução, descrever-se-á o empreendimento mostrando também como sua localização em área de fundamental importância para a conservação dos recursos hídricos – além de tombada pelo Patrimônio Muni-

cipal – tornou mais rígidas as imposições e as restrições legais à sua operação.

Em resposta às determinações legais, a empresa viu-se obrigada a elaborar estudos ambientais: o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – Prade e o Plano de Controle Ambiental (PCA), o que exigiu um conhecimento minucioso do empreendimento³. As Informações referentes a esses assuntos serão apresentadas no item Descrição do empreendimento e legislação incidente.

Quando da elaboração do Prade e do PCA, observaram-se diversos problemas ambientais produzidos pela atividade mineiro-industrial da Sical e a necessidade de serem executados vários procedimentos destinados à recomposição dos terrenos e à reversão dos impactos sobre os recursos hídricos locais. Essa questão será tratada na parte intitulada “Planejamento integrado e ações mitigadoras”.

Por fim, as considerações finais sobre o trabalho realizado serão desenvolvidas na Conclusão, onde também serão ressaltadas as lições que a experiência relatada pode oferecer a todos que lidam com os temas relativos à mineração e à gestão ambiental.

2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO E LEGISLAÇÃO INCIDENTE

A Sical Industrial é um complexo mineiro-industrial formado por uma mina de quartzito, uma fábrica de blocos de concreto celular autoclavado⁴ e um pátio de estocagem da sua produção. A empresa implantou-se na região sul do município de Belo Horizonte a partir da aquisição de uma jazida da antiga Com-

³ A Sical foi implantada antes da Resolução nº 001/86 do CONAMA que obriga empreendimentos potencialmente poluidores a se submeterem aos Estudos de Impacto Ambiental (EIA). Dessa maneira, seu licenciamento exigiu medidas corretivas que não implicavam a realização desse tipo de estudo.

⁴ O concreto celular autoclavado é um produto leve, formado a partir de uma reação entre cal, cimento, areia e pó de alumínio que, após cura em vapor a alta pressão e temperatura, dá origem ao silicato de cálcio, composto químico estável que dá aos produtos que o têm por base – no caso, blocos, painéis – um excelente desempenho na construção civil.

panhia de Mineração de Minas Gerais (Comig), hoje Codemig, Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemig).

Seu projeto industrial, de tecnologia sueca, visa à produção de blocos e modulares obtidos mediante um processo químico e físico que utiliza areia contida em formações de quartzitos taboões, alumínio, cal e cimento que, misturados, formam uma massa que se expande; seca, a massa é cortada em dimensão predeterminada e que, submetida à autoclavagem, permite a produção de blocos e painéis usados na construção civil.

Seu empreendimento localiza-se na face norte da serra do Curral, marco referencial e símbolo de Belo Horizonte, que se constitui na borda norte do

Quadrilátero Ferrífero. Limitando todo o território a sul e sudeste do município, esse maciço montanhoso é uma das raras áreas da região a manter meio natural contínuo preservado. Tal particularidade se torna mais evidente em virtude de uma característica da capital mineira – Belo Horizonte foi construída no pé da serra do Curral, sobre um terreno em forma de depressão. Dessa forma, de quase todos os pontos da cidade pode-se ter visão ampla de sua parte mais alta. Assim, as instalações da empresa, posicionadas de frente para a cidade, podem ser avistadas a partir da área urbana,⁵ mostrada na (Foto 80), o que torna as intervenções do empreendimento expostas à observação dos moradores e dos visitantes da cidade.

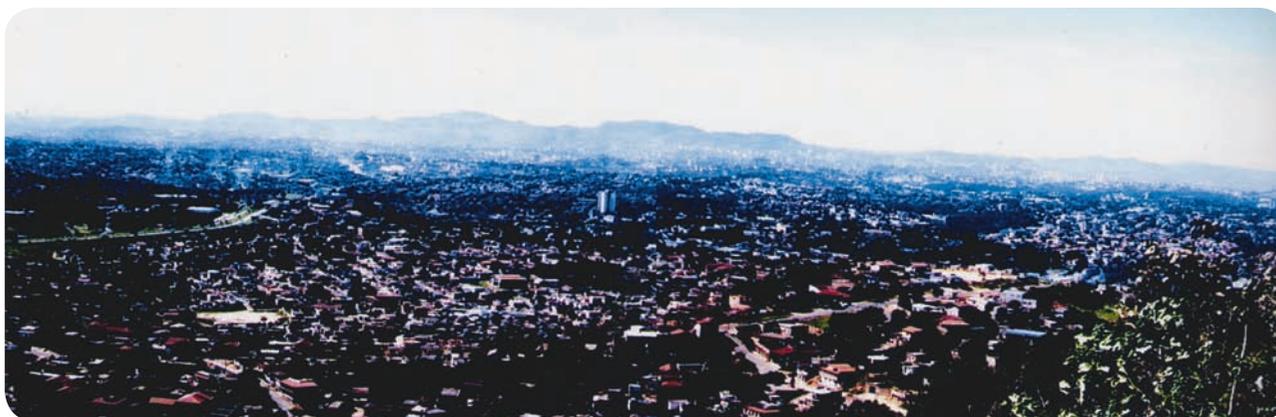


Foto 80. A cidade de Belo Horizonte fotografada a partir do seu limite norte, na “Depressão de Belo Horizonte”, observada em primeiro plano. A serra do Curral, símbolo para os belo-horizontinos, é avistada ao fundo, formando um lineamento sudeste–sudoeste que constitui a borda norte do Quadrilátero Ferrífero. A Sical localiza-se na parte da serra à direita da foto

Conforme já dito, o empreendimento da Sical é formado por três unidades: a mina, a fábrica de blocos e o pátio para estocagem dos produtos industriais. Compõem a mina duas frentes de lavra, ambas voltadas para a cidade. A frente 2 – aqui designada

como F2 –, aberta numa encosta íngreme, situa-se à margem esquerda de um braço do córrego do Jatobá, principal drenagem local. A frente 1 – aqui chamada de F1 –, posiciona-se lateralmente à F2, mas em situação topográfica mais baixa. Na porção inter-

⁵ Das instalações da SICAL, descortina-se todo o município e arredores, condição que será bem explorada mais adiante quando forem implementados os programas de educação ambiental destinados a funcionários da empresa e a estudantes e professores das escolas dos bairros periféricos à fábrica.

mediária entre essas duas frentes, a montante da F1, localizam-se a fábrica – com seu apoio administrativo formado pela recepção, pelos escritórios, pela balança, pelos restaurantes e pelo estacionamento – e o grande pátio para estocagem de blocos.

Aqui, é importante ressaltar que a mina da Sical está inserida em unidades litológicas da formação taboões, que ocupam faixa restrita entre as rochas quartzíticas presentes nessa feição geomorfológica e também na serra do Curral. A importância ambiental de tais rochas e de sua estrutura pode ser avaliada quando se observa que elas se configuram como área de recarga dos aquíferos locais, onde, portanto, ocorrem as nascentes que alimentam os mananciais de captação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), que servem parte significativa da população de Belo Horizonte.⁶

Pode-se assim compreender por que essa localização da empresa – em área de fundamental importância para a conservação dos recursos hídricos da região e de destacada relevância paisagística e cultural – submete o empreendimento da Sical Industrial a sérias restrições legais, conforme delimita a (Foto 81).

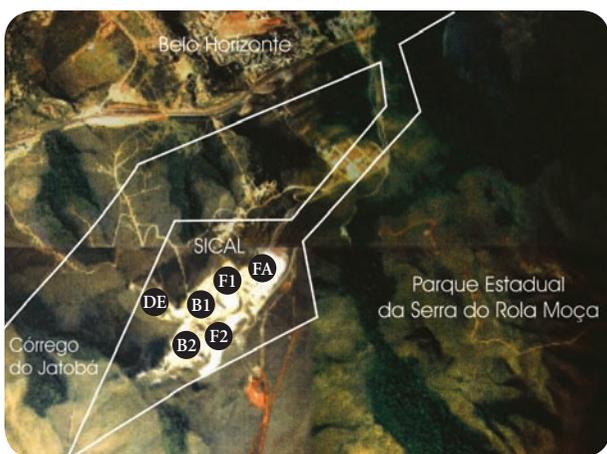


Foto 81. Mosaico de fotos aéreas da Sical e limite do Parque Estadual da Serra do Rola Moça – PESRM.

Entre as exigências das normas ambientais, estão aquelas que, promulgadas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) e respaldadas pela Constituição Brasileira – com destaque para o comando constitucional do Capítulo 6, art. 225 –, determinam que as empresas de mineração devem apresentar Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (Prade). Nessa mesma direção, estão as definidas pelo Estado de Minas Gerais, que, ao instituir seu Conselho de Política Ambiental (Copam), estabelece várias regras para o controle da atividade de mineração com vistas ao equilíbrio ambiental no território mineiro. No caso de Belo Horizonte, além das medidas fixadas pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente (Comam), em março de 1990, com a promulgação da Lei Orgânica do Município, tomba-se todo o alinhamento montanhoso da serra do Curral, local de inserção do empreendimento aqui tratado. Em 1991, a área tombada sofre uma revisão, sendo aumentada para os atuais 40 km², que correspondem a 10% da superfície total do município.

⁶ As áreas desses locais limítrofes à Sical recebem proteção legal por serem mananciais de captação de água. Em 1998, aí foi criado o Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM), administrado pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), do governo do Estado de Minas Gerais. A Sical contribuiu para a implantação dessa Unidade de Conservação fornecendo material para a construção de sua sede no bairro em que se encontra a empresa (Barreiro) e doando equipamentos que viabilizassem seu funcionamento, tais como guaritas e portarias.

Essa regulamentação, toda ela posterior à implantação do empreendimento, impõe a este obrigações e restrições severas, que resultam até mesmo no estabelecimento de limites à capacidade de produção de sua mina.

Em face das imposições legais anteriormente enumeradas, a empresa vê-se compelida a promover estudos para avaliar a situação ambiental de seu empreendimento com vistas ao processo de licenciamento. Então, são elaborados o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prade), o Relatório de Controle Ambiental (RCA) e o Plano de Controle Ambiental (PCA), estudos e documentos que instruem processos de licenciamento ambiental.

Convém ressaltar que a SICAL, ao receber sua Licença de Operação, fica obrigada a obedecer a diversas condicionantes, medidas de controle e mitigação dos impactos ambientais advindos de suas atividades, entre os quais, a de manter as características originais do bem tombado, incluindo-se aí seu patrimônio paisagístico e a integridade física e biológica dos terrenos que não deveriam ser alterados em sua forma.

3 SITUAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Para possibilitar a elaboração dos estudos antes referidos e o desenvolvimento das ações de recuperação, mitigação e controle dos impactos ambientais impostos no processo de licenciamento, primeiramente, foi necessário realizar um levantamento minucioso da situação ambiental do empreendimento. Na execução desse procedimento, observou-se que a

paisagem estava comprometida pelas áreas expostas da jazida, sem vegetação.⁷ A mina de quartzito, inserida em terrenos íngremes, aberta antes da compra da jazida pela Sical, sofrera desmate e decapeamento de solo numa grande área posicionada de forma favorável ao desenvolvimento de processos erosivos – alta e média encostas e crista de um maciço com declividade superior a 50° e desnível topográfico de, aproximadamente, 100 m na F2 e de 35 m na F1. As erosões das duas cavas eram evidentes, e por elas o minério era levado até as drenagens fluviais, assoreando o córrego do Jatobá, principal drenagem local.

O escoamento pluvial, superior à infiltração, criava sulcos profundos por todo o terreno.⁸ Com isso, as bancadas da mina tinham sido destruídas e muito minério estava sendo carregado – ou seja, perdia-se também a matéria-prima utilizada no processo industrial. Não havia drenagem pluvial planejada nem sistema de recepção das águas de chuvas. Ademais, o volume do material carregado permitira a formação de um porto de areia que era explorado de forma ambientalmente incorreta e clandestina. Assim, o prejuízo era tanto financeiro quanto ambiental, sobretudo pelo assoreamento causado no córrego do Jatobá. O empreendimento não contava ainda com depósito de estéril, equipamento imprescindível numa mineração, que precisa dispor, de forma controlada, o material terroso retirado com o minério.

Na outra vertente do maciço da mina, a área do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, patrimônio protegido das intervenções de forma indireta, estava sofrendo degradação na sua paisagem, o que era causado pelas atividades sem controle da mineração,

⁷ Todos os problemas aí encontrados decorriam da forma empregada para a abertura da mina. Feita de uma só vez, ela contrariava as normas técnicas da boa engenharia, que propugnam abertura progressiva com recuperação concomitante das áreas já sem uso. Quanto a esse mesmo aspecto, outro erro foi desenvolver a lavra a partir da base. Isso acarretou a instabilidade do maciço em suas porções superiores. Sem implantação de drenagem pluvial, essa instabilidade aumentava progressivamente.

⁸ Este era o problema mais grave aí enfrentado em termos de recursos hídricos.

sobretudo pelos focos de erosão gerados por drenagens pluviais que transportavam material sólido para os córregos que cortam essa área, mostrado na (Foto 82).

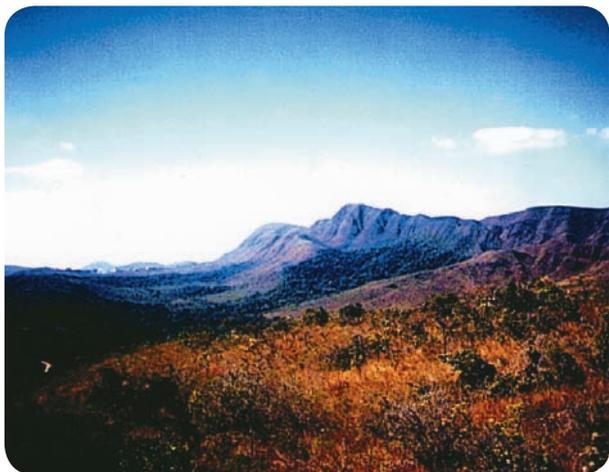


Foto 82. Parque Estadual da Serra do Rola Moça, fotografado a partir da área da Sical

Como se pode perceber, a situação encontrada apresentava intervenções negativas sobre os recursos hídricos locais, tanto no que tange àqueles destinados ao abastecimento público quanto aos que são importantes para a preservação ambiental por constituírem bacias de drenagem com áreas de vegetação natural que são refúgio da fauna local. Além disso, em decorrência da exposição do subsolo e das declividades acentuadas das encostas, era evidente a dificuldade de infiltração das águas de chuva, o que afetava o potencial de recarga do aquífero.

Tudo isso exigirá procedimentos urgentes para recompor os terrenos degradados e reverter os impactos sobre os recursos hídricos locais, de importância inquestionável para a região. A (Foto 83) mostra o local da lavra.



Foto 83. Aspecto geral da mina no momento da contratação do PCA (1994). Em primeiro plano, observa-se a F1; no centro à esquerda, parte do grande depósito de cacos de origem industrial; no centro, F2, à direita, uma das cabeceiras do córrego do Jatobá

4 PLANEJAMENTO INTEGRADO E AÇÕES MITIGADORAS

A implementação das ações mitigadoras, de controle e de recuperação da área – definidas como

obrigações no processo de licenciamento e que serão aqui apresentadas –, apenas se tornou possível graças à gestão integrada promovida durante todo o processo de execução do Plano de Controle pro-

posto, que contou com a participação de todos os setores da empresa: diretoria, gerência operacional, consultoria técnica especializada contratada e funcionários destinados a compor a equipe executora, treinados e informados sobre cada ação. Nos treinamentos, mereceu especial atenção o repasse de informações relativas tanto ao motivo e à importância das intervenções de controle ambiental quanto ao procedimento construtivo correto em cada ação. Sem esse interesse de participação, certamente seria impossível enfrentar o desafio de debelar os problemas existentes no empreendimento.⁹

Em virtude do baixo orçamento¹⁰ de que se dispunha para a execução das obras destinadas a resolver passivos ambientais, foi preciso encontrar soluções alternativas, de baixo custo, para sua realização. Este objetivo foi alcançado mediante práticas de treinamento de pessoal, uso de recursos disponíveis no empreendimento e conciliação das atividades de produção com as de controle ambiental. Com isso, diluiu-se o custo da recuperação ambiental no custo de produção, o que tornou financeiramente factível a proposta de implementação de todas as exigências ambientais.

Para se obter o máximo entendimento das orientações dadas pelos consultores técnicos contratados durante as exposições orais apresentadas aos funcionários da empresa no início de cada semana e do serviço, criou-se um livro de anotações. Nele, eram detalhadas as ações a serem implementadas, inclusive mediante ilustrações com desenhos, acompanhadas de todas as explicações necessárias à execução da tarefa, tais como medidas, tipos de materiais empregados e procedimentos a serem adotados. As-

sim, o rendimento dos funcionários ficou otimizado, o que foi imprescindível para o êxito da proposta de recuperação ambiental.

Para os trabalhos de recuperação ambiental propriamente ditos, iniciados em 1997, foram previstas e definidas linhas básicas de ação que propiciassem o enfrentamento e a solução dos graves problemas ambientais gerados no empreendimento e fora dele, neste caso em decorrência dos impactos por ele causados.

O fato de estar o empreendimento inserido entre a cidade de Belo Horizonte e a zona dos mananciais de captação gerava a necessidade inicial de se recuperar as áreas degradadas. Para tanto, foi preciso adequar o plano de lavra a fim de que a porção voltada para a zona dos mananciais e da crista do maciço (parte da F2) deixasse de ser explorada. Dessa forma, preservar-se-ia a linha de cumeeada da serra. Tal procedimento exigiu a redução da vida útil da mina – que passou de 72 para 41,25 anos – e determinou que sua exploração dar-se-ia apenas na parte voltada para a cidade, o que demandava cuidados especiais com a degradação da paisagem, vislumbrada a partir de toda a área urbana.

A questão dos impactos paisagísticos tinha sido muito ressaltada na licença concedida pela Prefeitura, o que exigiu que fosse imediatamente enfrentada. Ressalte-se que “impacto paisagístico” significa “visão que se tem do substrato exposto”. Esse fato é importante, mas é muito menos grave do que aquilo que essa exposição representa para a qualidade dos recursos hídricos, receptores dos efeitos gerados pelo enorme carreamento de sólidos promovido pelo escoamento das águas de chuva que ocorre onde falta cobertura vegetal protetora da superfície.

⁹ Aqui, vale lembrar os nomes de algumas pessoas que mais participaram do esforço pela recomposição da área da Sical: Flaviano, encarregado do campo, o eficiente “Baianinho”; Seu João, o tratorista; Serginho, responsável pela operação da fábrica; José Antônio, do setor de projetos; Rogério Matos, gerente industrial; Ênio Freitas, diretor-geral e Maurício Dias, o empreendedor.

¹⁰ Convém ressaltar que, em decorrência desse nível de investimento financeiro da empresa nas obras de recomposição ambiental, a duração dessas intervenções estendeu-se por tempo superior ao usual em casos semelhantes, quando são concluídas em menos de um ano.

Quando presente, a vegetação esconde o subsolo e permite a infiltração das águas, que, assim, deixam de escoar, alimentando a reserva de água subterrânea. Além disso, a cobertura vegetal funciona como redutora da velocidade das águas de chuva no nível do solo, mais uma vez favorecendo sua infiltração e evitando a formação dos processos erosivos. Caules, folhas e raízes servem como acesso dessas águas ao subsolo e impedem a evaporação da água subsuperficial. Em meio a todas essas funções, a presença da vegetação ainda minimiza os impactos sobre a paisagem.

No entanto, é preciso ter bem claro que, para restabelecer a cobertura vegetal numa área degra-

da, é necessário, incondicional e primeiramente, resolver os problemas relativos às águas pluviais (à drenagem pluvial). Isso implica bem captá-las, conduzi-las e destiná-las, reforçando o conceito de que deixá-las onde caem é ainda a melhor solução.

