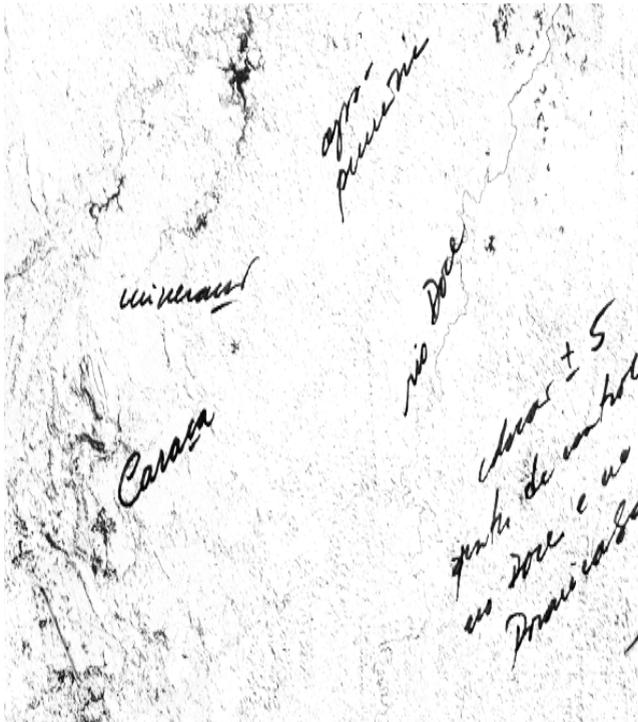


O S R E S U L T A D O S



## 7. ATIVIDADES ANTRÓPICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

---

*Alisson F. Barbieri (Coord.)*

*Cláudio B. Guerra (Coord.)*

*Haroldo G. Torres*

*Rodrigo F. Simões (Coord.)*

*Alessandra V. Reis*

*Cláudio Scliar*

*Renata O. de O. Abdo*

*Sérgio E. B. Lins*

**T**al como no capítulo 4, quando se analisou a estrutura econômica regional do ponto de vista de certas atividades geradoras de impactos ambientais, também aqui não serão consideradas todas as atividades antrópicas que produzem impactos sobre a região estudada. No capítulo 3 foram discutidos os impactos ambientais decorrentes das atividades urbanas e suas conseqüências sobre as condições sanitárias e de saúde das populações da região em estudo. A perspectiva que informou todo o projeto privilegiou o estudo dos impactos ambientais das atividades nas áreas de mineração e garimpo, siderurgia, produção de celulose, agropecuária e monocultura de eucalipto.

### **O SETOR INDUSTRIAL**

O estudo das conseqüências ambientais das transformações ocorridas na esfera econômica e da vida social não é tarefa simples, particularmente se o objeto dessa reflexão não é apenas o dimensionamento desse impacto em termos físicos ou bióticos, mas a compreensão dos processos ambientais articulados aos processos sociais. Existem, nesse caso, pelo menos três níveis diferenciados de questões (ou limitações) que um analista dos problemas sócio-ambientais tem que enfrentar.

Uma primeira limitação tem a ver com o fato de que, como já mencionamos, o espaço quase

nunca é entendido como parte de um ambiente mais geral que, mesmo tendo sido transformado, continua tendo características naturais e continua a condicionar os processos de ocupação. Admitir essa proposição implica, inevitavelmente, reduzir o nível de generalidade das análises: embora a poluição industrial possa ser considerada um problema em si, seus impactos são muito diferenciados segundo as condições naturais. Cidades como Cubatão, Los Angeles e Santiago (com evidentes problemas de dispersão de poluentes) confirmam largamente esse argumento. Em outras palavras, os problemas ambientais variam segundo o ecossistema.

Uma segunda limitação essencial tem a ver com a identificação das diversas fontes potenciais de degradação ambiental. Goldsmith (1993) sugere três “causas” mais gerais: as de origem industrial, as relacionadas ao sistema de transporte e as de origem doméstica. Nem sempre é simples a nível empírico separar os efeitos de cada uma dessas fontes.

Finalmente, um terceiro e importante aspecto da questão ambiental urbana tem a ver com as relações entre o pólo e sua área de influência. Nesse item, além dos impactos da indústria sobre outras atividades, no que diz respeito principalmente ao uso de recursos naturais, há que se considerar também outros fluxos, tais como econômicos e migratórios<sup>1</sup>.

Além dessas limitações, temos que levar em conta a falta de dados que nos permitam compreender, de forma mais definitiva, como se articulam produção e poluição industrial na bacia do Rio Piracicaba. Ainda assim, através de uma leitura crítica dos indicadores quantitativos e qualitativos existentes, buscaremos estabelecer algumas dessas conexões.

## **AMBIENTE E INDÚSTRIA DE BENS INTERMEDIÁRIOS EM MINAS GERAIS**

Defendemos a hipótese de que Minas Gerais tem baseado seu desenvolvimento industrial no sentido de incorporar setores industriais sujos e intensivos em recursos naturais (Torres, 1992). Quando elaborada, essa hipótese baseava-se nos seguintes argumentos:

- a. Grande parte do crescimento da indústria em Minas Gerais deveu-se à especialização do Estado na chamada indústria de bens intermediários<sup>2</sup>;
- b. A indústria de bens intermediários é mais poluente e intensiva em recursos naturais do que a média das indústrias. A maior parte dos recursos naturais consumidos pela indústria mineira de bens intermediários é produzida no próprio Estado (Torres, 1992).

Tentávamos, a partir desses argumentos, mostrar que o crescimento da indústria de bens intermediários definia uma certa inserção ambiental do Estado na divisão regional do trabalho, com graves conseqüências para a qualidade ambiental. No

<sup>1</sup>Uma vez que trataremos apenas do impacto direto das empresas, esse aspecto será menos considerado.

<sup>2</sup>Incluimos nessa categoria os gêneros minerais não-metálicos, metalurgia, papel e celulose e química. Tais setores respondiam por 50,2% do Valor de Transformação Industrial (VTI) mineiro em 1970 e 55,9% em 1985.

entanto, essa análise era fragilizada pela baixa qualidade da informação ambiental então disponível. Afinal, o argumento sobre o impacto diferencial desse segmento era baseado em informações fragmentadas.

Mais recentemente, com o acesso a outras fontes bibliográficas, pudemos fundamentar melhor as hipóteses a respeito do impacto ambiental das indústrias de bens intermediários. Identificamos, por exemplo, autores norte-americanos, como Leonard (1988), que buscaram observar o problema a partir de dois “novos” tipos de indicadores:

- a. *O registro das indústrias fechadas nos Estados Unidos por causa da poluição.* Sua conclusão é que o número de plantas fechadas por questões exclusivamente ambientais é muito baixo, não permitindo uma conclusão a respeito dos setores mais poluentes a partir desse indicador. Tal resultado correspondeu ao obtido pela OIT (1990).
- b. *Estatísticas de gastos dos diversos setores industriais no controle de poluição.* Com base nesse indicador, o autor chegou à conclusão de que apenas quatro setores (papel e celulose, mineração e beneficiamento mineral, química e petróleo) pagaram mais de dois terços de todo o gasto com controle de poluição nos EUA, entre 1970 a 1984<sup>3</sup>.

Sem dúvida, essa hipótese implícita, de que o gasto com controle da poluição seria proporcional à poluição emitida pelos diversos setores industriais, é problemática. Afinal, investimentos antipoluição dependem do volume total de investimentos no gênero industrial em questão, bem como do custo das diversas tecnologias adotadas.

Porém, mesmo que essas limitações fossem menos importantes, este indicador só poderia ser obtido em países onde o controle da poluição fosse homogêneo tanto em termos regionais quanto setoriais. Em outras palavras, além das dificuldades para a obtenção de dados, sua aplicabilidade seria muito reduzida em países como o Brasil.

Mais recentemente, surgiram outras alternativas metodológicas. O relatório *Toxics Release Inventory*, publicado pela Agência Ambiental do governo norte-americano (EPA, 1995), apresenta, por exemplo, o volume físico de emissões dos principais poluentes gerados por mais de vinte mil indústrias norte-americanas. Trata-se do mais completo levantamento sistemático de dados sobre poluição de origem industrial atualmente disponível no mundo.

Pela primeira vez, aproximamos-nos de uma evidência muito poderosa de que as chamadas indústrias de bens intermediários têm efetivamente um impacto substantivo sobre o volume total de poluentes emitidos pela indústria. De fato, ao observarmos os dados agregados desse relatório e considerando apenas os chamados resídu-

<sup>3</sup>Leonard (1988) estuda também os investimentos, as importações e exportações desse segmento. Sua conclusão é que, apenas para os subsetores de processamento mineral (cobre, zinco e chumbo principalmente) e químico (amianto, arsênio, benzeno e pesticidas), existem evidências de migração de plantas industriais dirigidas a número pequeno de países: Brasil, México, Irlanda e Espanha, principalmente. Seriam, de modo geral, setores decadentes ou cujo momento do ciclo do produto implica simultaneamente a possibilidade de expansão internacional e a necessidade de redução de custos articulado a outros fatores locais.

os metálicos e resíduos cancerígenos, podemos afirmar que os setores de metais primários, produtos químicos, plásticos de papel e celulose respondem por uma parcela importante do total de poluentes gerados (EPA, 1995).

Evidentemente, o peso desses setores na poluição total tem a ver não apenas com a poluição efetivamente gerada por eles, mas também com as características da estrutura industrial norte-americana. No entanto, como se trata de uma estrutura industrial diversificada, onde esses setores (de bens intermediários) vêm perdendo participação relativa (Leonard, 1988), podemos realmente afirmar que esse grupo de indústrias é o mais significativamente poluente (e intensivo em recursos naturais) entre todos os gêneros industriais existentes.

Assim, podemos afirmar agora, com muito mais propriedade, que o Estado de Minas, cuja atividade industrial se concentra na produção de bens intermediários (56% em 1985), reúne indústrias altamente poluentes. A região objeto de nossa investigação, a bacia do Rio Piracicaba, constitui no Estado a maior concentração de indústrias siderúrgicas e de celulose. Em conseqüência, trata-se de uma área crítica em termos de controle da poluição.

No caso específico da poluição hídrica, objeto ainda mais restrito de nosso empreendimento, podemos observar que o setor de metais primários é responsável pela emissão de 31,19% (em termos de peso) dos compostos metálicos lançados na água por indústrias americanas e por 3,69% de todos os poluentes cancerígenos lançados na água. A indústria de papel e celulose, também presente na região em estudo, responde por 18,23% dos poluentes metálicos ou de componentes metálicos e por 20,13% dos cancerígenos (EPA, 1995).

Em síntese, estaremos falando dos setores industriais mais poluentes, mesmo em países onde a legislação ambiental se encontra desenvolvida e implementada. Estaremos também falando de indústrias em diferentes estágios técnicos e de um sistema de monitoramento e controle ambiental relativamente precário.

## **METODOLOGIA**

Como forma geral de organizar este trabalho, partimos de três opções metodológicas bastante simples: trabalhar apenas com cinco empresas, que respondem por mais de 80% do valor de produção da indústria de transformação da região e que são as mais poluentes; considerar apenas um leque restrito de poluentes, os mais frequentemente monitorados; buscar associar esses poluentes com os volumes de produção gerados por essas indústrias. As principais justificativas de tais opções são as seguintes:

- a. A leitura do texto Cetec (1988a), a respeito das fontes de poluição hídrica na bacia do Rio Piracicaba, revelou que um número pequeno de indústrias era responsável por uma parcela significativa da poluição industrial produzida na área do Piracicaba. De fato, excluída a poluição industrial hídrica de origem orgânica (cujo principal gerador era a usina Alcoolprata, já fechada), o documento indica que apenas quatro empresas do setor siderúrgico (Usiminas, Acesita, Cosígua/Cimetal e Belgo-Mineira) eram responsáveis por mais de 80% de toda a poluição

industrial potencial<sup>4</sup>. A única outra grande empresa próxima é a Cenibra, que, no entanto, não constava desse relatório. Assim, nossa primeira opção metodológica no escopo do presente estudo foi o de reduzir o âmbito de nossa investigação para estes dois gêneros industriais apenas, bem como trabalhar com apenas cinco empresas. Vale mencionar que, dado o seu porte, sua importância regional e o volume de recursos financeiros, humanos e materiais mobilizados, não se trata de opção reducionista, mas que abarca um volume significativo de produção e de geração de poluentes.

- b. O documento do Cetec (1988a) também mostrou que, ao menos do ponto de vista das indústrias siderúrgicas, existia um leque muito preciso de indicadores de poluição hídrica a ser pesquisado: presença de sólidos em suspensão (turbidez), óleos e graxas, amônia, fenóis, cianeto e fluoreto<sup>5</sup>. A vantagem desses indicadores é que eles não são, de modo geral, influenciados pela poluição derivada do processo de urbanização, permitindo, assim, isolar os efeitos produzidos diretamente pela indústria. Assim, assumimos, como segunda opção metodológica, que os registros de sua presença nas águas do Rio Piracicaba refletiam sobretudo essas atividades industriais, das áreas próximas aos pontos de coleta de dados<sup>6</sup>;
- c. No entanto, nosso problema não tem a ver apenas com a estimativa do volume de poluentes, mas sua comparação com o volume de produção. Afinal, embora não assumamos inteiramente as abordagens reducionistas que avaliam projetos exclusivamente a partir da comparação entre seus custos e benefícios traduzidos apenas em termos monetários, é evidente que, quanto maior o volume de produção, emprego e renda por unidade de poluente gerado, maior a probabilidade de essa mesma poluição ser “aceitável” do ponto de vista social<sup>7</sup>. Em outras palavras, nessa reflexão sobre as consequências ambientais do processo de industrialização do bacia do Rio Piracicaba não podemos adotar apenas o sentido da denúncia contra a poluição gerada, mas considerar os interesses contraditórios gerados ao longo do tempo, bem como — por que não? — os benefícios em termos de emprego e renda eventualmente gerados por tal processo.

---

<sup>4</sup>Um aspecto decepcionante do estudo foi o fato de estar baseado em potenciais de poluição e não em medições diretas de volume de emissões: “o parâmetro utilizado para aferir a estimativa de emissão é o “Fator de Emissão”, que expressa a quantidade de poluente (em kg) emitida em cada tonelada de produto obtido ou de matéria-prima utilizada pela indústria. Os fatores de emissão utilizados neste trabalho são extraídos, em sua maior parte, de uma literatura americana e refletem, portanto, a tipologia industrial existente no país” (Cetec, 1988a: 6).

<sup>5</sup>Outros poluentes, como metais pesados, por exemplo, não foram aqui considerados por falta de dados.

<sup>6</sup>O estudo da Cenibra exige, por suas características técnicas específicas, outra abordagem metodológica, sendo, por isso mesmo, tratada a parte.

<sup>7</sup>Precisamos, no entanto, ter presente que aos diferentes grupos sociais são atribuídos diferentes “custos” e “benefícios”, enquanto outros só participam dos custos. Por isso a comparação entre essas duas dimensões calculadas em termos exclusivamente monetários pode obscurecer “tragédias sociais” que, não raro, se manifestam na elaboração de projetos no Brasil.

Embora simples, essa metodologia revelou-se bastante complexa do ponto de vista das fontes de dados. De modo geral, foi mais simples obter indicadores de poluição do que relacioná-los com o volume da produção realizada por essas empresas. Além disso, as informações obtidas, que são afetadas pelas características técnicas de sua coleta, podem também ser distorcidas em face dos interesses e pressões em jogo no campo ambiental.

Para contornar essa limitação, adotamos uma metodologia matricial, por meio da qual procuramos cotejar as diversas informações obtidas nas diversas fontes. Para um leitor rigoroso, parecerá talvez uma metodologia arbitrária, uma vez que se baseia numa base empírica precária. No entanto, aquele mais familiarizado com as dificuldades técnicas de empreendimentos desse tipo compreenderá o esforço aqui realizado, bem como os cuidados que buscamos adotar para apresentar um resultado o mais científico possível. As características dessa abordagem matricial, que também poderia ser chamada de *check and balance*, são apresentados a seguir.

### **A MATRIZ DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL**

O estudo da poluição industrial no bacia do Rio Piracicaba, em sua relação com os processos de produção, terá sua organização lógica estruturada num modelo matricial. Esse modelo será composto nas linhas pelas indústrias estudadas e nas colunas pelos poluentes ou produção gerados:

1. **A matriz teórica** - Será elaborada a partir dos dados de impactos potenciais de poluição presentes na literatura técnica a respeito das relações técnicas poluentes-produção. Não necessariamente as empresas presentes na região operam segundo os parâmetros teóricos, mas ela nos permite avaliar abstratamente a poluição realizada por um empreendimento desse tipo;
2. **A matriz institucional** — Derivará de informações das empresas e da Fundação Estadual de Meio Ambiente (Feam) a respeito dos atuais estágios de controle, desagregados por poluentes. Tais informações são afetadas tanto pelas características técnicas da coleta de dados quanto pelos interesses envolvidos. Assim, a avaliação desses resultados será cotejada com a matriz anterior, a matriz teórica;
3. **A matriz do rio** — Resultante do cotejamento entre as matrizes anteriores, essa matriz será comparada com os dados produzidos pelo próprio projeto PADCT, coletados diretamente no Rio Piracicaba;
4. **A matriz da produção** — Nessa matriz, avaliamos a evolução da produção realizada por essas indústrias;
5. **A matriz da poluição** — Finalmente, como resultado da manipulação algébrica das matrizes anteriores, chegaremos a hipóteses sobre o volume de poluição gerado por essas empresas ao longo do tempo.

Na conclusão, os resultados serão pensados como elementos indicativos de cenários, a partir da compreensão das estratégias espaciais e empresariais das empresas. Vale lembrar que esses temas foram tratados em outros relatórios do projeto, particularmente o elaborado por Pinho e Ruiz (1995) e em parte sintetizados no capítulo 4 deste relatório.

## **O CASO DO SETOR SIDERÚRGICO**

Segundo levantamentos feitos pela Feam/Copam, até 1985 as principais empresas do bacia do Rio Piracicaba praticamente não eram monitoradas quanto ao seu impacto sobre os recursos hídricos. A partir daquele ano, passam a ser assinados os chamados “termos de compromisso” (TC), documentos em que as empresas assumem junto às autoridades ambientais do Estado o compromisso de implantar medidas mitigadoras quanto aos impactos ambientais de suas atividades industriais (Braga, 1995)<sup>8</sup>.

No entanto, a simples assinatura desses termos de compromisso nem sempre são indicativos consistentes de que a qualidade da água venha a melhorar. De fato, entre 1990 e 1994 só a Acesita e a Usiminas foram autuadas três vezes cada uma por descumprir os acordos (Braga, 1995). Além disso, não necessariamente o órgão ambiental esteve, ao longo do tempo, em condições técnicas e políticas de exercer o monitoramento.

Em outras palavras, o levantamento do fluxo de documentos relativos à autuação e ao monitoramento dessas empresas, embora importante, não é suficiente para configurar sua atuação ambiental concreta. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é, sobretudo, fornecer subsídios para a avaliação do impacto ambiental desses empreendimentos industriais da bacia do Rio Piracicaba sobre os recursos hídricos. Para fins analíticos, consideraremos separadamente os impactos da siderurgia e da produção de celulose.

Nos últimos dez anos, as quatro indústrias siderúrgicas mais importantes da bacia (Usiminas, Acesita, Belgo e Cosígua) produziram um volume de aço superior a 50 milhões de toneladas. Essa produção, em termos monetários, significou um faturamento em torno de 40 bilhões de dólares e aproximadamente 30 mil empregos diretos. Se considerarmos os empregos indiretos e os impostos arrecadados, podemos ter a dimensão da importância regional e mesmo nacional dessas empresas (Paula, 1993). No entanto, toda essa produção não se deu sem impactos ambientais diretos e indiretos importantes. Discutimos a seguir os impactos diretos sobre os recursos hídricos da região.

## **CONSTRUÇÃO E RESULTADOS DA MATRIZ TEÓRICA**

Apresentamos na Tabela 7.1 os dados teóricos de emissão de poluentes (fatores de emissão) por tipo de unidade de produção presente na siderurgia, segundo a tecnologia utilizada em 1985. Podemos observar nessa tabela que, independentemente das tecnologias empregadas, as unidades de produção mais críticas do ponto de vista da poluição hídrica são a coqueria e o alto-forno. Em outras palavras, no caso da ausência de um desses equipamentos, como a coqueria por exemplo, haveria uma notável diminuição do potencial de poluição da empresa em questão, principalmente para fenóis, cianetos e amônia<sup>9</sup>.

<sup>8</sup>A Acesita, por exemplo, foi convocada em 1985 e assinou o TC em 1990. A Cenibra foi convocada em 1986 e assinou esse termo no mesmo ano. A Usiminas foi convocada em 1986 e assinou o TC em 1990 (Braga, 1995).

<sup>9</sup>Há que se considerar, por outro lado, que a coqueria constitui um equipamento crítico para o aumento de produtividade das siderúrgicas, somente viabilizado a partir de uma escala de produção de um milhão de toneladas ano (Pinho & Ruiz, 1995).

TABELA 7.1

## FATORES DE EMISSÃO (KG/TON) DE POLUENTES HÍDRICOS SEGUNDO UNIDADES DE PRODUÇÃO DAS SIDERÚRGICAS

EMPREGO DE TECNOLOGIA PELAS EMPRESAS	TIPO DE POLUENTE	UNIDADES DE PRODUÇÃO								TOTAL
		SINTERI- ZAÇÃO	COQUERIA	ALTO- FORNO	ACIARIA	LAMINA- ÇÃO A QUENTE	LAMINA- ÇÃO A FRIO	DECA- PAGEM	GALVA- NIZAÇÃO	
Tecnologias Avançadas	SS	5,51	-	34,39	12,68	30,67	0,18	-	-	83,43
	Fenóis	-	0,02	0,01	-	-	-	-	-	0,03
	Cianeto	-	0,004	0,008	-	-	-	-	-	0,14
	Amônia	-	0,03	0,01	-	-	-	-	-	0,04
	Fluoretos	-	-	0,01	-	-	-	-	-	0,01
	Graxas	-	-	-	-	1,08	-	-	-	1,08
	H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	1,28	-	1,28
	FeSO <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	4,77	-	4,77
Tecnologias Típicas	Emulsões	-	-	-	-	-	0,53	-	-	0,53
	SS	11,04	-	20,17	-	25,41	0,06	-	-	56,68
	Fenóis	-	0,022	0,007	-	-	-	-	-	0,029
	Cianeto	-	0,004	0,008	-	-	-	-	-	0,012
	Amônia	-	0,03	0,007	-	-	-	-	-	0,037
	Fluoretos	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,02
	Graxas	-	-	-	-	1,24	-	-	-	1,24
	H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	1,6	-	1,6
Tecnologias Antigas	FeSO <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	5,97	-	5,97
	Emulsões	-	-	-	-	-	0,18	-	-	0,18
	SS	-	-	25,58	-	21,39	0,05	-	-	47,02
	Fenóis	-	0,024	0,007	-	-	-	-	-	0,031
	Cianeto	-	0,004	0,009	-	-	-	-	-	0,013
	Amônia	-	0,031	0,007	-	-	-	-	-	0,038
	Fluoretos	-	-	0,015	-	-	-	-	-	0,015
	Graxas	-	-	-	-	1,4	-	-	-	1,4
Tecnologias Antigas	H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	1,38	-	1,38
	FeSO <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	-	5,13	-	5,13
	Emulsões	-	-	-	-	-	0,15	-	-	0,15

Fonte: Cetec (1985).

Vale observar, no entanto, que as empresas da bacia do Rio Piracicaba, além de não adotar as mesmas tecnologias, não dispõem das mesmas unidades de produção (ou de equipamentos). De fato, enquanto todas as empresas avaliadas empregam (evidentemente) o alto-forno, apenas a Usiminas utiliza a coqueria. Além disso, a Usiminas é também a única a possuir maquinário específico para a galvanização eletrolítica (Tabela 7.2).

**TABELA 7.2**  
**PRINCIPAIS TIPOS DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**  
**PELAS SIDERÚRGICAS DA BACIA DO RIO PIRACICABA**

EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS	USIMINAS	BELGO	ACESITA	COSÍGUA
Coquerias	x	-	-	-
Sinterização	-	x	-	-
Alto-Forno	x	x	x	x
Conversor	x	x	x	x
Refino a Vácuo	-	-	x	-
Forno-Pancla	-	x	x	-
Forno de Arco Elétrico	-	-	x	-
Estação de Desgaseificação	-	x	-	-
Aciaria	x	x	x	x
Lingotamento Contínuo	x	x	x	x
Laminador de Fio-Máquina	-	x	-	-
Laminador de Chapas Grossas	x	-	-	x
Laminador de Tiras a Quente	x	-	x	-
Laminador de Tiras a Frio	x	-	x	-
Laminador de Barras	-	-	x	-
Zincagem Eletrolítica	x	-	-	-

Fonte: Pinho & Ruiz, 1995.