No que se refere a essa questão na Sical, o problema era a existência de duas grandes áreas degradadas nos locais de cava e de uma outra que consistia num grande pátio impermeável – as três nas cristas dos maciços, que podem ser vistas na (Figura 72). Essa situação gerava um enorme escoamento das águas de chuva, o que, por sua vez, causava profundas erosões.

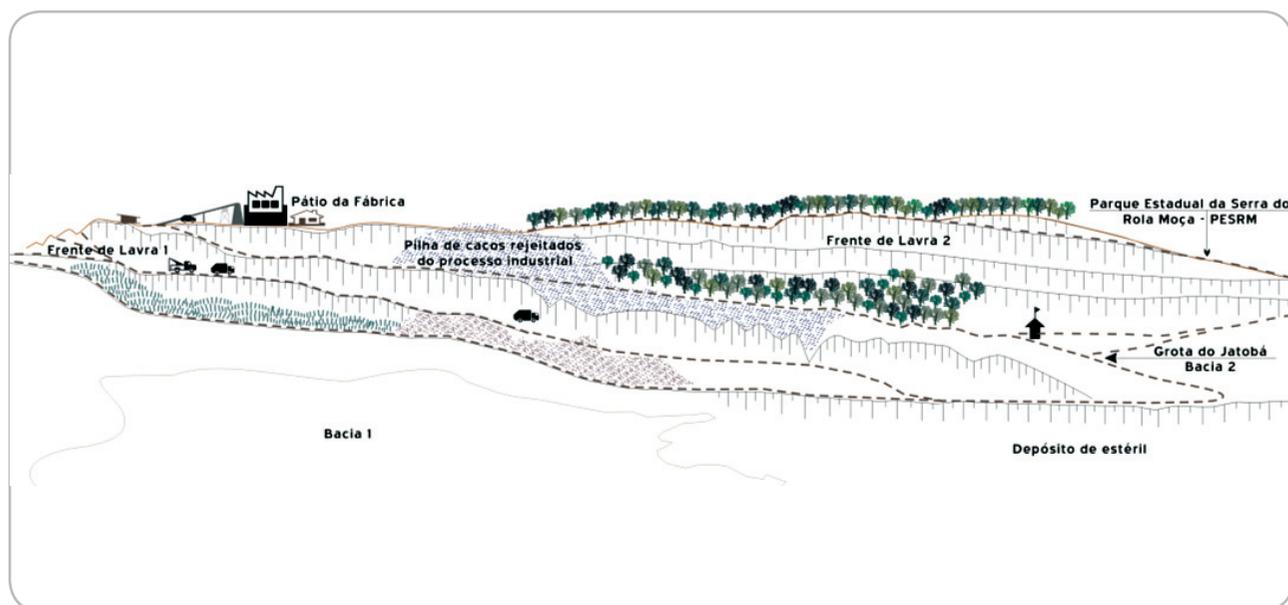


Figura 72. Diagrama frontal mostrando a distribuição das unidades minero-industriais da Sical

As águas que caíam no alto da serra corriam por locais íngremes, sem condição adequada para seu lançamento final, em virtude da topografia do terreno. Tal situação obrigou a busca da compatibilidade entre a lavra numa das cavas (F1) e a abertura de uma bacia que pudesse receber aquelas águas e impedir seu lançamento direto nas encostas periféricas à área industrial. Para isso, a forma de explorar o minério teve de ser modificada. Essa decisão foi favo-

recida pela estacionalidade climática local, que permitiu lavar e estocar no período seco e usar a cava (então desativada) como bacia no verão, quando a precipitação, em Belo Horizonte supera 1.200 mm.

Ainda assim, o córrego do Jatobá ficava desprotegido, pois a outra frente de lavra (F2) tinha toda a drenagem pluvial naturalmente dirigida para ele. Portanto, era preciso criar uma bacia de contenção que controlasse a velocidade do fluxo pluvial e a ex-

portação de sedimentos nessa vertente, pelo menos durante o período de recomposição topográfica a que a toda sua área de contribuição estaria submetida nos próximos dez anos.

Esse controle foi conseguido com a construção de um acesso ao interior da gruta do Jatobá, que funcionaria também como um dique, calculado¹¹ para suportar o volume gerado pela precipitação sobre tal área. Para a construção desse acesso e dique, foram usados cacos de blocos refugados do processo industrial, que formavam uma grande pilha de rejeito inerte que impedia a exploração da F1. Tal material, por sua capacidade filtrante, permitiria a passagem da água sem sedimentos, que se acumulariam na bacia construída, deixando o córrego do Jatobá livre da matéria oriunda das erosões.

Convém mencionar que, para o desenvolvimento dessas obras destinadas à recomposição ambiental, houve necessidade de se elaborar, primeiramente, um novo levantamento topográfico da área. Com base nele, foram realizadas tanto as obras demandadas pelo novo plano de lavra quanto os trabalhos de cubagem das reservas de quartzo, a relação estéril/minério e o projeto de disposição controlada de estéril.¹²

De acordo com esse projeto, a forma de estocagem do estéril no depósito seguiu as normas da ABNT, que recomenda a compactação das camadas com 20 cm de espessura e umectação no período seco. O sistema de drenagem foi construído à medida que crescia o depósito – por conformação

topográfica. Dessa forma, a inclinação dos bancos – longitudinalmente, 1,5%; transversalmente, 4% – favoreceria o direcionamento da drenagem para canaletas implantadas nos pés dos taludes, enquanto a condução final das águas dirigir-se-ia para fora do corpo do maciço, em local que lhe seria adequado no terreno natural.

A estruturação da base do depósito deu-se a partir de pequena remoção da vegetação do local,¹³ limpeza da área e construção do dique de arranque e do colchão drenante.¹⁴ A vegetação removida e o material da limpeza foram estocados lateralmente. O dique de arranque foi erguido com blocos e matações obtidos na empresa. O colchão drenante foi implantado com os mesmos cacos usados no acesso e no dique do córrego do Jatobá. Tais equipamentos foram indispensáveis para se conseguir a estabilidade da pilha de minério a ser disposta.

A cada banco formado, realizava-se a revegetação. Nela, utilizava-se o material da limpeza da área, que tinha sido guardado, e fazia-se a semeadura de leguminosas, como calopogônio, crotalária, soja perene e feijão-andu, que se desenvolveram muito bem forrando toda a superfície.

O objetivo de bem captar as águas pluviais demandou também uma grande operação de retaludamento nas duas frentes de lavra, a reversão de toda a drenagem do pátio da fábrica e a revegetação das áreas trabalhadas (Foto 84). Tais procedimentos foram iniciados assim que ficou pronta a base do depósito. O estéril retirado da F2 foi destinado ao depósito já

¹¹ O cálculo foi feito considerando-se somente a área de drenagem direta e ainda não recuperada da bacia do Jatobá.

¹² Dados técnicos dessas operações: lavra – taludes individuais de 5m de altura, bermas com 4 m de largura e ângulo individual de taludes de 50°; pilha de estéril – bancos de 5m de altura, bermas de 4m de largura e ângulo individual de 26°, com altura total projetada de 25 m (ângulo geral: aproximadamente, 20°); relação estéril/minério – 0,18; trata-se, pois, de uma relação baixa, tendente a zero ao fim da recuperação dessas frentes de lavra.

¹³ O desmatamento que exige licenças do IEF havia sido realizado antes da abertura da mina pela Comig. A responsabilidade de conservação da vegetação natural existente no entorno do empreendimento era da Sical, que possui uma brigada de prevenção de incêndio para evitar danos por queimadas, muito comuns nessas áreas durante o período seco.

¹⁴ O dique de arranque ou de partida é um dispositivo que consiste em um enrocamento pesado na base da pilha de estéril que permite sua melhor ancoragem e controle da drenagem interna. O colchão (ou tapete) drenante é outro dispositivo, montado com blocos e pedras sobre o terreno natural, a montante do dique de arranque. Serve para melhorar as condições de drenagem e funciona como um filtro horizontal.

preparado para recebê-lo. Para a drenagem, foram utilizadas canaletas construídas com tambores sem serventia, existentes na área industrial. As escadas dissipadoras de energia hidráulica – descidas das águas pluviais de um banco para outro – foram feitas de acordo com os procedimentos técnicos usuais¹⁵ da engenharia, mas mediante emprego de material alternativo que havia na empresa – cacos maiores, selecionados, assim reutilizados.



Foto 84. F2 após retaludamento para implantação de drenagem pluvial e, depois, revegetação

Para a revegetação,¹⁶ sempre implementada antes do período chuvoso, usou-se a mesma variedade semeada no depósito e mais o plantio de mudas de espécies nativas que sucederiam à cobertura forrageira, formando a vegetação permanente. O uso de espécies pioneiras sucedido pelo de espécies secundárias é, comprovadamente, o método mais eficiente para recompor áreas degradadas. Para isso, foi montado um viveiro de mudas de 100 m², coberto por sombrite¹⁷ a 50%, provido de canalização para

irrigação por aspersão. Nele, fez-se uma sementeira e formaram-se canteiros com as mudas ensacoladas e selecionadas por espécie. As sementes eram colhidas no entorno da mina e no PESRM. As mudas eram produzidas durante o período seco para o plantio antes do verão.

O trabalho de lavra na F1 prosseguiu. Continuou-se a escavação da bacia construída para receber as águas pluviais. O volume recebido era induzido a se infiltrar a partir da maior profundidade do lado do maciço montanhoso, onde o mergulho das camadas, voltado para o PESRM e mostrado na (Foto 85), favorecia a recarga do aquífero, e onde as águas são mais necessárias, posto aí se encontrarem os mananciais de captação.



Foto 85. Bacia de contenção e decantação para águas pluviais, mostrando sedimentos aí interceptados

¹⁵Esses procedimentos referem-se à área de contribuição da bacia, ao índice pluviométrico, ao período de recorrência de chuvas, ao coeficiente de percolação da água, entre outros. Tudo isso foi elaborado de forma que fossem dimensionadas as estruturas de drenagem.

¹⁶Para a revegetação de áreas mineradas, é comum o uso de gramíneas, como a braquiara e o capim meloso – espécies exóticas à nossa flora. Tal uso, no entanto, não era recomendado no caso do empreendimento da Sical, tendo em vista tratar-se de uma intervenção em bem tombado, onde a forma original da cobertura vegetal deveria ser mantida.

¹⁷Sombrite é uma tela que disposta sobre estruturas de madeira, protege as plantas, da incidência direta de luz e calor do sol.

A drenagem do pátio da fábrica, até então dirigida para o lado do Parque, precisou ser revertida para a bacia formada na F1 a fim de evitar o carreamento de sólidos, óleos, graxas e outros resíduos para os córregos dessa unidade de conservação. Para tanto, foi necessário adequar a declividade do piso da fábrica a fim de que as águas pluviais fossem conduzidas para uma grande canaleta que segmentava o pátio e recepcionava as águas oriundas de ambos os lados. Dessa forma, as erosões antes geradas na encosta da fábrica por drenagens pluviais malcaptadas e malconduzidas começaram a ser estabilizadas.

Visando a otimizar a drenagem pluvial com vistas ao aumento do potencial de recarga dos aquíferos e ao controle da erosão, no interior dos sulcos erosivos aqui já descritos, foram instaladas cercas de tela reforçada, presa em mourões de eucalipto imunizado, que formavam empecilhos físicos à passagem da água. A montante dessas cercas, foram colocadas camadas de blocos, de dimensões variadas entre 1 e 2 m de altura, que, além de permitir a infiltração da água, retinham os sólidos – assim controlando o carreamento de sedimentos para a drenagem fluvial – e também preenchiem os sulcos, eliminando, portanto, os focos de erosão. A cada degrau formado por sólidos, nova cerca de arame era construída, a montante da área assoreada – das cotas inferiores para as superiores – permitindo o controle daquelas erosões que poderiam ameaçar a estabilidade do terreno sobre o qual estava assentada a fábrica. Esse tipo de tratamento exigiu monitoramento permanente, em virtude da necessidade de verificação contínua da estabilidade das estruturas implantadas. A qualquer sinal de ruptura, as contenções eram imediatamente reparadas.

Nas atividades da Sical Industrial, a questão dos efluentes não apresentava maiores problemas porque toda a água do processo industrial era recirculada. Nesse caso, o único senão observado dizia

respeito àqueles efluentes oriundos da caldeira da fábrica, que saíam com temperaturas superiores à do ambiente e, dessa forma, eram lançados no terreno natural, o que não é recomendável nem permitido legalmente. Para debelar essa situação, instalou-se uma caixa de resfriamento por onde os resíduos pudessem ser conduzidos antes de seu lançamento no terreno natural. Além disso, a velocidade de lançamento dos efluentes foi reduzida a fim de evitar novos focos de erosão.

Como determina o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), para o descomissionamento da mina, é obrigatória a elaboração de um estudo de uso futuro da área, o que compreende também uma reabilitação paisagística.

Convém ressaltar que, caso se realize a recuperação concomitantemente à lavra – conforme se propôs no empreendimento da Sical–, ao final da exploração a área estará apta ao novo uso, demandando apenas ajustes nos locais ainda em operação no momento da desativação. Nesse contexto, cavas e depósitos estarão estabilizados e com cobertura vegetal formada por espécies da flora local – ou seja, estará recomposto o ambiente natural. Já as unidades industriais e administrativas deverão ser ajustadas à nova utilização.

As alternativas selecionadas para uso futuro levaram em conta a localização do empreendimento: inserido em montanhas, ao lado de uma unidade de conservação e de terrenos naturais sem urbanização. Diante dessa situação, foram consideradas compatíveis as seguintes destinações: implantação de um parque ecológico privado ou hotel-fazenda; centro de convivência de idosos; hospital para pacientes com problemas respiratórios e pulmonares.

É importante também aqui relatar que, quando se iniciou o retaludamento da parte alta da F1, ocorreu um fato inusitado. Para o processo de retaludamento, foram utilizados restos de podas de canteiros

e jardins realizadas pela Prefeitura nas avenidas e nas praças da cidade de Belo Horizonte. Tal procedimento deu um resultado surpreendente: surgiram espécies pioneiras imprevisíveis como abóbora, bucha, cabaça, melancia, tomate, mamona, e numa tal velocidade que foi possível acompanhar seu florescimento e frutificação. Em meio a essa vegetação pioneira, foram plantadas mudas de espécies nativas que sucederiam essas plantas de rápido crescimento e vida curta.

O aparecimento dessas plantas, complementado pelo cultivo do feijão-andu – cuja produção foi tão farta que propiciou a colheita de sacos e mais sacos do grão –, mostra que ações simples e nada dispendiosas podem reverter-se em benefícios múltiplos e até insuspeitáveis.¹⁸

Por fim, convém ressaltar que, para que todos esses trabalhos obtivessem o êxito registrado, mostrado na (Foto 86), muito contribuíram as visitas periódicas de técnicos da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte. Esses fiscais acompanhavam os serviços, faziam críticas e sugestões, todas construtivas e pertinentes, além de fortalecerem a ação da equipe gestora das obras de controle e recuperação ambiental do empreendimento da Sical, que se sentia permanentemente estimulada.

Já as visitas dos alunos e professores de escolas periféricas ao empreendimento, que se tornaram constantes, acabaram por incentivar e aprofundar uma nova atividade então iniciada na empresa: a de educação ambiental. A localização da Sical permitia vista ampla do município de Belo Horizonte e seus arredores. Tal situação possibilitava que os aspectos essenciais do meio ambiente da região fossem mostrados aos visitantes. Estes passaram a se interessar



Foto 86. Aspecto do conjunto de unidades da mina em 2002, mostrando estruturas estáveis e cobertura vegetal recomposta

também pelo trabalho de recuperação ambiental empreendido, que tornou-se parte do programa de educação ambiental oferecido a várias escolas pela empresa. Para esse fim, investiu-se no fornecimento de ônibus para o transporte dos interessados. Dessa forma, foram estimuladas as visitas, guiadas por especialistas, em todo o empreendimento. Elas eram encerradas com um lanche de confraternização para troca de informações e maiores esclarecimentos. A noção de responsabilidade social dos empreendedores facilitou tais ações pedagógicas que, convém lembrar, quase não existiam na época - pelo menos em Belo Horizonte.

Essa prática educacional estendeu-se aos empregados da empresa. Nesse caso, enfocava-se também a coleta seletiva e a destinação adequada dos resíduos sólidos, óleos e graxas. Em reuniões setoriais, promovidas no horário de trabalho, a ação de recuperação realizada era explicada a todos, quando se expunha como cada segmento do processo produtivo deveria contribuir para o objetivo do equilíbrio ambiental.

¹⁸ Neste caso, dentro de um empreendimento mineiro-industrial, passaram a existir fontes de produção agrícola para alegria dos funcionários, que no horário do almoço e no fim do trabalho colhiam frutos e grãos que levavam para suas casas.

Essa atividade com os empregados melhorou significativamente o *modus operandi* da recuperação em curso, evitando conflitos entre ações pessoais e transformando os funcionários em parceiros ativos do trabalho de recuperação ambiental implementado na empresa. Convém ainda mencionar que, ao aprenderem sobre a prática do controle ambiental, os funcionários davam informações a respeito dos problemas discutidos, das falhas percebidas em seus setores, chegando mesmo a apontar suas causas e, às vezes, até a indicar soluções. Assim, o Plano de Controle Ambiental acabou revestindo-se de uma forma de gestão compartilhada – embora esse termo jamais tenha sido pronunciado na empresa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste relato, deixou-se claramente exposto que a atividade minerária pode ser operada de modo a prevenir e minimizar grande parte dos impactos ambientais por ela produzidos, além de poder ser realizada sem perturbar sua vizinhança com extrapolações de seus domínios legais.

Quando se mostrou que todos os problemas encontrados no empreendimento da Sical deveram-se a erros de abertura da mina, de responsabilidade de outra empresa, houve a intenção de evidenciar um conceito básico que deve presidir a mineração: é necessário desenvolvê-la, estritamente, de acordo com os conhecimentos científicos e técnicos estabelecidos em áreas de estudo que se dedicam às questões relativas ao setor minerário – entre essas áreas, ressalta-se a da engenharia.

Considerando-se também que se trata de uma atividade realizada quase sempre no meio natural e que este precisa ser respeitado e conservado, percebe-se o quanto a ecologia tem a contribuir principalmente porque propicia uma visão dos meios físico, biótico e antrópico como realidades interligadas.

Como aqui ficou explicado, ao se intervir sobre uma crista de montanha ou sobre a planície aluvionar de um corpo hídrico, desencadeia-se uma série de processos de degradação que afeta, direta ou indiretamente, os componentes do meio. Por exemplo, a remoção da cobertura vegetal expõe o solo, torna-o susceptível a erosões que, por sua vez, causam assoreamento dos corpos hídricos, prejudicando quem utiliza suas águas a jusante. Ao mesmo tempo, essa remoção favorece o escoamento das águas pluviais. Com isso, não ocorre a recarga do aquífero e há o aumento da vazão fluvial que dá origem a outros problemas indiretos como, por exemplo, a redução da vazão das nascentes e as enchentes.

Em suma, quando a preocupação recai na gestão dos recursos hídricos, é preciso ter bem clara a noção da interdependência de todos os fatores do meio – físico, biótico e antrópico – e da necessidade de contemplar todos os aspectos que contribuam para a conservação desses recursos.

Se tais questões forem levadas em conta, conclui-se que há soluções para mitigar efeitos negativos gerados pela extração mineral, mas, para que ocorra tal resultado, é preciso ter a decisão de encontrar, implementar e levar a cabo os procedimentos corretos, observando cada situação específica.

Do ponto de vista mais geral, isso significa que os trabalhos de desenvolvimento de qualquer atividade minerária devem ser subsidiados por estudos geológicos e geotécnicos aprofundados. A partir deles, convém que se adotem práticas que promovam: intervenção gradual e apenas sobre áreas estritamente necessárias à atividade; adequada drenagem superficial; proteção de áreas desnudas com introdução de vegetação protetora; recuperação concomitante com extração do bem mineral/estéril até a configuração final da cava, ou seja, até o momento da desativação da mina.

O caso da Sical, com sua mina e indústria inseridas em área de influência direta de mananciais de captação para abastecimento público, tombada pelo Patrimônio Artístico, Cultural e Natural do Município, constituindo ainda área de proteção ambiental, zona de amortecimento de unidade de conservação de uso restrito e contando com grande passivo ambiental, exigiu mais. Além das referidas tarefas mais gerais, demandou a conformação do empreendimento a esse cenário mediante a mudança do plano de lavra, a reversão do sistema de drenagem pluvial para impedir a deterioração do bem público – o PESRM – e a adaptação da cobertura vegetal à situação de uso de espécies nativas da flora local.

Além disso, o nível de investimento financeiro feito pela empresa para a recomposição ambiental obrigou a busca de alternativas de baixo custo para a execução das obras demandadas. As soluções encontradas – descritas neste trabalho – mostram que qualquer mineradora, seja grande, média ou pequena, tem plena condição de realizar a prevenção e a recuperação de áreas degradadas, bastando para tal que os empreendedores tomem a decisão de levá-la a cabo devidamente. Mas essa decisão não pode ficar restrita à perspectiva do período de exploração do minério. Precisa também ter em vista o uso futuro a ser assumido pelo empreendedor ao final da vida útil da jazida e a gestão operacional dirigida para esse fim então determinado.

Ao tratar da legislação incidente sobre o empreendimento, ficou explícito que as obrigações impostas pelo licenciamento ambiental representaram um fator importante de desencadeamento de todo o processo de recomposição ambiental e de reversão dos impactos sobre os recursos hídricos. As diretrizes determinadas no processo de licenciamento suscitaram nos profissionais responsáveis pelo empreendimento a consciência da necessidade de implementação dos procedimentos recomenda-

dos. O acompanhamento das obras pelo órgão público competente, função igualmente estabelecida em lei, também influenciou bastante para o bom andamento dos trabalhos.

Convém, no entanto, não esquecer que a execução dos procedimentos técnicos devidos e o cumprimento das leis não bastam quando se desenvolve um Plano de Recuperação Ambiental. Para o êxito deste, são também imprescindíveis medidas que promovam a gestão integrada de todo o processo posto em ação a fim de que todos aqueles que dele participam – da diretoria, passando pela gerência operacional e equipe técnica contratada, até a mão-de-obra braçal – se sintam efetivamente conscientes de sua parcela de responsabilidade para o resultado requerido: a realização de uma atividade de extração mineral que leve em conta a boa qualidade ambiental, benéfica para todos.

No caso aqui apresentado, verificou-se que até mesmo a participação da comunidade – presente no empreendimento graças às visitas de alunos e professores – teve significado para o melhor entendimento da importância dos trabalhos propostos e desenvolvidos na medida em que, possibilitando a extensão das atividades ao âmbito de um programa de educação ambiental para as escolas, carentes de práticas semelhantes, trouxe uma visibilidade maior de sua relevância social. As outras ações pedagógicas que passaram a existir na empresa também muito contribuíram nesse sentido, além de serem um incentivo para a melhor integração dos funcionários aos trabalhos realizados, que passaram a ser partilhados ativamente por muitos deles.

Este estudo de caso, adotando metodologias de trabalho específicas à realidade encontrada – semelhante à de inúmeras mineradoras brasileiras –, serve para mostrar que a única saída para a atividade minerária é a de que seus empreendedores assumam uma atitude que leve à implementação de medidas

de controle ambiental. A mineração não pode prosseguir produzindo intervenções que comprometem os direitos difusos: recursos hídricos conservados, integridade da paisagem, boa qualidade do ar. A sociedade já se mobiliza nesse sentido, o poder público exige o cumprimento dessas obrigações que estão estabelecidas em leis. Além disso, muitos dos empreendedores já têm consciência dessa necessidade não só porque o descumprimento da legislação implica pagamento de pesadas multas, mas também porque cresce na mineração a inclusão de uma gestão com responsabilidade social e ambiental. Assim, firma-se a certeza de que é melhor usar os recursos financeiros em obras de prevenção de impactos sobre o meio ambiente ou de recuperação, no caso de já terem eles ocorrido, do que despendê-los com o pagamento de multas. Como se viu neste trabalho, a degradação ambiental produz outra perda monetária: a do minério, quando este é carregado pelas águas das chuvas.

Portanto, é preciso que os mineradores observem essas questões quando discutirem as propostas dos técnicos para a recomposição ambiental de seus empreendimentos e relutam em implementá-las sob o argumento de que são dispendiosas.

Em relação àqueles que se opõem ou fazem restrições estritas às mineradoras, é necessário que compreendam que a civilização se ergue sobre equipamentos cuja matéria-prima é o minério. Para proibir a atividade minerária, seria preciso, primeiramente, encontrar soluções alternativas realistas para a construção desses equipamentos. Enquanto essas alternativas não existirem, cumpre lutar por empreendimentos minerários comprometidos com a adoção de medidas de controle ambiental, capazes de prevenir ou mitigar os impactos que a mineração gera sobre o meio ambiente. O caso da Sical aqui apresentado mostra que essa luta pode ser bem-sucedida.



**O IBRAM E A GESTÃO INTEGRADA ENTRE
MINERAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS**

CAPÍTULO 6





6.1 INTRODUÇÃO

A emergência da preocupação mundial pela água é, sem sombra de dúvida, uma das mais importantes e interessantes atitudes recentes da humanidade.

Esse bem mineral – não devemos nunca esquecer esse fato – vital, com o crescimento exponencial da população mundial e o comportamento desta, tem-se tornado, inclusive no Brasil, objeto de preocupações, inteiramente válidas que, para serem afastadas, demandam de todos nós uma adequada gestão, ou seja, planejamento, execução e permanente revisão dos resultados de nossa ação, tudo com vistas a dispormos de água em quantidade e qualidade adequadas e usada com eficácia.

Isso exige, e continuará a exigir, drásticas mudanças de comportamento e hábitos, tendo em vista não só nossa sobrevivência como a das gerações futuras, sem o que correremos sério risco de agravar nossa situação a respeito, em termos mundiais e mesmo local, situação essa já preocupante e, em alguns lugares, dramática.

Uma imagem de um especialista estrangeiro (americano) é um alerta para todos nós, brasileiros, quanto às mudanças que teremos de implementar.

Disse ele: “Interessante como vocês brasileiros e nós, americanos, nos respectivos países, temos uma visão diferente dos rios (cursos de água): nós cons-

truímos nossas casas de frente para o rio (como se fossem o jardim da casa) e vocês têm os rios no fundo dos quintais das casas (depósito de lixo, em geral)”. Você concorda com essa visão? Acha que é realista?

Aliás, se observarmos o estado em que se encontra a maioria dos nossos rios (cursos d’água) faz parecer que o especialista observou bem...

Com o objetivo de vir a contribuir para um novo comportamento de todos nós, da mineração e todas as partes interessadas – naturalmente que com a participação e importante contribuição destas –, o Ibram, fundado em 1976, tem como foco o desenvolvimento sustentável, na definição consagrada pela Rio 92, a saber, “garantir que ele (o desenvolvimento) atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem também às suas” (WCDE, 1992).

No cumprimento de sua Missão, o Instituto considera ser um eficaz instrumento de educação ambiental produzir e editar literatura pertinente – de atualização, visão conceitual e difusão de melhores práticas – naturalmente em conjunto com ações participativas e presenciais.

No que respeita ao objeto deste nosso tema, o Ibram redigiu, com a participação de especialistas e técnicos de seus associados, com grande vivência

¹Engenheiro de Minas e Metalurgista/EEUFMG. Coordenador da Fundação do Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram), (Vice-Presidente Executivo até 28 de fevereiro de 2006).

Colaboraram: profissionais e associados do Ibram, especialmente da Comissão Técnica de Desenvolvimento Sustentável (CTDES) e do Programa Especial Recursos Hídricos, e os consultores Patrícia Helena Gambogi Boson e Marcelo Ribeiro Tunes.

no assunto, textos que consideramos ser oportuno reproduzir aqui, eis que já esgotadas as publicações que os divulgaram.

Sua leitura, a nosso ver, contribuirá efetivamente para difundir os conceitos básicos para a divulgação da magna questão dos recursos hídricos e os da própria sustentabilidade da mineração, de modo que a sociedade melhor vislumbre a complexidade e os desafios da vida atual e o que é possível fazer para superá-los com sucesso.

6.2 O IBRAM

O Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram), fundado em 10 de dezembro de 1976, é uma associação privada, sem fins lucrativos, que tem por objetivo principal congregar, representar, promover e divulgar a indústria mineral brasileira.

Embasado na filosofia de contribuir para a existência e a expansão, no Brasil, de uma mineração internacionalmente competitiva, tecnologicamente atualizada, que, atenta à sua responsabilidade social, propicie a seus trabalhadores as mais adequadas condições de saúde e segurança, realizando seus trabalhos com a máxima qualidade ambiental”, o Ibram tem como missão “atuar em favor do desenvolvimento da indústria mineral brasileira”.

No cumprimento de seus estatutos e missão, o Instituto não só colabora com os poderes públicos – executivo, Legislativo e Judiciário, federal, estaduais e municipais – como promove estudos, contribui para o desenvolvimento dos recursos humanos empregados na atividade minerária e divulga as melhores práticas ambientais e de segurança e saúde ocupacional relacionadas à mineração brasileira.

Dentre seus associados, conta o Ibram com as mais expressivas empresas de mineração do país. Além dessas, são associados do Instituto organismos e entidades que, direta ou indiretamente, participam da atividade mineral brasileira, como empresas de

engenharia mineral, ambiental, de geologia, fabricantes de equipamentos, centros de tecnologia, Bancos de desenvolvimento, etc.

No desempenho de suas funções, o Ibram esforça-se em prover à sociedade informações e dados que a permitam melhor conhecer a importância fundamental dos bens minerais para a qualidade de vida do ser humano, tudo com vistas à promoção de uma mineração tecnicamente conduzida e socialmente comprometida, que ofereça ao país o melhor de sua contribuição ao desenvolvimento socioeconômico da nação, respeitado o meio ambiente. Essa visão sociopolítica leva o Instituto a acompanhar, permanentemente, os trabalhos do Congresso Nacional, em todos os assuntos de interesse do setor mineral.

Para a realização de seus objetivos, o Ibram conta com importantes instrumentos, dentre os quais se destacam suas Comissões Técnicas, constituídas por profissionais designados por seus associados, as quais, abordando problemas comuns às empresas, promovem debates e pesquisas que contribuem não só à difusão da melhor tecnologia como à elaboração de propostas de soluções, propostas estas que são consolidadas em documentos distribuídos a todos os sócios e enviados às autoridades, quando é o caso.

São as seguintes as Comissões Técnicas do Ibram:

- Comissão Técnica de Assuntos Jurídicos, Legislativos e Tributários (TJLT);
- Comissão Técnica de Comunicação e Responsabilidade Social (CTCRS);
- Comissão Técnica de Desenvolvimento Sustentável (CTDES).

Com a colaboração dos associados diretamente interessados, o Instituto mantém, também, os seguintes Programas Especiais:

- A Importância da Mineração para o Desenvolvimento Sustentável do Brasil;

- Ibram AMAZÔNIA;
- Apa Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH);
- Ibram – Comitê para a Normalização Internacional em Mineração (Conim);
- Desenvolvimento Sustentável;
- Ex-Tarifários;
- Ibram Goiás;
- Recursos Hídricos.

O Comitê para a Normalização Internacional em Mineração (IBRAM-Conim), foi instituído em setembro de 1994, com a missão de “propiciar a participação efetiva da Indústria de Mineração na normalização internacional, na medida de seu interesse, em favor de seu desenvolvimento”. Sua filosofia é “contribuir para que a indústria de mineração seja uma participante ativa na elaboração das normas técnicas e sistêmicas internacionais que impactam a sobrevivência e a expansão da atividade minerária”. Age em harmonia e consonância com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Sendo a informação um dos itens mais importantes para a eficaz gestão empresarial, o Ibram dedica especial atenção a esta, procurando bem informar seus associados.

À luz do seu objetivo estatutário de “colaborar com os poderes públicos no estudo de assuntos que se relacionam com a mineração”, o Instituto mantém permanente relacionamento com os governos federal, estaduais e municipais, inclusive integrando, a convite, conselhos e organismos específicos destes.

A realização, a cada dois anos, do Congresso Brasileiro de Mineração, da Exposição Brasileira de Mineração (EXPOSIbram, do Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e do Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, eventos maiores aos quais se adicionam seminários e cursos de curta e longa duração, têm sido instrumentos utilizados pelo Ibram

para promover o intercâmbio de experiências e a atualização de seus associados e demais interessados na mineração no país.

No plano internacional, o Instituto relaciona-se com diversos organismos e entidades internacionais, integrando o International Council on Mining and Metals (ICMM), com sede em Londres, Inglaterra, e a Sociedade Interamericana de Mineração (SIM), com sede no Peru, em ambas representando a indústria mineral brasileira. Nacionalmente, o Instituto relaciona-se com expressivas entidades setoriais - muitas das quais sócias mútuas do Ibram, Federações de Indústrias Estaduais e com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), dentre outras, bem como com a Confederação Nacional dos Trabalhadores no Setor Mineral (CNTSM), filiada à CUT.

6.3 O PROGRAMA ESPECIAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO IBRAM

A implementação do Programa Especial de Recursos Hídricos do Ibram registra a posição do setor mineral relativa ao modelo brasileiro de gestão de recursos hídricos, preconizado na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. A opinião do Instituto é de que esse modelo é uma ferramenta promotora de uma verdadeira revolução no campo da administração pública e da gestão ambiental, revolução esta traduzida na proposição de um novo ordenamento administrativo para a gestão de recursos hídricos, com base no fortalecimento das relações entre o poder público e a sociedade civil, em especial a sociedade usuária da água.

O Programa Especial de Recursos Hídricos, criado em agosto de 2000, tem como objetivo vivenciar e criar cenários propícios ao desenvolvimento de mecanismos capazes de efetivar a participação dos usuários, beneficiários da água, em especial os usuários do setor da mineração, visando à garantia dessa participação nos processos decisórios da gestão de

recursos hídricos, de forma sincera e competente, e o fortalecimento de uma estratégia de gerenciamento que atue na conservação dos recursos hídricos, vistos em uma perspectiva de interação de seu ciclo natural com o ciclo sociotecnológico, portanto de acordo com o princípio estabelecido em Dublin, numa “abordagem integradora”.

Nesses seus cinco anos de existência, de forma bem sintética, esse Programa do Instituto desenvolveu as seguintes atividades:

- a) o acompanhamento das proposições dos marcos regulatórios, resultantes da implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- b) a promoção de seminários, oficinas, grupos de estudos, palestras e mesas-redondas com vistas ao amadurecimento e à criação de mecanismos que ampliem a participação da sociedade nos processos decisórios da gestão de recursos hídricos para o fortalecimento das leis federal e estaduais de recursos hídricos, especialmente no que se refere aos princípios básicos da gestão: descentralização e participação.
- c) o levantamento, o conhecimento e a divulgação das experiências e das tendências internacionais relativas à gestão de recursos hídricos comparáveis ao sistema de gestão de recursos hídricos nacional e mais afetas ao usuário do setor mineral.
- d) o apoio e a participação nos processos de negociação decorrentes da implantação e da implementação do sistema de gestão de recursos hídricos, com a consolidação da participação do Ibram nos diversos comitês de bacia hidrográfica já estabelecidos.
- e) o acompanhamento das tendências nacionais e internacionais relativas à definição da valoração econômica da água, considerando todas as especificidades inerentes ao setor da mineração.

No desenvolvimento de suas atividades, três produtos se destacam: a edição da Resolução nº 29, de 11 de dezembro de 2002, do CNRH, resultado de uma iniciativa do Ibram com o apoio do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), que trata da regulamentação da outorga pelo direito de uso da água para a mineração; a publicação do livro *Modelo de gestão de recursos hídricos: a posição do setor mineral na visão do Ibram*, que teve seu lançamento no Dia Mundial da Água, no ano de 2002 – cujos trechos são transcritos aqui; e o lançamento do presente livro, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), fortalecendo o objetivo maior do Ibram a saber, o de o Brasil dispor, sempre, de uma mineração responsável.

Destacam-se ainda a participação do Instituto no Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) como Conselheiro (suplente) da Representação Mineiro-Metalúrgica; no Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais e no da Política Hídrica e Minerária do Estado do Pará; no Conselho Temático de Meio Ambiente da Confederação Nacional da Indústria, e no Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), além de vários comitês da bacia hidrográfica.

Nossa opção, sem medo de errar, é dar continuidade às nossas atividades no âmbito do Programa Especial de Recursos Hídricos do Instituto, com vistas ao fortalecimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, pois acreditamos e reafirmamos que:

- a) poucas atividades produtivas assimilaram tão bem a nova ordem de valores, sustentada na premissa do desenvolvimento ambiental e socialmente responsável, de maneira tão rápida e eficiente, quanto a atividade da mineração, principalmente naquelas empresas legalmente constituídas e que se colocam com certa independência em relação a recursos e fomentos

para o desenvolvimento de novas tecnologias. Bilhões de dólares já foram investidos nos grandes empreendimentos para que se incorporassem os conceitos de sustentabilidade ambiental. Hoje, nessas empresas, esse conceito é ampliado para o conceito de empresa cidadã – aquela que reconhece que seu papel não se restringe à maximização do lucro, mas na qual seus responsáveis devem também levar em conta as dimensões social, ambiental e ética de suas atividades. Vale lembrar ser este um imperativo de um mercado globalizado;

- b) nenhuma norma ambiental tão bem assimilou a nova ética que nasce neste novo século, na qual os valores são construídos por uma sociedade cada vez mais participativa, do que a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, conhecida como a Lei das Águas, ou seja, a Lei nº 9.433, de 1997, complementada pela Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que cria a Agência Nacional de Águas (ANA).

O setor mineral, por intermédio do Ibram, a voz e o fórum da mineração brasileira, órgão representativo dos seus interesses, esforça-se, permanentemente em contribuir, de maneira efetiva pra o aprimoramento de uma sociedade realmente livre e soberana.

Ressaltamos que a utilização da água na mineração apresenta especificidades que devem ser entendidas no seu contexto global, características estas que, ao se considerar o balanço hídrico dos empreendimentos mineiros, verificar-se-á o pequeno volume do recurso hídrico apropriado em cada bacia hidrográfica. Vale lembrar que a prática do reúso, através da recirculação contínua da água no processo de beneficiamento, é realizada pela mineração há décadas, nas plantas de concentração e nas barragens de rejeito, fato a ser levado em conta na

aplicação dos instrumentos de outorga e cobrança pelo uso da água.

Do mesmo modo, o processo de rebaixamento do nível de água subterrânea nas minas deve ser entendido hoje como um procedimento intrínseco aos processos da extração mineral. Procedimento este que se traduz em dificuldades adicionais à extração mineral, poderá resultar num fato extraordinário – aumento da disponibilidade de um produto nobre: água de excelente qualidade. Essas águas subterrâneas, oriundas de bombeamento para rebaixar o nível da água nas cavas, se gerenciada de maneira adequada, tanto pode ser aproveitada como insumo do processo de beneficiamento nas plantas de concentração, como pode ser liberada para as drenagens da jusante, caracterizando, em ambos os casos, um aumento da oferta hídrica ao ambiente no entorno do empreendimento. No caso da liberação para os cursos de água, o benefício natural mais imediato será uma melhora nos padrões de qualidade de tais corpos de água, com o conseqüente e significativo aumento da capacidade de diluição de efluentes.

Assim, tais estruturas, desde que convenientemente gerenciadas, poderão ter vários destinos, ou bem se transformar, a exemplo da prática já consagrada em países com mais larga tradição mineira, em reservatórios para fornecimento de água potável a comunidades vizinhas, ou em locais para a prática de lazer e turismo, ou mesmo ambas. Os planos diretores de bacia deverão considerar e definir a utilização dessas estruturas para o uso das próximas gerações.