Em outras palavras, mesmo as empresas situadas num mesmo patamar tecnológico tendem a apresentar níveis de emissão de poluentes diferenciados, segundo a natureza das unidades de produção (equipamentos) utilizados. Assim, na aplicação da Tabela 7.1 (fatores de emissão) às empresas da bacia do Rio Piracicaba, devemos considerar apenas os equipamentos efetivamente utilizados pelas empresas.

Outro problema para a aplicação da Tabela 7.1 às empresas do Piracicaba tem a ver com o enquadramento das quatro empresas analisadas nas categorias de tecnologia (avançada, típica e antiga) consideradas acima. Como hipóteses gerais de trabalho, assumimos as seguintes proposições:

- a. A Usiminas, maior empresa da região e a mais produtiva siderúrgica do Brasil, com padrões operacionais próximos dos internacionais (Paula, 1993), pode ser enquadrada, sem maiores problemas, na categoria de tecnologias avançadas;

- b. A Belgo e a Acesita, empresas consolidadas, as mais antigas dentre as instaladas na região, com importante participação nos seus mercados (trefilados e aços especiais, respectivamente) e até recentemente as únicas integradas operando a carvão vegetal, podem ser enquadradas na categoria de tecnologias típicas, muito embora a utilização de carvão vegetal, incomum internacionalmente, implique problemas para essa classificação;
- c. A Cosígua, a menor entre as empresas consideradas, que opera com uma linha de produtos pouco enobrecida e com equipamentos de menor porte (Pinho e Ruiz, 1995), pode ser também, sem maiores problemas, ser agrupada entre as que operam com tecnologias antigas.

Esse enquadramento das empresas da bacia do Rio Piracicaba nas categorias de tecnologia siderúrgica apresentadas acima, bem como a consideração sobre os equipamentos especificamente utilizados por essas mesmas empresas (Tabela 7.2), permite-nos propor uma matriz que apresenta a emissão teórica de poluentes de forma mais específica (Tabela 7.3).

Nessa nova tabela, uma empresa como a Usiminas — identificada como sendo de tecnologia avançada — terá seus fatores de emissão (de cada atividade) somados, exceto para os poluentes gerados no processo de sinterização, uma vez que não dispõe dessa unidade; uma empresa do tipo da Belgo-Mineira, identificada como sendo de tecnologia típica, terá seus fatores de emissão considerados para as unidades de sinterização, alto-forno, aciaria, decapagem e laminação a quente; uma empresa como a Acesita, também identificada como típica, terá seus fatores de emissão considerados para as unidades de alto-forno, aciaria, laminação a quente, laminação a frio e decapagem; finalmente, uma empresa do tipo da Cosígua, identificada como sendo de tecnologia antiga, terá seus fatores de emissão considerados para as unidades de alto-forno, aciaria e laminação a quente<sup>10</sup>.

A Tabela 7.3 mostra (ao contrário do senso comum) que, em determinadas circunstâncias, mesmo as empresas que utilizam tecnologias avançadas podem apresentar fatores de emissão (segundo determinados parâmetros) mais elevados do que as que utilizam tecnologias antigas. Nesse caso, a presença da coqueria entre as unidades de produção consideradas é crítica para que esse tipo de empresa apresente fatores de emissão mais elevados, particularmente para os parâmetros de sólidos em suspensão, fenóis, cianeto, amônia e emulsões<sup>11</sup>.

Vale advertir, no entanto, que esses fatores de emissão são teóricos, referindo-se, por um lado, ao volume de emissão por unidade de produto (kg/tonelada) e, por outro, à especificidade da organização técnica do processo de produção de uma instalação industrial específica. Normalmente, nem a legislação ambiental nem o monitoramento ambiental são pensados segundo esses parâmetros.

<sup>10</sup>Existem equipamentos considerados na Tabela 7.2 para os quais não existem indicadores de poluição hídrica. Não foram nesse caso considerados. A decapagem, entendida como o processo de lavagem química das chapas de metal para remoção da ferrugem e não um como equipamento propriamente dito, foi assumida como sendo uma tecnologia utilizada apenas pela siderurgia avançada e típica.

<sup>11</sup>Excluímos das tabelas 7.1 e 7.3 os dados referentes a zinco, estanho e cromo.

Afinal, a legislação refere-se, por exemplo, à emissão de mg de poluentes por litros de efluentes gerados<sup>12</sup>. Além disso, todos os dados de monitoramento do Cetec, da Feam/Copam e do próprio projeto PADCT têm sido obtidos a partir de amostras de água colhidas a montante e a jusante das unidades industriais, isto é, também apresentados como mg de poluentes por litro de água amostrado. Em outras palavras, embora tenhamos sempre defendido a proposição de que as empresas devem adotar tecnologias e estratégias de controle ambiental que ultrapassem a lógica do *end of the pipe*<sup>13</sup>, há que se reconhecer que tanto a legislação quanto as próprias estratégias de monitoramento são também organizadas a partir dessa lógica.

**TABELA 7.3**

**FATORES DE POLUIÇÃO DE SIDERÚRGICA (KG/TON) DE ACORDO COM O TIPO DE TECNOLOGIA, CORRIGIDOS SEGUNDO A NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS EMPREGADOS PELAS SIDERÚRGICAS DA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1995)**

FATORES DE EMISSÃO	TECNOLOGIA			
	AVANÇADA	TÍPICA		ANTIGA
	EMPRESA TIPO	EMPRESA TIPO	EMPRESA TIPO	EMPRESA TIPO
	USIMINAS	BELGO	ACESITA	COSÍGUA
Sólidos em Suspensão	77,92	56,62	45,64	46,97
Fenóis	0,03	0,007	0,007	0,007
Cianeto	0,014	0,008	0,008	0,009
Amônia	0,04	0,007	0,007	0,007
Fluoretos	0,01	0,02	0,02	0,015
Óleos e Graxas	1,08	1,24	1,24	1,4
H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	1,28	1,6	1,6	-
FeSO <sup>4</sup>	4,77	5,97	5,97	-
Emulsões	0,53	-	0,18	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir do cruzamento das tabelas 7.1 e 7.2.

Assim, não podemos considerar a Tabela 7.3 como a síntese de nossa matriz teórica. Para obtê-la, precisamos converter sua unidade de medidas, de forma a assegurar sua comparabilidade com os demais indicadores existentes tanto na legislação quanto nos dados de monitoramento. Assim, converteremos kg de poluentes por tonelada de produto em mg por litro de efluente. Utilizaremos para isso os dados de vazão de efluentes por tonelada de produto, segundo o tipo de tecnologia empregada e o tipo de unidade de produção utilizado (Tabela 7.4).

O resultado dessa conversão não deixa de ser surpreendente. Afinal, mesmo apresentando na Tabela 7.3 o maior volume de poluição por tonelada de produto para

<sup>12</sup>Ver, por exemplo, a Deliberação Normativa 010/86 da Copam/MG.

<sup>13</sup>Trata-se de tratar os efluentes na saída do processo industrial e não pensar a questão ambiental da indústria ao longo das diversas etapas do processo produtivo. Ver, a propósito, Braga (1995), para o caso das empresas do Rio Piracicaba.

cinco fatores de emissão (sólidos em suspensão, fenóis, cianeto, amônia e emulsões), a empresa teórica de tecnologia avançada (tipo Usiminas) apresenta na Tabela 6 o menor volume de poluição por litro de efluente para três desses mesmos fatores (sólido em suspensão, cianeto e emulsões). No entanto, esse paradoxo é explicado pelo fato de a vazão total de efluentes dessa empresa teórica ser mais do dobro da vazão das demais empresas consideradas<sup>14</sup>.

**TABELA 7.4**

**A MATRIZ TEÓRICA: FATORES DE EMISSÃO DE SIDERÚRGICAS (MG/L), DE ACORDO COM O TIPO DE TECNOLOGIA, CORRIGIDOS SEGUNDO A NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS EMPREGADOS PELAS SIDERÚRGICAS DA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1995)**

FATORES DE EMISSÃO	TECNOLOGIA			
	AVANÇADA	TÍPICA		ANTIGA
	EMPRESA	EMPRESA	EMPRESA	EMPRESA
	TIPO USIMINAS	TIPO BELGO	TIPO ACESITA	TIPO COSÍGUA
Vazão (m <sup>3</sup> ton.)	(51,60)	(25,04)	(24,57)	(23,96)
Sólidos em Suspensão	1510,08	2261,18	1857,55	1960,35
Fenóis	0,58	0,28	0,28	0,29
Cianeto	0,27	0,32	0,33	0,38
Amônia	0,78	0,28	0,28	0,29
Fluoretos	0,19	0,81	0,81	0,63
Óleos e Graxas	20,93	49,52	50,47	58,43
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24,81	63,89	65,12	-
FeSO <sub>4</sub>	92,44	238,42	242,98	-
Emulsões	10,27	-	7,33	-

Fonte : Elaboração dos autores a partir do cruzamento das tabelas 7.1 e 7.2.

Entre os resultados obtidos nessa matriz teórica (Tabela 7.4), destacam-se os seguintes:

- a. Espera-se que empresas com equipamentos e tecnologia do tipo da Cosí-gua apresentem níveis mais elevados de poluição hídrica para óleos e graxas e cianeto;
- b. Espera-se que empresas com equipamentos e tecnologia do tipo da Ace-sita apresentem níveis mais elevados de poluição hídrica para fluoretos, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e FeSO<sub>4</sub>;
- c. Espera-se que empresas com equipamentos e tecnologia do tipo da Bel-go-Mineira apresentem níveis elevados de poluição hídrica para fluoretos e sólidos em suspensão;

<sup>14</sup>Cabe indagar que o indicador de poluição é o mais conveniente do ponto de vista de uma reflexão sobre a dinâmica econômico-ambiental da indústria. Evidentemente, é a medida de poluição por unidade de produto que garante esse tipo de reflexão, uma vez que permite pensar os processos de poluição articulados à dinâmica produtiva mais geral. Por isso, essa conversão de unidades terá aqui mais o sentido de assegurar a comparabilidade entre diferentes fontes de informação do que uma opção metodológica definitiva. Ao final do processo, uma nova conversão de unidades será realizada.

- d. Espera-se que empresas com equipamentos e tecnologia do tipo da Usiminas apresentem níveis mais elevados de poluição hídrica para fenóis, amônia e emulsões.

Essa matriz teórica, no entanto, não reflete a realidade dos equipamentos e políticas de controle ambiental efetivamente implementados pelas empresas e pelas agências ambientais de Minas Gerais. Além disso, sua referência temporal (1985) é bastante defasada, não refletindo a evolução técnica e de controle ambiental efetivamente ocorrida desde então. Para incorporar essas dimensões, discutimos na próxima seção a matriz institucional.

## CONSTRUÇÃO E RESULTADOS DA MATRIZ INSTITUCIONAL

Com todas as dificuldades inerentes às características institucionais do setor público no Brasil, como a falta de recursos, baixo nível de continuidade administrativa, permeabilidade do sistema a interesses privados etc., parece inegável que o controle ambiental efetuado pelas grandes empresas siderúrgicas da bacia do Rio Piracicaba avançou significativamente nos últimos dez anos. A afirmação parece consistente pelo menos no que diz respeito à implantação de equipamentos e melhorias nas unidades de tratamento ambiental das quatro empresas consideradas. (Quadro 7.1).

**QUADRO 7.1**  
**INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS AMBIENTAIS NA USIMINAS,**  
**BELGO-MINEIRA, ACESITA E COSÍGUA, APÓS 1990**

EMPRESA	MELHORIA EFETUADA APÓS 1990
Usiminas	Implantação da estação de tratamento de efluentes (ETE) da unidade de Galvanização eletrolítica; Projeto para tratamento de águas pluviais (aspersão das pilhas, depósitos e altos-fornos); Projeto para tratamento de efluentes gerados na forjaria; Melhoria do sistema de tratamento biológico da coqueria.
Belgo	Implantação da estação de tratamento de águas de gases (ETAG) dos altos-fornos; Recirculação do efluente da ETAG; Melhoria da ETE da aciaria, forno de reaquecimento e lingotamento contínuo.
Acesita	Implantação da ETAG dos altos-fornos e fornos elétricos; Recirculação de efluentes do conversor e dos altos-ornos; Desativação da sinterização; Implantação da ETE para laminação; Melhoria do sistema de tratamento de cromo.
Cosígua	Implantação da ETE (água de gases dos altos-fornos e aciaria e águas da laminação); Recirculação dos efluentes da ETE; Tratamento do esgoto sanitário.

Fonte: Elaboração dos autores a partir de Oliveira, 1995.

Não necessariamente, no entanto, esse avanço pode ser totalmente creditado ao papel do Estado. No período recente, o avanço do movimento ecológico a nível nacional e internacional implicou uma crescente exposição das empresas a riscos de comprometimento da sua imagem institucional e mesmo de perda de mercados em função de sua imagem quanto à questão ambiental. De toda maneira, não se trata de investigar, neste texto, os efeitos da ação do Estado sobre as atividades ambientais das siderúrgicas do Piracicaba, mas de tentar compreender os impactos concretos da ação dessas empresas sobre o rio.

Nesse sentido, sabemos que nossa matriz teórica baseada em dados de 1985 (Tabela 7.4) deve ser corrigida no sentido de incorporar os avanços das empresas na área de controle ambiental nos últimos dez anos. No entanto, não podemos adotar a postura ingênua de acreditar que a adoção de meios de controle ambiental implique, por definição, a melhoria da qualidade da água. Por isso, detalharemos aqui as informações tanto a respeito da legislação quanto do efetivo monitoramento ambiental realizado.

## **A LEGISLAÇÃO**

A Deliberação Normativa 010/86 do Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (Copam-MG), em seu artigo 15, estabelece os valores máximos admissíveis para substâncias químicas presentes nos efluentes hídricos emitidos por qualquer fonte poluidora em Minas Gerais, bem como para as condições dessas emissões (temperatura, pH etc.). O número de parâmetros considerados por essa deliberação chega a 41. Como dispomos de apenas nove parâmetros na matriz teórica (Tabela 7.4), apresentaremos os limites máximos admissíveis na legislação apenas para esses indicadores<sup>15</sup> (Tabela 7.5).

Quando comparamos os dados da matriz teórica (Tabela 7.4) com a legislação (Tabela 7.5), podemos formular alguns comentários gerais sobre o perfil dessa deliberação normativa. Uma primeira observação tem a ver com o fato de que a legislação parece ser excessivamente genérica. Afinal, dos nove principais parâmetros físico-químicos de poluição considerados na literatura para o monitoramento do setor siderúrgico — o principal setor industrial do Estado —, apenas cinco foram diretamente mencionados.

Uma segunda observação mais específica, obtida a partir da comparação entre as Tabelas 7.4 e 7.5, revela que, enquanto para alguns parâmetros a legislação parece muito rigorosa (como para sólidos em suspensão), para outros (como para fluoretos e amônia) ela parece excessivamente generosa. É difícil reconstituir no âmbito deste trabalho os fatores que levaram a essas opções de política ambiental. Uma provável explicação tem a ver com a baixa capacidade de monitoramento de outros indicadores que não o nível de turbidez da água (presença de sólidos em suspensão). No entanto, como se verá adiante, alguns dos parâmetros para os quais a legislação parece ser “folgada” ou omissa (como a amônia e óleos e graxas) apresentaram me-

<sup>15</sup>Consideraram-se nesta tabela apenas os tipos de água para fins industriais (água tipo III, segundo a legislação).

nor queda no volume de emissões entre 1985 e 1995, segundo os dados oficiais de monitoramento ambiental<sup>16</sup>.

**TABELA 7.5**  
**VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS PELA LEGISLAÇÃO DE MINAS GERAIS PARA OS PRINCIPAIS**  
**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE POLUIÇÃO HÍDRICA GERADA PELAS INDÚSTRIAS**  
**SIDERÚRGICAS**

PARÂMETRO (MG/L)	LIMITES (DN 10/86)	PADRÃO CLASSE II*
Sólidos em suspensão	60**	-
Fenóis	Não previsto na legislação	0,001
Cianetos	0,2	0,01
Amônia	5,0	0,02
Fluoretos	10	-
Óleos e Graxas	20	virtualmente ausente
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Não previsto na legislação	-
FeSO <sub>4</sub>	Não previsto na legislação	-
Emulsões	Não previsto na legislação	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir de informações obtidas na Feam/Copam.

Nota: (\*) Padrão adotado para o acompanhamento técnico do setor pelo Copam.

(\*\*) Média aritmética mensal

Em conseqüência desse elevado nível de generalidade, a legislação não oferece indicadores seguros para efetuarmos a correção da matriz teórica e obter indicadores mais precisos dos potenciais de poluição hídrica do setor siderúrgico<sup>17</sup>. Outra alternativa que temos é trabalhar com os dados oficiais de monitoramento ambiental realizado no Rio Piracicaba. Esses dados são apresentados a seguir.

## O MONITORAMENTO INSTITUCIONAL

O monitoramento efetuado institucionalmente apresenta problemas semelhantes aos da legislação. Em primeiro lugar, abrange um número menor de parâmetros do que os recomendados pela literatura (excluindo fluoretos e emulsões); em segundo lugar, apresenta uma periodicidade e um padrão técnico bastante irregular; em terceiro lugar, foi substituído recentemente pela chamada “automonitoração” efetuada pelas próprias empresas segundo os termos de compromisso assinados entre a agência ambiental e as indústrias (Oliveira, 1995).

Como resultado dessas restrições, os dados disponíveis para essas fontes são problemáticos. Ainda assim, buscamos utilizá-los (Tabela 7.6) ao menos para aqueles parâmetros cujos resultados da comparação entre 1985/90 e 1995 estavam disponíveis<sup>18</sup>.

<sup>16</sup>Ver tabela 7.6. Vale observar que os fluoretos, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub> e emulsões não foram monitorados pela Feam/Copam. Outros parâmetros tais como pH e ferro solúvel são, todavia, monitorados.

<sup>17</sup>Uma hipótese possível seria assumir, por exemplo, que todas as empresas cumprem rigorosamente essa deliberação normativa. Não adotaremos, porém, essa linha interpretativa.

<sup>18</sup>Os dados para o período 85/90 foram coletados no chamado “Projeto Rio Doce”, do Copam; os dados para 1995 são resultados da “automonitoração” (Oliveira, 1995).

Podemos observar (Tabela 7.6) os dados referidos às amostras de qualidade das águas do Rio Piracicaba colhidas a jusante das empresas em questão. Mesmo de um ponto de vista exclusivamente jurídico, a qualidade desse indicador é polêmica no sentido da atribuição de responsabilidades. Finalmente, muitos dos parâmetros não estão disponíveis para alguns períodos (cianeto, pH e ferro solúvel).

**TABELA 7.6**

**COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO PIRACICABA NO PERÍODO 85-90 (VALORES MÁXIMOS OBSERVADOS EM MG/L) COM OS DADOS DO MONITORAMENTO FEITO EM MAIO DE 1995. PONTOS DE CONTROLE A JUSANTE DAS EMPRESAS**

PARÂMETROS	A JUSANTE DA USIMINAS		A JUSANTE DA BELGO		A JUSANTE DA ACESITA		A JUSANTE DA COSÍGUA	
	85-90	95	85-90	95	85-90	95	85-90	95
Sólidos em suspensão	500	63	500	29,1	500	145	100	25
Fenóis	0,5	0,27	1,3	0,002	0,5	0,08	0,05	1,38*
Cianeto	-	0,03	-	<0,01	-	<0,01	-	0,01
Amônia	0,5	3,6*	1,5	0,34	1,5	3,6*	0,5	0,07
Óleos e Graxas	12,1	4,2	12	1,4	2	15*	12,1	1,1
DBO <sub>5</sub> (20°C)	5	-	3	1,75	25	2,3	5	<1
DQO	25	9,2	80	18	25	20	25	60*
Ferro Solúvel	0,3	0,93*	1,0	-	0,3	1,2*	3,0	-
pH	7,0	7,3	7,5	-	7,0	6,8	7,5	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir de Oliveira (1995)

Nota: (\*) Parâmetros com valores superiores aos obtidos no período 1985-1990.

Ainda assim, o documento que deu origem a esta base de dados (Oliveira, 1995), gerado no âmbito do sistema Feam/Copam, extraiu as seguintes conclusões a respeito da evolução dos indicadores de poluição hídrica derivada da siderurgia no bacia do Rio Piracicaba:

- a. A grande melhoria verificada nas águas do Rio Piracicaba foi com relação aos parâmetros fenol, sólidos em suspensão e DBO<sub>5</sub><sup>19</sup>;
- b. O parâmetro pH permaneceu estável em toda a extensão do Rio Piracicaba;
- c. Com relação ao parâmetro óleos e graxas, verificou-se uma queda na qualidade da água do Rio Piracicaba em praticamente toda a sua extensão, com valores até 7,5 vezes maiores em relação ao período 85/90;
- d. Com relação ao parâmetro ferro solúvel, verificou-se uma queda na qualidade da água do Rio Piracicaba na área de influência da Acesita e da Usiminas com valores até quatro vezes maiores em relação ao período 85/90;

<sup>19</sup>DBO não é um parâmetro ambiental crítico para a indústria siderúrgica (Cetec, 1988).

- e. Com relação ao parâmetro amônia, observou-se um aumento acentuado da concentração no trecho João Monlevade-Timóteo, permanecendo elevado até à confluência com o Rio Doce;
- f. Apesar das melhorias de processo e do tratamento de efluentes implantados nas siderúrgicas nos últimos cinco anos, pode-se verificar a necessidade de sistemas complementares de tratamento e otimização do sistema de acompanhamento de automonitoração pela Feam, tendo em vista que os padrões para Classe II ainda não foram atingidos para a maioria dos parâmetros” (Oliveira, 1995:6).

Em outras palavras, os próprios dados da Feam/Copam, obtidos segundo o sistema de automonitoração, mostram que apesar dos esforços das empresas em exercer controle ambiental sobre a poluição hídrica, a qualidade ambiental das águas do Piracicaba piorou nos últimos dez anos para os parâmetros óleos e graxas, amônia e ferros solúveis<sup>20</sup>. Dos parâmetros críticos amostrados, as melhorias sensíveis verificadas são efetivas apenas para os parâmetros fenóis e sólidos em suspensão.

Diante desses elementos e considerando a fragilidade dos dados existentes, como aperfeiçoar nossa matriz teórica a partir das informações geradas institucionalmente? Uma possibilidade seria assumir essa matriz teórica (Tabela 7.4) como correta. No entanto, tal proposição tenderia a sobrestimar os dados de poluição tendo em vista as melhorias ocorridas nos últimos dez anos (Quadro 7.1). Assim, nossa opção metodológica para a geração dessa matriz institucional (da correção da matriz teórica) parte dos pressupostos apresentados abaixo. Apresentamos também, a seguir, a Tabela 7.7, que sintetiza essas hipóteses:

- a. Para os parâmetros nos quais houve piora da condição ambiental, nas áreas de influência das empresas, são mantidos os dados da matriz teórica;
- b. Para os parâmetros nos quais houve melhora da condição ambiental, nas áreas de influência das empresas, os dados da matriz teórica serão corrigidos na mesma proporção de queda dos valores máximos observados<sup>21</sup>.

O leitor atento poderá argumentar que a hipótese “a” tende a subestimar a poluição, uma vez que se refere aos casos em que os dados de monitoramento indicam piora em relação ao passado e não estabilização da poluição. Por outro lado, poderá argumentar que a hipótese “c” é arbitrária, uma vez que o fato de não existir monitoramento para um parâmetro não necessariamente implica, para ele, numa melhora da condição ambiental similar à média das melhoras para os parâmetros monitorados da principal empresa da região. No entanto, entendemos que essas hipóteses são bastante razoáveis porque, fundamentalmente, partem do pressuposto de que o pior cenário possível é o representado pela matriz teórica de 1985.

<sup>20</sup>Como mencionamos anteriormente, exatamente para os parâmetros de amônia e óleos e graxas, a legislação parece ser “folgada”. Infelizmente, outros parâmetros, como emulsões e fluoretos, não foram considerados nesse levantamento.