O Ibram entende e promove, entretanto, todos os aspectos e a responsabilidade envolvidos no que hoje comumente se denomina fechamento ou descomissionamento de mina e está já discutindo e desenvolvendo meios técnicos e gerenciais para não deixar para a sociedade, nossa parceira, legado que não seja o de novo uso socialmente adequado da área minerada.

O Instituto postula, pois, nessa nova perspectiva de gerenciamento de recursos hídricos, que as peculiaridades do manejo de água na atividade extrativa mineral sejam analisadas dentro de um contexto global, considerando-se nos balanços hídricos regionais, tanto nos dias atuais como no futuro, sua real interferência, sem paixões e sectarismos, que podem deteriorar a convivência com as comunidades no entorno das minerações, sem mostrar o real benefício e a possibilidade de uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos, do meio ambiente, da sociedade e da mineração, o que certamente é benéfico para todos.

Acreditamos que a implementação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, tal como preconizado na Lei Federal nº 9.433, de 1997, fundamentada na participação e na gestão descentralizada, auxilia a sociedade na sua busca do equilíbrio e da convivência, com justiça e liberdade, do progresso e da vida, constituindo-se eficaz instrumento de construção de uma nova ética, que carrega em si o desafio desse equilíbrio.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O homem contemporâneo vive intensamente sua responsabilidade pelo futuro do planeta e pela sobrevivência digna das gerações vindouras. Por isso, tem questionado, no presente, o tradicional conceito de desenvolvimento a qualquer custo e colocado como meta ideal o desenvolvimento que possa ser sustentável. O relatório da Comissão Brundtland, de 1987, *Nosso futuro comum*, define desenvolvimento sustentável como a abordagem ao progresso que “atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades”. Depreende-se desse conceito que tal opção implica assegurar que a próxima geração herde um estoque de riquezas pelo menos não inferior ao herdado pela geração que a precedeu,

tanto no que se refere ao patrimônio construído pela mão do homem como ao patrimônio natural.

Considerando a conceituação posta, à primeira vista a mineração poderá vir a ser percebida por alguns como uma atividade não sustentável. E por isso, é freqüente a idéia de que os recursos minerais estão sendo exauridos. Poder-se-ia concluir daí que o fim dos recursos está próximo e que o futuro estaria sendo “hipotecado” para satisfazer algumas necessidades imediatas do presente.

É evidente que os recursos da terra são realmente finitos, porém duas importantes observações devem ser feitas: a primeira é a de que a fração conhecida e pesquisada da crosta terrestre é ainda muito pequena, o que sugere que os limites de suprimento de recursos minerais estão realmente longe de serem atingidos. A segunda é a de que com a evolução da ciência e tecnologia, às reservas disponíveis está sendo agregado maior eficiência na extração e no beneficiamento das substâncias minerais, conferindo às mesmas, um maior aproveitamento e uma maior rentabilidade e dessa forma proporcionando um alongamento, em ritmo mais rápido que o de utilização do minério, no tempo de exploração de uma jazida. Diante dessas observações, poderíamos perguntar o que significa de fato “sustentabilidade” em relação aos recursos minerais. A resposta pode ser encontrada no inter-relacionamento de três fatores: conhecimento geológico, tecnologia e economia.

Do ponto de vista do conhecimento geológico e da tecnologia, partimos do pressuposto de que “nada é um recurso até que alguém descubra uma maneira de utilizá-lo economicamente”. Essa verdade é muitas vezes ignorada quando se discute a questão dos recursos finitos. Nesse sentido, a inventividade humana literalmente “cria” recursos, e incontáveis exemplos são encontrados no passado, no presente e, certamente, se verificarão no futuro. Sob variados ângulos, o desenvolvimento e

o uso de novas tecnologias “ampliam” a utilização dos nossos recursos minerais e seu aproveitamento de forma sustentável. Algumas evidências disso estão indicadas a seguir:

- a criação da tecnologia de pelotização e o uso de novos fornos na siderurgia permitiram expandir imensamente as reservas utilizáveis de minério de ferro pelo aproveitamento de finos antes descartados;
- o aperfeiçoamento da tecnologia de processamento mineral permite trabalhar com minério de baixos teores antes considerados inviáveis. Hoje, por exemplo, é possível o processamento de minério com teores de ouro da ordem de 0,6 g/t;
- o atual aumento da escala de mineração é permitido pela utilização de máquinas e equipamentos de grande porte, que tornam viáveis jazidas anteriormente antieconômicas;
- no que diz respeito à indústria de transformação, pode-se notar um esforço ao longo dos anos no sentido de se produzirem bens manufaturados com menores quantidades de matéria-prima, prolongando, assim, a disponibilidade dos recursos minerais. Esse é o caso das latas de alumínio, que hoje são 20% mais leves que os modelos produzidos na década de 1970, e dos carros, que atualmente utilizam 30% menos aço que há trinta anos;
- o desenvolvimento de novos materiais, como os cerâmicos e os supercondutores, trarão, em futuro próximo, uma redução significativa no consumo de metais, como o ferro, o alumínio e o cobre, em numerosas aplicações nobres.

Assim, pode-se almejar a “sustentabilidade” combinando-se os efeitos da prospecção mineral e do desenvolvimento tecnológico, de modo que continuamente sejam criados recursos num ritmo no mínimo tão rápido quanto o do consumo. Não há

dúvida nenhuma de que, com referência à indústria mineral, isso vem acontecendo de forma competente e satisfatória. Os avanços no conhecimento geológico e tecnológico são, por sua vez, impulsionados pela economia.

Assim, em face da conjugação destes três fatores: conhecimento geológico, tecnologia e economia, existem mais recursos disponíveis para o bem-estar da humanidade na atualidade que no passado (os recursos economicamente demonstrados da maioria dos minerais têm aumentado muito mais rapidamente nos últimos quarenta anos do que a correspondente taxa de utilização mundial), ou seja, deve-se considerar o fato fundamental de termos hoje mais recursos não renováveis que a geração anterior quando se discute o princípio da equidade entre as diversas gerações, subjacente ao conceito de desenvolvimento sustentável.

Em outra vertente, o conceito de desenvolvimento sustentável impõe-se para a atividade da mineração quando sua implementação se coloca ante uma escolha em que de um lado se tem o desenvolvimento de uma mina e, do outro, a preservação. Nesse caso, a tendência geral é de se dar um peso maior à preservação. Entretanto, o fiel dessa balança deve estar intimamente relacionado à utilização da melhor tecnologia prática disponível para reduzir e controlar a geração de efluentes, passíveis de existirem em todas as atividades antrópicas. Mesmo nos casos em que a melhor tecnologia existente é utilizada, mas, ainda assim, a poluição ainda seja expressiva, é imperioso e imprescindível que esta situação, desde o primeiro momento, seja claramente apresentada à sociedade envolvida para que esta opte sempre pelo equilíbrio dessa balança a partir de uma análise real de custos e benefícios.

Um outro aspecto, também fundamental a ser considerado para a utilização sustentável dos recursos da terra, é o desperdício. Na indústria da minera-

ção, ele se apresenta sob as mais variadas formas, tais como: quando o processamento do minério é ineficiente; quando a mina se atém somente ao minério de alto teor, deixando de lado o material de baixo teor que somente poderia ser economicamente explorado em conjunto; ou ainda quando a disposição de rejeitos é feita sem uma avaliação da possibilidade de seu reaproveitamento no futuro.

O desperdício deve-se a muitas causas, que vão do despreparo gerencial e da falta de conhecimento técnico por parte do minerador até a interferência governamental por meio de taxas, subsídios ou regulamentações que levam a práticas ambientalmente inadequadas.

Vale lembrar, por outro lado, que o Capítulo 18 da Agenda 21, que tem como título “proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos”, como se sabe, tem a seguinte introdução (destacamos apenas os três primeiros itens):

[...]

1. Os recursos de água doce constituem um componente essencial da hidrosfera da Terra e parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. O meio de água doce caracteriza-se pelo ciclo hidrológico, que inclui enchentes e secas, cujas conseqüências se tornaram mais extremas e dramáticas em algumas regiões. A mudança climática global e a poluição atmosférica também podem ter um impacto sobre os recursos de água doce e sua disponibilidade e, com a elevação do nível do mar, ameaçar áreas costeiras de baixa altitude e ecossistemas de pequenas ilhas.

2. A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa

qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição.

3. A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo, ao lado da implantação progressiva de atividades incompatíveis, exigem o planejamento e o manejo integrados desses recursos. Essa integração deve cobrir todos os tipos de massas inter-relacionadas de água doce, incluindo tanto águas de superfície como subterrâneas, e levar devidamente em consideração os aspectos quantitativos e qualitativos. Deve-se reconhecer o caráter multissetorial do desenvolvimento dos recursos hídricos no contexto do desenvolvimento socioeconômico, bem como os interesses múltiplos na utilização desses recursos para o abastecimento de água potável e saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimento urbano, geração de energia hidroelétrica, pesqueiros de águas interiores, transporte, recreação, manejo de terras baixas e planícies e outras atividades. Os planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de água subterrâneas ou de superfície e de outras fontes potenciais têm de contar com o apoio de medidas concomitantes de conservação e minimização do desperdício. No entanto, deve-se dar prioridade às medidas de prevenção e controle de enchentes, bem como ao controle de sedimentação, onde necessário.”

[...]

Em que pese a Agenda 21, sabemos que temos um longo e árduo caminho a percorrer, no sentido de atingirmos um novo patamar de amadurecimento como sociedade realmente organizada. Acreditamos que a legislação de recursos hídricos nos apresenta as ferramentas que facilitarão esse novo caminhar, aplainando o difícil caminho da negociação, do equilíbrio e do entendimento entre setores tão díspares da sociedade. O caminho difícil da luta, não por privilégios, mas por direitos.

A mineração apresenta-se como uma parceira nessa trilha, e procura mostrar que a despeito de ser estereotipada como a grande vilã na questão ambiental, e notadamente na gestão de recursos hídricos, é uma atividade econômica essencial para o país e para a humanidade. Todas as nossas manifestações culturais são expressões que têm como elemento básico a mineração. A título de exemplo, temos: na manifestação cultural, as magníficas esculturas em mármore, bronze e aço; na manifestação poética, vários elementos dos instrumentos musicais; na manifestação religiosa, os belos mo-

numentos e catedrais; e, na tecnológica, expressão máxima da era moderna, que resulta na criação de instrumentos para o conforto e prolongamento de nossas vidas. De modo que, negar ou banir a atividade minerária é, portanto, negar ou banir toda a história da humanidade neste planeta. Entretanto, uma produção racional, com uma eficaz gestão das variáveis ambientais associadas à adoção de tecnologias avançadas e à busca incessante, com investimento em novas pesquisas, de uma utilização cada vez mais racional dos recursos minerais, incluindo aqui a reciclagem de produtos, é hoje fato inerente às atividades minerárias e fator imprescindível à sua sobrevivência. Da mesma forma, é essencial a utilização racional dos recursos hídricos, insumo básico nessas atividades.

Nunca é demais termos presentes que: “Na verdade, o mundo, hoje, parece acenar com um movimento de transação ideológica, em que se procura apresentar o homem sem direita e sem esquerda, o homem de dois braços e um só coração, uma só cabeça, buscando agir na sua harmonia de felicidade terrena” (BOSON, 1990).



A ATUAÇÃO INSTITUCIONAL DA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E A MINERAÇÃO

CAPÍTULO 7





AGRADECIMENTO

Os autores Antônio Félix Domingues e Suzana Alípaz agradecem aos servidores da Agência Nacional de Águas - ANA - Cristianny Villela Teixeira Gisler, Célia Cristina Moura Pimenta Rodrigues, Eldis Camargo, Hilda Henck Teixeira e Leonardo Mitre Alvim de Castro, pela participação na elaboração do presente capítulo.

Antônio Félix Domingues¹

Suzana Alípaz²

7.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar as atribuições da Agência Nacional de Águas (ANA) e traçar o inter-relacionamento entre sua esfera de competência e as atividades do setor de mineração, com base nas possíveis alterações no regime do corpo de água, na quantidade e na qualidade da água, a partir do processo produtivo desenvolvido por aquele setor.

Pretende também prestar informações atualizadas à sociedade brasileira sobre essa conjugação, com foco na garantia de usos múltiplos da água, em especial o abastecimento humano e a dessedentação de animais, perante a importância estratégica e de utilidade pública da atividade minerária para o país.

7.2 A GESTÃO DAS ÁGUAS E A CRIAÇÃO DA ANA

A ANA, entidade responsável pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, é uma autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira. Criada em 17 de julho de 2000 pela Lei nº 9.984 e instalada em 19 de dezembro do mesmo ano, segundo o Decreto nº 3.692, de 2000, é vinculada ao Ministério do Meio Ambiente³ e integra o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), previsto na Consti-

tução Federal de 1988 e instituído tal como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a Lei das Águas.

A criação de agências reguladoras no âmbito do governo faz parte da reestruturação do Estado brasileiro que, baseada em um modelo mediador e regulador, pretende desatar as amarras do monopólio estatal, marcando o processo de retirada parcial do Estado da economia, de modo que sua interferência se mantenha somente via condição reguladora das agências.

No caso da ANA, vale destacar uma diferença importante de sua atuação relativamente às outras agências concebidas nessa nova estrutura de Estado. É que enquanto aquelas, igualmente definidas como autarquias sob regime especial e com autonomia administrativa e financeira, tratam de regular o uso de bens públicos e os serviços a eles relacionados – como exemplo, a ANEEL⁴ –, a ANA tem como missão exclusivamente regular o uso do bem de domínio público “água”, em especial proporcionando os usos múltiplos desse bem, que até poucas décadas atrás era considerado “recurso livre da natureza”, de infinda quantidade e fácil disponibilidade, mesmo levando-se em conta as regiões onde é escasso e a crescente poluição.

¹ Antônio Félix Domingues é engenheiro agrônomo (ESALQ - USP) e Coordenador Geral das Assessorias da Agência Nacional de Águas – ANA.

² Suzana Alípaz é engenheira florestal (UFV) e consultora em gestão ambiental.

³ Relatório de Gestão da ANA, 2003.

⁴ Nos termos do art. 2º da Lei 9.427/96, a Agência Nacional de Energia Elétrica tem por finalidade “regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal” e seu art. 3º (incluídas as alterações subsequentes à Lei 9.427/96) trata, entre outros, de sua competência relativamente à prestação de serviços.

No que se refere à implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cabe à ANA a regulação da utilização da água dos rios de domínio da União para maximizar a alocação dessa água para o desenvolvimento do país, enquanto viabiliza a sustentabilidade do recurso por meio do uso dos instrumentos da PNRH, buscando a reversão do quadro atual de poluição das águas e do desperdício, de forma que garanta a disponibilidade de água de boa qualidade para o abastecimento humano ao longo das gerações, bem como o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Está no âmago da Lei das Águas a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos. Não poderia ser de outra forma, em se tratando de um recurso ambiental essencial à vida sobre a Terra e insubstituível na qualidade de mantê-la. É esta a questão: não somos apenas usuários de um recurso simplesmente “renovável”; muito mais que isso, somos todos especialmente responsáveis por sua conservação como um bem de uso comum do povo,⁵ qualquer que seja o uso, por mais nobre que seja.

A gestão descentralizada, de acordo com GRANZIERA (2001), tem, na Lei das Águas, um sentido distinto daquele que reza o direito administrativo. Cita a autora que [...] o entendimento de descentralização, na interpretação da Lei nº 9.433, de 1997, pode ser vislumbrado de duas formas. Primeiro,

sob o prisma da participação da sociedade, como uma das características da administração pública contemporânea, na tomada de decisões [...]. A descentralização seria então a democratização das decisões administrativas [...]. A segunda forma de descentralização ocorre no gerenciamento, em que se toma por base a bacia hidrográfica. No âmbito dos Comitês, tomam-se algumas decisões que irão fundamentar os atos administrativos sob a competência do poder público.

MACHADO (2003) entende que “a introdução da gestão participativa do bem público água é inovadora, pois o Poder Público não vai ter a maioria dos votos nos comitês de Bacia Hidrográfica. Para que não se destrua a gestão participativa e nem se torne a mesma ineficaz, será preciso que o controle social encontre meios de contínua e organizada informação”. Completa GRANZIERA (2001): “O fato de os usuários e da sociedade civil, e também dos municípios, participarem dos Comitês é a única condição capaz de garantir o comprometimento de cada um com o processo (de montagem e funcionamento do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, entendido como o encadeamento de fatos e atos que se desenvolvem ao longo do tempo). Sem isso, não há como ser efetiva a lei”.

A (Figura 73), a seguir, ilustra a interação das diversas instituições partícipes do processo de gestão da bacia.

⁵ Constituição Federal, Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

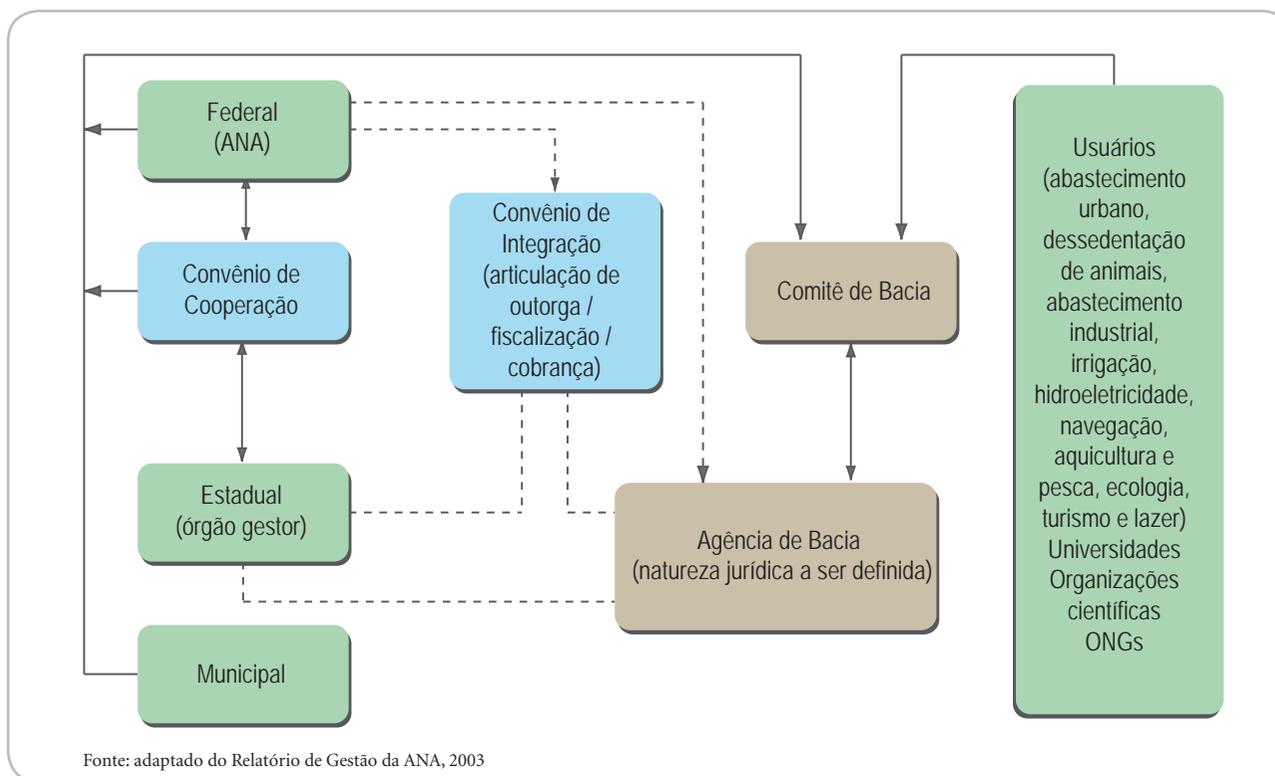


Figura 73. Organização da gestão na bacia hidrográfica

A mineração, em qualquer de suas formas ou qualquer que seja seu objeto, mesmo considerada sua característica mais típica, que é a rigidez locacional, desenvolve-se sempre no âmbito de uma bacia hidrográfica, unidade territorial para a implementação da PNRH e do SINGREH, um dos fundamentos da Lei nº 9.433, de 1997. Portanto, estará sempre sujeita à regulação relativa às águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas, na medida do uso de recursos hídricos concernente à atividade instalada e ao âmbito – federal ou estadual – ao qual pertencem.