<sup>21</sup>É inevitável trabalhar com máximos, uma vez que as médias não estão disponíveis.

A Tabela 7.7 permite-nos acrescentar uma série de observações às efetuadas anteriormente no trabalho de Oliveira (1995):

**TABELA 7.7**

**A MATRIZ INSTITUCIONAL: FATORES DE CORREÇÃO DA MATRIZ TEÓRICA, SEGUNDO A REDUÇÃO, ENTRE 1985 E 1995, DOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO HÍDRICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS SIDERÚRGICAS DA BACIA DO RIO PIRACICABA**

PARÂMETROS MONITORADOS OU NÃO NOS DOIS PERÍODOS CONSIDERADOS	ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USIMINAS	ÁREA DE INFLUÊNCIA DA BELGO	ÁREA DE INFLUÊNCIA DA ACESITA	ÁREA DE INFLUÊNCIA DA COSÍGUA	
Parâmetros monitorados	Sólidos em suspensão	0,12	0,06	0,29	0,25
	Fenóis	0,54	0,002	0,16	1,00
	Amônia	1,00	0,23	1,00	0,14
	Óleos e Graxas	0,35	0,12	1,00	0,09
Parâmetros não monitorados	Fluoretos	0,50	0,50	0,50	0,50
	Cianeto	0,50	0,50	0,50	0,50
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,50	0,50	0,50	0,50
	FeSO <sub>4</sub>	0,50	0,50	0,50	0,50
	Emulsões	0,50	0,50	0,50	0,50

Fonte: Elaboração dos autores a partir da Tabela 7.6.

Nota: O valor 1 indica que os níveis de emissão para aquele parâmetro não se alteraram entre 1985 e 1995; o

valor 0 indica que a emissão para aquele parâmetro foi eliminada no período em questão.

- a. Das áreas de influência das empresas consideradas, a que menos parece ter evoluído em termos da qualidade da água foi a da Acesita; a que mais evoluiu foi a da Belgo<sup>22</sup>;
- b. A evolução da qualidade ambiental na área de influência da Usiminas foi claramente afetada pela deterioração do parâmetro amônia, o que é consistente tanto com a matriz teórica quanto com as informações sobre as tecnologias adotadas pela empresa, particularmente a coqueria;
- c. A evolução positiva da qualidade ambiental na área de influência na Cosígua pode, em parte, ser explicada pelo baixo patamar do período anterior. Uma exceção relevante é o parâmetro de fenóis.

Em síntese, a Tabela 7.7 permite-nos formular um quadro, ainda que precário, de como teria evoluído a qualidade ambiental das águas nas áreas de influência das empresas consideradas no período de 1985 a 1995. Esse quadro nos permitirá evoluir para uma matriz mais próxima da realidade atual (ou mesmo um quadro mais otimista) que chamaremos aqui de *matriz do rio*. Mais adiante, tanto a matriz teórica quanto a matriz do rio servirão como referência para a construção de uma hipótese alta e uma

<sup>22</sup>As restrições financeiras do período anterior à privatização indicam que, pelo menos no período 85-92, a Acesita disporia de menos recursos para investir na área ambiental.

hipótese baixa a respeito do volume de emissões gerado por esse conjunto de empresas, para os diversos parâmetros.

## CONSTRUÇÃO E RESULTADOS DA MATRIZ DO RIO

Apresentamos, na Tabela 7.8, uma primeira versão da matriz do rio, derivada da multiplicação da matriz teórica (Tabela 7.4) pelos fatores de correção gerados pela matriz institucional, apresentada anteriormente. Essa tabela oferece uma primeira versão sintética do conjunto de indicadores sobre tecnologias, equipamento e monitoramento reunidos até aqui.

**TABELA 7.8**  
**FATORES TEÓRICOS DE EMISSÃO DE SIDERÚRGICAS (MG/L) CORRIGIDOS**  
**SEGUNDO A NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS EMPREGADOS PELAS SIDERÚRGICAS**  
**DO PIRACICABA E SEGUNDO OS NÍVEIS DE EMISSÃO OCORRIDOS**  
**NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DAS EMPRESAS NO PERÍODO 85-95**

FATORES DE EMISSÃO	EMPRESA	EMPRESA TIPO	EMPRESA TIPO	EMPRESA TIPO
	TIPO USIMINAS	BELGO	ACESITA	COSÍGUA
Sólidos em Suspensão	181,20	135,67	538,69	240,08
Fenóis	0,31	0,001	0,04	0,29
Cianeto	0,13	0,16	0,16	0,19
Amônia	0,78	0,06	0,28	0,04
Fluoretos	0,09	0,40	0,40	0,31
Óleos e Graxas	7,32	5,94	50,47	21,61
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	12,40	31,94	32,56	-
FeSO <sub>4</sub>	46,22	119,21	121,49	-
Emulsões	5,13	-	3,66	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir das tabelas 7.4 e 7.7.

Antes de gerar uma versão final da matriz do rio, buscamos também observar os dados produzidos no âmbito do próprio projeto, relativo às amostragens de qualidade de águas. Apresentamos, na Tabela 7.9, esses resultados para parâmetros que permitem comparação com os dados apresentados acima. Embora os resultados da comparação sejam relativamente decepcionantes, existem algumas inferências que podem ser formuladas.

Infelizmente, a coleta de dados realizada por este projeto gerou, para os parâmetros físico-químicos, apenas dois indicadores similares aos disponíveis anteriormente: pH e amônia. Sendo assim, sua aplicabilidade é bastante limitada do ponto de vista da correção dos resultados anteriores. Ainda assim, podemos observar, na comparação entre as tabelas 7.6 e 7.9, que a única empresa que, na automonitoração, declarou valores significativamente inferiores aos observados foi a Cosígua. Ao contrário, a Usiminas e a Acesita declararam valores substantivamente superiores aos aqui observados.

TABELA 7.9

RESULTADO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA SEGUNDO ÁREAS DE INFLUÊNCIA  
DAS EMPRESAS NA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1994-95)

ÁREA DE INFLUÊNCIA (A JUSANTE) PONTO DE COLETA	PH					AMÔNIA (MG/L)				
	AM. 1	AM. 2	AM. 3	AM. 4	MÉDIA	AM. 1	AM. 2	AM. 3	AM. 4	MÉDIA
Usiminas (ponto 10)	7,10	6,96	6,97	7,50	7,13	0,87	0,37	0,14	1,00	0,59
Belgo (ponto 6)	7,10	7,26	6,69	6,73	6,94	0,66	0,49	0,35	0,25	0,44
Acesita (ponto 9)	6,86	6,95	6,69	6,73	6,80	0,25	0,32	0,05	0,121	0,18
Cosígua (ponto 3)	9,32	8,20	7,40	8,89	8,45	0,81	0,70	1,25	1,03	0,95

Fonte: Relatório preliminar do Programa "Biodiversidade, População e Economia", 1993.

Esse elemento fornece-nos um pouco mais de segurança em relação aos resultados da matriz institucional, baseada, em grande medida, nos dados da automonitoração. A única exceção relevante é a Cosígua, para a qual, no entanto, não dispomos de informações suficientes para questionar o conjunto dos dados apresentados anteriormente.

Assim, estamos em condições de formular uma versão do que aqui chamamos pretensiosamente de *matriz do rio*, que nada mais é que o resultado da compatibilização de todas as fontes de dados e hipóteses anteriores. Para fins de comparação com os dados de produção, os dados aqui apresentados serão novamente convertidos (segundo os mesmos indicadores de vazão anteriormente utilizados) para kg por tonelada de produto. Esses resultados são apresentados na Tabela 7.10, a seguir.

A observação geral das tabelas 7.8 e 7.10 (matriz do rio), quando comparadas às matrizes teórica e institucional, pode ser resumida nos seguintes argumentos:

- a. Existem fortes indicações de que a Usiminas realizou um esforço importante de redução de seus níveis de poluição hídrica nos últimos dez anos (em torno de 50% para os parâmetros observados em sua área de influência). No entanto, a empresa é vítima de sua própria estrutura tecnológica e de equipamentos: ao dispor de um equipamento que eleva significativamente sua produtividade — a coqueria —, a empresa mantém os mais elevados níveis de poluição para os parâmetros fenóis e amônia. Os prováveis níveis elevados de emissão de emulsões estariam relacionados à presença da laminação a frio, equipamento que eleva o valor agregado de seus produtos;
- b. Existem importantes indicações de que a Belgo teria sido a empresa que mais fortemente reduziu seus níveis de emissões nos seus últimos dez anos, sucesso que em parte é facilitado por sua estrutura técnica (ausência de coqueria e de laminação a frio). A presença da sinterização entre seus equipamentos críticos desperta, no entanto, dúvidas quanto à continuidade desse esforço. O provável nível elevado de fluoretos pode ser creditado à idade de seus altos-fornos.
- c. Os dados de monitoramento indicam que a Acesita foi a empresa que menos evoluiu na redução dos seus níveis de emissão. Esses dados são

consistentes com as informações relativas à baixa capacidade de investimento da empresa, antes de sua privatização (Pinho e Ruiz, 1995). Os piores resultados foram os parâmetros sólidos em suspensão e óleos e graxas. Os prováveis níveis elevados de fluoretos,  $H_2SO_4$ , e  $FeSO_4$  se devem, em parte, à sua estrutura técnica (voltada para uma linha de aços especiais), porque nesse caso os equipamentos de laminação e decapagem são ampliados;

- d. A Cosígua, apresentou, à semelhança da Belgo, importante redução do nível de emissão de poluentes em sua área de influência, com a implantação de sua primeira ETE, o que também pode ser em parte creditado ao seu pequeno porte, à pequena sofisticação de seus equipamentos e à baixa diversificação de sua linha de produtos. No entanto, dado o seu estágio tecnológico relativamente atrasado, verificou-se uma importante elevação na presença de fenóis e, de cianeto<sup>23</sup>.

**TABELA 7.10**

**MATRIZ DO RIO: FATORES TEÓRICOS DE EMISSÃO DE SIDERÚRGICAS (KG/TONELADA) CORRIGIDOS SEGUNDO A NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS EMPREGADOS PELAS SIDERÚRGICAS DO PIRACICABA E SEGUNDO OS NÍVEIS DE EMISSÃO OCORRIDOS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DAS EMPRESAS NO PERÍODO 85-95**

FATORES DE EMISSÃO	EMPRESA TIPO USIMINAS	EMPRESA TIPO BELGO	EMPRESA TIPO ACESITA	EMPRESA TIPO COSÍGUA
Sólidos em suspensão	9,35	3,4	13,24	5,75
Fenóis	0,016	0,00003	0,001	0,007
Cianeto	0,007	0,004	0,004	0,004
Amônia	0,04	0,002	0,006	0,001
Fluoretos	0,01	0,01	0,01	0,007
Óleos e Graxas	0,37	0,14	1,24	0,52
$H_2SO_4$	0,64	0,79	0,79	-
$FeSO_4$	2,38	2,99	2,99	-
Emulsões	0,26	-	0,09	-

Fonte: Elaboração dos autores a partir das tabelas 7.4 e 7.8.

Esses resultados, mesmo que preliminares, nos dão indicações razoáveis das condições atuais de operação das empresas na área ambiental. Ao contrário do que se supõe, convencionalmente as duas empresas mais modernas do ponto de vista técnico — Usiminas e Acesita — são as que provavelmente mais dificuldade encontram para reduzir seus níveis de emissão de poluentes. Isso se deve provavelmente ao fato de as tecnologias para ampliação da escala de produção (coquerias) e para enobrecimento da linha de produtos (decapagem, laminação a frio, galvanização

<sup>23</sup>O parâmetro amônia relativo à área de influência da Cosígua parece ser bastante problemático. Ver a Tabela 7.9 e a discussão que se segue.

eletrolítica etc.) implicarem o acréscimo, ao processo produtivo, de novos equipamentos e processos altamente poluentes<sup>24</sup>.

De posse dessas informações, estaremos em condições de propor nas próximas seções a associação dos níveis de poluição aos níveis de produção gerados por essas indústrias. Dada a precariedade das informações aqui geradas, trataremos a matriz teórica como hipótese alta e a matriz do rio como hipótese baixa. Detalhamos essa discussão abaixo.

## A MATRIZ DE PRODUÇÃO

Em 1994, as quatro maiores siderúrgicas da bacia do Piracicaba foram responsáveis por uma produção de aço correspondente a 6,5 milhões de toneladas. Desse total, a Usiminas produziu isoladamente 64%, e a Belgo, segunda maior produtora, 22% (Tabela 7.11).

No período de 1985 a 1994, a produção total dessas siderúrgicas cresceu 30%, ou 2,7% ao ano, uma taxa de crescimento relativamente baixa em termos econômicos. Se é verdade que esse baixo ritmo de crescimento pode ser creditado à instabilidade da economia brasileira no período, é também verdade que tem a ver com as condições estruturais da siderurgia mundial, cuja capacidade instalada parece ultrapassar a demanda de forma significativa (Paula, 1993; Pinho e Ruiz, 1995).

**TABELA 7.11**

**A MATRIZ DA PRODUÇÃO: PRODUÇÃO TOTAL DE AÇO DAS PRINCIPAIS SIDERÚRGICAS DA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1985-94)**

ANO	10 <sup>3</sup> TONELADAS				
	TOTAL	USIMINAS	BELGO	ACESITA	COSÍGUA
1985	5004	3328	855	581*	240*
1986	4699	3073	805	581*	240*
1987	4551	2874	856	581	240*
1988	5918	4120	919	639	240*
1989	6074	4395	862	577	240*
1990	5149	3464	842	583	240*
1991	5774	4135	826	573	240*
1992	5728	4033	864	591	240*
1993	5986	4133	948	665	240*
1994	6517	4186	1461	630	240*

Fonte: Elaboração dos autores a partir de relatórios da Usiminas, Belgo-Mineira e Acesita.

Nota: (\*)Dados estimados. No caso da Cosígua, 240 mil toneladas correspondem à capacidade instalada.

<sup>24</sup>A tecnologia de miniusinas, intensiva na utilização de sucata e à base de altos-fornos elétricos, é bem menos poluente. No entanto, esse tipo de unidade não será disseminado no Brasil, a curto prazo, diante da escassez de sucata no mercado nacional (Pinho e Ruiz, 1995).

O movimento mais importante dessas empresas, principalmente após a privatização da Usiminas, Acesita e Cosíguia (antiga Cimetal), foi no sentido de enobrecer sua linha de produtos, buscando aumentar seu valor agregado, sem necessariamente aumentar a produção. Esse movimento foi significativo tanto para a Usiminas quanto para a Acesita (Pinho e Ruiz, 1995).

Poderíamos argumentar que, com o baixo ritmo de crescimento da produção e com a pouca probabilidade de instalação de novas plantas na área diante da superoferta de aço no mercado mundial, a tendência da poluição hídrica seguiria em direção à redução, uma vez que os controles ambientais (mesmo com seus problemas) estão se ampliando. No entanto, o movimento no sentido do enobrecimento da linha de produtos traz novas formas de poluição, pois implica novos equipamentos e processos químicos. Em outras palavras, embora não seja razoável supor que os níveis globais de poluição aumentem no futuro, não é necessariamente razoável admitir que a poluição irá se reduzir de modo significativo.

Muito provavelmente, as formas de poluição é que vão se alterar. Ao invés dos parâmetros sólidos em suspensão e óleos e graxas, seria necessário também observar as emulsões, zinco, metais pesados e ácidos. Infelizmente, esses parâmetros ainda são pouco considerados tanto na legislação quanto nos processos de monitoramento.

Apresentaremos, a seguir, a chamada matriz de poluição, onde, pretenciosamente, tentamos estimar o volume de poluentes hídricos gerados por esse processo produtivo.

## **A MATRIZ DE POLUIÇÃO**

Apresentamos na Tabela 7.12, abaixo, os dados de poluição por empresa, para o ano de 1994, segundo uma hipótese alta e uma hipótese baixa. A hipótese alta parte do princípio de que as empresas observavam naquele momento os mesmos níveis de poluição previstos na literatura da década passada; a hipótese baixa incorpora os dados relativos à queda nos níveis de poluição observados no Rio Piracicaba segundo os dados de monitoramento.

Antes de fazer uma observação geral da Tabela 7.12, vale reconstituir, mesmo que sinteticamente, os principais passos lógicos adotados para sua construção. De forma resumida, o resultado dessa tabela pode ser entendido como função de quatro elementos distintos: 1) das tecnologias gerais adotadas pelas empresas (cuja base de dados é a Tabela 7.1); 2) dos equipamentos utilizados pelas mesmas empresas (Tabela 7.2); 3) da evolução de suas práticas ambientais, aqui representadas pelos dados institucionais de monitoramento (Tabela 7.6); 4) dos volumes de produção realizado (Tabela 7.11)<sup>25</sup>.

Podemos observar na Tabela 7.12 que o conjunto de fontes de dados e hipóteses aqui adotados implicam o despejo anual de toneladas de diferentes poluentes no

<sup>25</sup>Os dados de tecnologias e equipamentos foram sintetizados na matriz teórica (Tabela 4); os dados sobre monitoramento foram sintetizados na matriz institucional (Tabela 7.7).

Rio Piracicaba, mesmo quando considerada a hipótese mais otimista<sup>26</sup>. Independentemente da crítica que se possa fazer à acuidade da análise quantitativa aqui realizada, a Tabela 7.12 permite uma série de importantes conclusões. Discutimos esses resultados a seguir.

**TABELA 7.12**  
**A MATRIZ DA POLUIÇÃO: HIPÓTESES A RESPEITO DOS VOLUMES (TON)**  
**ANUAIS EMITIDOS DOS PRINCIPAIS POLUENTES HÍDRICOS PELAS PRINCIPAIS**  
**SIDERÚRGICAS DA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1994)**

HIPÓTESE	FATORES DE EMISSÃO	EMPRESA TIPO USIMINAS	EMPRESA TIPO BELGO	EMPRESA TIPO ACESITA	EMPRESA TIPO COSÍGUA
Hipótese Alta	Sólidos em suspensão	326173	82722	2875	11273
	Fenóis	126	10	4	2
	Cianeto	59	12	5	2
	Amônia	167	10	4	2
	Fluoretos	42	29	13	4
	Óleos e Graxas	4521	1812	781	336
	H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	5358	2338	1008	-
	FeSO <sup>4</sup>	19967	8722	3761	-
Hipótese Baixa	Emulsões	2219	-	113	-
	Sólidos em suspensão	39139	4967	8341	1
	Fenóis	67	0,05	1	2
	Cianeto	29	6	3	1
	Amônia	167	3	4	0,2
	Fluoretos	21	15	6	2
	Óleos e Graxas	1549	205	781	125
	H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup>	2679	1154	492	-
FeSO <sup>4</sup>	9963	4368	1884	-	
Emulsões	1109	-	57	-	

Fonte: Elaboração dos autores a partir das tabelas 7.3, 7.10 e 7.11.

## CONCLUSÕES

Apresentamos a título indicativo algumas conclusões pensadas tanto do ponto de vista das políticas públicas atualmente existentes (legislação e monitoramento) quanto do ponto de vista da construção de cenários para a região.

- a. Dada a importância de sua participação na produção total das siderúrgicas da região (64% em 1994), a Usiminas responde, evidentemente, por uma

<sup>26</sup>O leitor atento poderá observar que os dados da Tabela 7.3 (dados teóricos de produção por unidade de produto, 1985), multiplicados pelos dados da Tabela 7.7 (ritmo de queda dos níveis de poluição entre 1985 e 1995), nos dão diretamente os dados da Tabela 7.10 (a matriz do rio). Os esforços de conversão de medidas destinaram-se, sobretudo, a assegurar a comparabilidade tanto com as informações da legislação, quanto com as geradas pelo próprio projeto. As outras hipóteses formuladas serviram, sobretudo, para viabilizar a utilização de uma base de dados bastante precária.

parcela significativa do total de poluentes lançados nas águas do Piracicaba. Assim, uma política que opere na lógica da redução quantitativa do volume de poluentes hídricos no rio deverá pautar-se necessariamente por uma ação concentrada sobretudo nas empresas com esse grau de concentração da produção. Esse argumento é ainda mais consistente quando se sabe que a empresa atravessa uma fase excepcional do ponto de vista de sua capacidade financeira, dispondo de recursos compatíveis com um investimento ambiental mais significativo do que o atualmente realizado<sup>27</sup>.

- b. A natureza das tecnologias e das linhas de produtos buscadas pela Usiminas e pela Acesita faz com que elas sejam endogenamente mais poluentes que as demais. Tais características sugerem que essas empresas devam gastar com tecnologias antipoluição de forma proporcional aos benefícios adicionais que auferem por adotar processos mais poluentes;
- c. Na hipótese de um aumento linear do rigor do controle ambiental na região, não parece provável que essas empresas, dada sua situação atual e as características do mercado em que atuam, venham a se deslocar espacialmente (Pinho e Ruiz, 1995). A única possível exceção é a Cosígua, em virtude de seu menor porte e diversificação. No entanto, esse fechamento teria um impacto pouco significativo no volume total de produção efetuado regionalmente. Essa conclusão também aponta para o fato de que a dicotomia entre produzir ou preservar é, em parte, uma falácia. Mesmo mantendo os níveis atuais de produção, existe muito espaço para ampliar significativamente o controle ambiental na região;
- d. Tanto a legislação quanto os processos de monitoramento parecem pouco adequados a captar e interpretar os reais impactos ambientais dessa indústria para o rio e para as populações que dele se beneficiam. A automonitoração não parece definitivamente o instrumento de monitoramento mais adequado para assegurar a melhoria da qualidade ambiental das águas do Piracicaba.

Esses resultados, do ponto de vista do debate sobre políticas públicas de controle ambiental, sugerem que nem sempre a hipótese de que o “mais moderno é o mais limpo” é realista. Há que investigar, para cada setor industrial, suas características técnicas específicas, a natureza dos equipamentos utilizados, suas lógicas empresariais e suas estratégias espaciais.

## **O CASO DA PRODUÇÃO DE CELULOSE**

A Cenibra é um exemplo do chamado “Padrão Eucalipto” (projetos para implantação de grandes unidades produtoras de celulose), cujas características são: na área florestal, madeira de eucalipto; na área industrial, escalas mínimas de 360 mil toneladas/ano; no financiamento, requerimentos de capital que ultrapassam US\$ 1,2

<sup>27</sup>A Cosipa, em Cubatão, empresa pertencente ao mesmo grupo econômico que a Usiminas, recebeu 37 multas da Cetesb no dia 05/10/95, em razão do não-cumprimento dos acordos ambientais anteriormente firmados. *Gazeta Mercantil*, 06/10/95, p.1.

bilhões, com longo prazo de maturação (próximo a 10 anos); estrutura de armazenamento, transporte, distribuição e comercialização integradas. Quando essa rotina foi consolidada, por volta da segunda metade dos anos 70 e início dos 80, a Cenibra apresentava um *trade off* entre controle/qualidade ambiental e produção física. Recentemente a empresa tem mostrado preocupação no que tange à questão ambiental. Essa preocupação será demonstrada mediante a realização de um exercício de avaliação da degradação ambiental gerada pela Cenibra na bacia do Rio Piracicaba.