Vale aqui uma breve abordagem a respeito da dominialidade das águas. Os corpos d'água de domínio da União são aqueles que banham mais de um estado, os fronteiriços e os transfronteiriços e os decorrentes de obras da União. A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída na Lei nº 9.433, de 1997, aplica-se a todo o território brasileiro e sua

implementação compete à ANA, conforme define a Lei nº 9.984, de 2000.

Machado (2003) esclarece que a dominialidade pública da água, afirmada na Lei nº 9.433, de 1997, não transforma o Poder Público federal, estadual e do Distrito Federal em proprietários da água, mas torna-os gestores desse bem, tendo em vista o interesse de todos.

Os corpos de água que banham apenas um estado são de seu domínio e os rege lei específica daquele Estado, ainda que, de uma maneira geral, guardem contextos à semelhança da Lei das Águas, até mesmo com o intuito de facilitar a viabilização da gestão integrada dos recursos hídricos. Destaque-se ainda que o inciso IV, art. 22 da Constituição Federal, reza ser competência privativa da União legislar sobre águas, de modo que não deverá haver assimetrias legais e gerenciais, neste contexto, entre a União e as unidades federadas.

No que se refere às águas subterrâneas, a Carta Magna, no inciso I de seu art. 26, as inclui entre os bens dos estados. Nos casos em que os usos das águas de um aquífero compartilhado por mais de um estado possam ensejar conflitos, os quais são tanto mais difíceis de dirimir quanto maior a escassez da água superficial e a necessidade de exploração de aquíferos, a legislação que dispõe sobre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos reza que cabe ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) a solução para essa

questão. Neste caso, a ANA, tendo em vista suas funções determinadas em lei, é o agente público a dar o suporte técnico necessário para subsidiar o CNRH em sua decisão quanto à alocação da água subterrânea entre os dois estados que a compartilham, tendo em vista a solução de conflitos.

De qualquer modo, estará a mineração sempre vinculada às diretrizes gerais de ação e aos instrumentos definidos na Lei das Águas ou em suas correspondentes estaduais, porquanto estará, estreitamente vinculada ao uso de recursos hídricos.



Foto: Arquivo ANA

7.3 A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA ANA

A ANA é dirigida por uma Diretoria Colegiada composta por cinco membros nomeados pelo Presidente da República, após a aprovação pelo Senado Federal, com mandatos não coincidentes de quatro anos. O diretor-presidente é escolhido pelo presidente da República entre os diretores nomeados e investido na função por quatro anos ou pelo prazo que restar de seu mandato.

A Diretoria Colegiada delibera por maioria simples de votos e reúne-se com a presença de pelo menos três diretores, dentre eles o diretor-presidente

ou seu substituto legal. Todas as decisões relacionadas com as competências institucionais da ANA são tomadas de forma colegiada. Relativamente ao Regimento Interno da Agência e suas alterações, conforme determina o Decreto nº 3.692, de 19 de dezembro de 2000, somente poderão ser aprovados com a presença de todos os Diretores e por maioria absoluta dos votos.

A estrutura organizacional da ANA está representada no organograma a seguir.

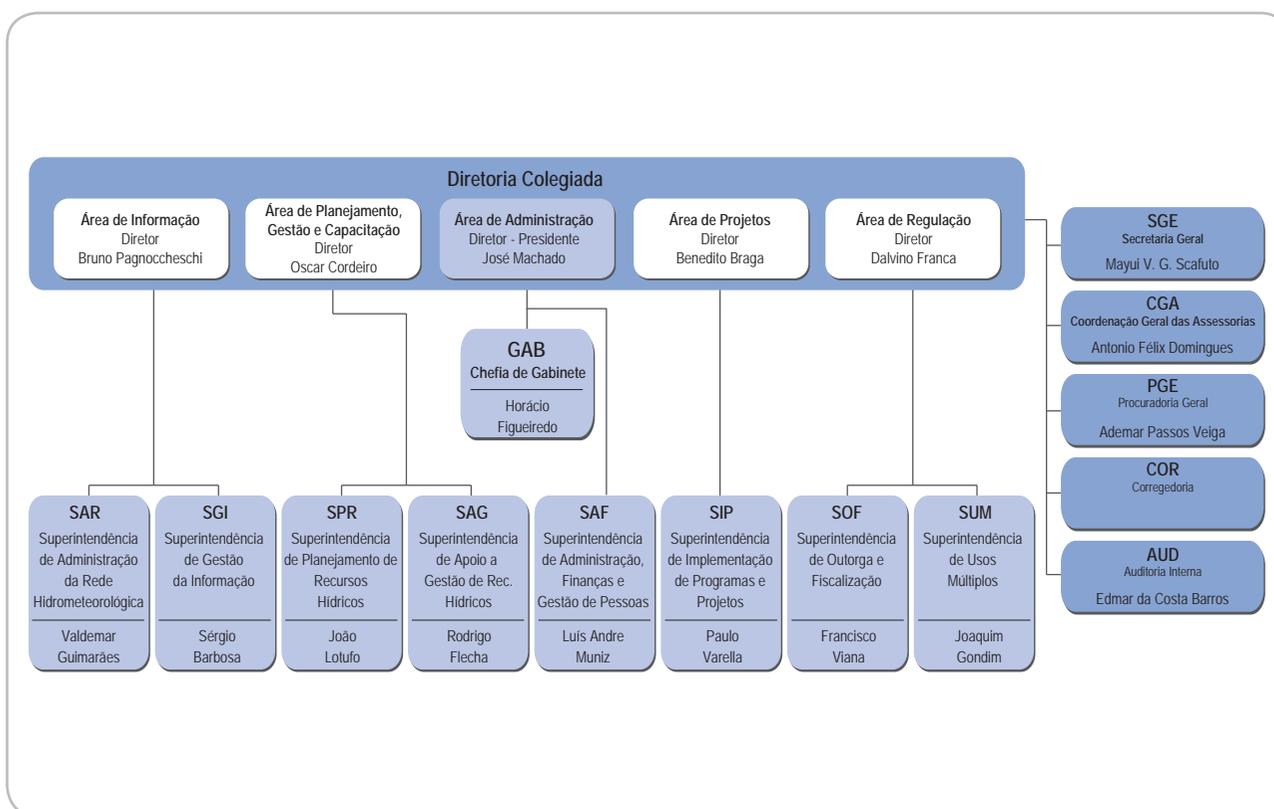


Figura 74. Estrutura organizacional da Agência Nacional de Águas – ANA (06/2006)

O Regimento Interno da ANA define a natureza e a finalidade da Agência, bem como sua competência e organização, entre outras providências que incluem as competências e as atribuições comuns e específicas de sua estrutura organizacional. Foi aprovado pela Resolução nº 09, de 17 de abril de 2001,

tendo sido alterado por resoluções subsequentes: Atualmente, vigora a Resolução nº 223, de 12 de junho de 2006, que definiu a estrutura organizacional apresentada na (Figura 74).

No tocante à articulação institucional, prevista no Decreto nº 3.692, de 19 de dezembro de 2000, e de

acordo com a Lei nº 10.881, de 9 de junho de 2004, a ANA poderá firmar contrato de gestão ou termo de parceria com as agências de bacia hidrográfica para execução dos serviços relativos às agências de águas previstas na Lei nº 9.433, de 1997, transferindo-lhes recursos financeiros para o cumprimento do objeto dos instrumentos celebrados. Os contratos de gestão poderão ser firmados com consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas, os quais poderão receber delegação do Conselho Nacional ou dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, por prazo determinado, para o exercício de funções de competência das agências de bacia hidrográfica, enquanto esses organismos não estiverem constituídos.

A ANA poderá, ainda, celebrar convênios de cooperação técnica com órgãos ou entidades públicos dos estados e do Distrito Federal, para efetivação da articulação interinstitucional, tendo em vista o gerenciamento de recursos hídricos de interesse comum. Esses convênios de cooperação deverão buscar o entendimento entre as partes sobre critérios equivalentes de cobrança pelo uso de recursos hídricos numa mesma bacia hidrográfica, independentemente da dominialidade dos corpos de água que a compõem. Ressalte-se que esse instrumento sempre terá como referência imprescindível a decisão do Comitê de Bacia Hidrográfica quanto à oportunidade da implementação do instrumento “cobrança” e relativamente aos valores a serem cobrados.

7.4 A REGULAÇÃO DO BEM PÚBLICO “ÁGUA”

A ação reguladora da ANA tem por base os fundamentos, os objetivos, as diretrizes e os instrumentos da PNRH, com vistas a garantir o adequado atendimento das necessidades e das prioridades de uso dos recursos hídricos em corpos de água de domínio da

União, inclusive mediante a definição de vazão mínima e de concentração máxima de poluentes na transição de corpos de água de domínio estadual para os domínio federal.⁶

A autonomia e a independência concedidas às agências reguladoras – uma vez que se tratam de autarquias sob regime especial – são fundamentais para que possam exercer adequadamente suas funções, vez que o maior bem jurídico sob tutela é o interesse comum, não podendo estar sujeita às constantes intempéries políticas (CARVALHO, 2002).

Merecem destaque o fato de não se repelirem a função reguladora e de a ANA ter sido criada para colaborar na implementação de uma política a ser ditada pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, uma vez que a regulação se restringe a editar comandos de conteúdo eminentemente técnico e nunca político, de modo que não colida com o princípio da reserva legal, insculpido no art. 5º, II, da Constituição da República (MOREIRA NETO, 2000 apud MADEIRA, 2002).

Assim é que, em seu papel legal de agência reguladora, a ANA visa especificamente a regular as atividades de uso de recursos hídricos, poder este que, conforme explicita Mello (2000), citado por Heinen (2004), não pode ser transviado, a fim de que se torne poder de regulamentar, atinente, de forma exclusiva, ao Poder Legislativo.

Nesse aspecto, é relevante o valor semântico do signo “regular” e do signo “regulamentar”, muitas vezes desprezados pela doutrina. Regulação possui um significado eminentemente ligado à técnica e à economia, enquanto a regulamentação possui um critério eminentemente político. Em outras palavras: cumpre, pois, não confundir a regulação, que é um conceito econômico, com a regulamentação, que é um conceito jurídico (político) (HEINEN, 2004).

⁶ Arts. 16 e 17 do Decreto nº 3.692, de 2000.

Nesse contexto, a atuação da ANA está explicitada no inciso II do art. 4º da Lei nº 9.984, de 2000, que determina caber-lhe disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

O poder de regular possui um nicho legislativo de atuação muito claro: nas chamadas *normas legais em branco*⁷ (BRUNA, 2003 apud HEINEN, 2004). Nessa linha, as regulações terão função esclarecedora da norma, adaptando-a às evoluções da conjuntura nacional, regida pela mutação da realidade social (HEINEN, 2004).

7.5 AS ATRIBUIÇÕES DA ANA

O papel da ANA como integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é de órgão gestor de âmbito nacional. O SINGREH é composto por organismos públicos e civis, devidamente definidos em instrumentos legais, inclusive na Lei nº 9.433, de 1997. O importante é que a estrutura do Sistema tem a capacidade de agregar uma ampla e diversificada força decisória, almejando a descentralização e a participação ativa da sociedade civil nas questões que envolvem o bem de domínio público e uso comum que é a água.

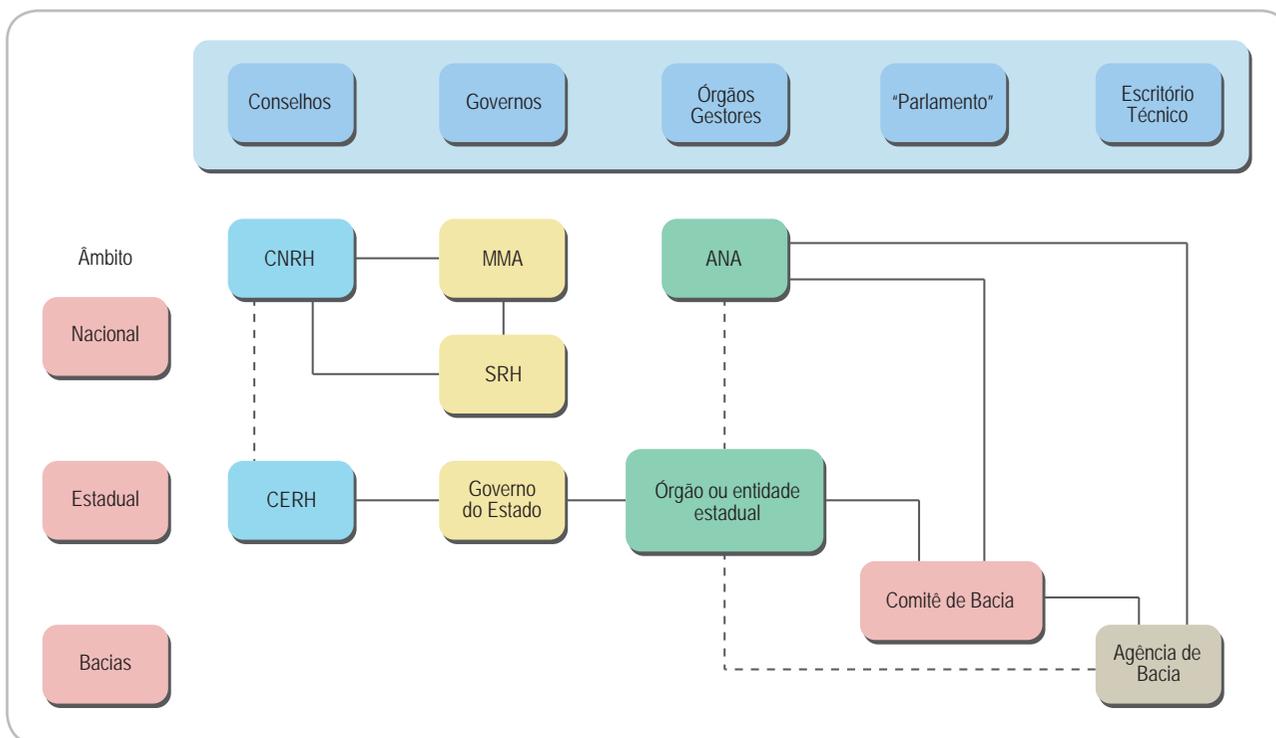


Figura 75. Estrutura de funcionamento do SINGREH

⁷ MATTOS (2005) esclarece que (...) para a totalidade dos ramos do direito, as chamadas “normas em branco” são “normas jurídicas não autônomas” ou equivalentes às proposições jurídicas incompletas, que possibilitam a sua complementação e explicitação por meio de outra norma, esta advinda do Poder Executivo.

Destaque-se nesta estrutura o papel do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), ao qual compete promover a articulação dos planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários elaborados pelas entidades que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e formular a Política Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da Lei nº 9.433, de 1997. “Por articular a integração das políticas públicas no Brasil é reconhecido pela sociedade como orientador para um diálogo transparente no processo de decisões no campo da legislação de recursos hídricos”.⁸

No cerne do SINGREH e com suas atribuições afetas ao recurso “água”, muitos questionamentos demonstram o interesse em diferenciar a ANA da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), parte integrante da estrutura básica do Ministério do Meio Ambiente, bem como do próprio SINGREH.

Ressalte-se, portanto, que a distinção básica entre as atribuições da SRH e da ANA é que enquanto à primeira compete propor a formulação da PNRH, a segunda é a entidade federal de implementação da PNRH.⁹

Essa condição torna, por assim dizer, os dois órgãos complementares entre si, enquanto revela-se extremamente oportuna, tendo em vista a impossibilidade de conciliar, democraticamente, essas atribuições.

Além disso, o ideal na estrutura de um estado moderno é ter-se a formulação de normas e sua execução em entes governamentais distintos, a fim de facilitar a aferição da gestão.

Outra diferenciação que deve ser trazida à luz tem fundamento no fato de que a água é primordialmente um elemento da natureza e como tal integra o meio ambiente, de modo que muitas vezes, sem

um esclarecimento mais aprofundado da matéria, supõe-se haver uma sobreposição de atribuições pelo simples efeito da atuação de órgãos vinculados administrativa e financeiramente ao Ministério do Meio Ambiente.

Quando se focaliza a atividade minerária, admite-se, como já dito, que esta sempre irá desenvolver-se no âmbito de uma bacia hidrográfica e, mediante a necessidade de derivação ou de captação de água para consumo final ou insumo produtivo ou de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, estará também sempre vinculada às normas relativas aos recursos hídricos, quer seja o corpo de água de domínio federal quer seja estadual. Destaque-se especialmente que a atividade poderá demandar usos da água que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água ou a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo produtivo, casos estes mais diretamente afetos à mineração.

A princípio, reconhece-se que a atividade minerária irá determinar algum tipo de alteração na paisagem, bem como a exploração e o beneficiamento mineral poderão exigir a captação de água superficial ou subterrânea, requerer o lançamento de efluentes ou afetar direta ou indiretamente o regime do curso de água, sua quantidade ou qualidade.

Para dar lugar à mineração, poderá haver necessidade de remoção da vegetação que cobre o solo e, em razão da relação direta entre este e a água, poderá resultar em algum tipo de alteração nos corpos hídricos adjacentes, incentivada pela ação das águas pluviais e do vento, carreadores naturais de sedimentos, que normalmente os levam para a parte mais baixa do terreno e podem alcançar um corpo de água.

⁸ Extraído do site do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - <http://www.cnrh-srh.gov.br/>

⁹ O art. 11 do Decreto nº 4.755, de 20 de junho de 2003, define as competências da SRH.

Esta é uma das formas de poluição difusa, física, que provoca o assoreamento dos corpos hídricos e elevação da turbidez da água. Há também situações nas quais a ação antrópica pode determinar alterações biológicas e a poluição química da água, a partir de elementos utilizados pelo homem na atividade que pratica, inclusive a mineradora.

Todavia, o que não estiver vinculado à captação de água bruta ao lançamento¹⁰ de efluentes ou à alteração do regime, qualidade ou quantidade promovida por seus usuários e ainda que seja inequívoco o dano que possa decorrer da atividade e atingir de forma indireta os corpos hídricos, se não houver relação direta com o uso da água no exercício da atividade, não caberá a ação reguladora da ANA e ou de órgãos de recursos hídricos estaduais, a depender da dominialidade desses.

É nesse âmbito, portanto, que se distinguem a atuação da ANA e a dos outros órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA),¹¹ cujas esferas de atuação podem ser federal, estadual ou municipal. Contudo, é também perante ocorrências como a mencionada que se inscrevem tanto a necessidade de integração da gestão ambiental com a gestão de recursos hídricos como a articulação desta com a do uso do solo, ambas constituintes das diretrizes gerais de ação para a implementação da PNRH.

Em termos da fiscalização dos usos de recursos hídricos, a ação reguladora da ANA fundamenta-se na Lei nº 9.433, de 1997, e visa a garantir o adequado atendimento às necessidades e às prioridades de

uso de recursos hídricos, de modo que as infrações cometidas são avaliadas no contexto das normas de sua utilização e referem-se ao descumprimento de qualquer disposição legal ou regulamentar referente a atividades; execução de obras e serviços hidráulicos; derivação ou utilização de recursos hídricos de domínio ou administração da União; ou pelo não atendimento das solicitações ou exigências formuladas pela ANA,¹² que podem ser caracterizadas como leves, graves ou gravíssimas e determinam a aplicação de penalidades na forma de multas. À ocorrência concomitante de mais de uma infração relativa ao uso de recursos hídricos por um mesmo usuário corresponderá a aplicação de penalidades simultâneas ou cumulativas, de acordo com cada infração cometida.