## **CONSTRUÇÃO E RESULTADOS DA MATRIZ TEÓRICA**

O processo produtivo da Cenibra pode ser considerado relativamente simples:

(...) a matéria-prima, a madeira, é descascada e picada em cavacos, que são cozidos até que se forme uma massa (polpa). Desta massa são retiradas sujeiras, impurezas, nós da madeira etc., através de processos de lavagem e peneiramento, resultando então numa polpa marrom. A partir daí, a polpa é submetida a um processo de branqueamento através de produtos químicos (entre eles, o cloro). Esta etapa representa, na verdade, uma exigência de mercado dos produtores nacionais e internacionais de papel, já que usualmente a qualidade e aceitação de um papel estão associadas à sua alvura. A última parte do processo corresponde à secagem da celulose branqueada em forma de folha contínua, ao corte em folhas de tamanho padrão, à pesagem e embalagem para expedição por via ferroviária ou rodoviária. (Costa, 1995: 163-164)

Os poluentes gerados nesse processo serão identificados a partir de parâmetros clássicos presentes em estudos internacionais. Não será possível trabalhar com todos os parâmetros internacionais, uma vez que para o caso em estudo<sup>28</sup> nem todos

<sup>28</sup>Neste trabalho, serão analisados parâmetros como o pH, a temperatura, SS, DBO<sub>5</sub> e DQO. Com base no estudo da Natron (1988), confirma-se que algumas comunidades aquáticas são mais sensíveis à alteração de pH que outras. Contudo, verifica-se que efeitos adversos podem ocorrer fora da faixa 6,5 a 9,0. O aumento significativo da temperatura afeta os fenômenos da autopurificação, as qualidades estéticas e as condições da balneabilidade do local. Os organismos aquáticos e a fauna ictiológica, em função das suas características básicas, apresentam uma faixa ótima de temperatura para sua sobrevivência. Os sólidos em suspensão em grandes quantidades reduzem a penetração da luz na água, reduzindo a zona de fotossíntese e, portanto, da produção primária, diminuindo conseqüentemente a abundância de alimentos para os peixes. Além disso, as águas próximas à superfície podem sofrer aquecimento em decorrência de uma maior absorção de calor, provocando assim uma redução na mistura vertical da água, na dispersão de oxigênio dissolvido e de nutrientes às camadas inferiores do corpo d'água. A presença em grandes quantidades de sólidos suspensos também modifica os movimentos naturais e a migração de peixes. DBO<sub>5</sub> dias (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é o parâmetro mais usual de medição de poluição orgânica aplicado às águas residuárias, o qual envolve a medida de oxigênio dissolvido utilizada pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. A DBO é então empregada na determinação da quantidade aproximada de oxigênio que será necessária para oxidar biologicamente a matéria orgânica. DQO (Demanda Química de Oxigênio) é também utilizada para medir o conteúdo de matéria orgânica de águas residuárias e águas naturais. A DQO, em um despejo, é, em geral, mais alta que a DBO, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química que por via biológica. O lançamento de matéria orgânica no Rio Doce, desde que em quantidades que não alterem os limites de oxigênio dissolvido, pode trazer benefício no sentido de servir de alimento para a cadeia de seres vivos, aumentando a produção primária, principalmente nos locais onde é baixa a produtividade primária; caso contrário, a fauna ictiológica, o zooplâncton e o fitoplâncton poderão ser atingidos.

apresentam uma aplicabilidade quando se fala em legislação ou monitoramento ambientais. Essa restrição, porém, não impede a análise da relação produção/poluição, que será inicialmente cotejada mediante a construção da matriz teórica.

A matriz teórica, que pode assim ser denominada por se basear em padrões tecnológicos internacionais, no caso deste trabalho se baseia em dados obtidos no estudo da Natron (1988), tendo como parâmetro o trabalho de Torres e Simões (1996). Todas as demais matrizes construídas aqui seguem esse mesmo raciocínio, diferenciando-se pela fonte, pelos dados que incorporam e pelos objetivos que almejam. Muitos desses dados e objetivos relacionam-se com as medidas de prevenção e proteção que visam otimizar a qualidade ambiental. A maioria dessas medidas já vem sendo implementada pela Cenibra, como é o caso do tratamento secundário e outros projetos ambientais comprometidos com o Copam-MG.

Para diminuir a carga poluente a ser lançada no rio Doce, a Cenibra modificou sua Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), separando os efluentes brutos em dois grupos: Grupo I e Grupo II, que podem ser visualizados na Tabela 7.13, segundo as unidades de produção.

Os efluentes brutos, para efeito de tratamento, são segregados em dois grupos distintos, em função de suas características físicas, químicas e biológicas:<sup>29</sup>

- **GRUPO I** - Efluentes líquidos muito contaminados, provenientes dos picadores, cozimento, lavagem, deslignificação com oxigênio, branqueamento, depuração e evaporação. O tratamento desses efluentes compreende as seguintes fases: mistura; gradeamento (retirada de sólidos grosseiros); desareamento (retirada dos sólidos menores); neutralização (controle do pH); resfriamento; aeração (tratamento biológico); adensamento do lodo biológico gerado; desidratação do lodo adensado; retirada do lodo desidratado.
- **GRUPO II** - Efluentes líquidos pouco contaminados, provenientes das áreas de secagem da celulose, plantas químicas, caldeira de recuperação, caustificação, caldeira de força, casa de bombas e compressores. Fases de tratamento: mistura; homogeneização; decantação primária.

O efluente hídrico final a ser lançado no Rio Doce resulta da mistura dos efluentes tratados do Grupo I e do Grupo II.

Como se pode verificar na Tabela 7.13, os efluentes brutos da Cenibra a serem analisados diferem daqueles considerados para a siderurgia. As fontes de emissão dos efluentes do Grupo I e do Grupo II também diferem.

Observando-se a Tabela 7.13, percebe-se que, apesar de a vazão total dos efluentes brutos do Grupo II ser relativamente maior, o volume de cada efluente do Grupo I é proporcionalmente maior tanto no que tange à concentração quanto à temperatura. Por outro lado, verifica-se que, quanto ao Grupo I, a unidade de produção que apresenta maior vazão de efluentes é a de branqueamento; a unidade de secagem de celulose apresenta grande vazão de efluentes pouco contaminados. Essas unidades podem então ser consideradas fontes críticas de emissão de efluentes hídricos.

<sup>29</sup>Maiores informações poderão ser obtidas em Natron (1988).

**TABELA 7.13**  
**FATORES DE EMISSÃO DE POLUENTES HÍDRICOS BRUTOS**  
**SEGUNDO UNIDADES DE PRODUÇÃO DA CENIBRA - (VALORES MÁXIMOS DE OPERAÇÃO)**

FATORES DE EMISSÃO		GRUPO I					GRUPO I				
		DIGESTOR	BRANQUEAMENTO	EVAPORAÇÃO	PICADORES	TOTAL	SECAGEM	PLANTA QUÍMICA	CASA DE BOMBAS COMPRESSORES	CALDEIRAS	TOTAL
Vazão	(m <sup>3</sup> /h)	60	2055	260	270	2645	3195	800	160	200	4355
DBO <sub>3</sub>	(ppm)	362	318	1069	147	376	78	11	10	53	62
	Kg/h)	957,27	840,92	2826,85	388,72	994,29	206,26	29,09	26,44	140,15	163,95
DQO	(ppm)	1833	909	3113	99	1064	239	37	30	141	189
	(Kg/h)	4847,16	2403,75	8231,98	261,79	2813,63	632,01	97,84	79,33	372,86	499,79
SS	(ppm)	1200	19,6	38,8	673	115	125	1	1	80	96
	(Kg/h)	3173,26	51,83	102,6	1779,67	304,1	330,55	2,64	2,64	211,55	253,86
Temperatura	(°C)	40	50,3	50	30	48	45	35	30	32	42
pH		8...9	3...4	7...8	7	4...6	6...7	7...8	6...7	7...8	7...8

Fonte: Natron (1988)

Deve-se ressaltar que esses dados potenciais de poluição referem-se à operação da planta de celulose antes da expansão. Na expansão, com a implantação da etapa de deslignificação (pré-branqueamento com oxigênio), haverá uma considerável redução da carga poluente do estágio alcalino do branqueamento.

A Tabela 7.14 revela os valores totais dos efluentes brutos do Grupo I, fazendo uma comparação entre a planta existente e os dados previstos após ampliação, a qual incorpora a deslignificação com oxigênio. Os fatores de emissão segundo unidades de produção já não são mais considerados após a expansão, ou seja, após a expansão têm-se os valores agregados sem discriminar as etapas do processo de produção. Aliado a esse fator, há um outro motivo que nos leva à adoção dos dados da planta existente (antes da duplicação) para a construção da matriz teórica: os dados que permitirão a construção das matrizes institucional e do rio se referem ao período anterior a tal empreendimento<sup>30</sup>.

**TABELA 7.14**  
**FATORES DE EMISSÃO DE POLUIÇÃO HÍDRICA DO GRUPO I**  
**(VALORES MÁXIMOS DE OPERAÇÃO)**

FATORES DE EMISSÃO		PLANTA EXISTENTE	APÓS AMPLIAÇÃO
Vazão	(m <sup>3</sup> /h)	2645	4056
DBO <sub>5</sub>	(ppm)	376	280
	(Kg/h)	994,5	1136
DQO	(ppm)	1064	789
	(Kg/h)	2814	3200
SS	(ppm)	115	144
	(Kg/h)	304	584
Temperatura	(°C)	48	48
pH		4...6	4...6

Fonte: Natron (1988)

Está previsto então que, após ampliação, haverá um aumento da vazão dos efluentes brutos do Grupo I assim como da concentração de SS. A concentração de DBO<sub>5</sub> e DQO reduzir-se-á, mantendo-se num mesmo nível a temperatura e o pH. Em outras palavras, é óbvio que, com a duplicação da fábrica, haverá um aumento dos efluentes brutos do Grupo I. No entanto, apesar da redução da concentração dos mesmos, principalmente de DBO<sub>5</sub> e DQO, a quantidade absoluta sofrerá elevação em torno de 14% no caso de DBO<sub>5</sub> e DQO e de quase 100% no caso de SS.

Mediante a proposta de ampliação, a Cenibra pode ser enquadrada na categoria de tecnologia avançada<sup>31</sup>, ocasionando as seguintes mudanças em relação à planta existente:

<sup>30</sup>A nova planta foi inaugurada dia 17/04/96.

<sup>31</sup>“(…) A Cenibra pode ser considerada uma indústria tecnologicamente avançada, com elevado grau de mecanização do trabalho, poucos funcionários na linha de produção, monitoramento e controle eletrônico das diversas etapas e setores produtivos; é, enfim, uma indústria moderna que utiliza tecnologia e processos de organização da produção e do trabalho compatíveis com padrões contemporâneos internacionais”. (Costa, 1995: 164)

**TABELA 7.15**  
**FATORES DE EMISSÃO DOS EFLUENTES BRUTOS DA CENIBRA (MG/L)**  
**SEGUNDO A NATUREZA DOS EQUIPAMENTOS EMPREGADOS**

FATORES DE EMISSÃO	GRUPO I					GRUPO II				
	DIGESTOR	BRANQUEAMENTO	EVAPORAÇÃO	PICADORES	TOTAL	SECAGEM	PLANTA QUÍMICA	CASA DE BOMBAS COMPRESSORES	CALDEIRAS	TOTAL
Vazão (l/s)	16,67	570,83	72,22	75	734,72	887,5	222,22	44,44	55,55	1209,72
DBO <sub>5</sub>	231,22	203,12	682,81	93,89	240,17	49,82	7,03	6,39	33,85	39,60
DQO	1170,81	580,62	1988,40	63,23	679,62	152,66	23,63	19,16	90,06	120,72
SS	766,49	12,52	24,78	429,87	73,45	79,84	-	-	51,10	61,32
Temperatura (°C)	40	50,3	50	30	48	45	35	30	32	42
pH	8...9	3...4	7...8	7	4...6	6...7	7...8	6...7	7...8	7...8

Fonte: Elaboração própria realizada a partir da Tabela 7.13.

- a. introdução da deslignificação com oxigênio;
- b. ampliação da área de lavagem da pasta não-branqueada;
- c. modificação da seqüência de branqueamento para:
  - CD (cloro e dióxido de cloro)
  - EO (extração alcalina com oxigênio)
  - D (dióxido de cloro)
  - EH (extração alcalina e hipocloração)
  - D (dióxido de cloro)
- d. oxidação do licor preto fraco antes da evaporação;
- e. introdução de sistema para tratamento de gases contaminados: *stripping*;
- f. adoção de sistemas para remoção máxima de partículas na caldeira de recuperação, tanque de dissolução e forno de cal;
- g. ampliação do tratamento de efluentes líquidos com adoção do sistema de lodo ativado.

Deve-se ressaltar que os fatores de emissão da Tabela 7.13 se referem ao volume de emissão por hora de vazão e à singularidade da organização da produção de celulose. Geralmente, a legislação e o monitoramento ambientais referem-se respectivamente à emissão de mg de poluentes por litro de efluentes gerados ou por litro de água amostrado.

A título de comparação, é necessário então converter a unidade de medida da Tabela 7.13 de Kg/h para mg/l.

Até agora mencionaram-se apenas os efluentes brutos. Mas sabe-se que a Cenibra lança no corpo receptor efluentes líquidos, ou seja, efluentes tratados do Grupo I e Grupo II.

**TABELA 7.16**  
**FATORES DE EMISSÃO DOS EFLUENTES TRATADOS DA CENIBRA**  
**(VALORES MÁXIMOS DE OPERAÇÃO)**

FATORES DE EMISSÃO		GRUPO I	GRUPO II	TOTAL
Vazão	(m <sup>3</sup> /h)	2645	4355	7000
DBO <sub>5</sub>	(ppm)	60	59,4	59,7
	(Kg/h)	158,66	157,08	157,87
DQO	(ppm)	638	180,1	353
	(Kg/h)	1687,12	476,25	933,47
SS	(ppm)	60	47,8	52,4
	(Kg/h)	158,66	126,4	138,57
Temperatura	(°C)	36	42	40
pH		6...9	7...8	6...9

Fonte: NATRON (1988).

Torna-se imprescindível então apresentar os dados referentes aos efluentes líquidos derivados dos efluentes brutos que sofreram controle e tratamento. Deve-se

salientar que as informações obtidas não continham, para esses efluentes, dados segundo unidades de produção.

Quando se comparam as Tabelas 7.13 e 7.16, verifica-se a eficiência no tratamento dos efluentes do Grupo I e II na planta de celulose existente. (Tabela 7.17). Por exemplo, na Tabela 7.16, divide-se o valor de DBO<sub>5</sub> para o Grupo I pelo valor total de DBO<sub>5</sub> para o mesmo Grupo na Tabela 7.13 ( $60/360 = 158,66/994,29 = 0,16 \Rightarrow 84\%$ ), obtendo-se uma eficiência no tratamento de DBO<sub>5</sub> para o Grupo I da ordem de 84%.

**TABELA 7.17**  
**FATORES DE EMISSÃO DO EFLUENTE TRATADO DA CENIBRA,**  
**APÓS INSTALAÇÃO DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO NA PLANTA**  
**DE CELULOSE EXISTENTE (VALORES MÁXIMOS DE OPERAÇÃO)**

FATORES DE EMISSÃO		GRUPO I	EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO (%)	GRUPO II	EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO (%)
Vazão	(m <sup>3</sup> /h)	2645	-	4355	-
DBO <sub>5</sub>	(ppm)	60	84	59,4	4
DQO	(ppm)	638	40	180,1	5
SS	(ppm)	60	48	47,8	50
Temperatura	(°C)	36	25	42	-
pH		6...9	-	7...8	-

Fonte: NATRON (1988).

Comparativamente à Tabela 7.14, pode-se montar uma outra referente ao efluente líquido do Grupo I após ampliação da planta, uma vez que esse efluente tratado é lançado no corpo receptor. Após ampliação, prevê-se aumento da vazão dos efluentes tratados do Grupo I, redução na carga de DBO<sub>5</sub> e DQO, elevação dos SS, mantendo-se a temperatura e o pH em um mesmo patamar. De um ponto de vista absoluto, esses efluentes líquidos revelaram declínio em suas quantidades no tocante a DBO<sub>5</sub> e DQO, elevação quanto aos SS e constância em termos de temperatura e pH.

A partir de então, devemos também converter as unidades de medida dos efluentes tratados, de Kg/h para mg/l, a fim de construir a matriz teórica e corrigi-la posteriormente com os dados de legislação e monitoramento. Tal conversão é feita na Tabela 7.19.

A Cenibra lança no Rio Doce 734,72 l/s de efluentes do Grupo I, a uma temperatura de 36°C, apresentando um pH situado entre 6 e 9. Desse total, 38,32 mg são de DBO<sub>5</sub>; 407,52 mg de DQO e 38,32 de SS. O mesmo raciocínio pode ser feito para os efluentes do Grupo II. Apesar de a vazão, em l/s, dos efluentes pouco contaminados ser relativamente maior, a quantidade despejada no Rio Doce de DBO<sub>5</sub>, DQO e SS é mais crítica, isto é, apresenta maior peso nos efluentes muito contaminados.

É necessário corrigir e preencher as lacunas da matriz teórica, incorporando os avanços da Cenibra na área de controle ambiental, a fim de obter maior proximidade com a realidade. Assim, será apresentada e discutida, na próxima seção, a matriz institucional.

**TABELA 7.18**

**FATORES DE EMISSÃO DO EFLUENTE LÍQUIDO DO GRUPO I DA CENIBRA,  
APÓS AMPLIAÇÃO (VALORES MÁXIMOS DE OPERAÇÃO)**

FATORES DE EMISSÃO		PLANTA EXISTENTE	APÓS AMPLIAÇÃO
Vazão	(m <sup>3</sup> /h)	2645	4056
DBO <sub>5</sub>	(ppm)	60	45
	(Kg/h)	158,66	119
DQO	(ppm)	638	473
	(Kg/h)	1687,12	1250,8
SS	(ppm)	60	75
	(Kg/h)	158,66	198,33
Temperatura	(°C)	36	36
pH		6...9	6...9

Fonte: NATRON (1988).

**TABELA 7.19**

**FATORES DE EMISSÃO DOS EFLUENTES TRATADOS (MG/L) DA CENIBRA**

FATORES DE EMISSÃO	GRUPO I	GRUPO II	TOTAL
Vazão (l/s)	734,72	1209,72	1944,44
DBO <sub>5</sub>	38,32	37,94	38,13
DQO	407,52	115,04	225,48
SS	38,32	30,53	33,47
Temperatura (°C)	36	42	40
pH	6...9	7...8	6...9

Fonte: Elaboração dos autores a partir da Tabela 7.16.

**TABELA 7.20**

**A MATRIZ TEÓRICA: FATORES DE EMISSÃO  
DOS EFLUENTES TRATADOS (MG/L) DA CENIBRA**

VAZÃO (L/S)	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	TEMPERATURA (°C)	PH
1944,44	38,13	225,48	33,47	40	6...9

Fonte: Elaboração dos autores a partir da Tabela 7.19.

## CONSTRUÇÃO E RESULTADOS DA MATRIZ INSTITUCIONAL

Sabe-se que a matriz teórica deve ser corrigida. Vários obstáculos, no entanto, impedem uma correção razoável:

1. Na época da coleta dos dados, aguardava-se o deferimento de uma licença definitiva de operação, uma vez que seu funcionamento, com os respectivos sistemas de controle, seria testado por seis meses.

2. Mesmo estando em operação a nova planta e já que não se têm os dados concretos dos planos empreendidos, os chamados “avanços” não passam de projetos.

Segundo informações da Natron<sup>32</sup> (1988), a Cenibra efetua um controle ambiental via controle das emissões<sup>33</sup>, firmado pelos projetos discriminados abaixo.

### **Projetos Efetivados**

1. Projeto de tratamento de efluentes hídricos (ETE-I), cujo objetivo é tratar todo efluente gerado na fábrica a nível de tratamento primário e biológico.
2. Projeto de tratamento de efluente hídrico II, cujo objetivo é eliminar as emissões de TRS (Total Reduced Sulfur) no sistema de recuperação através da destilação de condensados contaminados (desodorização) em uma instalação de oxidação de *stripping*.
3. Projeto de tratamento de efluente III, cujo objetivo é eliminar as emissões de H<sub>2</sub>S através da estabilização dos compostos de sódio em uma instalação de licor preto.

### **Projetos em Estudo**

1. Projeto de sistema de emergência, cujo objetivo é implantar bacias de contenção providas de comportas e poços de bombeamento nas canaletas de efluentes potencialmente poluidores. Tal medida visa evitar a contaminação do efluente geral da fábrica, caso venha a ocorrer algum acidente no processo.
2. Projeto de monitoramento contínuo, cujo objetivo é promover o conhecimento de informações relativas aos efluentes internos e efluentes finais, através de instrumentos detectores de condutividade, pH e outros. Tal monitoramento é trabalhoso e necessita de constante manutenção.
3. Projeto de racionalização do uso da água industrial e classificação dos efluentes, cujo objetivo é otimizar o processo e promover um melhor controle dos efluentes.

### **Projetos das Futuras Instalações**

1. Introdução da deslignificação com oxigênio (pré-branqueamento com O<sub>2</sub>) na unidade de branqueamento, reduzindo efetivamente o consumo de clorados e a carga orgânica (DBO<sub>5</sub>) no efluente do processo. Com esse procedimento, a redução da carga orgânica atingiu 50%.
2. Introdução de células com tecnologia de membrana na nova unidade de clorados, o que elimina a possibilidade de eventuais perdas de gás cloro,

<sup>32</sup>Todos os projetos classificados pela Natron como “projetos em estudo e projetos das futuras instalações” são projetos atualmente efetivados em razão principalmente da operação da fábrica II. Essas informações foram obtidas com o Departamento de Controle Ambiental da Cenibra, que enviou o relatório das inovações e melhorias ao Copam.

<sup>33</sup>Refere-se à lógica do *end of the pipe*.

bem como outros inconvenientes das tecnologias ditas convencionais: a utilização de asbestos, por exemplo, requer menor consumo de energia, menor investimento, menor custo de produção e apresenta maior facilidade operacional, melhor qualidade nos produtos e maior segurança ambiental. Assim o único efluente será o precipitado oriundo do tratamento da salmoura.

3. Estabilização e oxidação de  $\text{Na}_2\text{S}$  contido no licor fraco, através de sistema de oxidação, reduzindo significativamente a formação de gases odorosos ( $\text{H}_2\text{S}$ ) quando da queima na caldeira de recuperação. Esse sistema é utilizado desde 1989.
4. Sistema de desodorização, eliminando as substâncias odorosas (TRS) contidas nos condensados provenientes de evaporadores e digestor. Na fábrica I, utiliza-se o *stripping* a ar e, na fábrica II, o *stripping* a vapor, apresentando maior eficiência.
5. A nova caldeira de recuperação da Cenibra deverá ter as variáveis de projeto e de operação suficientemente otimizadas de forma a não superar a concentração de TRS em 1,0 ppm.
6. O material particulado (TSP) da caldeira de recuperação será retido em um precipitador eletrostático de quatro campos, com eficiência da ordem de 99%, o que limitará a concentração de TSP em  $0,2 \text{ g/Nm}^3$  ou  $94,2 \text{ Kg/h}$ .
7. Utilização de lavador de gases para o controle das emissões de odor do tanque de dissolução, com eficiência de remoção de compostos reduzidos de enxofre (TRS) da ordem de 75%.
8. Ampliação do atual tratamento secundário com a nova ETE, de forma a limitar a carga orgânica no efluente tratado em até 59,7 ppm.
9. A eficiência de tratamento da ETE está prevista em 65% para resíduos não-filtráveis (RNF), acima de 80% para DBO e 65% para DQO.

A partir disto, realizar-se-á a correção da matriz teórica, detalhando as informações advindas tanto da legislação quanto do monitoramento ambiental realizado.

#### **A LEGISLAÇÃO**

A adequação industrial à legislação ambiental vigente é um primeiro passo para se atingir uma qualidade de vida ambiental sustentável. Situar-se segundo esses padrões legais, pode-se assim dizer, seria alcançar um padrão ecológico. Segundo Braga (1995), a adoção de padrões tecnológicos, que já ocorre em países industrializados, tende a transformar tais normas em barreiras comerciais não-tarifárias, tanto a nível do produto quanto do processo produtivo. Como barreira de produto, tem-se o chamado “Selo Verde”, que, à primeira vista, pode parecer que o produto é inofensivo ao meio. Contudo, a posse de tal selo indica que o produto possui um programa para minimizar emissões nocivas ao meio ambiente. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estuda regras para criação do selo ambiental.

Por outro lado,

(...) as barreiras de processo são aquelas criadas para impedir a importação de produtos cujo processo de produção cause danos ambientais superiores àqueles predeterminados (Braga, 1995: 46)

Dentro desse tipo de barreira, há aquelas fundamentadas no estabelecimento de padrões físico-químicos para a emissão de efluentes líquidos e/ou gasosos; no estabelecimento de padrões tecnológicos, ocasionando a adoção de equipamentos do tipo *end of the pipe*; e no de normas e procedimentos de produção e gerência. Nesse último caso, encontra-se a ISO 14000, que pretende avaliar a qualidade da gestão ambiental.

O certificado de qualidade ambiental ISO 14000 (...) estabelece que uma gestão ambiental de qualidade deve contemplar, entre outros, os seguintes pontos: tratamento sistêmico da questão ambiental; levantamento de normas e leis ambientais; revisão inicial de todos os processos e procedimentos industriais; avaliação e registro dos problemas ambientais existentes; estabelecimento de uma política ambiental que contemple objetivos e metas claras e de fácil mensuração; registro de procedimentos de produção e controle operacional; realização de auditorias periódicas; análises críticas periódicas e melhoria contínua do sistema de gestão; comprometimento de toda a empresa, do presidente ao chão da fábrica (Braga, 1995: 47).

Apesar de ser uma carta de intenções, a ISO 14000 significará que a empresa localizou seus problemas e possui um plano de melhoria contínua a respeito da redução de poluentes hídricos, atmosféricos e ruídos.

Paralelamente aos selos e certificados ambientais, as pressões exercidas pela legislação estadual de meio ambiente e pelo órgão de controle ambiental do Estado, somados aos fatores comerciais e econômicos, determinaram a incorporação das questões ambientais na esfera empresarial.

No setor de papel e celulose, a Cenibra, desde o início de seu funcionamento, sentiu necessidade de adotar a gestão ambiental em sua planta industrial, visando preservar sua imagem. No tocante à Copam, órgão de controle ambiental do Estado de Minas Gerais, a Cenibra demonstrou uma postura pró-ativa, pois, mesmo após ter cumprido o Termo de Compromisso, manteve um grupo especial de trabalho encarregado de desenvolver novos projetos ambientais. Porém, anteriormente às pressões do Copam, a preocupação ambiental era incipiente.

Quanto à base legal e institucional, Minas Gerais revela uma legislação ambiental menos desenvolvida se comparada a outros Estados, como, por exemplo, São Paulo. Refletindo na existência de frágeis restrições ambientais.

Com base na Deliberação Normativa 010/86<sup>34</sup> do Copam, obtêm-se os limites máximos admissíveis na legislação para apenas cinco indicadores, os quais compõem a matriz teórica.

Comparando-se as tabelas 7.20 e 7.21, parece razoável supor que a Cenibra, pelo menos por volta de 1988, respeitava a legislação. Entretanto, para obter melhores resultados quanto aos indicadores dos potenciais de poluição hídrica da Cenibra, trabalhar-se-á com dados oficiais de automonitoramento ambiental realizado no Rio Doce.

**TABELA 7.21**

**VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS (MG/L) PELA LEGISLAÇÃO DE MG PARA OS PRINCIPAIS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA POLUIÇÃO HÍDRICA GERADA PELA CENIBRA**

PARÂMETRO	LIMITES (DN 010/86)
DBO <sub>5</sub>	60
DQO *	90
SS	60 **
Temperatura (°C)	< 40
pH	6,5 - 8,5

Fonte: Deliberação Normativa Copam N°010/86.

Notas: \* A Cenibra obteve permissão para emitir, no máximo, 353 mg/l de DQO.

\*\* Média aritmética mensal.

#### **O MONITORAMENTO INSTITUCIONAL**

No caso em estudo, o monitoramento institucional foi substituído, no período recente, pela automonitoração efetuada pelas próprias empresas, segundo os termos de compromisso assinados entre a agência ambiental e as indústrias.

Apresentam-se, na Tabela 7.22, os dados referentes à qualidade da água no Rio Doce, os quais abrangem o período de 1983 a 1994.

A análise dos chamados “atuais” estágios de controle ambiental da Cenibra compreenderá uma comparação dos dados dos parâmetros considerados de 1983 a 1986 e de 1987 até 1994. Segundo informações advindas da Feam/Copam, a partir de 1985, são assinados termos de compromisso<sup>35</sup>, acordos entre empresas e autoridades ambientais do Estado no tocante à implantação de medidas mitigadoras em relação aos impactos ambientais de suas atividades industriais (Braga, 1995). O ano de 1986 foi

<sup>34</sup>Conforme DN 010/86, são classificadas como águas da Classe 2 aquelas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação de espécies destinadas à alimentação humana. A utilização da Classe 2 como parâmetro segue Cetec, op. cit.

<sup>35</sup>Ao assinar o TC, a empresa compromete-se a adaptar-se à legislação vigente. Apenas após ter cumprido integralmente o Termo, há o processo de licenciamento que envolve três fases: licença provisória, licença de implantação e licença de operação. A Cenibra obteve junto ao Copam licença de operação de sua unidade industrial em novembro de 1994.

escolhido como referência em razão da assinatura do termo de compromisso, e o ano de 1994 foi tomado como limite superior, pois, a partir de então, passa-se a ter informações sobre os valores dos parâmetros de análise contidos no efluente hídrico da Cenibra. Esses dados baseiam-se em valores médios obtidos durante o ano. Baseando-se nos estudos EIA/Rima, é possível inferir que esses valores correspondem a pontos a jusante da Cenibra.

**TABELA 7.22**  
**COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**  
**DO RIO DOCE, TENDO COMO REFERÊNCIA A CENIBRA**

PARÂMETRO	À JUSANTE DA CENIBRA	
	1983-1986	1987-1994
Vazão (l/s)	1442,36	1151,56
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	214,25	112,75
DQO (mg/l)	714,5	427,25
SS (mg/l)	78	46,5
Temperatura (°C)	42,73	39,51
pH *	7,1	7,6

Fonte: EIA/Rima - Cenibra.

Nota: \*Parâmetro que revelou elevação.

A partir da Tabela 7.22, pode-se concluir que todos os parâmetros, mesmo com um pequeno aumento verificado no pH, revelaram declínio na concentração, considerando-se, para isso, os períodos compreendidos entre 1983-86 e 1987-94.

Ao se observar a legislação, nota-se que, apesar dos esforços da empresa em exercer controle sobre a emissão de poluentes hídricos, até o ano de 1990 (inclusive), os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO e temperatura apresentaram níveis superiores aos permitidos. Os sólidos em suspensão revelaram oscilações, adequando-se à legislação no ano de 1990. O parâmetro pH manteve-se dentro das normas.

Deve-se ressaltar que, em valores absolutos, a partir de 1988, com a implantação da ETE e com o aumento do número de recirculação interna, houve considerável redução na concentração de DQO, DBO<sub>5</sub>, SS e na temperatura.

Analisando-se os períodos considerados na Tabela 11, pode-se dizer que houve melhora na qualidade ambiental das águas do Rio Doce, no ponto a jusante da Cenibra. Os níveis dos parâmetros observados, com exceção do pH, apresentaram declínio, estando todos, inclusive o pH, dentro das normas de legislação.

Entretanto, estar dentro das exigências legais de controle ambiental não significa necessariamente uma convivência harmoniosa entre a indústria e o meio.

Apesar de apresentar uma queda substantiva, o que se traduz num indicador de eficácia dos mecanismos institucionais de controle ambiental, a poluição hídrica continua.

Muitas vezes, essa insistente poluição hídrica em termos absolutos é suavizada se comparada a outras indústrias, particularmente com a siderurgia do Vale do Aço.

Comparativamente, “(...) a atuação da Cenibra representa um avanço considerável em termos da relação entre produção industrial e meio ambiente” (Costa, 1995: 182).

Utilizando a mesma opção metodológica daquela realizada para a siderurgia e levando-se em conta os períodos 1983-86 e 1987-94, a geração da matriz institucional segue os pressupostos:

- a. Para os parâmetros em que houve piora da qualidade ambiental, no caso o pH, será mantido o dado da matriz teórica;
- b. Para aqueles em que ocorreu melhora da condição ambiental, os dados da matriz teórica serão corrigidos na mesma proporção da queda dos valores máximos observados.

Essas hipóteses podem ser visualizadas na Tabela 7.23, denominada matriz institucional.

**TABELA 7.23**  
**A MATRIZ INSTITUCIONAL: FATORES DE CORREÇÃO DA MATRIZ TEÓRICA,**  
**SEGUNDO A REDUÇÃO, ENTRE OS PERÍODOS 83-86 E 87-94,**  
**DOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO HÍDRICA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA CENIBRA**

VAZÃO	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	TEMPERATURA (°C)	PH
0,8	0,53	0,6	0,6	0,92	1

Fonte: Elaboração dos autores a partir da Tabela 7.22.

A Tabela 7.23 confirma, assim, as conclusões já mencionadas a respeito da melhora nos indicadores de poluição hídrica derivada da Cenibra, no Rio Doce, entre 1983 e 1994.

Pode-se notar — como será mostrado adiante — que houve um avanço significativo no tocante ao controle ambiental pelo menos nos últimos dez anos. Essa melhora pode ser creditada tanto ao papel cumprido pelo setor público quanto ao crescimento da consciência ecológica a níveis nacional e internacional, fazendo com que a questão ambiental atingisse também as empresas preocupadas com sua imagem e com riscos de comprometimento na esfera institucional.

A adoção de medidas de proteção ambiental, no setor privado, é passível de ocorrer quando as tecnologias adotadas promovem uma redução do custo de produção ou quando as empresas se encontram sob pressão de consumidores, trabalhadores, ambientalistas — o que pode afetar o faturamento da empresa e os investimentos de longo prazo — ou ainda sob pressão do governo.

Visa-se, conseqüentemente, analisar os impactos das atividades da Cenibra sobre o Rio Doce. Para isso, torna-se imprescindível construir a matriz do rio.

## **CONSTRUÇÃO E RESULTADOS DA MATRIZ DO RIO**

Na Tabela 7.24, é apresentado um primeiro esboço do que será a matriz do rio, derivada da multiplicação da matriz teórica (Tabela 7.20) pela matriz institucional (Tabela 7.23).

**TABELA 7.24**

**FATORES TEÓRICOS DE EMISSÃO DOS EFLUENTES TRATADOS DA CENIBRA (MG/L) CORRIGIDOS SEGUNDO OS NÍVEIS DE EMISSÃO OCORRIDOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA MESMA, NO PERÍODO DE 83-94**

VAZÃO	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	TEMPERATURA (°C)	PH
1555,55	20,21	135,29	20,08	36,8	6...9

Fonte: Elaboração dos autores a partir das Tabelas 7.20 e 7.23.

Infelizmente, do conjunto de dados coletados pelo projeto PADCT/CIAMB somente o parâmetro pH é passível de comparação com os dados utilizados neste trabalho para o caso da Cenibra. Os resultados das quatro amostras realizadas no período 94/95 apresentaram respectivamente os seguintes níveis de pH: 6,95; 7,2; 6,9 e 6,93. Tais valores indicam que, na área de influência da Cenibra, o limite máximo de pH, definido na legislação, não foi ultrapassado e que os resultados da automonitoração (Tabela 7.22) são compatíveis com os dados da pesquisa empreendida pelo projeto. Essa compatibilidade propicia maior segurança quanto aos resultados da matriz institucional.

Pode-se, assim, formular uma versão final da matriz do rio para a Cenibra, conjugando fontes de dados e hipóteses anteriores e convertendo novamente a unidade de medida de mg/l para Kg/h, a título de comparação com os dados de produção.

**TABELA 7.25**

**A MATRIZ DO RIO: FATORES TEÓRICOS DE EMISSÃO DOS EFLUENTES TRATADOS DA CENIBRA (KG/H) , CORRIGIDOS SEGUNDO OS NÍVEIS DE EMISSÃO OCORRIDOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA CENIBRA NO PERÍODO DE 1983-84**

VAZÃO (M <sup>3</sup> /H)	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	TEMPERATURA (°C)	PH
5599,98	83,67	560,1	83,13	36,8	6...9

Fonte: Elaboração dos autores a partir da Tabela 7.24.

Ao se comparar a matriz do rio às matrizes teórica (1988) e institucional, pode-se inferir que o trabalho realizado pela Cenibra no tocante à qualidade do padrão ambiental obteve bons resultados pelo menos até o ano de 1994. Como proposta de trabalho, deixam-se em aberto as modificações quanto ao controle ambiental perante a ampliação da capacidade produtiva.

### **A MATRIZ DE PRODUÇÃO**

A Cenibra, no ano de 1995, obteve uma produção de 369.728 toneladas de celulose. A Tabela 7.26 revela a produção anual de 1985 a 1994.

No período de 1985 a 1994, a produção total da Cenibra revelou um crescimento de 17%. Acrescente-se a isso o fato da Cenibra entrar em operação lançando mão da quase totalidade da capacidade instalada. Prova disso é que, em 1985, com uma produção de 329.461 toneladas, a Cenibra contava com apenas 6% de capacidade ociosa. Em 1987, aproximadamente dez anos após entrar em operação, tal capacidade instalada — 350 mil

t/ano de celulose de fibra curta branqueada — já estava sendo totalmente utilizada. Cabe aqui lembrar que as decisões de investimento, visando aumentar a capacidade produtiva, requerem expectativas de crescimento rápido e prolongado do mercado.

**TABELA 7.26**  
**A MATRIZ DE PRODUÇÃO: PRODUÇÃO TOTAL**  
**DE CELULOSE (T/ANO) DA CENIBRA - 1985 A 1994**

ANO	TONELADAS
1985	329.461
1986	344.571
1987	351.056
1988	362.274
1989	336.190
1990	362.468
1991	375.925
1992	378.816
1993	338.993
1994	387.165

Fonte: CGP - Cenibra.

O volume da produção previsto após a ampliação da capacidade instalada apresenta considerável valor: aproximadamente 750.000 t/ano. A Cenibra, contudo, não demonstra tendências à diversificação de produtos, apenas objetiva aumentar a produção de celulose (Pinho e Ruiz, 1995).

É óbvio argumentar que, mediante a ampliação da planta de celulose e a conseqüente elevação da produção, a poluição hídrica tenderia a agravar-se. Ao considerar as melhorias no tocante ao controle ambiental empreendidas pela empresa, essa argumentação é colocada em questão, uma vez que tal análise pode ser feita do ponto de vista dos efluentes brutos ou dos efluentes tratados. Quanto aos efluentes brutos, um aumento da vazão é acompanhado por uma elevação da quantidade absoluta de poluentes, lançados no rio, especialmente de SS. E quanto aos tratados, mesmo com um aumento da vazão, houve redução das quantidades absolutas de DBO<sub>5</sub> e DQO, mas os SS, também nesse caso, revelaram aumento. Em ambos os tipos de efluentes, a temperatura e o pH mantiveram-se constantes.

O aumento do nível absoluto de SS é alarmante, atingindo quase 100%. Os efeitos negativos da elevação desse parâmetro são preocupantes, pois reduz a zona fotossintética, a quantidade de alimentos para os peixes, a mistura vertical da água etc. Tal aumento dificulta a probabilidade de se obter uma redução na relação poluente/produção.

A seguir, manipulando algebricamente as matrizes anteriores, a matriz de poluição será construída, obtendo resultados sobre o volume de poluição gerado pela Cenibra ao longo do tempo.

## A MATRIZ DE POLUIÇÃO

Na Tabela 7.27, apresentam-se os dados de poluição da Cenibra, para o ano de 1994, segundo hipótese alta e baixa semelhantes àquelas da siderurgia. A hipótese alta pressupõe que a Cenibra observa neste momento os mesmos níveis de poluição de 1988 (matriz teórica) e a hipótese baixa baseia-se na matriz institucional, incorporando os dados relativos à variação nos níveis de poluição do Rio Doce. Por motivos já considerados, o único parâmetro que deverá obedecer à hipótese alta é o pH. Como o pH não apresenta valor absoluto, ao qual possa ser comparado a produção de 1994, e sim um intervalo de variação, será considerada, na matriz de poluição, apenas a hipótese baixa

**TABELA 7.27**

**A MATRIZ DE POLUIÇÃO: HIPÓTESE A RESPEITO DOS VOLUMES (TON.) ANUAIS  
EMITIDOS, PELA CENIBRA, DOS PRINCIPAIS POLUENTES HÍDRICOS - 1994**

FATORES DE EMISSÃO	DBO <sub>5</sub>	DQO	SS	TEMPERATURA (°C)	PH
Hipótese baixa	733,06	4907,24	728,33	36,8	6...9

Fonte: Elaboração dos autores a partir das tabelas 7.25 e 7.26.

A Tabela 7.27 contém, então, o despejo anual de toneladas de DBO<sub>5</sub>, DQO e SS. Os níveis de pH e temperatura foram mantidos. A Cenibra, em 1994, lança, no Rio Doce, aproximadamente: 733,06 ton. de DBO<sub>5</sub>; 4907,24 ton. de DQO; e 728,33 ton. de SS. Frente a esses valores, confirma-se uma redução nos níveis de emissão de poluentes, que são lançados pela Cenibra no rio Doce. Tal redução apenas mascara a realidade, pois tais níveis absolutos continuam elevados, traduzindo-se numa degradação ambiental a ser encanada de frente pela própria Cenibra.

Este trabalho, apesar de introdutório, pode ser considerado o primeiro a avaliar e dimensionar as quantidades relativa e absoluta de poluentes hídricos emitidos por uma indústria de papel e celulose. A metodologia utilizada para avaliar o problema sócio-econômico-ambiental — a poluição — não inclui parâmetros críticos, como amônia, fenóis, óleos e graxas etc., os quais provavelmente agravam a questão da degradação ambiental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando-se como parâmetro os níveis de poluição hídrica de origem industrial na bacia do Rio Piracicaba (e o caso do setor siderúrgico analisado em Torres e Simões (1996) reforça tal afirmação), ratifica-se a hipótese de que o padrão de desenvolvimento adotado na região encara a natureza como reservatório ilimitado dos resíduos da economia. É verdade que a realidade vem produzindo maior relacionamento entre as esferas econômica e ambiental. Em outras palavras, pode-se dizer que a variável ambiental vem tomando corpo no tocante ao aparato da análise econômica e influenciando a tomada de decisões.

Essa influência pode ser sentida no discurso atual da Cenibra, que prioriza a ênfase em novas tecnologias, em detrimento da instalação de equipamentos *end of the pipe*. Como afirma Braga, "(...) a postura atualmente adotada é resultado da experiência

acumulada pela empresa ao longo dos anos e do esgotamento das possibilidades de melhora ambiental através da instalação de filtros e sistemas de tratamento” (1995: 59).

Percebe-se que a Cenibra vem tentando compatibilizar desenvolvimento tecnológico e proteção ambiental. Mas ainda há muito o que fazer, pois a externalidade negativa sobre o meio ambiente não tem preço. O efeito negativo mais expressivo e evidente neste setor é a poluição hídrica, que é tratada neste trabalho mediante uma relação com a produção industrial.

Ao invés de encarar a poluição como consequência do emprego de tecnologias sujas/obsoletas ou de falhas no processo de produção, a Cenibra relaciona sua poluição ao tipo de processo necessário à produção de celulose, que é limitado pela tecnologia. O processo de produção da celulose pode ser entendido como uma pseudojustificativa à poluição, uma vez que a indústria vem introduzindo novos mecanismos capazes de aliviar a pressão da poluição sobre o ecossistema.

Essa restrição tecnológica não é compatível com o perfil construído pela Cenibra — indústria moderna, ágil, competitiva e de alta tecnologia. Tal paradoxo se traduz na falsa idéia de compensar a poluição com um efeito local maior inexistente na região (Costa, 1995).

## **IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES DE AGROPECUÁRIA E DA IMPLANTAÇÃO DE GRANDES ÁREAS COM MONOCULTURA DE EUCALIPTOS**

A bacia do Rio Piracicaba apresenta uma grande diversidade de ambientes, onde vivem e trabalham milhares de fazendeiros, agricultores e trabalhadores rurais no cultivo principalmente do arroz, milho, feijão, banana, mandioca, cana de açúcar, tomate e no trato do gado de leite e de corte. Há uma predominância das culturas temporárias sobre as culturas permanentes, o que significa maior manuseio e movimentação dos solos, com consequências que serão discutidas mais adiante. Conforme mencionado anteriormente, a produtividade agrícola regional está, em geral, abaixo da média de Minas Gerais, à exceção de algumas culturas e da pecuária, principalmente nos municípios de São Domingos do Prata e Itabira.

Embora o nível de urbanização na bacia do Rio Piracicaba seja bastante elevado, a agricultura e a pecuária de pequeno e médio porte ainda desempenham papel importante na economia regional. Em torno de 78% dos quase dez mil estabelecimentos rurais nos 19 municípios da bacia tinham, em 1985, uma área menor que 50 ha. (IBGE, 1985).

A agricultura e a pecuária estão entre aquelas atividades econômicas que mais dependem da base de recursos naturais, especialmente dos solos e dos corpos d'água. Entretanto, nossas observações de campo na região mostram que há uma grande precariedade por parte dos fazendeiros, agricultores, das empresas reflorestadoras e dos órgãos governamentais no que se refere à apropriação e conservação desses recursos naturais. Na verdade, esses recursos têm sido apropriados e administrados como se pertencessem

a um sistemas isolados e independentes (mata nativa, floresta de eucaliptos, jazida de minério de ferro, rio ou córrego). Principalmente no caso da agricultura e pecuária, é necessária a compreensão global do meio ambiente para que se possa entender, as estreitas relações entre o uso da terra, o consumo dos recursos hídricos e as atividades antrópicas.

Uma das principais características da bacia do Rio Piracicaba é a sua topografia predominantemente montanhosa. Esse aspecto físico-geográfico, aliado ao processo de desmatamento indiscriminado ocorrido nas últimas décadas na região, vem contribuindo para o agravamento dos problemas da erosão, sobretudo a provocada pelas águas das chuvas.

É sabido que, em geral, nas regiões montanhosas os solos são mais profundos, tendo assim maior capacidade de armazenar a água da chuva, permitindo a alimentação dos córregos durante os períodos mais secos. Isso provavelmente explica a existência de uma extensa rede de drenagem nessa bacia hidrográfica, com a presença de centena de córregos e ribeirões. Entretanto, na questão dos recursos hídricos, é preciso ressaltar a importância de outras variáveis, como a vegetação predominante, o tipo de solos, o regime de chuvas etc.

Um fenômeno recente observado por agricultores, especialmente na região do Médio Rio Piracicaba, é a redução significativa do volume das águas superficiais em suas propriedades. A maioria deles afirma que o regime de chuvas tornou-se irregular, e as conseqüências tem sido evidentes: várias nascentes estão secando, os córregos estão com seu volume muito menor, cisternas têm que ser abandonadas no período de seca etc. Tais observações são confirmadas pelos dados técnicos da Agência Técnica da Bacia do Rio Doce, que mostram uma queda na precipitação anual e na vazão média dos rios da região nos anos de 1993, 1994 e 1995.

Considerando que, em geral, os solos da região não são muito férteis, há a necessidade de abundância de água para que ocorra a reciclagem eficiente dos nutrientes e a reabsorção pelas raízes das plantas dos nutrientes então liberados. Essa relativa escassez periódica de água pode se tornar uma séria ameaça à continuidade das atividades agropecuárias na região, especialmente a produção de alimentos. Esse já é um motivo de preocupação de parcela significativa dos agricultores ali estabelecidos, conforme constatado nas entrevistas da pesquisa de campo feita em 1995.

Numa consulta à bibliografia técnica internacional, encontrou-se dezenas de trabalhos, nos quais os impactos ambientais ligados às florestas homogêneas de eucaliptos estão bem detalhados. Há uma tendência geral de se concluir que esses problemas parecem ficar mais graves quanto maiores forem as áreas de plantio. Entretanto, é preciso considerar as limitações e riscos de se fazer generalizações, não recomendáveis no caso de ecossistemas muito diferentes. Brasil, Índia e Austrália, por exemplo, têm solos, condições climáticas e espécies de eucaliptos plantados bastante diferentes. Não se deve, portanto, fazer generalizações e extrapolações de resultados de um país para outro.

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), através de sua publicação técnica *The ecological effects of eucalyptus*, vem, desde 1985, expressando oficialmente que “o eucalipto não deve ser plantado, especialmente em

larga escala, sem uma cuidadosa e inteligente avaliação de suas conseqüências econômicas e sociais, além de um balanço de suas vantagens e desvantagens. Isto poderia ser feito através de uma avaliação das condições ambientais da região, bem como das necessidades da população local”.

Carvalho, 1987, enfatiza:

... a política florestal, na sua vertente de apoio à produção de madeira, não contemplou o universo de agricultores, não considerou as áreas das propriedades mais vocacionadas para a atividade florestal e, em razão disso, desenvolveu mecanismos próprios de crescimento sem nenhum vínculo com os agricultores, tornando-se atividade importante mas isolada e sem integração no contexto global do desenvolvimento rural das regiões onde as empresas florestais atuam e sem conexão com os postulados básicos da política nacional do meio ambiente.

No caso da bacia do Rio Piracicaba, enormes áreas contínuas foram ocupadas por uma silvicultura intensiva em regime de curta rotação (sete anos), sem que houvesse a menor preocupação com possíveis impactos ambientais e sociais ou com a preservação dos ecossistemas locais.