Adicionalmente, a atividade de fiscalização do IBAMA¹³ – que tem por objetivo garantir que os recursos naturais do país sejam explorados racionalmente, em consonância com as normas e os regulamentos estabelecidos para sua sustentabilidade, visando a diminuir a ação predatória do homem sobre a natureza – promove Ações Especiais de Fiscalização na Área de Degradação Ambiental e Poluição, onde se inclui o combate à degradação ambiental e à poluição produzidas pela mineração ou pelo garimpo. Nesse contexto, haverá também o registro das infrações verificadas e a aplicação de sanções penais e administrativas a elas concernentes, tendo como base a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, a Lei de Crimes Ambientais.

¹⁰ A Resolução ANA nº 219, de 6 de junho de 2005, define “que na análise técnica para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos para fins de lançamento de efluentes em cursos de água de domínio da União, a Superintendência de Outorga e Cobrança avaliará os parâmetros relativos à Temperatura, à Demanda Biológica de Oxigênio – DBO e, em locais sujeitos à eutrofização, ao Fósforo ou ao Nitrogênio”.

¹¹ O Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, instituído pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, é constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental.

¹² Art. 19 da Resolução ANA nº 082, de 24 de abril de 2002.

¹³ O IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis é uma entidade vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e órgão executor do SISNAMA.

Assim, a atuação da ANA não extrapola suas atribuições e se detém nos aspectos relacionados ao uso propriamente dito dos recursos hídricos, em qualquer das especificações discriminadas na Lei nº 9.433, de 1997, e na forma da Lei nº 9.984, de 2000, além de outras normas emanadas do Congresso Nacional – normas modificadoras ou complementadoras; do CNRH – normas definidoras de critérios gerais – e normas técnicas da ANA.

Já a outorga de direito de uso de recursos hídricos é uma competência clara da ANA relativamente aos corpos de água de domínio da União, que está prevista na Lei nº 9.433, de 1997, como um dos instrumentos da PNRH e tem por objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos a seu acesso. Considera a existência de usos sujeitos à outorga e aqueles que, embora qualificados como “usos”, independem dela, como para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural, e as acumulações de volume de água, derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes. A determinação do volume limite relativo aos usos insignificantes em corpos de água de domínio da União é feita por seus respectivos comitês de bacias hidrográficas.

A cobrança, também um instrumento da PNRH, estará sempre atrelada não somente à outorga de direito de uso de recursos hídricos, mas também à existência de comitê de bacia hidrográfica, ao entendimento deste quanto à oportunidade de o uso de recursos hídricos vir a ser cobrado de seus usuários e à disponibilidade hídrica no corpo de água, de modo que este instrumento poderá agregar-se às duas atribuições da Agência já mencionadas no tocante à captação ou à derivação de água, ao lan-

çamento de efluentes e aos usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água, que no contexto desta abordagem estariam relacionados ao exercício da atividade mineradora.

7.5.1 A OUTORGA

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é um dos instrumentos da PNRH ao qual a cobrança está fundamentalmente vinculada.

Conforme Machado (2003), a Lei nº 9.433, de 1997, demarca bem a outorga como uma área que não pode ficar na gestão privada. Traz à pauta, o autor, o item XIX, do art. 21 da Constituição Federal, que diz competir à União definir os critérios de outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, de modo que um dos critérios por ela inseridos é o de que essa outorga é competência do poder público.

É a Lei nº 9.984, de 2000, que expressa a atuação da ANA no que se refere a outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observando determinados limites de prazos, a possibilidade de emitir outorgas preventivas com a finalidade de declarar a disponibilidade de água para os usos requeridos, a necessidade de fornecimento de declaração de reserva de disponibilidade hídrica para uso de potencial de energia hidráulica e a obrigatoria publicidade para os pedidos de outorga e atos administrativos que dele resultarem. O Decreto nº 3.692, de 2000, reafirma essa competência da ANA, tal como em seu Regimento Interno.¹⁴

O CNRH, ao qual cabe estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso,¹⁵ emitiu quatro resoluções sobre a outorga, as quais alcançam todos os órgãos outorgantes que compõem o SINGREH,

¹⁴ Anexo I da Resolução ANA nº 09, de 17 de abril de 2001

¹⁵ Inciso XI, art. 1º, Portaria nº 377, de 19 de setembro de 2003, que aprova o Regimento Interno do CNRH.

duas delas intimamente relacionadas à atividade minerária.

A Resolução CNRH nº 16, de 8 de maio de 2001, é uma norma geral, uniformizadora, que apresenta sua natureza, os tipos de usos sujeitos à outorga e os independentes dela, os prazos, a vinculação aos planos de recursos hídricos, as prioridades, os elementos informativos mínimos para o requerimento, o ato administrativo da outorga, o cadastro de usuários, entre outros.

A Resolução CNRH nº 29, de 11 de dezembro de 2002, é específica em relação à mineração e entre seus considerandos destaca a necessidade de integração de procedimentos e atuação articulada entre órgãos e entidades cujas competências se refiram aos recursos hídricos, à mineração e ao meio ambiente; e que a atividade minerária tem especificidades de utilização e consumo de água passíveis de provocar alterações no regime dos corpos de água, na quantidade e na qualidade da água existente.

A Resolução aponta a derivação ou captação de água superficial ou extração de água subterrânea, para consumo final ou insumo do processo produtivo; o lançamento de efluentes; e outros usos e interferências como formas de utilização de recursos hídricos relacionados à atividade minerária que estão sujeitas à outorga.

Há uma pormenorização nessa Resolução que explicita incisos do art. 12 da Lei nº 9.433, de 1997, para ajustá-los às especificidades da atividade minerária, os quais estão elencados no inciso III, art. 2º da Resolução CNRH nº 29, de 2002, que se refere a outros usos e interferências e contempla: a) captação de água subterrânea com a finalidade de rebaixamento de nível de água; b) desvio, retificação e canalização de corpos de água necessários às atividades de pes-

quisa e lavra; c) barramento para decantação e contenção de finos em corpos de água; d) barramento para regularização de nível ou vazão; e) sistemas de disposição de estéril e de rejeitos; f) aproveitamento de bens minerais em corpos de água; e g) captação de água e lançamento de efluentes relativos ao transporte de produtos minerários.

Vale destaque o item “e” dessa Resolução, por sujeitar à outorga os sistemas de disposição de estéril e de rejeitos.

No rol de conceitos apresentados na Resolução CNRH nº 29, de 2002, aparecem dois diretamente atinentes a esse item:

[...]

VIII – sistema de disposição de estéril: estrutura projetada e implantada para acumular materiais, em caráter temporário ou definitivo, dispostos de modo planejado e controlado em condições de estabilidade geotécnica e protegidos de ações erosivas;

IX – sistema de disposição de rejeitos: estrutura de engenharia para contenção e deposição de resíduos originados de beneficiamento de minérios, captação de água e tratamento de efluentes;

[...]

No primeiro caso, não há menção à utilização de recursos hídricos, enquanto no segundo, as condições de uso estão explicitadas a título de “resíduos originados de [...] captação de água e tratamento de efluentes”, que remete a exigibilidade de outorga para esses usos, ambos já contemplados na Lei nº 9.433, de 1997, mas não necessariamente vinculados ao sistema de disposição de rejeitos da mineração.

De um ponto de vista mais restritivo, pode-se entender que tal sujeição refira-se ao inciso V do art. 12 da Lei 9.433, de 1997, no tocante à qualidade da água, que pode vir a ser alterada negativamente pela percolação da água poluída no perfil do solo e, conforme a localização do sistema de disposição de estéril e de rejeitos em relação ao corpo de água, poderá alcançá-lo em seu trânsito subsuperficial ou subterrâneo e determinar a poluição.

No contexto da outorga, este dispositivo da norma é compatível com o inciso IV do art. 15 da mesma Lei nº 9.433, de 1997, que prevê a possibilidade de suspensão parcial ou total da outorga em circunstâncias de necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental. No entanto, o indispensável pré-requisito para a suspensão da outorga de uso de recursos hídricos é que ela tenha sido emitida e, portanto, há que haver uma outorga que vincule o uso da água ao sistema de disposição de rejeitos da atividade mineradora ou mesmo ao sistema de disposição de estéril. Não havendo o vínculo, a necessidade de outorga pelo uso do recurso hídrico deverá ser submetida à análise técnica específica, perante a condição poluidora da atividade e a possibilidade de atingir os corpos de água situados nas proximidades com impactos de diferentes magnitudes.

O inciso II do art. 49 da Lei das Águas prevê que “iniciar a implantação ou implantar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem a autorização dos órgãos ou entidades competentes”, constitui infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos.

A análise cabível mostra que, por um lado, existe a possibilidade de alteração da qualidade das águas, mas por outro, não fica devidamente esclarecido que sistemas de disposição de estéril e de re-

jeitos estejam vinculados a uma forma de uso de recursos hídricos específico, conforme indica a alínea e, do inciso III, do art. 2º da Resolução CNRH nº 29, de 2002, além daquela, inequívoca, relacionada à captação de água para consumo ou como insumo de processo produtivo.

Portanto, constata-se a importância desse item no contexto da norma como um dispositivo de “segurança” para os casos em que se verifique o uso vinculado, quando a condição de “estar sujeito à outorga” seja cabível e pertinente, uma vez que essa condição não significa obrigatoriedade, posto haver casos em que a relação causal não se verifica. No entanto, cabendo o instrumento, certamente será aplicado, mas para o uso da água específico, exatamente como a Resolução CNRH nº 29, de 2002, insculpe.

Vale notar que a Resolução CNRH nº 29, de 2002, prevê, exclusivamente para os empreendimentos minerários e sempre que necessário for, a apresentação de um plano de utilização da água, o qual deverá conter, para efeito de análise dos pedidos de outorga de uso de recursos hídricos, entre outros, o balanço hídrico na área afetada em seus aspectos quantitativos e qualitativos, e suas variações ao longo do tempo.

Nesse contexto, a análise dos usos da água para fins de outorga, dada a rigidez locacional dos empreendimentos minerários, é concebida tendo em vista todos os usos relacionados àquela atividade, daí a necessidade de um balanço hídrico referente à área afetada, que contemplará de forma integrada todos os usos de recursos hídricos e as intervenções a ele concernentes.

A hipótese de poluição da água de um rio adjacente será contemplada pela fiscalização, que, cumprindo a diretriz de integrar a gestão de recursos hídricos à gestão ambiental, encaminhará formalmente ao IBAMA, ou ao órgão ambiental competente, as informações relativas ao dano ambiental verificado,

de modo que aquele órgão possa enquadrar a atividade e seus responsáveis na Lei de Crimes Ambientais, em decorrência do que aplicará as penalidades cabíveis.

Destaque-se que, por alcançar todos os órgãos outorgantes do SINGREH, a Resolução CNRH nº 29, de 2002, alcança, indistintamente, a outorga preventiva ou a outorga de direito de uso dos recursos hídricos tanto para as águas de domínio da União como para as de domínio dos estados e do Distrito Federal.

A ANA, no exercício de suas atribuições, também edita normas sobre a outorga, que tocam apenas os rios de domínio da União e estabelecem critérios e procedimentos de natureza técnica e administrativa.

7.5.2 O DEVER DE FISCALIZAR

A Lei nº 9.433, de 1997, não incluiu a fiscalização entre os instrumentos da PNRH, mas a fez presente em seus arts. 29, II, e 30, I, que mencionam a regulamentação e a fiscalização dos usos de recursos hídricos como uma das ações do poder público¹⁶ em relação à implementação da PNRH, considerando que a responsabilidade civil, administrativa e criminal do órgão público emitente da outorga não termina com esse ato.

Entende Machado (2003) que a fiscalização do uso das águas deve incluir inspeções periódicas, caso contrário a outorga tornar-se-á um ato sem nenhum resultado benéfico para o meio ambiente e para os bons usuários.

Enquanto a Lei nº 9.984, de 2000, que cria da ANA, prevê a fiscalização entre suas competências (art. 4º, V), o Decreto nº 3.692, de 2000, que regula-

menta sua criação, é mais específico, com a inclusão da competência de fiscalizar, com poder de polícia, os usos de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União (art. 2º, VI).

A norma reguladora editada pela ANA é a Resolução nº 082, de 24 de abril de 2002, que a respeito da fiscalização esclarece que a ANA fiscalizará o uso de recursos hídricos mediante o seu acompanhamento e controle, a apuração de infrações, a aplicação de penalidades e a determinação de retificação das atividades, obras e serviços pelos usuários de recursos hídricos de domínio da União (art. 8º).

O contexto dessa norma reúne todos os usos passíveis de fiscalização e forma um universo mais amplo que o da outorga, uma vez que nem todo uso objeto de fiscalização está sujeito àquele instrumento da PNRH.

No que tange ao uso de recursos hídricos na atividade de mineração, a fiscalização abrange¹⁷ o abastecimento industrial, incluindo a atividade de mineração, no âmbito das captações de águas e lançamento de efluentes em corpos de água de domínio da União; dutos e túneis de travessias de corpos de água de domínio da União, no âmbito dos usos sem derivação de águas; limpeza de margens e proteção de leitos, no âmbito de serviços diversos em rios, córregos, ribeirões e lagos; e a extração de minérios de classe II, em leitos ou margens de corpos de água ou reservatórios.

Outras situações não previstas explicitamente entre os elementos de fiscalização pela ANA foram incluídas no Anexo I da Resolução ANA nº 082, de 2002, sob a designação outros. Aplica-se também às captações e lançamentos e aos usos sem derivação de águas, este no contexto de obras hidráulicas, citando

¹⁶ Os arts. 29 e art. 30 da Lei 9.433, de 1997, referem-se, respectivamente, às competências do Poder Executivo Federal e dos Poderes Executivos Estaduais e do Distrito Federal na implementação da PNRH.

¹⁷ Resolução nº 082, de 24 de abril de 2002 – Anexo I, item 3.

barramentos; canalização, retificação e proteção de leitos; e travessias – aérea, intermediária ou subterrânea – de corpos de água de domínio da União.

O item outros como objeto de fiscalização permite incluir uma série de atividades que envolvem usos menos comuns de recursos hídricos ou a interferência sobre eles, mas não extrapola o foco da fiscalização concernente à ANA. Entretanto, mais uma vez a Resolução CNRH nº 29, de 2002, aqui se apresenta na hipótese de os sistemas de disposição de estéril e rejeitos, nem sempre alcançados pela outorga, virem a causar prejuízos para a qualidade de corpos de água de seus arredores. A apuração do dano na ação fiscalizadora da ANA identificará sua vinculação ou não às atribuições da Agência. No caso de estar vinculado, incidirá sobre o empreendedor a aplicação de penalidades e outras sanções previstas na Lei nº 9.433, de 1997, e na Lei nº 9.605, de 1998. Constatado o dano ambiental, o empreendedor será administrativa, e penalmente responsabilizado pela ação lesiva para o meio ambiente, conforme os dispositivos da Lei nº 9.605, de 1998,¹⁸ cujas sanções cabíveis serão aplicadas pelo órgão ambiental competente.

Vale notar, ainda, que os usos insignificantes, que não são sujeitos à outorga devem ser inscritos no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos, CNARH, e serão fiscalizados, uma vez que o fato de terem sido classificados como tal em um determinado momento, não implica que assim se mantenham ao longo do tempo, tanto em razão do aumento da demanda do usuário, como em função de o volume de água estabelecido para cada bacia hidrográfica a título de insignificante poder variar em relação à disponibilidade hídrica do corpo de água.

7.5.3 COBRANÇA

O Código das Águas, de 1934, já dotou a água de valor econômico e, conforme o § 2º do Art. 36 prevê, o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis e os regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencerem. Granziera (2000) menciona que a origem desse enfoque, no âmbito internacional, encontra-se na Carta Européia da Água, de 1968, que mencionou o valor econômico da água, embora não tenha abordado a cobrança. Em 1972, o Conselho da OECD,¹⁹ definiu a necessidade da cobrança pelo uso da água.

Contudo, essa questão adquiriu força mundial a partir da Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin em 1992, quando foram aprovados quatro princípios básicos para expressar os elementos fundamentais da relação da água com o ambiente e, especificamente, o seguinte:

Princípio nº 4: “A água tem um valor econômico em todos os diversos usos aos quais se destina e deveria ser reconhecida como um bem econômico”.

Este foi um impulso adicional para que os segmentos técnicos e científicos brasileiros focados na viabilização de uma lei para a gestão do uso dos recursos hídricos ratificassem a necessidade de inclusão da cobrança no contexto da lei, que então estava sendo formulada para o país.

Assim, a Lei nº 9.433, de 1997, garantiu a cobrança pelo uso de recursos hídricos entre seus instrumentos, tratando de reconhecer a água como um bem econômico, com o principal argumento de incentivar a racionalização de seu uso, enquanto viabi-

¹⁸ Os arts. 33; 53, I; e 54, III da Lei 9.605, de 1998 tratam da matéria específica.

¹⁹ Em português, “Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico”.

liza recursos para o financiamento de ações devidamente contempladas no Plano de Recursos Hídricos – também um dos instrumentos da PNRH – relativo à bacia hidrográfica²⁰ na qual o recurso terá sido arrecadado.

Ressalte-se que o fato de a água ser tratada como um bem econômico permite também ao usuário ter uma indicação de seu real valor e torna possível, no contexto legal, a cobrança pelo uso de recursos hídricos sem, contudo, interferir sobre o caráter inalienável desse bem de domínio público.

O “interesse de todos” está inscrito nos próprios fundamentos da Lei e revela-se mediante a prioridade de uso para consumo humano e para a dessedentação de animais, mas não restrito a eles, uma vez que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, este também um de seus fundamentos.

Na condição de gestora do bem público “água”, a ANA atua segundo o que preceituam os fundamentos, os objetivos, as diretrizes e os instrumentos definidos na PNRH e em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do SINGREH. Incorpora também, de acordo com Granziere (2001), os princípios do “poluidor-pagador” e “usuário-pagador”, introduzidos pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981,²¹ que estabelece, em seu art. 4º, VII, que a Política Nacional do Meio Ambiente visará à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

A Lei nº 9.433, de 1997, determina que serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga e que na fixação de valores devem ser observados, dentre outros, o volume retirado e seu regime

de variação, no contexto das derivações, captações e extrações de água; e o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do efluente, no âmbito dos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos e gasosos.

É importante observar que os valores arrecadados por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos poderão ser aplicados, a fundo perdido, em projetos e obras que alterem a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água, de modo considerado benéfico à coletividade e prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados.

O termo “prioritariamente” gerou alguma incerteza quanto à especificidade da aplicação dos recursos, uma vez que poderia abrir precedente para que o recurso pudesse ser investido em uma outra bacia hidrográfica. Isto determinou o encaminhamento ao Congresso do Projeto de Lei nº 240, de 2002, que dá nova redação ao art. 22 da Lei nº 9.433, de 1997, relativamente aos valores arrecadados com a cobrança. A redação final do PL nº 240, de 2002 determina que os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos que forem estabelecidos na forma do inciso VI do art. 38 e com as multas decorrentes da inobservância às disposições desta Lei deverão, sem prejuízo da legislação em vigor, ser aplicados integralmente na bacia hidrográfica em que foram gerados, [...], o que torna inquestionável a aplicação dos recursos gerados com a cobrança exclusivamente na bacia hidrográfica na qual foi gerado.

Outro fato de grande importância para o funcionamento do SINGREH foi a publicação da Lei nº 10.881, de 9 de junho de 2004, que dispõe sobre os contratos de gestão entre a ANA e entidades de-

²⁰ A Lei 9.433, de 1997, determina, em seu art. 22, que os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados.

²¹ A Lei nº 6.938, de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

legatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União entre outras providências.