Uma análise dos impactos ambientais do reflorestamento em enormes áreas contínuas com a monocultura de eucaliptos começa com a constatação da eliminação da vegetação existente e preparação do terreno para o plantio e sua manutenção (construção de estradas, desbaste das áreas, preparação do solo, adubação, combate às formigas etc.), atividades que envolvem o uso rotineiro do fogo, intensa movimentação de trabalhadores, caminhões e máquinas como tratores e carregadeiras. Até o sexto ou sétimo ano, quando é realizado o primeiro corte raso das árvores, vários efeitos ambientais negativos ocorrem no ecossistema florestal renovável, principalmente no que se refere ao consumo de água e de nutrientes, propriedade dos solos, efeitos alelopáticos, consumo de fertilizantes e agrotóxicos etc.

Após o primeiro corte raso da floresta plantada, ou seja, a primeira colheita, surgem novos problemas ambientais. Os solos ficam desprotegidos, havendo um aumento de sua temperatura e maior impacto das gotas das chuvas sobre suas partículas. O escoamento superficial das águas aumenta e com ele os efeitos nocivos da erosão. Há maior compactação dos solos, uma perturbação da sua camada orgânica e, com isso, a infiltração das águas, que alimentam os lençóis subterrâneos, diminui. Inevitavelmente aumenta o assoreamento dos corpos d'água mais próximos. Além disso, os efeitos nocivos na biodiversidade daquele ecossistema são facilmente perceptíveis sobre a avifauna, mamíferos, flora etc. A eles deve-se somar ainda os efeitos negativos da enorme carga de resíduos dos fertilizantes e agrotóxicos utilizados. Na maioria das vezes, eles são carregados para os corpos d'água mais próximos, que já vêm sofrendo os efeitos negativos mencionados acima. Portanto, a qualidade das águas que servem à população local pode ficar comprometida pelo efeito conjugado do aumento do assoreamento, da concentração de sólidos em suspensão e nitratos, além da presença dos agrotóxi-

cos. Aqui é importante lembrar que a topografia acidentada da região contribui para o agravamento dos problemas mencionados acima.

“O meio ambiente reage como um todo, mesmo quando agredido apenas num ponto específico” (Trudgill, 1990). Assim, percebe-se que os diversos impactos ambientais num ecossistema florestal renovável são interdependentes e que, portanto, é conveniente que se faça uma análise global de suas causas, efeitos e relações. Esse entendimento do que acontece no conjunto não invalida, entretanto, uma análise de cada impacto ambiental separadamente.

A seguir, descrevemos resumidamente os principais impactos ambientais provocados pela implantação dos grandes projetos de reflorestamento com monocultura de eucalipto e pelas atividades agropecuárias na região.

### **IMPACTOS AMBIENTAIS DAS GRANDES ÁREAS CONTÍNUAS COBERTAS COM REFLORESTAMENTO COM MONOCULTURA DE EUCALIPTO**

Principais impactos ambientais causados pela atividade de reflorestamento com monocultura de eucalipto:

- **Drásticas mudanças na paisagem regional**, já que aproximadamente um terço da bacia está hoje coberta com reflorestamento com monocultura de eucaliptos.
- **Ocupação de enormes áreas contínuas com uma única espécie (*Eucalyptus grandis*)**. Essa homogeneidade e uniformidade leva a uma simplificação, instabilidade e aumento da susceptibilidade do ecossistema florestal à ocorrência de pragas. Conforme descrito pela FAO, 1985, “cuidadas considerações devem ser feitas antes de se implantarem reflorestamentos extensivos; particular atenção deve ser dada às características ecológicas do sítio, a importância do balanço hídrico para aquela bacia e o padrão de necessidades locais para o consumo de água e para a produção florestal; a plantação de grandes áreas com as florestas de eucaliptos numa bacia hidrográfica pode levar a um déficit hídrico...”.
- **Grande consumo de água, nutrientes e redução da matéria orgânica**. Conforme amplamente mencionado na literatura técnica internacional, o rápido crescimento do eucalipto numa silvicultura intensiva em enormes áreas contínuas e de curta rotação tem contribuído para uma redução na fertilidade dos solos nessas áreas, a médio prazo. A fertilidade dos solos está intimamente relacionada à presença de matéria orgânica, água e nutrientes, conforme detalhado pela FAO, 1985: “Folhas, flores, frutos, fezes e corpos de animais mortos caem nos solos e lá são mineralizados pela ação de fungos, bactérias e outros organismos no processo de decomposição. Os minerais então disponíveis são absorvidos pelas raízes das plantas. O efeito da matéria orgânica na estrutura dos solos é muito importante na determinação da quantidade de elementos-base que ficam disponíveis para o crescimento das plantas”. Ainda

segundo a FAO, “(...) Quando as árvores perdem suas folhas ou fecham seus estômatos, a fotossíntese e o crescimento cessam. A perda de água é o preço que as plantas precisam pagar pelo seu crescimento. A taxa de crescimento das árvores é proporcional à quantidade de água que elas consomem. Se, portanto, o objetivo do crescimento das árvores é produzir grandes volumes de madeira é de se esperar que elas vão consumir grande quantidade de água. Como o eucalipto é escolhido justamente por seu crescimento mais rápido do que outras espécies, é de se esperar dele um maior consumo de água”.

- **Grande consumo de fertilizantes.** O ecossistema florestal renovável de eucaliptos é bastante frágil, necessitando de uma periódica “alimentação suplementar” de fertilizantes para manter seus altos níveis de produtividade. De acordo com informação das empresas, consomem-se em média 200 Kg de fertilizantes para cada hectare de eucaliptos plantado. Entretanto, a adição de fertilizantes químicos à base de nitrogênio, fósforo e potássio não aumenta ou melhora as condições da matéria orgânica dos solos nem seu estoque de micronutrientes. Dessa forma, grande quantidade de fertilizantes deve ser reaplicada após cada corte, visando manter o elevado nível de produtividade do sítio, criando-se assim um círculo vicioso de consumo. Numa região de topografia acidentada, parte significativa desses fertilizantes não é absorvida pelas plantas; eles são carregados pelas enxurradas para os corpos d’água mais próximos. As inúmeras estradas, trilhas e aceiros dentro dos sítios florestais funcionam como calhas que facilitam o transporte dos resíduos de fertilizantes e agrotóxicos, o que vai contribuir para o assoreamento dos cursos d’água e uma redução da qualidade de suas águas. Quanto maiores forem as áreas dos plantios e menores os cursos d’água, mais significativos deverão ser tais efeitos negativos (Sabará, 1994).
- **Grande consumo de agrotóxicos, especialmente herbicidas, inseticidas e formicidas.** Altamente persistentes no meio ambiente, os agrotóxicos podem intoxicar seres humanos e animais ou atingir grupos de insetos considerados “predadores naturais”. Os insetos aumentam a cada dia sua resistência aos agrotóxicos, o que induz um aumento no consumo. Alguns desses produtos, como os inseticidas e os formicidas, podem atingir a cadeia alimentar.

O combate sistemático às formigas nas enormes áreas de plantio de eucalipto envolve custos consideráveis de mão-de-obra e o consumo anual de milhares de toneladas de iscas, que até três anos atrás eram fabricadas à base de dodecacloro (marca comercial Mirex). Esse organoclorado pode continuar atuando nos solos por até 15 anos, tem um efeito tóxico muito grande, é cumulativo na cadeia alimentar e teve seu uso proibido nos Estados Unidos em 1977.

Também os herbicidas, especialmente as marcas comerciais Round Up e Goal, têm sido usados na bacia do Rio Piracicaba de forma indiscriminada e sem nenhum tipo de fiscalização por parte dos órgãos governamentais responsáveis, conforme verificado nos levantamentos de campo realizados em 1994 e 1995.

- **Erosão provocada pela água.** Uma das maiores inimigas dos solos, a erosão, é um fenômeno lento e por isso passa quase despercebido pelos milhares de “usuários” que trabalham e vivem da terra. Comparando-se um solo coberto com uma floresta natural e um outro coberto com uma floresta artificial de eucaliptos, vamos constatar que o primeiro estará mais protegido da ação destrutiva da radiação solar intensa e das chuvas torrenciais. O solo coberto com mata nativa terá também muito mais matéria orgânica para a manutenção de sua vida. A limpeza para o plantio, os primeiros anos após o plantio e após o corte raso das árvores deixam os solos das grandes áreas contínuas cobertas pelas florestas de eucalipto desprotegidos por longos períodos, fragilizando-os e tornando-os mais susceptíveis à erosão. A topografia acidentada e a não-adoção de medidas simples de prevenção à erosão têm contribuído para que haja aumento do volume e da velocidade das enxurradas nas áreas de plantio. Com isso, uma enorme quantidade de fertilizantes e agrotóxicos é carregada para os corpos d’água mais próximos, indo provocar seu assoreamento, piorar a qualidade da água, além de ter um efeito negativo na realimentação dos lençóis freáticos, conforme já mencionado anteriormente. A FAO, 1985, diz: “O eucalipto não é uma árvore indicada para controle da erosão. Quando em fase de crescimento, ele é muito susceptível à competição e para se obter uma boa taxa de crescimento é necessária a limpeza do sub-bosque, o que não é recomendável no caso de áreas erodidas ou muito inclinadas”.
- **Uso abusivo e indiscriminado do fogo.** Prática rotineira de todas as empresas reflorestadoras e proprietários rurais da região, o uso abusivo do fogo tem provocado uma perda direta de nutrientes, além de contribuir para uma redução sensível da atividade microbiológica nos solos.
- **Drástica redução na biodiversidade regional.** A mudança radical de “florestas antigas” (ricas em biodiversidade) para “florestas homogêneas novas” (pobres em biodiversidade) contribuiu para que um grande número de plantas, pássaros e mamíferos simplesmente desaparecessem da região. A pouca presença de luz, a competição por água e nutrientes, a ocorrência de efeitos alelopáticos e a pobreza de habitats para os animais nos sub-bosques ralos contribuiu significativamente para uma redução da biodiversidade nas florestas de eucaliptos. A FAO, 1985, aponta que “geralmente, as espécies exóticas abrigam uma comunidade mais pobre em animais herbívoros do que as espécies que elas substituem; esta é uma das razões do seu sucesso. Portanto, elas dão uma contribuição menor à cadeia alimentar do que as espécies nativas”.
- **Desperdício de biomassa na produção de carvão vegetal.** Finalmente, cabem algumas observações sobre a produção de carvão vegetal e suas implicações na degradação ambiental da região. Como se sabe, os altos-fornos da C.S. Belgo-Mineira, Acesita, Cosígia e Nova Era Silicon são abastecidos com essa matéria-prima. Um aspecto importante a mencionar aqui é que a tecnologia de conversão da madeira em carvão vegetal utilizada em nosso país é

extremamente rudimentar. O rendimento térmico da conversão madeira-carvão vegetal é absurdamente baixo, em torno de 30%, segundo dados da Cemig, 1987. Em termos práticos, isso significa que de uma área de um hectare (10.000 metros quadrados) de floresta cortada aproximadamente 70% (7.000 metros quadrados) são queimados inutilmente. Essa é uma prova irrefutável do desperdício existente na produção de carvão vegetal. Assim, mais da metade de nossas florestas (nativas ou plantadas) é cortada para simplesmente transformar-se em fumaça. Os subprodutos da carbonização da madeira, como o ácido pirolenhoso, o alcatrão e os diversos gases da combustão, não são normalmente aproveitados. Hoje poucas empresas os utilizam, em pequena escala, na substituição do óleo combustível. As condições ambientais nas baterias de fornos de produção do carvão vegetal são extremamente nocivas à saúde dos trabalhadores. Muito pouco tem sido feito para mudar essa situação, especialmente pelas empreiteiras, que a cada dia aumentam seu contingente de trabalhadores dada a terceirização crescente na área de produção de carvão vegetal em Minas Gerais.

## **IMPACTOS AMBIENTAIS DAS ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS**

### **EROSÃO**

Historicamente, a erosão é um dos principais problemas ambientais desta bacia, conforme já observado por Strauch, 1955: “São estes grupos (os carvoeiros) os que maiores prejuízos acarretam à região, pois, sem qualquer interesse em conservar as reservas florestais, vão destruindo as matas e capoeiras existentes da maneira mais criminosa possível e, quando se retiram, deixam apenas encostas desnudadas, onde logo aparecem os fenômenos da erosão, terras ressequidas e impraticáveis para a agricultura. Estes fatos poderão ser bem observados nas proximidades da cidade de Antônio Dias”; “com a devastação da vegetação, esta zona vem sofrendo continuamente ação destruidora da erosão, que se reflete agora na dificuldade de orientar sua economia para a lavoura ou pecuária”.

Ainda hoje, quando percorremos a área rural da bacia, observamos a presença de focos de erosão distribuídos principalmente nas áreas de maior declive e próximas às estradas vicinais. A principal razão para a continuidade dessa ação erosiva parece ser o manejo inadequado dos solos por parte das empresas reflorestadoras, dos fazendeiros e dos pequenos agricultores, que na verdade não percebem os efeitos negativos do seu lento processo destrutivo. Conseqüentemente, eles não vêem a erosão como um problema, não estão preocupados com suas causas nem com a adoção de medidas, algumas delas extremamente simples, no sentido de combatê-la.

Os principais efeitos negativos da erosão no meio ambiente da região têm sido:

- Perda significativa e constante de solos férteis, contendo matéria orgânica e fertilizantes, em decorrência principalmente da ação das enxurradas.
- Assoreamento de rios, córregos e lagoas, o que aumenta os riscos da ocorrência de enchentes.

- Piora significativa na qualidade das águas consumida pelos moradores e animais na propriedade rural. A alta carga de sedimentos jogada nesses cursos d'água contribui para um aumento de sua turbidez e da concentração de sólidos em suspensão.
- Efeitos negativos e distúrbios na vida aquática, principalmente a redução na transparência da água e menor presença da luz solar nos corpos d'água.
- Redução na recarga dos lençóis freáticos pelo aumento exagerado no volume e na velocidade das enxurradas, que diminuem a infiltração dessas águas nos solos. Aqui é preciso lembrar que a maioria dos solos da bacia é do tipo argiloso, o que significa maior capacidade de retenção das águas. Em consequência, ocorre menor infiltração das mesmas nas camadas mais profundas dos solos. Portanto, o efeito combinado de relevo muito acidentado, atividades antrópicas e especialmente desmatamento indiscriminado nas últimas décadas contribuiu para que a bacia fosse considerada em “estado crítico” do ponto de vista da erosão.

### **DESCARGA DE SUBSTÂNCIAS EUTROFIZANTES NOS CORPOS D'ÁGUA**

A eutrofização é um fenômeno que provoca a fertilização excessiva das águas dos rios, córregos, represas e lagoas diante da descarga contínua de várias substâncias nutritivas que vão alimentar os organismos aquáticos, as algas e peixes. Entre essas substâncias estão os nutrientes fósforo e nitrogênio. Entretanto, essa superfertilização piora a qualidade das águas ao provocar um crescimento exagerado de organismos como as bactérias, que, reproduzindo-se de maneira explosiva, passam a consumir grande parte do oxigênio ali presente.

Uma das principais causas dessa superfertilização dos corpos d'água tem sido o consumo indiscriminado e abusivo de fertilizantes, especialmente o NPK-4.14.8 (4% nitrogênio, 14% fósforo, 8% potássio). Aplicados em larga escala nas culturas visando aumento da fertilidade dos solos e produtividade dos plantios, os fertilizantes não contribuem para aumentar a matéria orgânica do solo (húmus) nem do seu capital de micronutrientes (Cd, Zn, Cu, Mn, Co etc.). Essa “alimentação suplementar” cria uma dependência frustrante a longo prazo: há cada vez maior necessidade de consumo desses produtos. Isso ocorre principalmente para compensar a perda de fertilizantes pela ação das enxurradas, que transportam as partículas de nutrientes e do solo para os corpos d'água mais próximos, onde ocorre a superfertilização. A topografia acidentada só facilita esse carregamento.

### **DESPEJO CONSTANTE DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS PERSISTENTES NOS SOLOS E NOS CORPOS D'ÁGUA**

Agrotóxicos são substâncias químicas, tóxicas em sua grande maioria, aplicadas pelos agricultores para proteger suas plantações de pragas ou ervas daninhas ou para combater pequenos predadores em suas culturas ou propriedades. Entre os principais agrotóxicos estão os inseticidas, os herbicidas, os fungicidas, os formicidas, os raticidas e os carrapaticidas.

Embora não se possa afirmar que ocorra um alto consumo de agrotóxicos na bacia, ainda assim seus efeitos nocivos ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores podem ser observados. Persistentes no meio ambiente por vários anos, os agrotóxicos nem sempre produzem efeitos imediatos, como nos casos mais comuns de acidentes com trabalhadores rurais. Às vezes esses produtos acumulam-se no organismo humano por longos períodos, vindo a causar efeitos danosos muitos anos após sua ingestão.

As principais causas de acidentes com agrotóxicos têm sido:

- O baixo grau de instrução dos trabalhadores que manuseiam e aplicam esses produtos.
- A aplicação é feita sem a necessária orientação, uma vez que só a leitura da embalagem não é suficiente para se fazer o trabalho com a segurança devida. Assim, não são obedecidos alguns requisitos básicos como dosagens recomendadas, uso de equipamento de proteção individual, presença de sol forte e ventos etc.
- A estocagem desses produtos tem sido feita em lugares inadequados, como cozinhas, quartos de dormir etc.
- As embalagens, depois de usadas, são atiradas nos solos e até mesmo nos corpos d'água e, em muitos casos, reutilizadas como recipientes em casas, fazendas e bares.
- A grande maioria dos agricultores desconhece o que é período de carência de um produto químico, o que os leva a fazer a colheita ainda dentro do período ativo do mesmo.

Os dados do Censo Agropecuário de 1985 mostram que o município de Antônio Dias, cuja produtividade agrícola está entre as menores da região, se coloca entre aqueles que mais consomem os chamados defensivos agrícolas. Isso pode ser explicado provavelmente pela ocorrência de enormes áreas cobertas com monocultura de eucalipto e pela presença mais recente da cultura de tomate nesse município, como observado em nossa pesquisa de campo na sub-bacia do Ribeirão Severo. Medições realizadas pelo Cetec em 1988 nesse curso d'água constataram que os níveis de pesticidas estão acima dos padrões técnicos aceitáveis. Como já mencionado, os plantios de eucalipto consomem grande quantidade de fertilizantes e pesticidas, especialmente o formicida Mirex, que é persistente no meio ambiente (solos e águas) por vários anos.

Observações de campo nos três maiores municípios produtores de tomate da bacia (Iapu, Caratinga e Antônio Dias) mostraram que o consumo de pesticidas nesses plantios é indiscriminado, abusivo e sem nenhum tipo de controle por órgãos de fiscalização. Além disso, a estocagem dos pesticidas e o descarte de suas embalagens são feitos de forma totalmente inadequada. Comumente os trabalhadores dormem em barracos improvisados, junto aos sacos de fertilizantes e caixas de pesticidas.

## **QUEIMADAS**

A queimada ainda é uma prática corrente na região, apesar de recentemente estar havendo um aumento das restrições com a nova legislação e a fiscalização da Polícia

Florestal, especialmente nas propriedades localizadas mais próximas aos centros urbanos. Infelizmente, a queimada é uma tradição secular muito difícil de ser abandonada, mesmo pela chamada “agricultura moderna” praticada pelas empresas reflorestadoras de eucalipto. Assim como “deixar a terra descansar” não faz parte de seus planos de trabalho, os agricultores locais não vêem a queimada como um problema e sim como uma alternativa. A falta de capital de giro, as dificuldades com mão-de-obra, a falta de garantia de preços mínimos fazem com que, principalmente os pequenos agricultores, adotem práticas agrícolas de menor custo e, infelizmente, predatórias.

O baixo nível educacional e a falta de conhecimento a respeito de práticas simples de conservação levam-nos a praticar uma frágil agricultura de subsistência. Nela, a baixa produtividade convive com o uso rotineiro do fogo.

Além de perigosa, a prática da queimada é mais prejudicial do que benéfica aos solos. Quando da queima, há, é verdade, uma boa liberação de nutrientes nos solos, mas ocorre também uma perda enorme dos nutrientes que não ficam retidos na superfície dos solos em razão de sua volatilização. Após a queima os solos ficam muito mais expostos e sua fertilidade ameaçada. A alta temperatura do fogo tem um efeito destruidor sobre a vida microbiológica dos solos, fundamental para a estabilidade e a manutenção da fertilidade dos mesmos.

### **IMPACTOS DA PECUÁRIA**

A quase totalidade das propriedades rurais da bacia (pequenas, médias ou grandes) trabalha com criação de gado, seja de leite ou corte.

Dois são os principais problemas ambientais advindos das atividades pecuárias:

- O excessivo pisoteio do gado numa determinada área pode contribuir para uma compactação do solo e a iniciação de focos de erosão. Infelizmente, especialmente no período da seca, dada a escassez de pastagens em boas condições, o rebanho é colocado em áreas reduzidas, ocorrendo superpopulação. Dados do Censo Agropecuário do IBGE mostram que de 1970 a 1993 o rebanho bovino nos municípios da bacia teve sua população dobrada, o que certamente tem implicações ambientais significativas, mesmo considerando que as áreas com as pastagens tenham também aumentado no período (embora em proporção muito menor). Não deixamos de considerar aqui a introdução das capineiras, principalmente nas propriedades de médio porte, no regime de semiconfinamento do gado leiteiro. Um problema mais recente observado pelos extensionistas rurais da região é o empobrecimento das pastagens. Esse problema está associado ao manejo inadequado e à falta de investimento em programas de recuperação de pastagens, que, assim como as culturas, exigem cuidados e manutenção.
- A contaminação microbiológica (estreptococos e coliformes fecais) dos corpos d'água ou do próprio leite quando as condições mínimas de higiene não são observadas, especialmente no caso de ordenha manual feita em currais não cimentados.

## **MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE NA BACIA DO RIO PIRACICABA**

Serão discutidos neste item alguns aspectos referentes aos impactos da mineração sobre o meio ambiente.

No item 7.5.1 serão discutidos os principais impactos ambientais causados pela mineração, e no item seguinte tal discussão é estendida e especificada para a bacia do Rio Piracicaba (BRP). Nesse item também são discutidas as principais medidas de controle ambiental aplicáveis à BRP, e no item 7.5.3 são analisados os papéis do Poder Público e outros instrumentos externos de pressão, também em relação ao controle ambiental. Finalmente, procura-se sintetizar, no item 7.5.4, os principais aspectos discutidos, tendo como referência a necessidade de relacionar a atividade de mineração e o meio ambiente na BRP dentro de uma visão de desenvolvimento sustentável, o que necessariamente deve envolver uma visão interdisciplinar da questão ambiental.

### **IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO**

Os impactos ambientais da mineração dependem principalmente da localização geográfica, do condicionamento geológico da mina, do tipo de substância mineral explorada, do porte do empreendimento, do volume de minério lavrado e beneficiado, do tipo de exploração e da tecnologia utilizada. Há que se destacar ainda que o desenvolvimento contínuo das atividades mineradoras implica a acumulação sucessiva de impactos ambientais sobre o meio ambiente, que tem uma capacidade limitada de absorvê-los. Esse aspecto constitui objeto de maior preocupação ao se constatar que, anteriormente à década de 1980, a preservação do meio ambiente era uma questão incipiente ou mesmo inexistente no processo de decisão de investimento das empresas, e a legislação brasileira não a abordava adequadamente.

A bacia do Rio Piracicaba é caracterizada pela presença de grandes reservas minerais que têm sido exploradas intensivamente, provocando uma série de impactos ambientais sobre o meio ambiente. Os diferentes tipos de minérios explorados na região apresentam especificidades que os tornam potencialmente mais ou menos poluidores. Minérios como areia e calcário, amplamente utilizados na indústria de construção civil, são comercialmente inviáveis se extraídos em áreas muito distantes do local de consumo em função do grande peso do fator transporte nos seus custos finais. Dessa forma, a lavra deve preferencialmente se localizar próxima aos centros urbanos, o qual estaria sujeito a problemas característicos da lavra dessas substâncias, como detonações, poluição atmosférica, desfiguração de paisagem etc.