Esta lei, amparada pela Lei Complementar nº 101²², de 04 de maio de 2000, que no § 2º do art. 9º destaca que não serão objeto de limitação as despesas que constituam obrigações constitucionais e legais do ente, inclusive aquelas destinadas ao pagamento do serviço da dívida, e as ressalvadas pela lei de diretrizes orçamentárias, assegura às entidades delegatárias as transferências da ANA provenientes das receitas da cobrança pelo uso de recursos hídricos em rios de domínio da União, ou seja, não poderá haver contingenciamento do montante financeiro arrecadado por meio do instrumento da cobrança. Essa garantia é extremamente oportuna para que os recursos arrecadados possam ser utilizados, tão logo estejam disponíveis, em melhorias de amplo alcance na bacia hidrográfica em que foram gerados, de acordo com o que prevê o respectivo Plano de Recursos Hídricos.

Vale lembrar que a cobrança pelo uso de recursos hídricos não é um instrumento que pode ser implementado a partir de uma decisão exclusiva da ANA. Para tanto, há uma série de competências distribuídas entre os órgãos que compõem o SINGREH.

O CNRH inclui entre suas competências a de estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso e definir valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União.²³ À ANA cabe elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo CNRH, dos valores a serem cobrados pelo uso de

recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, na forma do inciso VI do art. 38 da Lei nº 9.433, de 1997; implementar, em articulação com os Comitês de Bacia hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União; e arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União.²⁴

7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há nenhuma dúvida sobre a importância do uso de recursos hídricos na atividade minerária, que na maior parte das vezes, em alguma etapa de seu sistema produtivo determinará uma interface entre eles, seja por demanda ou por necessidade de esgotamento da água subterrânea que invade as cavas de mineração e que, para o prosseguimento da atividade minerária, deve ser bombeada para o corpo de água mais próximo ou armazenada em cavas ou estruturas de contenção.

A formulação de um inovador arcabouço legal para a gestão de recursos hídricos determinou também a formação de um consistente sistema nacional de gerenciamento, que acolhe representantes da sociedade civil, usuários da água e poder público, dando-lhes poderes e deveres para pactuarem com órgãos e gestores de recursos hídricos na administração das bacias hidrográficas, com detalhamento de seus problemas e de suas estratégias de recuperação e de revitalização, o que coloca o país na vanguarda da gestão das águas.

O conjunto normativo estabelecido em vários níveis, desde os preceitos constitucionais até a publicação de um conjunto normativo operacional,

²² Lei de Responsabilidade Fiscal.

²³ Regimento Interno do CNRH, art. 1º, incisos XI e XIV (Anexo à Portaria nº 377, de 19 de setembro de 2003, que aprova o Regimento Interno do Conselho Nacional de Recursos Hídricos).

²⁴ Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, art. 4º, incisos VI, VIII e IX.

incorporou uma série de princípios de grande expressão para a racionalização do uso da água e a redução do aporte de efluentes poluidores, entre os quais destaca-se o reconhecimento de seu valor econômico e a formulação de normas de gestão descentralizada e participativa, que garantem ao SINGREH uma estratégia quase revolucionária na maneira de administrar a coisa pública.

O objetivo é enfrentar o desafio de recuperar

quantitativa e qualitativamente nossas águas, garantindo o merecido cuidado a esse patrimônio incalculável e, sob o pressuposto de que água e sociedade são indissociáveis, destaca-se o dever de a coletividade conservar e proteger os recursos hídricos ao lado do poder público, o que esclarece a responsabilidade comum do povo brasileiro na execução dessa tarefa que irá determinar o futuro almejado para o país, seja qual for o uso pretendido para os recursos hídricos.



Foto: Arquivo Ana



REFERÊNCIAS

CAPÍTULO 8





AÇÃO DIRETA DE INCONSTITUCIONALIDADE – com pedido de liminar – tendo por objeto a Lei do Estado do Rio de Janeiro nº 4.247, de 16.12.2003.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO EM REDE DO ESPÍRITO SANTO S.A. **Mármore e granito**. Vitória: Aderes, 2003.

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, 25, p. 1145-1154, 2002.

AKCIL, A. et al. Biological treatment of cyanide by natural isolated bacteria (*Pseudomonas* sp.). **Minerals Engineering**, 16, p. 643-649, 2003.

ALVARENGA, A. **Habitação em estrutura de aço leve e componentes reciclados: um ensaio projetual**. Vitória: Ufes, 2002. Dissertação de Mestrado.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the quadrilátero ferrífero. **Precambrian Res.**, 90, p. 29-58, 1998.

ALKMIM, F. F.; ENDO, I. CARNEIRO, M. A. Quadrilátero ferrífero: roteiro de excursão pós-congresso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., Belo Horizonte, 1998. 42 p.

AMORIM, L. Q.; FERNÁNDEZ RUBIO, R.; FLECHA, Alkmin F. The Effects of mining Capão Xavier iron ore deposit on the water supply of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. In: IMWA CONGRESS, 1., 1999, Sevilla. p. 359-366.

AMORIM, L. Q.; ALKMIM, F. F. Tipologia dos aquíferos e um modelo hidrogeológico para a re-

gião sul de Belo Horizonte, setor setentrional do platô da moeda. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 9., 1997. **Boletim n. 14**, p.145-147.

AMORIM, L. Q.; FERNÁNDEZ RUBIO, R.; FLECHA, Alkmin F. The Effects of mining Capão Xavier iron ore deposit on the water supply of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. In: IMWA CONGRESS, 1., 1999, Sevilla. p. 359-366.

AMORIM, L. Q.; Alkmin F. F. Os Efeitos da mineração em Capão Xavier para o abastecimento de água de Belo Horizonte. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE MEIO AMBIENTE – ECO-LATINA, 2., Belo Horizonte, 1999.

ANDRADE, M. C.; FRANÇA, S. C. A.; LUZ, A. B. Flotação por ar dissolvido na recuperação de água de processo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E METALURGIA EXTRA-TIVA, 20., 2004. **Anais...** v. 2, p. 103-110.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro, 1987; 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005: lixiviação de resíduos – procedimento**. Rio de Janeiro, 1987; 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006: solubilização de resíduos sólidos – procedimento**. Rio de Janeiro, 1987; 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007: amostragem de resíduos – procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174: armazenamento de resíduos**

classe II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896: aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14001: sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso.** Brasília, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9896: poluição das águas.** Brasília, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438: concreto celular autoclavado.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438: concreto celular autoclavado.** Rio de Janeiro, 1995.

ATKINSON, T.; DOW MPHIL, R. Surface mine drainage using large diameter pumpwells. **Intern. Journ. Mine Water**, Granada, 4, p. 1-26, 1983.

AZEVEDO, M. T. **Saneamento básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos: os serviços de água e esgoto.** Belo Horizonte: FJP, 1997. 314 p.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** 2. ed. 2002.

BALTAR, C. A. M. Floculação. In: LUZ, A. D; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. M. de (Ed.). **Tratamento de minérios – CETEM.** 4. ed. Brasília: CETEM, 2004. p. 497-524.

BAGDY, I.; KOCSÁNYI, L.; KESSERÛ, ZS. Plans and experiments to deal with large amounts of sediment in Hungarian mines under karstic water hazard. In: Siamos-78. 1., Granada, 1978. p. 359-371.

BAIYING, L.; HONGTIAN, X.; HANG, G. Research on the harnessing of ordovician limestone confined-water in Northern China Coalfields. In: INTERNATIONAL MINE WATER CONGRESS, 3., Melbourne. Proceedings.... Melbourne, 1988. p. 31-39.

BANERJEE, S. P.; SHYLIENGER, S. P. Mine drainage problems in Indian Coalfields, with special reference to the problems in Jharia Coalfield. In: Siamos-78. Granada, 1978. I: p. 27-44.

BELLONA, C. et al. Factors affecting the rejection of organic solutes during NF/RO treatment – a literature review. **Water Research**, 38, p. 2795-2809, 2004.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. **Lei orgânica do município.** Belo Horizonte: PBH – Pro-dabel, 1990.

_____. Conselho Municipal de Meio Ambiente – Coman. **Licença de operação da Sical Industrial.** Belo Horizonte: Conam, 1996.

_____. Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte. **Parecer referente à diligência sobre análise de documentação da empresa Sical Industrial S.A.** Belo Horizonte: CDPCM – BH, 2002.

BERTACHINI, A. C. Hidrogeologia e desaguamento da Mina de Águas Claras. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8., Recife, 1994. São Paulo: Abas, 1994.

BERTRÁN, J. R. R. **Tratamiento de água para las instalaciones energéticas nucleares,** 1988.

BIOMA MEIO AMBIENTE. **Plano de controle ambiental.** Estudo aprovado pela Prefeitura de Belo Horizonte – MG. 1995.

BIOMA MEIO AMBIENTE. **Plano de controle ambiental da Sical Industrial S. A. – PCA.** Belo Horizonte: Sical, 1995.

_____. **Relatório de andamento do plano de controle ambiental.** Belo Horizonte: Cesa/Sical, 1998.

BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA. **Projeto de aproveitamento do minério B2: plano de controle ambiental.** Mar. 1997. 168 p. BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA. **Plano de recuperação de áreas degradadas.** 1993. Estudo aprovado pela Diretoria da Sical em janeiro de 1993 e aprovado pela Secretaria

Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA. **Plano de recuperação de áreas degradadas da mina Sical Industrial – Prade**. Belo Horizonte: Sical, 1991.

BRASIL. Constituição (1988). Texto constitucional de 5 de outubro de 1988 com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 9/95 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão de nº 1 a 6/94. Brasília: Senado Federal, 1995.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 dez. 1997.

BRASIL. Secretaria do Meio Ambiente da Presidência- da República. **Resoluções Conama: 1984-1991**. Brasília: Sema, 1991.

BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos. **Recursos Hídricos: conjunto de normas legais**. 3. ed. – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 243 p.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. ADIn nº 3336 – com pedido de liminar. **Cobrança pela utilização de recursos hídricos – RJ**. Dispositivo questionado: Lei do Estado do Rio de Janeiro nº 4.247, de 16.12.2003, publicado no Doerj de 17.12.2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização de recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.cni.org.br>>.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. **Reúso de água**, p. 21-36, 2003.

BRIDGWOOD, E. W.; SING, R. N.; ATKINS, A. S. Selection and optimization of mine pumping systems.

Intern. Journ. Mine Water, Granada, v. 2, n. 2, p. 1-19, 1993.

BUHRMANN F. et al. Treatment of industrial wastewater for reuse. **Desalination**, 124, p. 263-269, 1999.

BURGESS, J.; STUETZ, R. M. Activated sludge for the treatment of sulphur-rich wastewaters. **Minerals Engineering**, 15, p. 839-846, 2002.

CAIADO, M. A. C.; MENDONÇA, A. S. F. Impactos de atividades de exploração de mármore e granito sobre a qualidade da água de bacias hidrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18., Rio de Janeiro, 1995, p. 11-19 (coletânea de trabalhos do Espírito Santo, Salvador).

CALMON, J. L. et al. Reciclagem do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas. In: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1.; Canela, 1997a. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 1997.

_____. Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Salvador, 1997. **Anais...** Porto Alegre: Antac, 1997. p. 64-75.

_____. Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de tijolos de solo-cimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., Florianópolis, 1998. **Anais...** Florianópolis: Antac, 1998. p. 899-907.

CALMON, J. **Rochab** – Protótipo de habitação de interesse social com incorporação de elevados volumes de resíduo de serragem de rochas ornamentais (RSRO). Projeto Fest-Ufes-Rochab. 2004.

_____. O Estado atual das pesquisas sobre o resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais: enfoque no potencial de utilização. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005.

- CARLSSON, A.; OLSSON, T. Hydrogeological aspects of ground water inflow in the Juktan Tunnels, Sweden. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 373-389.
- CARUSO, L. G. Extração e utilização de rochas ornamentais. **Rochas de Qualidade. Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, edição 83, p. 7-9, out./dez. 1985.
- CARVALHO, C. M. de. Agências reguladoras. **Jus Navigandi**, Teresina, v. 6, n. 54, fev. 2002. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=2654>>. Acesso em: 02 fev. 2005.
- CARVALHO, R. S. de. **Breve discussão sobre o tema gestão de recursos hídricos e pacto federativo**. 37 p.
- CETEMAG desenvolve equipamento para lama abrasiva. **Rochas de Qualidade: Granitos Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, edição 115, p. 92, out./dez. 1993.
- CHARLES, A. L. et al. The Effect of water hardness on the toxicity of uranium to a tropical freshwater alga (*Chlorella* sp). **Aquatic Toxicology**, 60, p. 61-73, 2002.
- CHICH-KUEI, C.; CHANG-LIN, C. 1978. The Exploitation and control of karst water in coal measures. In: Siamos-78. Granada, 1978. .I: p. 111-124.
- CIMINELLI, V. S. T. et al. Água, uma visão mineral. In: TUNDISI, J. G. et al. **Águas doces do Brasil**. 3. ed. São Paulo, 2005. 48 p. (no prelo).
- COELHO, M. F. D. et al. **Termos de referência do edital de contratação do plano estadual de recursos hídricos do Estado de Minas e Gerais**.
- COIMBRA, M. C. Agências reguladoras. **Jus Navigandi**, Teresina, v. 4, n. 46, out. 2000. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=454>>. Acesso em: 2 fev. 2005.
- CORREA, J. C. G. Uso de resíduos das serrarias de rochas ornamentais na composição do asfalto. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005.
- COSTA, C. N. Valorização de resíduos de pedreiras de mármore como agregados secundários para a construção. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005.
- COSTANZI, R. N.; DANIEL, L. A. Estudo de tratamento dos efluentes de uma fábrica de papel para imprimir visando ao reúso por flotação e sedimentação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 156-160, 2002.
- CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 387-392, 2004.
- DANIEL, L. A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**, 2001.
- DE MELLO, R. M. Avaliação da utilização da lama proveniente de acabamento de mármore e granito como matéria prima em cerâmica vermelha. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005.
- DI BERNARDO, L.; CENTURIONI FILHO, P. L. Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada. **Engenharia Sanitária e Ambiental-Nova Técnica**, p. 39-44, 2003.
- DOOR TO DOOR – Instituto de Pesquisa de Mercado e Opinião. Organizador: Nelson Raul Saraiva. Realizada entre 30/01 e 08/02 de 2002.
- DORR, J. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. 2.d. **United States Geological Survey, Professional Paper**, 641-A:1-110, 1969.
- DOYLE, M. G. et al. History of the environmental aspects of the As Cruces Project (Pyrite Belt, Spain). In: IMWA CONGRESS, Sevilla, 1999. I: p.135-141.
- ERDEM, M.; ALTUNDOGAN, H. S.; TÜMEN, F. Removal of hexavalent chromium by using heat-activated bauxite. **Minerals Engineering**, 17, p. 1045-1052, 2004.

EQUILIBRIUM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO MINERODUTO GERMANO-UBU. Informações Complementares, 2002.

FALCÃO PONTES, I.; STELLIN JÚNIOR, A. Utilização de finos de serrarias do Espírito Santo nas indústrias de construção civil. In: JORNADAS IBEROAMERICANAS SOBRE CARACTERIZACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, 1., Madrid, 2001. **Anais...**

FENG, D.; ALDRICH, C. Recovery of chromite fines from wastewater streams by column flotation. **Hydrometallurgy**, 72, p. 319-325, 2004.

FENG, D.; DEVENTER, J. S. J. V.; ALDRICH, C. Removal of pollutants from acid mine wastewater using metallurgical by-product slags. **Separation and Purification Technology**, 40, p. 61-67, 2004.

FERNÁNDEZ ALLER, R. Contaminação de as águas por a mineração do carbón em Espanha. **Industria Química**, Madrid, 1981. I: p. 135-141.

FERNÁNDEZ RUBIO, R. Hidrogeología de a mina Castilla (Sierra Menera, Guadalajara). **Doc. Invest. Hidrológica**. Barcelona, 1974. 16: p. 139-173.

_____. A água na mineração e as obras subterrâneas. In: Siamos-78, Granada, 1978a. Prólogo. V-X.

_____. Estudio hidrogeológico de a mina de Reocín (Santander). Real Compañía Asturiana (Informe inédito), Granada, 1980. 156 p.

_____. Efecto sobre as águas subterrâneas de as actividades mineras: medidas de prevenção. In: JORN. ANÁLISIS E PREVENÇÃO DE A CONTAM. DE AS ÁGUAS SUBT. EM ESPAÑA. BARCELONA, 1981. p. 579-601.

_____. Water problems in Spanish coal mining. **Inter. J. of Mine Water**, 2, p. 13-28, 1986a. FERNÁNDEZ RUBIO, R. Impacto de a mineração em los sistemas hidrológicos. **E.T.S. Ingenieros de Minas**. Madrid, 1986b. 10 p.

_____. Clausura de minas: impactos hidrológicos. In: REUN. CIENT.-TÉCN. ÁGUA EM CIERRE MINAS, Oviedo, 1998.

_____. As Actividades mineras e su influencia na calidad de as águas superficiales e subterrâneas..In: CURSO ÁGUAS SUBTERR. E MEDIO AMB, Baeza (Jaén), 1999. Univ. Intern. Andalucía. Sede Antonio Machado, 1999.

_____. As Águas de mina: um recurso valioso. In: COLOQ. INTERAMER. GERENCIAMIENTO ÁGUA, Foz do Iguaçu (Brasil), 2001.

_____. As Cruces mining project (Sevilla, Spain). Hydrogeology and Groundwater Management System. In: IMWA Congress, Freiberg (Alemania). 2002.

_____. Mineração e sustentabilidade hoy. In: CONGR. BRAS. MINERAÇÃO, 10., Belo Horizonte (Brasil), 2003.

FERNÁNDEZ RUBIO, R.; PULIDO BOSCH, A. Integração de as águas procedentes do drenaje de minas na gestão de los recursos hidráulicos: problemas e posibilidades. In: Smagua-78, Zaragoza, 1978. p. 167-172.

FERNÁNDEZ RUBIO, R. et al. Compatibilidad do drenaje minero e o abastecimento urbano de água em o área do Cuadrilátero Ferrífero – Belo Horizonte (Brasil). In: CONGR. INTERN. MINERAÇÃO METAL, 10., Belo Horizonte, 1988. p. 375-400.

FERNÁNDEZ RUBIO, R. et al. Activos ambientais na mineração: algunos ejemplos. In: REUNIÓN ANUAL AIESMIN, 11., Madrid, 2002.

FERNÁNDEZ RUBIO, R.; LORCA FERNÁNDEZ, D. As Águas de drenaje de minas. **Recurs. Hidrogeol. e Recurs. Hidrául. no Convenc. Univ. Intern. Menéndez Pelayo**, Santander, 1993.

FERNÁNDEZ RUBIO, R. et al. Compatibilização do abastecimento de água a Belo Horizonte, frente a exploração mineral de Capão Xavier (Minas Ge-

rais, Brasil). **Tecno Ambiente**, Madrid, 68, p. 47-50, 1997.

FERNÁNDEZ RUBIO, R. et al. Underground mining drainage: state of the art. In: IMWA CONGRESS. JOHANNESBURG (ÁFRICA DO SUR).

FERREIRA, H. S. et al. Aproveitamento de resíduos industriais provenientes de serragem de granitos para uso na composição de massas para confecção de revestimentos cerâmicos. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2003.

FERREIRA, L. É preciso fechar as torneiras. **Ambiente**, Belo Horizonte, v. 2, n. 3, maio/jul. 2001.

FILHO, D. B.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso da água**, p. 21-36, 2003.

FLECK, A. **Radioactive wasters, their treatment and disposal**. 1960.

FRANÇA, S. C. A.; MASSARANI, G. Separação sólido-líquido. In: LUZ, A. D.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. M. de (Ed.). **Tratamento de minérios - Cetem**. 4. ed. Brasília: Cetem, 2004. p. 573-612.

FRASA INGENIEROS CONSULTORES, S. L. Mina de Neves-Corvo: primer informe hidrogeológico de seguimiento. **Somincor Relatório Interno**, Madrid, 1987. 221 p.