A exploração e beneficiamento de materiais ferrosos, como minério de ferro e ouro, implica impactos decorrentes da grande formação de rejeitos e estéril (o que está relacionado ao teor do minério), e o seu conseqüente acondicionamento em locais e condições que o mantenham afastados do contato com água e ar. As etapas de lavra e beneficiamento de minério de ferro originam rejeitos finos que necessitam de tratamento antes de entrarem em contato com o meio ambiente (por exemplo, barragens de decantação). O ouro primário, por sua vez, pode ter um tipo de tratamento em que

receba reagentes químicos e orgânicos, os quais originarão rejeitos prejudiciais ao meio ambiente, como o cianeto; na obtenção do ouro aluvionar, pode-se empregar substâncias altamente tóxicas, como por exemplo o mercúrio.

O porte do empreendimento também condiciona a magnitude dos seus impactos ambientais. Uma lavra de grande porte tem um grande potencial de degradar o meio ambiente, pois a apropriação dos recursos naturais, como a água e o solo, é mais intensa. Entretanto, caso se fizesse uma relação entre, por exemplo, poluentes gerados e volume de minério produzido, as pequenas mineradoras poderiam tender a apresentar impactos relativos muito maiores. Tais impactos, apesar de serem aparentemente pouco significativos se comparados ao volume total de poluentes gerados pelas grandes mineradoras, refletem maior dificuldade operacional e financeira por parte das pequenas mineradoras em incorporar custos relacionados à proteção ambiental em seus custos totais de produção e mesmo uma visão distorcida do alcance social da atividade econômica empreendida.

Os impactos ambientais da mineração, principalmente sobre os recursos hídricos, variam conforme o tipo de lavra e a tecnologia utilizada. Existem basicamente quatro tipos de lavras: dragagem, subterrânea, céu aberto e mista.

- **Dragagem.** Implica impactos como a alteração da morfologia dos leitos dos corpos d'água, tornando-os mais turvos e assoreados, lançamento de rejeitos e estéréis nos recursos hídricos, desmatamento de matas ciliares para a instalação da estrutura física do empreendimento (tornando as margens suscetíveis à erosão), perda da potabilidade da água, poluição química, entre outros impactos.
- **Subterrânea.** Nesse tipo de exploração, o contato com o meio externo é menor, diminuindo a magnitude de impactos decorrentes da poluição visual, desmatamentos e poluição do ar. Na exploração subterrânea, o estéril pode ser transportado para o subsolo, onde será acondicionado (*backfill*). Nesse caso, porém, caso o acondicionamento seja feito de forma inadequada, haverá risco de vazamento de materiais estéréis para os lençóis d'água subterrâneos, gerando assim uma forma de contaminação de difícil reversão. Via de regra, são característicos da exploração subterrânea impactos sobre os recursos hídricos, como incremento da turbidez, lançamento de sólidos sedimentáveis e sólidos dissolvidos e, em alguns casos, modificações de pH, incremento de metais, sulfetos, arsênio, dependendo da mineralogia. Tais impactos são principalmente derivados do arraste de partículas finas das áreas de acesso por água pluvial, solubilização do estéril pelo contato com o sistema ar/água.
- **Céu Aberto.** Contato permanente de cargas poluidoras com o ar, água e solo, sendo assim possível a formação de vários tipos de impactos ambientais, principalmente em termos de poluição do ar em virtude do arraste eólico e por água pluvial de partículas finas das áreas decapeadas (mina, estradas, depósito de estéril e pátios) e também o contato do ambiente, principalmente os recursos hídricos, com produtos químicos e rejeitos da mineração. As alterações de parâmetros de qualidade ambiental dos recursos hídricos característi-

cas da exploração a céu aberto são o incremento da turbidez, sólidos sedimentáveis, pH e outros compostos, dependendo de mineralogia.

- **Mista.** Corresponde a uma combinação das explorações subterrânea e a céu aberto. O tipo de exploração mais comum na bacia do Rio Piracicaba é a de céu aberto. As exceções são a mina subterrânea de ouro e prata da São Bento, em Santa Bárbara, e de esmeralda, em áreas garimpeiras de Nova Era; exploração mista de manganês pela Samitri e exploração de ouro por dragagem pela Cooperativa Regional dos Garimpeiros e Pedristas do Rio Piracicaba, no município de Rio Piracicaba.

Em virtude da importância da exploração de minério de ferro na bacia, será detalhada, a seguir, a tecnologia utilizada na produção de minério de ferro, que corresponde às etapas de *lavra* (ou produção bruta) e *beneficiamento* (ou produção beneficiada)<sup>36</sup>.

Na etapa de lavra, o minério é extraído do subsolo, assim como é removida parte dos materiais estéréis. As lavras de minério de ferro na bacia do Rio Piracicaba são realizadas a céu aberto e envolvem dois tipos de operações: perfuração/desmonte e carregamento/transporte.

- **Perfuração/desmonte.** Através da utilização de equipamentos de percussão e rotação, são feitos furos nos maciços de rocha de minério para a colocação de explosivos (desmonte). O recurso mineral, assim, é explotado do subsolo.
- **Carregamento/transporte.** O material desmontado é carregado, através de equipamentos de escavação, em um sistema de transporte que o conduza até a usina de tratamento. Na BRP são utilizados como transporte caminhões e correias transportadoras.

Na etapa de beneficiamento, os minérios lavrados têm suas condições de composição ou de forma modificadas, formando uma concentração de minério utilizável comercialmente. Essa etapa compreende basicamente quatro atividades: fragmentação ou cominuição, separação por tamanho, concentração, espessamento e filtragem.

- **Fragmentação ou cominuição.** Consiste na utilização de equipamentos mecânicos para fragmentar o minério de modo a ser utilizado nos processos seguintes. Essa atividade compreende operações de britagem (que pode ser primária, secundária, terciária ou quartenária, em que o minério vai sendo seqüencialmente reduzido) e moagem a seco ou a úmido (última etapa de fragmentação do minério).
- **Separação por tamanho.** A separação por tamanho é “... intercalada entre as etapas do circuito de fragmentação para evitar a sobrequeda de partículas já nas dimensões desejadas para o produto de um dado estágio, com benefícios de consumo de energia, redução de material alimentado e menor produção de superfinos” (Cemig, 1993). Através de peneiras espirais e hidrociclo-

<sup>36</sup>O detalhamento dos processos de produção de minério de ferro descritos neste item foi realizado com base no trabalho “Uso de energia em mineração de minério de ferro em Minas Gerais”, publicado pela Cemig em 1993.

nes, é feita a separação por tamanho nas etapas de britagem e por classificação nas etapas de moagem.

- **Concentração.** A concentração do minério pode ser feita por flotação (utilizada para minérios que exigem moagem fina), por densidade (minérios que exigem moagem grossa) e por concentração magnética.
- **Espessamento e filtragem.** Consiste na separação de sólidos e líquidos envolvidos no tratamento do minério, sendo que o espessamento ocorre através de sedimentação e a filtragem corresponde à utilização de um meio poroso para filtrar o líquido contido em uma determinada massa sólida.

A Tabela 7.28, elaborada pelo Ibram (1992, p. 23), resume os parâmetros de qualidade da água afetados e as causas dos impactos, segundo algumas etapas de beneficiamento de minério de ferro.

Conforme exposto até o momento, os impactos mais significativos da mineração ocorrem sobre os recursos hídricos. A fim de ilustrar tal afirmação, a Tabela 7.29 apresenta um quadro genérico do potencial poluidor da mineração segundo os principais produtos explorados na bacia do Rio Piracicaba, identificando os principais parâmetros de qualidade da água afetados e a presença de metais pesados<sup>37</sup>.

A Tabela 7.29 contém informações genéricas, visto que o potencial poluidor das substâncias minerais depende de vários fatores, entre os quais se destacam o tipo, a intensidade de exploração, a localização da mina, a forma em que a substância mineral se encontra no subsolo e a utilização de tecnologia, equipamentos e produtos químicos que se diferenciam segundo as minas e os minérios.

**TABELA 7.28**

**PARÂMETROS AMBIENTAIS AFETADOS NA ETAPA DE BENEFICIAMENTO SEGUNDO O TIPO E ATIVIDADE DA EXPLORAÇÃO MINERAL NA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS**

TIPO DE ATIVIDADE MINERATÓRIA	CAUSA DO IMPACTO	PARÂMETRO AFETADO
Classificação, cominuição e cata manual	Carreamento do rejeito por água pluvial (quando não há utilização de água industrial)	Incremento de turbidez, sólidos sedimentáveis; outros compostos dependem da mineralogia.
Classificação, cominuição, concentração magnética e eletrostática	Lançamento de rejeitos sob a forma de polpa nos cursos d'água.	Aumento de turbidez e sólidos sedimentáveis. Pelo tempo de contato entre minério e água pode ocorrer solubilização de minerais.
Flotação e desaguamento	Lançamento de rejeitos sob a forma de polpa nos cursos d'água com insumos químicos incorporados.	Aumento de turbidez e sólidos sedimentáveis. Possibilidade de solubilidade de minerais. Presença de coletores, depressores, moduladores de

Fonte: Ibram, 1992, p. 24.

<sup>37</sup>Vide Deliberação Normativa nº 010/86, de 16 de dezembro de 1986, do Copam, que estabelece normas e padrões para a qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas e dá outras providências.

O crescimento e a intensidade da exploração na BRP, e os seus consequentes impactos sobre o meio ambiente, dependem também da estratégia de crescimento das empresas e do potencial de crescimento da demanda pelas substâncias minerais e das reservas do minério presentes na mina.

A atuação das empresas de extração de minerais em outras áreas geográficas que oferecem vantagens comparativas relacionadas a menores custos de produção (maior teor de minério, facilidade de transporte, entre outros) pode ou não significar uma redução de atividades em áreas antigas. Para que isso ocorra, dependerá dos limites impostos pelo mercado, do tempo de exaustão das minas e dos diferenciais de custo de produção.

Ainda em relação aos impactos da atividade mineradora, alguns comentários devem ser reservados aos impactos decorrentes da escassez de recursos minerais e às perdas energéticas. Os impactos ambientais de escassez devem ser entendidos principalmente como um problema intertemporal e intergeracional, visto que a redução do estoque de minérios representa uma perda de fluxos de bem-estar para as gerações futuras.

As medições físicas de escassez baseiam-se em estimativas geológicas de reservas e de níveis de demanda. Embora essas estimativas de reservas estejam em constante revisão face à descoberta de novas reservas, à reavaliação das reservas já conhecidas ou mesmo à manipulação de informações sobre reservas por parte das empresas detentoras dos direitos de pesquisa e lavra, uma pesquisa geológica mais acurada em uma área como a BRP aumentaria o nível de certeza sobre a quantidade de recursos minerais disponíveis e dessa forma possibilitaria a construção de indicadores de exaustão com uma boa possibilidade de exatidão.

Além dos problemas relacionados à exaustibilidade crescente de recursos minerais, há que se considerar também o “estoque” acumulado de impactos ambientais durante o tempo de exploração. De fato, conquanto a escassez de determinado recurso mineral constitua um custo ambiental de natureza intertemporal e intergeracional, a exploração através dos anos em uma área representa o acúmulo contínuo de elementos altamente impactantes e diminutivos do “valor” de recursos naturais (água, florestas etc.), de forma que se pode traçar uma relação direta entre impactos de poluição e de exaustão. Embora o maior controle dos impactos ambientais de escassez e de poluição em tempos mais recentes possa amenizar os impactos atuais decorrentes da exploração mineral, em virtude tanto do desenvolvimento de tecnologias produtivas, substitutos de matéria-primas minerais e técnicas menos impactantes do meio ambiente quanto da efetivação de políticas de controle e proteção ambiental, os impactos gerados em períodos precedentes, quando os fatores amenizadores eram menos relevantes (ou inexistentes), constituem um estoque acumulado indesejavelmente no meio ambiente, o qual terá uma capacidade restrita ou nula de absorvê-los através dos anos.

Os impactos ambientais decorrentes da perda de energia na mineração podem ser definidos, para efeito de análise aqui desenvolvida, a partir da ocorrência de *efeitos locais* e *efeitos globais*. Os efeitos locais podem ser definidos como aqueles que afetam de forma mais tangível o meio ambiente local, envolvendo aspectos como a poluição hídrica causada pelo escoamento de óleos e graxas da maquinaria utilizada na

mina e pela má qualidade do ar respirado pelos trabalhadores da mina e populações adjacentes devido à combustão de derivados de petróleo e poeiras e minérios em suspensão. Tais efeitos podem ser minimizados através da adoção de tecnologias e/ou técnicas como, por exemplo, a construção de caixas separadoras de óleos e graxas, a manutenção periódica das máquinas utilizadas no processo produtivo, a adoção de técnicas combinadas e apropriadas às especificidades de cada mina ou processos mais modernos de tratamento químico de minérios.

**TABELA 7.29**  
**POTENCIAL POLUIDOR DA MINERAÇÃO COM RELAÇÃO À QUALIDADE**  
**DAS ÁGUAS SEGUNDO ALGUMAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS**

PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA	SUBSTÂNCIAS MINERAIS					
	FERRO	OURO PRIMÁRIO	OURO ALUVIONAR	CALCÁRIO	AREIA	CAULIM
Sólidos em suspensão e sedimentáveis	x	x	x	x	x	x
Turbidez	x	x	x	x	x	x
Acidez (pH)	x	x	x	x	x	x
Condutividade elétrica	x	x	x	x	x	x
Oxigênio Dissolvido (OD)	x	x	x	x	x	x
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	x	-	x	x	x	x
Coliformes fecais	x	x	x	x	x	x
Óleos e graxas	x	x	x	x	x	x
Amônia	x	x	x	x	x	x
Arsênio	-	x	-	-	-	-
Cálcio	x	x	x	x	x	x
Cianeto	-	x	x	-	-	-
Cloreto	-	-	x	-	-	-
Ferro	x	x	x	x	x	x
Magnésio	x	x	x	x	x	x
Manganês	x	x	-	-	-	-
Nitrito	-	-	x	-	-	x
Sódio	-	x	-	-	-	x
Zinco	-	x	-	-	-	-
Mercúrio	-	-	x	-	-	-
Nitrato	-	-	x	x	-	x
Alcalinidade	-	-	-	x	-	-
Lençol Freático	x	x	x	x	x	x

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

Os efeitos globais, como o aquecimento da superfície terrestre (efeito estufa) e a perda de biodiversidade, embora diretamente relacionados aos efeitos locais, são muito difíceis de serem incorporados ao valor do produto final e possuem a característica de afetar vários ambientes ou mesmo todo o meio ambiente terrestre. Em relação à utilização de energia no processo produtivo, se por um lado um determinado bem produzido pode ser considerado um *quantum* de energia estocada, por outro o processo utilizado para a obtenção desse produto implica a perda de um outro *quantum* de energia sob a forma de calor. Essa parcela de energia ou resíduos materiais não aproveitados no processo produtivo é devolvida ao meio ambiente (aumentando sua entropia) de forma degradada.

Embora não existam grandes perspectivas quanto à utilização de formas energéticas alternativas ou de técnicas mais eficientes na produção de minério de ferro (Cemig, 1993) — e por mais que se argumente que o consumo energético na mineração de minério de ferro é consideravelmente mais baixo do que na mineração de outros metais, como alumínio e zinco —, há que se pensar em formas mais eficientes de utilização de insumos energéticos, tendo também em vista problemas já detectados quanto ao abastecimento energético do país nos próximos anos.

## **PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO NA BACIA DO RIO PIRACICABA E MEDIDAS DE CONTROLE DE POLUENTES**

Os principais impactos ambientais nas etapas de lavra e beneficiamento da mineração na bacia do Rio Piracicaba, verificados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (Feam), estão enumerados a seguir.

- Lançamento de rejeitos/efluentes líquidos e sólidos em cursos d'água (óleos, amônia, graxas, arsênio, cálcio, cianeto, mercúrio, nitrato, partículas de ferro, manganês e zinco, entre outras);
- Comprometimento de nascentes e mananciais (fontes de abastecimento de água potável);
- Assoreamento e aumento da turbidez de cursos d'água;
- Erosão e degradação do solo;
- Remoção de solos orgânicos e de áreas de vegetação nativa ou áreas remanescentes de Mata Atlântica e áreas de proteção ambiental (Serra do Caraça e APA Sul);
- Poluição atmosférica (gases e poeiras);
- Poluição visual e perda da paisagem natural;
- Geração de ruído e vibrações (detonações, uso de maquinaria pesada, deslocamento de veículos);
- Perda ou comprometimento de bens de valor histórico e cultural;
- Alterações microclimáticas e desestabilização de terrenos minerados (“subsistência”);

- Prejuízos à saúde de populações que consomem água contaminada ou residem proximamente a áreas mineradas.

Observa-se que um impacto está associado diretamente à perda de um benefício potencial. Por exemplo, a remoção de solo orgânico (dentre outros impactos) implica a perda do potencial agrícola da terra, a poluição visual implica a perda de potencial turístico, a remoção de áreas de vegetação nativa implica a diminuição do potencial de biodiversidade regional e a contaminação química da água utilizada para consumo reduz a capacidade de trabalho do ser humano (menor produtividade da força de trabalho).

A produção das substâncias mais importantes da BRP (ferro e ouro) concentram-se nas grandes empresas, cabendo às pequenas um menor volume de produção de ferro e de outras substâncias, como dolomito, areia e gnaíse. A concentração das usinas de beneficiamento pelas grandes empresas que exploram minério de ferro e ouro permite a centralização nessas empresas de impactos ambientais característicos dessa etapa da produção, principalmente os relacionados à poluição química (por exemplo, o cianeto utilizado no tratamento do ouro).

Além da concentração da atividade no espaço geográfico, as características microlocais (topografia, drenagem, proximidade de cursos d'água, proximidade de centros urbanos, entre outras) também irão determinar a magnitude dos impactos ambientais da mineração na bacia. Um primeiro aspecto importante é a caracterização física da área. Em termos de topografia, a conformação montanhosa das áreas mineradas na BRP aumenta o carreamento de sedimentos pelo sistema de drenagem devido à má disposição dos rejeitos da mineração, fator esse agravado pela existência de vales favoráveis à sua retenção ou de rios e nascentes que constituem fonte de alimentação e saúde para as espécies vivas. Além disso, são freqüentemente constatados na BRP graves problemas decorrentes de remoção irregular da cobertura vegetal, descaracterização do relevo na área de lavra, poluição sonora e atmosférica, alteração no sistema de drenagem natural, supressão de habitats da fauna, comprometimento da vegetação em torno da mata que margeia a lagoa de rejeitos.

A mineração pode ter um alto potencial de impacto em áreas que apresentam bens de valor histórico e cultural, como ruínas e sítios arqueológicos (municípios de Santa Bárbara e Barão de Cocais), ou de valor ecológico, como o Parque do Caraça, em Santa Bárbara. Especificamente em relação ao primeiro caso, pode-se citar a existência de atividades mineratórias de ferro na região da serra do Gongo Soco, em Barão de Cocais, situada em uma área de valor histórico (edificações da fazenda Gongo Soco, datada do século XVIII, e do cemitério e instalações industriais da Brazilian Mining Association, empresa inglesa que atuava no local no século passado). Em 1992, técnicos da Feam verificaram que uma empresa atuante na área executava determinadas atividades sem licença de operação, colocando em risco o patrimônio histórico local.

Nesse mesmo local, caracterizado pelo relevo montanhoso, foram constatados diversos problemas de poluição e efeitos adversos à biota nativa, às plantas cultivadas e à criação de animais na região. No ano seguinte (1993), em consequência de uma

denúncia da Promotoria de Justiça de Barão de Cocais ao Ministério Público, foi realizada uma fiscalização pela Polícia Militar em comunidades próximas ao empreendimento, constatando-se a ocorrência de graves problemas de poluição hídrica no Rio Socorro e Ribeirão Inhamé, os quais apresentavam excesso de óleos e graxas e outras substâncias provenientes da mineração. Além disso, o acúmulo de rejeitos nos rios tornavam seus leitos mais rasos, contribuindo para problemas de enchente e contato de cargas poluidoras com comunidades humanas locais. A fiscalização concluiu que não havia no local, àquela data, um sistema de controle eficaz de suas áreas geradoras de sedimentos, apesar de a empresa ter apresentado RCA/PCA ao Copam.

O exemplo acima é apenas representativo de uma série de outros problemas de poluição hídrica já constatados na região, principalmente nos municípios de Santa Bárbara, Barão de Cocais e Rio Piracicaba, em termos de assoreamento e aumento da turbidez de corpos d'água (responsáveis pelo abastecimento de vários núcleos populacionais) com partículas sólidas e emissão de efluentes líquidos (NaOH, HNO<sub>3</sub>, NaCN, óleos e graxas e esgoto normal).

Outro aspecto importante em termos de localização da atividade refere-se à densidade populacional da área, ou seja, a proximidade de núcleos populacionais à área de lavra e as consequentes modificações na qualidade de vida local ou a locação da lavra em áreas isoladas e de baixa densidade populacional. No primeiro caso, cita-se como exemplo a cidade de Itabira, em cujas montanhas circunvizinhas há exploração de minério de ferro e ouro pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). A poluição visual e a descaracterização da paisagem contribuem para tornar o ambiente mais inóspito, mesmo que esse impacto possa parcialmente ser reduzido com a incorporação pelas novas gerações da imagem do novo perfil topográfico das serras exploradas. O clima úmido e chuvoso e os ventos facilitam a dispersão de partículas em suspensão, colocando em risco a saúde da população e, juntamente com a supressão da cobertura vegetal, alteram o microclima próprio da área. Por fim, deve-se considerar ainda como impacto fundamental para a população local a previsão de encerramento das atividades da CVRD na cidade entre os anos de 2020 e 2030 devido à exaustão econômica de suas minas, o que coloca em questão a necessidade de se investir na diversificação de sua base econômica.

A CVRD começou a implantar programas de controle ambiental em suas minas na BRP, principalmente em Itabira, 40 anos após o início de sua operação. A primeira iniciativa da CVRD nessa área ocorreu durante o planejamento da exploração de Carajás, após o encontro do Grupo de Estudos e Consultoria em Meio Ambiente, e com a criação da Comissão Interna de Meio Ambiente, recomendada pelo Geamam, depois de 1981. Mas o grande marco na estratégia da CVRD em Itabira em relação à questão ambiental foi a ação civil pública contra a companhia, denunciando a poluição atmosférica. Essa ação, encaminhada ao Ministério Público, induziu a empresa a adotar medidas de controle ambiental. Em resposta a essa pressão, foi criada pela empresa a Campanha Permanente de Combate à Poluição, mas somente em 1993 foi feito um acordo entre a CVRD e o Ministério Público, quando a companhia se comprometeu a implantar o Programa de Recuperação das Áreas Degradadas.

As ações mais importantes da CVRD na área ambiental são os Programas de Controle Ambiental, que atuam no monitoramento dos fatores ambientais, implantam medidas mitigadoras de impactos e são responsáveis pela recuperação de áreas degradadas. O Programa de Monitoramento abrange o acompanhamento da qualidade do ar, das condições meteorológicas e da qualidade da água. O monitoramento da qualidade da água é realizado desde 1992, através de 12 estações de coleta localizadas na cidade de Itabira. As medidas mitigadoras de impacto abrangem o controle de estéril, do rejeito, dos efluentes líquidos e da emissão de particulados. Porém, mesmo com a adoção do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas, ainda são visíveis os grandes problemas ambientais gerados pela empresa.

Às características de poluição decorrentes da rigidez locacional da área de mineração pode-se adicionar alguns tipos de impactos ambientais decorrentes das características específicas do minério explotado e das características do processo de produção. No caso do minério de ferro, o fato de a substância ser mais friável, como é o caso do minério extraído da Serra do Capanema, torna desnecessária a utilização de explosivos, sendo o desmonte realizado por escavadeiras. Reduzem-se, assim, os impactos decorrentes da utilização de explosivos, mas aumentam as possibilidades de impactos decorrentes da utilização de escavadeiras (consumo de combustível, poluição hídrica decorrente do uso de óleos e graxas). Da mesma forma, pode-se relacionar maior teor de ferro a uma menor quantidade de rejeitos gerados em relação a um determinado *quantum* de minério produzido, como é o caso da Samitri, em Mariana e, inversamente, os rejeitos produzidos pela Samarco também em Mariana (mina economicamente já exaurida).

Tendo em vista o exposto até o momento, pode-se definir a poluição hídrica causada pela mineração como um dos mais importantes problemas ambientais da BRP. De fato, as principais áreas de mineração na BRP estão localizadas nas cabeceiras do Rio Piracicaba e de dois de seus principais afluentes, o Rio Santa Bárbara e o Rio do Peixe. Essa característica locacional faz com que os efeitos da mineração sobre a qualidade da água do Rio Piracicaba sejam sentidos em quase todo o seu percurso, e a magnitude desse efeito dependerá da capacidade do rio em depurar e melhorar a qualidade da água (graças à presença no rio de elementos que neutralizam os efluentes químicos emitidos pela mineração, como alguns tipos de algas), da existência de uma infra-estrutura de proteção ambiental como barragens capazes de conter partículas sólidas transportadas pela água.