FRASA INGENIEROS CONSULTORES, S. L. **Mina de Morro da Usina**: estudio hidrogeológico-minero de seguimiento. Madrid: Companhia Mineira de Metais Relatório Interno. 1991. 160 p.

FRASA INGENIEROS CONSULTORES, S. L. 1993. **Quantification of Konkola Mine Water Inflow by Source**. Madrid. 113 p. (ZCCM Internal Report).

FREIRE, A. S.; MOTTA, J. F. Potencialidades para o aproveitamento econômico de rejeito da serragem de granito. **Rochas de Qualidade: Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, edição 123, p. 98-108, jul./ago. 1995.

FOSTER, S. S. D.; Price, M. British examples of a hydrogeological approach to the evaluation of drain-

nage problems in subsurface engineering. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 409-427.

GOLDER ASSOCIATES INC. Refinement and validation of the conceptual hydrogeological and hydrogeochemical model - Paracatu Mine, Minas Gerais, Brazil, Jan., 2003. 59 p.

GOLDER ASSOCIATES INC. Fase II – Refinamento e validação de modelo hidrogeológico e hidrogeológico conceitual, baseado na coleta de novos dados e em um inventário de pontos de água superficial e subterrânea.

GONÇALVES, J. P. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) para a produção de concretos. Porto Alegre: Norie/UFRGS, 2000. 134 p. Dissertação de Mestrado.

GONÇALVES, J. P.; MOURA, W. A.; DAL MOLIN, D. C. C. Avaliação da influência da utilização do resíduo de corte de granito (RCG), como adição, em propriedades mecânicas do concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2002.

GRAZIERA, M. L. M. A cobrança pelo uso da água. **Revista CEJ**, Brasília, n. 12, p. 71-74, set./dez. 2000.

GRAZIERA, M. L. M. **Direito de águas**: disciplina jurídica das águas doces. São Paulo: Atlas, 2001. 245 p.

GROWITZ, D. J. Hydrogeologic factors that may affect mine drainage in the anthracite region of Pennsylvania, Eastern United States. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 153-172.

GUO, W. S. et al. Experimental investigation of adsorption-flocculation-microfiltration hybrid system in wastewater reuse. **Journal of Membrane Science**, 242, p. 27-35, 2004.

HEINEN, J. Agências reguladoras e o seu “poder” de regular(mentar). **Jus Navigandi**, Teresina, v. 8, n. 223, 16 fev. 2004. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=4821>>. Acesso em: 2 fev. 2005.

- HERNÁNDEZ-CRESPO, M. S.; RINCÓN, J. MA. New porcelainized stoneware materials obtained by recycling of MSW incinerator fly ashes and granite sawing residues. *Ceramics International*, n. 27, p. 713–720, 2001.
- HERVE, D. Teneur en sulfates des eaux stockees dans les mines de fer de Lorraine (France). In: Siamos-78, Granada, 1978. II: p. 1063-1079.
- IDEIES. **Diagnóstico e atualização do cadastro do setor de mármore e granitos do Estado do Espírito Santo**. Vitória, dez. 1998.
- INCE, N. H. et al. Ultrasound as a catalyzer of aqueous reaction systems: the state of the art and environmental applications. *Applied Catalysis B: Environmental*, 29, p. 167-176, 2001.
- INFORMATIVO ANUAL DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1999; 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Mineração e meio ambiente**. Brasília, 1992. Comissão Técnica de Meio Ambiente/Grupo de Trabalho e Redação.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas**, 2004. 202 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Mineração e meio ambiente**. Brasília: Ibram, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Modelo de gestão de recursos hídricos: a posição do setor mineral na visão do Ibram**. Brasília: Ibram, 2001. (esgotado).
- INTO, M.; JÖNSSON, A.; LENGDÉN, G. Reuse of industrial wastewater following treatment with reverse osmosis. *Journal of Membrane Science*, 242, p. 21-25, 2004.
- INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. **Projeto técnico da mina do trevo**, 1998.
- INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. **Planejamento anual de lavra**, 1999.
- INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. **Relatórios de monitoramento da mina do trevo**, 2001.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Catálogo das rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo**. São Paulo: IPT, 1993. 81 p.
- JAMESON, G. J. Hydrophobicity and floc density in induced-air flotation for water treatment. *Colloids and Surfaces*, 151, p. 269-281, 1999.
- LANNA, A. E.; PEREIRA, J. S.; HUBERT, G. Os Novos instrumentos de planejamento do sistema francês de gestão de recursos hídricos: I e II – reflexões e propostas para o Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 109-120, 2002.
- LAITINEN, N. et al. Ultrafiltration of stone cutting mine wastewater with ceramic membranes – a case study. *Desalination*, 149, p. 121-125, 2002.
- LAZARIDIS, N. K. et al. Copper removal from effluents by various separation techniques. *Hydrometallurgy*, 74, p. 149-156, 2004.
- LIMA F, V. X. DE et al. Estudo da viabilidade técnica da substituição dos pós-cerâmicos convencionais por pó de granito na injeção de peças cerâmicas à baixa pressão. In: SIMPÓSIO MATÉRIA 2000, 2000, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2000.
- LEVAY, G.; SMART, R. ST. C.; SKINNER, W. M. The impact of water quality on flotation performance. *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, p. 69-75, 2001.
- LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte**. 2. ed. São Paulo: Interciência, 2002.
- LUZ, A. B. **Estudo de reoxidação e redução de ferro contido em caulins**. São Paulo: Epusp, 1998. Tese de doutorado.

- MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 11. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2003. 1.064 p.
- MADEIRA, J. M. P. Agência Nacional de Águas (ANA). **Jus Navigandi**, Teresina, v. 6, n. 59, out. 2002. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=3340>>. Acesso em: 2 fev. 2005.
- MADEIRA, J. M. P. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Jus Navigandi**, Teresina, v. 6, n. 59, out. 2002. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=3341>>. Acesso em: 3 fev. 2005.
- _____. Agência reguladora. **Jus Navigandi**, Teresina, v. 6, n. 59, out. 2002. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=3339>>. Acesso em: 4 fev. 2005.
- MARINOS, G. P.; ECONOMOPOULOS, J. N.; NICOLAU, N. G. Problems of water inrush into Greek underground mines with special emphasis to sea water inrush through karstic limestones or impermeable formations. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 463-475.
- MATIS, K. A. et al. Application of flotation for the separation of metal-loaded zeolites. **Chemosphere**, 55, p. 65-72, 2004.
- MATTOS, M. R. G. DE. Do Excessivo caráter aberto da Lei de Improbidade Administrativa. **Jus Navigandi**, Teresina, v. 9, n. 637, 6 abr. 2005. Disponível em: <<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=6540>>. Acesso em 16 maio 2005.
- MEDINA SALCEDO, F.; FERNÁNDEZ RUBIO, R.; GORDILLO MARTÍN, A. Hydrogéologie de a plaine du marquesado et influence de son drainage meridional (dépression Guadix-Baza, Espagne). In: HYDRO. GRANDS BASINS SÉDIMENTAIRES CONF. ANN. INST. GEOLG. PUBLIC. HUNG, 59. Budapest, 1977 (1-4): p. 336-350.
- MEDEIROS-LEÃO, S. O poderoso ressurgir das águas. **Ambietec**, Belo Horizonte, v. 2, n. 3, p. 17, maio/jul., 2001.
- MELLO, I. S. C. Possibilidade de aproveitamento dos resíduos finos da serragem de blocos de mármore e granitos pela indústria de cimento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005.
- MENEZES, R. R. et al. Use of granite sawing wastes in the production of ceramic bricks and tiles. **Journal of European Ceramic Society**, 2004 (*in press*).
- MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado. **Decreto Estadual nº 36.071/94**. Cria o Parque Estadual Serra do Rola Moça. Belo Horizonte: IEF, 1994.
- MIRANDA, E. A. P. DE et al. Utilização de resíduos de caulim e granito para a composição de massas plásticas na confecção de grês cerâmicos. **Anais... UFPB**, 2003.
- MDGEO – Estudos sobre o rebaixamento do nível de água subterrânea na Mina do Pico/MBR – 1999.
- MÖLLER, J. C. et al. Geologia e caracterização dos recursos minerais do Morro do Ouro, Paracatu, Minas Gerais de Möller et al. (2001), consubstanciados em trabalho publicado em In: PINTO, C. P.; Martins-Neto M. A. **Bacia do São Francisco, geologia e recursos naturais**. Belo Horizonte: SBG, 2001. p. 199-234.
- MOREIRA, J. M. S.; FREIRE, M. N.; e HOLANDA, J. N. F. Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 49, n. 312, p. 262-267, out./dez. 2003.
- MOTHÉ FILHO, H. F. Estudo do efluente líquido da indústria do mármore e granito. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005a.

- MOTHÉ FILHO, H. F. Reciclagem: o caso do resíduo sólido das rochas ornamentais In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005b.
- MOURA, W. A.; GONÇALVES, J. P.; LEITE, R. S. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso. *Sitientibus*, Feira de Santana, n. 26, p. 49-61, jan./jun., 2002.
- MULENGA, S. **Groundwater flow through Konkola (Bancroft) Copper Mine – Zâmbia**. London: University of London, 1991. 259 p. Ph. Thesis.
- NETO, S. E. **Relatório resumido das atividades desenvolvidas na Sical Industrial LTDA. relativo ao período 1998 a 2002**. Belo Horizonte, dezembro de 2002.
- NETO, S. E. **Relatório resumido das atividades desenvolvidas na Sical Industrial: 1998/2002**. Belo Horizonte: Sical, 2002.
- O Desenvolvimento da tecnologia de serragem do granito. **Rochas de Qualidade: Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**. São Paulo, edição 98, p. 18-27, jul./set. 1989.
- OLIVEIRA, A. P. A.; LUZ, A. B. **Dos Recursos hídricos e tratamento de água na mineração**. Brasília: Cetem, 2001. (Série Tecnologia Ambiental).
- _____. **Recursos hídricos e tratamento de águas na mineração**. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2001. 36 p. (Série Tecnologia Ambiental, 24).
- PEI, E. The main hydrogeological characteristics of mineral deposits in China. In: International Mine Water Congress, 3., Melbourne, 1988. p. 93-101.
- PEREIRA, G.; Globbo, O. **Drenagem ácida de Minas**. Relatório CVRD, Diretoria de Projetos Mineiros, agosto 2004.
- PETROV, S.; NENOV, V. Removal and recovery of copper from wastewater by a complexation-ultrafiltration process. *Desalination*, 162, p. 201-209, 2004.
- PREZOTTI, J. C. S. Resultados de monitoramentos de estações de tratamento de efluentes líquidos de indústrias de beneficiamento de mármore e granito, implantadas no município de Cachoeiro de Itapemirim. In: SESMA - SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, FAESA, 5., Vitória, 2003.
- _____. Sistema de tratamento e destinação final de resíduos sólidos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais. Projeto apresentado ao Instituto Estadual do Meio Ambiente (Iema), licenciamento da empresa Marca Construtora e Serviços Ltda, 2005.
- _____. Proposta de gerenciamento para resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1., Guarapari, 2005a.
- PROJETO de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Relatório Parcial; Módulo 4 – Estratégia para Revitalização, Recuperação e Conservação Hidroambiental e Programas de Investimento. Brasília, março de 2004.
- PROJETO de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco ANA/GEF/PNUMA/OEA: **subprojeto 4.5A: diagnóstico analítico da bacia do rio São Francisco e de sua Zona Costeira: relatório final**. Brasília: ANA; GEF; PNUMA; OEA, 2002.
- QUEIROZ, D. S. B.; VIEIRA, M. G.; JÚNIOR, M. S. Redução do consumo específico de água na Samarco, 2003.
- RALSTON, D. R.; TREXLER JR., B. D.; WILLIAMS, R.E. Ground water hydrology: a tool for mining planning, operation and abandonment. In: Siamos-78, Granada, 1978. II: p. 1081-1094.
- RINGQVIST, L.; HOLMGREN, A.; ÖBORN, I. Poorly humified peat as an adsorbent for metals in wastewater. *Water Research*, 36, p. 2394-2404, 2002.

RIO PARACATU MINERAÇÃO S/A. **Sistema de gestão integrada – SGI**, 2004.

RODRIGUES, J. K. G.; ODA, S.; MACÊDO, J. A. G. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como filer no concreto asfáltico usinado a quente**. Campina Grande: UFPB, 2001.

ROMANO FILHO, D. Belo Horizonte: Instituto de Resultados em Gestão Social, 2002.

ROMANO FILHO, D.; SARTINI, P.; FERREIRA, M. F. **Gente cuidando de água**. Belo Horizonte: Mazza Edições, 2002.

ROMANO, P. A. **Uma nova abordagem para conservação de água e solo no espaço rural**. 2002. Artigo não publicado.

RUBIO, J.; TESSELE, F. Processos para o tratamento de efluentes na mineração. In: LUZ, A. D; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. M. DE (Ed.). **Tratamento de minérios – Cetem**. 4. ed. Brasília: Cetem, 2004.

RUBIO, R. F. et al. Compatibilización del abastecimiento de agua a Belo Horizonte frente a la explotación minera de Capão Xavier (Minas Gerais, Brasil). **Revista Tecnoambiente**, n. 68, p. 47-50, 1997.

RUBIO, R. F. et al. Compatibilidad de drenaje minero y abastecimiento de agua urbana. Cuadrilátero Ferrífero – Belo Horizonte (Brasil). In: CONGRESO INTERNACIONAL DE MINERÍA Y METALURGIA, 10., 1998, Valencia, Espanha. p. 375-400.

SANTOS, L. M.; NETO, S. E. **Livro de atividades e procedimentos técnicos a serem seguidos pelos funcionários da Sical relativo ao período entre março de 1998 e dezembro de 2002**.

SANTOS, L. M.; NETO, S. E. **Livro de atividades e procedimentos técnicos a serem seguidos pelos funcionários da Sical: março/1998 a dezembro/2002**. Belo Horizonte: Sical, 1998/2002. Manuscrito.

SILVA, A. B.; SOBREIRO, A. F.; BERTACHINI, A. C. Potencial das águas subterrâneas do Quadrilá-

tero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8., Recife, 1994. **Anais...** São Paulo: Abas, 1994. p. 264-273.

SILVA, C. D. DE; NEVES, G. A.; SILVA, M. C. Reciclagem de resíduos de granitos para uso na composição de massas plásticas para confecção de ladrilhos cerâmicos rústicos. **Anais...** UFPB, 2003.

SILVA, S. C. DA. **Caracterização do resíduo de serragem de blocos de granito: estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solo-cimento**. [Vitória]: Ufes, 1998. Dissertação de Mestrado.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Regional do Espírito Santo. Processo de produção em serrarias de mármore e granito. **Rochas de Qualidade: Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, Edição 111, p. 82-91, out./dez. 1992.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Regional do Espírito Santo. Processo de produção em serrarias de mármore e granito. **Rochas de Qualidade: Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, Edição 112, p. 118-122, jan./mar. 1993.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Regional do Espírito Santo. Processo de produção em serrarias de mármore e granito. **Rochas de Qualidade: Granitos, Mármore e Pedras Ornamentais**, São Paulo, Edição 113, p. 82-91, abr./jun. 1993.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Departamento Regional do Espírito Santo. Processo de produção em serrarias de mármore e granito. Vitória: Senai/ES. Divisão de Assistência às Empresas, 1995.

SINDIROCHAS. Setor de rochas do Espírito Santo lidera exportação brasileira. **Sindirochas Informativo**, v. 1, n. 8, set. 2004a.

- SINDIROCHAS. **Dados estatísticos de exportação**. Disponível em: <<http://www.sindirochas.com.br/exportacao.htm>>. Acesso em: 2004b.
- SINDIROCHAS. Setor de rochas utiliza água da chuva no processo industrial. **Sindirochas Informativo**, v. 1, n. 6, jul. 2004c.
- SINDIROCHAS. Polita implanta tecnologia de ponta. **Sindirochas Informativo**, v. 1, n. 4, maio 2004d.
- SCHMIEDER, A. Forecasting the rates of water inflowing into mines. In: Siamos-78, Granada, 1978a. I: p. 511-534.
- SCHMIEDER, A. Water control strategy of mines under strong karstic water hazard. In: SIAMOS-78, Granada, 1978b. I: p. 535-551.
- SCHOLZ, M.; XU, J. Performance comparison of experimental constructed wetland with different filter media and macrophytes treating industrial wastewater contaminated with lead and copper, **Bioresource Technology**, 83, 71-79, 2002.
- SCHOLZ, M. Performance predictions of mature experimental constructed wetlands which treat urban water receiving high loads of lead and copper. **Water Research**, 1270-1277, 2003.
- SOBRAL, L. G. S. et al. O Processo eletroquímico como alternativa para o tratamento de efluentes cianídricos. **Revista Escola de Minas**, p. 267-272, 2002.
- SOBREIRO, Agostinho. Rebaixamento de nível de água em mineração – Congresso Brasileiro de Hidrogeologia, Florianópolis – 2002.
- SOUTO, P. M. DE; AMORIM, L. V.; FERREIRA, H. C. Utilização de rejeitos da serragem de granitos em composições de cerâmica branca. **Anais... UFPB**, 2003.
- SOUZA, J. C. M. et al. **The Samarco pipeline - 26 years of operation: the success of the world longest iron ore slurry pipeline**, 2004.
- SOUZA, J. N. DE; RODRIGUES, J. K. G.; SOUZA NETO, P. N. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como material de enchimento em concretos asfálticos usinados a quente**. Disponível em: <<http://www.ambientebras-sil.com.br>>. Acesso em: 15 jan. 2005.
- SPILOTIS, G. Groundwater control in opencast mining of a lignite deposit in Southern Greece. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: 237-250.
- SRK CONSULTING ENGINEERS AND SCIENTISTS. **Independent technical report for Morro do Ouro mine, Brazil**, abr. 2003. 43 p.
- STALKER, T. W.; SCHIANNINI, P. C. Mine open pit dewatering at Chingola, Zâmbia. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 251-272.
- SWEENEY, M. Water inflow patterns in Zâmbian mines. In: INTERNATIONAL MINE WATER CONGRESS, 3., Melbourne, 1988. p. 65-75.
- TRILLA ARRUFAT, J.; LÓPEZ VERA, C. F.; PEÓN PELAEZ, A. Sobre a origem e dinâmica de as águas fluentes a as explorações mineras de Reocín (Santander, Espana). In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 293-307.
- TRINDADE, R. B. E.; SOARES, P. S. M. Tecnologia de sistemas passivos para o tratamento de drenagem ácida de minas. 2004. (Série Tecnologia ambiental do Cetem, 30).
- VARTANYAN, G. S. et al. **Geology and the environment**. Paris: Unesco, 1989. 201 p.
- VILLASCHI FILHO, A.; SABADINI, M. S. **Arranjo produtivo de rochas ornamentais (mármore e granito) / ES**. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 2000. (Estudos Empíricos. Nota Técnica, 13).
- WCDE. **Nosso Futuro Comum**. Relatório Brundtland. Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1982.
- WIEDEMANN, C. M. et al. Maciços intrusivos do sul do Espírito Santo e seu contexto regional. **Revista Brasileira de Geociências**, n.16, v.1, p. 24-37, 1986.
- WIGHTMAN, D. Nanginwall dewatering at Mufu-lira Division of Roan Consolidated Mines Limited,

Zâmbia. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 559-571.

WOLMARANS, J. E.; GUISE-BROWN, F. H. The Water hazard in deep gold mining of the Far West Witwatersrand. In: Siamos-78, Granada, 1978. I: p. 329-346.

XIE, J. Z.; CHANG, H.; KILBANE, J. J. Removal and recovery of metal ions from wastewater using biosorbents and chemically modified biosorbents. **Bio-resource Technology**, 57, p. 127-136, 1996.

ZHONGLING, M. Karst water gushing in mines. IN: INTERNATIONAL MINE WATER CONGRESS, 3., Melbourne, 1988. p. 87-101.



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO
DE MINERAÇÃO

**Ministério
do Meio Ambiente**

Governo Federal