Assim, os efeitos da mineração sobre a qualidade da água do Rio Piracicaba podem ser observados em praticamente todos os pontos de coleta de amostras ao longo do rio. Entre esses pontos, pode-se destacar quatro em que a mineração é mais intensa:

- **Ponto 2:** Santa Rita Durão, a jusante da Samitri e Samarco e garimpos de ouro;
- **Ponto 4:** Santa Bárbara, a jusante de empresas mineradoras e garimpos de ouro em Santa Bárbara;
- **Ponto 6a:** Rio Piracicaba, a jusante da Samitri e garimpos de ouro em Rio Piracicaba;

- **Ponto 7:** Rio do Peixe, a jusante da CVRD e da Belmont, em Itabira, e da Garimpo de Capocirana, em Nova Era.

A proximidade dos pontos de coleta em relação às áreas de mineração potencializa os impactos negativos destas sobre os parâmetros de qualidade de água auferidos, o que obviamente também estará relacionado à eficiência das medidas de proteção ambiental adotadas. Por sua vez, a maior distância entre os pontos de coleta e áreas de mineração pode potencializar a capacidade de depuração do rio, o que, do mesmo modo que o primeiro caso, irá depender da infra-estrutura de proteção ambiental adotada.

A mineração de minério de ferro é responsável pelo maior volume físico de minério explorado na região, além de possuir o maior número de minas em atividade, constituindo-se assim no setor que possui maior potencial em gerar impactos ambientais. Além disso, todas as suas minas são a céu aberto, necessitando de várias ações para recuperar as áreas degradadas, como a construção de barragens de contenção para que os rejeitos não sejam conduzidos para o leito dos rios.

A Tabela 7.30 apresenta as minas em atividade, usinas de beneficiamento e barragens de contenção de rejeitos e estéril por município produtor de minério de ferro, ouro e manganês. A construção de barragens de rejeito e de estéril pode minimizar os impactos gerados na fase de extração e beneficiamento. Nota-se pela Tabela 7.30 que o número de barragens das empresas de grande porte em relação ao número total das grandes empresas é maior em termos absolutos e relativos do que o total de barragens das empresas de pequeno porte em relação ao total das pequenas empresas. Se por um lado as grandes mineradoras podem gerar grandes problemas ambientais nas etapas de extração e beneficiamento, por outro lado, com algumas ações, tentam controlar a magnitude desses impactos com investimentos em infra-estrutura.

De forma geral, o nível de poluição identificado nos vários parâmetros da qualidade da água afeta a qualidade de vida da população e compromete vários aspectos da sustentabilidade ambiental. Utilizando o *Levantamento da Poluição Hídrica da Bacia do Rio Piracicaba* (Cetec, 1988), identificam-se como principais impactos decorrentes do comprometimento da qualidade da água na BRP os seguintes aspectos:

- Os sólidos sedimentáveis e dissolvidos de natureza mineral afetam a qualidade estética do rio (turbidez e cor), reduzem a penetração da luz, restringindo a capacidade de fotossíntese do fitoplâncton, inibem o desenvolvimento da fauna e flora aquática, comprometem as águas destinadas ao abastecimento doméstico e industrial e seu uso para recreação. Além disso, promove o assoreamento do leito dos rios.
- A presença de ferro e manganês contribui para o aumento da turbidez da água, gerando impactos sobre a biodiversidade aquática e impondo limites ao uso do recurso hídrico para abastecimento doméstico, industrial e recreação.
- Os óleos e graxas provenientes da atividade mineradora (utilização de maquinário e transporte de minério) causam odor na água para consumo humano e têm alto potencial sobre a destruição da vida aquática.

**TABELA 7.30**  
**MINAS EM ATIVIDADE, USINAS DE BENEFICIAMENTO E BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS E ESTÉRIL**  
**POR MUNICÍPIO PRODUTOR DE MINÉRIO DE FERRO, OURO E MANGANÊS NA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1992)**

MUNICÍPIO	NÚMERO DE MINAS EM ATIVIDADE			NÚMERO DE USINAS DE BENEFICIAMENTO			BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS E ESTÉRIL		
	EMPRESAS DE GRANDE PORTE	EMPRESAS DE PEQUENO PORTE	TOTAL	EMPRESAS DE GRANDE PORTE	EMPRESAS DE PEQUENO PORTE	TOTAL	EMPRESAS DE GRANDE PORTE	EMPRESAS DE PEQUENO PORTE	TOTAL
Santa Bárbara	5	4	9	4	1	5	5	2	7
Itabira	6	0	6	4	0	4	5	0	5
Mariana	4	0	4	4	0	4	3	0	3
Barão de Cocais	3	0	3	3	0	3	1	0	1
Rio Piracicaba	2	3	5	2	0	2	1	0	1
São Gonçalo do Rio Abaixo	3	0	3	1	0	1	1	0	1
São Domingos do Prata	0	2	2	0	2	2	0	0	0
Total	23	9	32	18	3	21	16	2	18

Fonte: Relatórios anuais de lavra do DNPM (1992), *Revista Brasil Mineral* (1994), Fcam (1995), Mascarenhas, 1987.

- A presença de mercúrio está relacionada à atuação dos garimpos, que utilizam a substância no processo de produção do ouro aluvionar. O mercúrio é muito tóxico e compromete a saúde dos garimpeiros e da população que tem alguma relação com o rio.

Finalmente, cumpre fazer alguns comentários sobre os impactos ambientais decorrentes das perdas energéticas da atividade de mineração, intimamente relacionadas às características tecnológicas do processo produtivo e às especificidades das substâncias mineradas.

Em relação ao consumo energético na BRP, o *11º Balanço Energético Estadual*, publicado pela Cemig em 1994, indica que o setor de mineração e pelotização em Minas Gerais apresentou, no ano de 1992, uma das maiores taxas de crescimento anual de consumo final de energia (5,2%), inferior apenas ao crescimento verificado no setor de ferroligas (8,3%) e de cerâmica (7,8%).

Somente a mineração de minério de ferro foi responsável por 76% do consumo de energia do setor de mineração e pelotização no ano de 1988 (Cemig, 1993). Utilizando-se informações de consumo energético das minas da CVRD, em Itabira, e da Samarco e Samitri, em Mariana, as quais respondem, juntas, por 72,83% da produção bruta e 86,81% da produção beneficiada de minério de ferro na bacia do Rio Piracicaba, pode-se constatar que, na fase de lavra, apenas a operação de carregamento e transporte, em que são utilizadas escavadeiras de grande porte, responde por quase metade do total do consumo de óleo diesel nas áreas de mineração de minério de ferro das empresas citadas. O consumo de energia elétrica na fase de lavra representa 22,38% do total de energia consumida no processo produtivo (25,43 Kwh/t), sendo esse valor de 77,61% na fase de tratamento (62,72 KWh/t).

Em relação à fase de tratamento, todas as etapas consomem basicamente energia elétrica. Na etapa de fragmentação ocorre o maior consumo de energia elétrica durante todo o processo produtivo, etapa também caracterizada pela baixa eficiência no aproveitamento de energia. A etapa de separação por tamanho apresenta consumo de eletricidade mais baixo em relação à fragmentação, o mesmo ocorrendo em relação às etapas de concentração e separação.

Observa-se considerável variação de consumo energético entre as minas, o que se justifica pela especificidade dos minérios explorados, que requerem formas diferenciadas de lavra e tratamento. A maior riqueza do minério e as condições de extração (aspectos locais, inclusive) estão diretamente relacionadas às operações de tratamento mais simples. A mina de Alegria (Samitri) é a única que consome mais energia elétrica na fase de lavra do que na fase de tratamento, em razão da riqueza do minério explorado, que não utiliza moinhos durante a etapa de fragmentação (responsáveis pelo maior consumo de eletricidade durante o processo produtivo). Ao contrário, o minério de ferro da mina de Germano, mais pobre, requer a utilização de operações de moagem e concentração. Já o minério produzido pela CVRD em Itabira, embora não utilize moinhos, requer as demais fases de tratamento.

## **CONTROLE AMBIENTAL DA MINERAÇÃO NA BACIA DO RIO PIRACICABA: O PAPEL DO PODER PÚBLICO E INSTRUMENTOS EXTERNOS DE PRESSÃO**

A consolidação dos órgãos estaduais de controle ambiental deu-se ao longo dos anos 80, com a regulamentação do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) e a criação da Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), em 1987. Nesse período, a legislação ambiental federal definiu a política nacional de meio ambiente e criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que, por meio da resolução 001/86, definiu os empreendimentos que necessitariam de licenciamento ambiental e explicitou suas regras de funcionamento. A Constituição de 1988 considera que, ao utilizar os recursos minerais, o empreendedor é obrigado a recuperar o ambiente degradado. É nesse contexto que se desenvolve a relação entre as atividades mineradoras que atuam na bacia do Rio Piracicaba e a Feam.

A análise dessa relação utilizará informações dos processos das mineradoras nessa instituição. Os processos são criados por vários motivos. Entre os mais importantes destacam-se as denúncias da sociedade civil, termos de compromissos e apresentação de relatórios de impacto ambiental ou outros estudos ambientais.

Em relação ao total de processos sobre as atividades desenvolvidas na bacia do Rio Piracicaba, a mineração é a atividade que possui o maior número, participando com 50,46% do total. Destaca-se também a atividade industrial, que possui 26,61% dos processos. A evolução do número de processos do setor mineral foi influenciada pela Resolução Conama 001/86, que tornou obrigatória a realização de estudo ambiental por parte das empresas cujas atividades fossem poluidoras, e pela Constituição de 1988.

Os primeiros processos começaram a ser avaliados pelo Copam no ano de 1980, e em 1986 o número de processos havia aumentado significativamente. Mas foi sobretudo entre 1989 e 1991 que surgiu um grande número de processos. A análise do comportamento das empresas pela Feam está na tabela 7.31.

Em relação ao número de processos por empresa, as empresas de pequeno porte são as que mais possuem processos, no total de 18, e por outro lado apresentam poucos estudos técnicos. Grande parte dos processos dessas empresas consiste de termos de compromisso ou denúncias. Já as empresas de grande porte, principalmente as de extração de ferro, têm vários estudos técnicos de impacto ambiental, demonstrando preocupação em cumprir as normas ambientais existentes, condição fundamental para obter financiamentos externos e ampliar seu mercado a nível internacional.

Nos anos anteriores a 1986 não estavam definidas as atividades que requeriam estudos ambientais, não havendo normas que obrigassem as empresas a elaborar tais estudos. Não é, pois, por outra razão, que os processos que possuem estudo ambiental são posteriores a 1986. Outro fato importante é que as grandes empresas já possuíam suas concessões de lavra antes de 1986, não tendo sido obrigadas a apresentar esses estudos, a não ser através da exigência do órgão estadual do meio ambiente.

A presença do garimpo é significativa na região, podendo-se inferir que apenas uma pequena parcela tem processos junto à Feam, mesmo não possuindo o direito

de lavra garimpeira concedido pelo DNPM. No total de 12 garimpos com processos na Feam, quatro são cooperativas de garimpeiros. Do total dos garimpos, oito possuem Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), mesmo não possuindo permissão garimpeira. A maioria dos garimpos é de ouro aluvionar, existindo também garimpos de esmeralda, onde atua a COPNERA, e garimpo de alexandrita.

**TABELA 7.31**  
**PROCESSOS NA FEAM SEGUNDO PORTE DA EMPRESA MINERADORA**  
**NA BACIA DO RIO PIRACICABA, MINAS GERAIS (1995)**

PROCESSOS	PRAD	EIA/RI	RCA / PCA	POR EMPRESA					TOTAL DE PRO- CESSOS
				EXTRA- ÇÃO DE AREIA	EXTRA- ÇÃO DE FERRO	EXTRAÇÃO DE PEDRAS PRECIOSAS	EXTRA- ÇÃO DE OURO	TOTAL*	
Empresas de grande porte	5	2	6	1	7	-	2	10	21
Empresas de pequeno porte	2	1	4	6	6	5	1	18	20
Garimpo	8	1	0	-	-	3	9	12	12

Fonte: Feam, 1995.

\*Uma empresa pode ter mais de um processo por atuar em municípios diferentes.

Pode-se considerar que o número de processos das empresas mineradoras é muito menor do que o número das empresas que atuam na região. A falta de estrutura do órgão ambiental para fiscalizar as empresas mineradoras contribui para que sérios problemas ambientais gerados por essa atividade ocorram na região de estudo.

Além da atuação do Poder Público através de órgãos ambientais, pode-se relacionar vários outros fatores que pressionam as empresas a adotar programas de recuperação das áreas lavradas e planejar a extração dos minerais de forma a reduzir os riscos ambientais. Entre eles, destacam-se: fornecedores de tecnologia; pressão dos consumidores, que, cada vez mais, demandam bens que provoquem menos impactos ambientais e não sejam poluentes; pressão da população e das organizações não-governamentais; pressão dos órgãos de controle ambiental, através de exigências legais e monitoramento das atividades que degradam o meio ambiente; pressão das instituições financiadoras; restrições ambientais no mercado internacional.

A preocupação com a imagem da empresa junto à opinião pública e com as estratégias competitivas sobre seus concorrentes faz as empresas mineradoras incorporarem o discurso ecológico de duas formas. Na forma mais usual, verifica-se um descompasso entre o discurso e a prática ambiental e muitas vezes as atividades relacionadas ao meio ambiente estão sob responsabilidade do seu departamento de *marketing*. As empresas que vêem a questão ambiental como um elemento importante no planejamento estratégico tendem a desenvolver tecnologias adequadas ao meio ambiente, isto é, tecnologias limpas.

A escolha da segunda alternativa (investimento em tecnologias menos poluentes) pode não ser a mais lucrativa, pois nem sempre há uma compensação na economia de matéria-prima e energia. A capacidade de uma empresa incorporar a questão ambiental no processo de decisão de um investimento dependerá da qualificação técnica de seus dirigentes, da qualidade da informação disponível e do nível de capacitação técnica da empresa para enfrentar o problema.

Os fornecedores de tecnologia ou máquinas e equipamentos poderiam ter um papel importante na difusão de tecnologias limpas. Mas, no caso da mineração, quatro fatores impedem que assumam esse papel: a particularidade de cada mina, isto é, cada uma tem características próprias, o que impossibilita o desenvolvimento de equipamentos padronizados; a incapacidade dos fornecedores de absorver tecnologias novas, que incorporem os efeitos ambientais; o papel que o planejamento da exploração da mina desempenha, o que acaba sendo mais importante do que as máquinas e equipamentos utilizados; o fato de as tecnologias e projetos de extração serem em grande parte desenvolvidos pela empresa demandante.

A atuação da sociedade civil, organizada em torno das Organizações Não-Governamentais (ONGs), é um novo elemento de pressão para solucionar os problemas ambientais gerados pelas atividades econômicas. As ONGs são cada vez mais participantes do processo de decisão sobre a autorização de concessões e sobre a gestão ambiental, fazendo-se presentes no órgão estadual de meio ambiente.

A ação do Estado no sentido de induzir mudanças de comportamento das empresas no que diz respeito à questão ambiental pode ser analisada sob duas perspectivas: uma que defende a forma de comando e controle e outra que defende os instrumentos econômicos. A intervenção do Estado para induzir a adoção de medidas mitigadoras de impactos ambientais por parte das empresas através de comando e controle deve ser sustentada por uma legislação rígida, em que, através de padrões de emissões, de cumprimento de termos de compromissos ou através de cumprimento de medidas definidas em estudos ambientais, as autoridades tentem controlar as atividades das empresas. Esse é o modelo adotado pelo Brasil.

As políticas que tentam corrigir ou induzir o controle ambiental por parte das empresas através de instrumentos econômicos ou incentivos de mercado são baseadas no pressuposto de que o mecanismo de mercado é capaz de orientar os agentes econômicos a valorar os bens e serviços ambientais de acordo com sua escassez e seu custo de oportunidade social. A idéia é que a intervenção do Estado seria capaz de corrigir as falhas do mercado aplicando instrumentos econômicos como um elemento da política ambiental. O Estado atuaria na formação de preços privados ou criariam mecanismos que estabeleçam um valor social, como é o caso dos princípios poluidor/pagador e usuário/pagador. Tais princípios estão fundamentados na idéia de internalizar as externalidades, isto é, passar a incorporar o meio ambiente na esfera do mercado. Os poluidores passam a assumir os custos dos danos ambientais e a transferência desse custo para o preço dependerá da estrutura de mercado. As principais políticas de controle ambiental que utilizam os instrumentos econômicos são: taxação (transferência

financeira dos agentes privados para o governo), mercado de licenças de poluição (mercados de direitos de poluição através de certificados de poluição) e subsídios.

As instituições financiadoras de investimentos produtivos, sejam elas bancos estatais ou instituições de fomento em nível internacional, estão cada vez mais exigindo que os novos projetos adotem medidas de controle ambiental. O BNDES, única instituição nacional capaz de financiar investimentos com longo prazo de maturação, coloca à disposição para controle da poluição no Brasil uma linha de crédito especial e impõe que os novos projetos financiados adotem as medidas de controle exigidas nos EIAs/Rimas. Já os organismos de financiamento do exterior, BID e BIRD, também estão exigindo dos novos projetos a implementação de medidas que reduzem seus impactos sobre o meio ambiente.

Observa-se atualmente que os padrões ambientais para produtos e processos de produção exigidos nos países industrializados estão se transformando em barreiras comerciais não-tarifárias, criando restrições ambientais à entrada de produtos de origem de outros países. Motta (1994) identifica duas formas de restrições ambientais: barreiras de processo e barreiras de produto. As barreiras de processo são criadas para dificultar a importação de certos produtos cujos processos produtivos geram efeitos ambientais não permitidos no país importador. Essas barreiras manifestam-se a partir do estabelecimento de padrões de emissões de poluentes por atividade econômica e de sistemas de gerenciamento da produção e do negócio.

Dois tipos de barreira de processo podem ser destacadas. A primeira refere-se às sanções comerciais pelo não-cumprimento de acordos internacionais para controle de gases associados ao aquecimento global (CO<sub>2</sub> e CFC). A segunda está relacionada à exigência de cumprimento de normas relativas ao sistema de gestão da produção que prioriza a qualidade (ISO 9.000) e a gestão ambiental (ISO 14.000, ainda em estudo).

As empresas mineradoras brasileiras, principalmente as de grande porte e exportadoras, como é o caso da CVRD, Samitri, Samarco e MBR, que atuam na bacia do Rio Piracicaba, tendem a se adaptar às normas vigentes, principalmente à ISO 9.000 e futuramente à ISO 14.000, para não perderem competitividade no mercado internacional. Nesse sentido, procuram aumentar a produtividade e a qualidade de seus produtos e serviços e adotam um sistema de gestão ambiental segundo orientações das normas técnicas definidas internacionalmente.

As exigências quanto à qualidade do produto, no caso da atividade de extração de minerais, podem transferir as etapas poluidoras do processo de produção e transformação de minerais dos países centrais para os países periféricos. Essas etapas podem implicar um consumo intensivo de energia e matéria-prima e gerar resíduos significativos, de forma que o produto comercializado atenda especificações ambientais exigidas no mercado internacional.

## **CONCLUSÕES**

A discussão realizada neste item é uma indicação das dificuldades técnicas, financeiras ou de consciência empresarial que eventualmente as empresas minerado-

ras encontrem para incorporar às suas atividades a temática ambiental, ou seja, endogeneizar ao seu processo produtivo os custos decorrentes da implementação de medidas de controle ambiental. A rigor, ambientes degradados pela mineração podem ser parcialmente recuperados, e o processo de recuperação deve ser entendido como elemento central em todas as etapas do empreendimento, do início do processo de planejamento à exaustão da mina e à desativação da mina..

Na BRP atuam grandes e pequenas empresas mineradoras que exploram sua riqueza mineral. A diferença de comportamento entre elas no que se refere à minimização dos impactos ambientais é marcante. As grandes empresas têm maior capacidade de implantar infra-estrutura de controle ambiental, fato que não ocorre com as pequenas. Alguns motivos apontados para esse diferencial de comportamento são: necessidade de cumprir as normas do órgão estadual do meio ambiente, condição fundamental para obter financiamentos externos e ampliar o mercado internacional; necessidade de atender às pressões exercidas pelos grupos ambientalistas, que centram sua atuação principalmente sobre as grandes empresas, que tendem a gerar grandes impactos ambientais; necessidade de cumprir normas internacionais, que incluem entre suas exigências a implantação de um controle ambiental eficiente. Ressalta-se que as iniciativas são insuficientes para resolver os grandes problemas ambientais decorrentes dessa atividade. Um efeito disso é a péssima qualidade dos recursos hídricos da região, principal elemento afetado por essa atividade.

A riqueza dos depósitos conhecidos e a potencialidade dos ambientes geológicos da BRP devem ser entendidas como fator importante para a implementação de políticas que viabilizem um desenvolvimento a serviço da sociedade e que não destrua a natureza. Essa concepção de desenvolvimento sustentável envolve a avaliação da capacidade da BRP em endogeneizar os recursos advindos da mineração e promover a reprodução do capital em seu território, isto é, formar estoques de outros tipos de capitais, que substituiriam o estoque exaurido, sempre com a preocupação de controlar os impactos das atividades econômicas sobre o meio ambiente.

Políticas de desenvolvimento para a região devem considerar que, conquanto seja irrefutável a importância da mineração na bacia do Rio Piracicaba, a atividade é responsável pela criação de grandes impactos ambientais e que, embora toda atividade antrópica possa impor custos ao meio ambiente, a mineração apresenta especificidades que a tornam altamente significativa, dada a característica de não-renovabilidade e de capacidade poluidora dos recursos minerais explorados. A caracterização dos impactos da atividade mineratória sobre o meio ambiente deve considerar a atividade como um processo entrópico, com um grande consumo de matéria e energia. Nesse sentido, a análise dos impactos provocados pela mineração passa necessariamente pela análise da *eficiência* na utilização dos insumos e meios de produção, ou seja, a utilização de tecnologias que reduzam as perdas entrópicas do processo produtivo (e conseqüentemente a menor e melhor utilização de insumos) e a utilização de novos insumos ou técnicas de produção menos poluentes e adaptadas às condições físicas e geológicas do ambiente.

À utilização de novas tecnologias soma-se a necessidade de implementar um sistema de gerenciamento ambiental eficaz por parte das empresas, assim como políticas públicas eficientes quanto à regulamentação das relações dos agentes produtores com o meio ambiente.

Pode-se também definir uma característica intertemporal e intergeracional dos impactos ambientais à medida que, ao não serem incorporados ao cálculo econômico maximizador de curto prazo, afetam tanto as gerações presentes quanto as futuras. Embora na valorização de um objeto (um recurso natural, por exemplo) possam ser atribuídos tantos valores quanto mais diferentes forem as formas ou conceitos de valorização desse objeto, uma definição econômica “ecologizada” sustentaria que tal valorização envolve necessariamente a percepção econômica (e a valorização) dos ecossistemas, ou seja, do sistema físico, químico e biológico, tanto a curto quanto a longo prazo.

A caracterização acima reforça a idéia de *interdisciplinaridade* no tratamento da questão ambiental. Conforme Vedeld (1994), a interdisciplinaridade “surge quando os esforços são conscientemente levados a desenvolver uma linguagem comum ou um conjunto de conceitos com o objetivo de empreender um estudo comum. Isto requer que as suposições implícitas, bem como aspectos metodológicos, sejam claramente ressaltadas e que o conhecimento de uma referência mútua ou comum seja criado ou ao menos que uma clarificação formal de diferentes posições seja feita. Isto não envolve o desenvolvimento de uma nova ciência, mas a criação de um campo comum para diferentes propostas” (p. 10).

Tendo em vista a caracterização dos impactos ambientais na BRP, bem como seus aspectos de produção e tecnologia, deve-se procurar formas de tornar a atividade mineratória menos conflituosa com o patrimônio natural, respeitando todas as composições de vida presentes no meio ambiente local e os limites de utilização deste. Conforme mencionado, essa compreensão está aquém dos limites que constituem uma única ciência; ao contrário, é a compreensão conjunta da realidade econômica, biológica e social que permite compreender a ação transformadora do homem no ambiente em que vive.

