

Insumo-produto e planejamento ambiental*

Cláudio da Rocha Miranda**

A análise de insumo-produto é utilizada buscando fornecer subsídios ao planejamento ambiental da bacia do rio Paraíba do Sul, no que diz respeito à localização industrial e à qualidade de suas águas. Os resultados alcançados demonstram a potencialidade da metodologia em integrar economia e meio-ambiente num mesmo contexto. Além disso, é necessário que tais resultados sejam entendidos não como uma conclusão final, mas sim como uma indicação que deve ser aprofundada por estudos mais específicos. Nesse sentido, argumenta-se que o atual descrédito ao uso de modelos seja muito mais devido à estreita visão daqueles que apontam seus resultados como verdades absolutas do que às suas eventuais deficiências técnicas.

1. Introdução; 2. Exemplo de caso: aplicação à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul; 3. A metodologia e o planejamento.

1. Introdução

A tarefa de administrar o meio-ambiente esbarra, muitas vezes, em aspectos econômicos que sem dúvida dificultam a decisão dos agentes envolvidos com este tipo de problema. O mesmo pode ser dito quanto ao planejamento econômico, já que raramente um plano de desenvolvimento a ser implementado numa região considera os componentes ambientais. Assim, freqüentemente, verificam-se proposições de localização ou desenvolvimento de um setor industrial cujo processo de transformação apresenta elevado potencial poluidor, numa região com problemas ambientais críticos. Estas proposições são baseadas em estudos que evidenciam as

* Para a confecção deste trabalho, o autor contou com a colaboração de inúmeras pessoas, entre as quais gostaria de mencionar, pela forma paciente com que revisaram o texto final, fornecendo preciosas sugestões: Renato Galvão Flôres Jr., Amálio Vasconcelos Pereira de Souza, Dora Hess de Negreiros, Francisco de Assis Rodrigues Sertã, Valter Yoshihiko Aibe e Iara Verocai Dias Moreira. Como de costume, no entanto, as incorreções e omissões aqui cometidas são da inteira responsabilidade do autor.

** Economista na Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente – Feema.

tendências e potencialidades econômicas de um setor em relação a determinada região. Tais características são, geralmente, função do baixo custo de produção permitido pelas economias de escala — geradas por fatores tais como: proximidade de estabelecimento similares, localização privilegiada quanto aos centros consumidores, infra-estrutura de transporte adequada ao escoamento da produção e outros — independentemente da capacidade ambiental de suportar o elevado impacto gerado por certo tipo de atividade.

O reduzido peso relativo da variável ambiental no planejamento de áreas urbano/industriais pode ser mais bem entendido com o auxílio da análise micro-econômica. Assim é que, numa economia de mercado, a decisão de como e para quem produzir depende basicamente dos preços relativos dos fatores e dos produtos. A incapacidade, sobretudo institucional, dos órgãos envolvidos com a questão ambiental de taxar o uso dos recursos naturais como qualquer outro fator de produção fazem do meio-ambiente uma variável desprezível em termos econômicos.

No entanto, embora a utilização do meio-ambiente não onere as firmas em qualquer valor, o mesmo não é verdade para a coletividade, que arca com um elevado ônus ou custo social.

A forma de se estimar este custo social é por vezes tarefa bastante complexa. Esta complexidade é ainda maior quando se discute sobre a maneira mais adequada de se transferir este custo (custo social) para o agente poluidor. Isto se deve fundamentalmente a que, dificilmente, os prejudicados com a externalidade negativa gerada pelo processo produtivo de uma firma têm meios de reclamar e, portanto, exigir a transferência desses custos.¹ Evitando maiores digressões, esse aspecto vem sugerir um fortalecimento institucional dos agentes envolvidos com o planejamento ambiental, de vez que a ação do setor público torna-se fundamental, embora não única, para a melhoria ambiental, visto que a ausência de mecanismos reguladores acarretarão fatalmente sua degradação.²

A razão pela qual os estudos de viabilidade econômica, em sua maioria, consideram o problema ambiental de forma bastante superficial (quando não o desprezam por total) pode ser atribuída diretamente aos seguintes fatores: a inexistência de custo contábil referente às externalidades negativas, dado que a ação de poluir não requer pagamento; a incapacidade da coletividade em (exceto em casos muito graves) reivindicar melhor qualidade ambiental; e, ainda, o reduzido poder político-institucional das entidades envolvidas com o planejamento ambiental.

¹ Veja a este respeito, entre outros, Gomes, Gustavo Maia. Algumas considerações sobre o tema desenvolvimento *versus* poluição. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 5 (2): 567, dez. 1975. (Comunicação, 1.)

² Araujo, Aloísio Barbosa & Abreu, Marcelo de Paiva. O meio-ambiente: alguns aspectos econômicos. Comunicação 4. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 6 (3): 791, dez. 1976.

Quanto ao planejamento elaborado pelos agentes responsáveis pela qualidade do meio-ambiente, verifica-se que, não raramente, seus critérios pecam pelo mesmo tipo de parcialidade sugerida nos parágrafos anteriores, isto é, se os agentes envolvidos com o planejamento econômico relegam o problema ambiental a um segundo plano, os envolvidos com a gestão ambiental encontram grande dificuldade em integrar as variáveis econômicas às suas análises. Isto gera frequentemente abordagens parciais, voltadas apenas para os aspectos de engenharia sanitária ou de controle da poluição, certamente comprometidas pela não inclusão de outros fatores. Quando, por outro lado, esses agentes propõem-se a estudar meio-ambiente e economia dentro de uma mesma estrutura, o que ocorre são análises inteiramente simplistas, que surgem, geralmente, da tentativa de aproveitar estudos de planejamento econômico regionais, que, quase sempre, não dão ao meio-ambiente o seu devido peso.

A causa disso, no entanto, não é negligência técnica ou a despreocupação com o problema. Trata-se, sim, do desconhecimento de esquemas que de fato integrem economia e meio-ambiente dentro de uma mesma estrutura e de uma visão mais esclarecida desse problema, cuja origem talvez possa ser atribuída à multidisciplinaridade que envolve o planejamento ambiental.

Pretende-se aqui contribuir para a redução das dificuldades mencionadas, destacando-se a abordagem de insumo-produto e meio-ambiente, como instrumento capaz de fornecer subsídios à administração ambiental, tendo em vista um escopo analítico mais amplo.

Assim, além desta introdução, o segundo item trata do detalhamento da articulação entre as tabelas de insumo produto, estimadas para a região do vale do Paraíba do Sul, e da tabela relativa aos coeficientes de poluição por Cr\$ de produção, por meio de um modelo de programação linear cujos resultados propiciam indicar o potencial de crescimento dos diversos ramos da atividade industrial ao longo da região. Além disso, no terceiro item são feitas algumas considerações acerca de como os resultados de um modelo (*grosso modo*) não devem ser entendidos e de algumas limitações pertinentes à metodologia desenvolvida.

2. Exemplo de caso: aplicação à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul

2.1 Considerações gerais

O embrião deste estudo consistiu na necessidade de melhor compreensão das ligações entre a atividade econômica, em contínua expansão na bacia do rio Paraíba do Sul, e o seu ambiente natural, especialmente as águas de toda a bacia.

Desta forma a Feema (Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente), órgão responsável pelo controle da poluição no estado do Rio de Janeiro, ocupou-

se de levantar o problema ambiental do rio Paraíba do Sul a partir de uma visão mais ampla, que enfocasse economia e meio-ambiente dentro de um mesmo contexto.

Esta etapa teve como principal objetivo a viabilização do uso da metodologia de insumo-produto e meio-ambiente a esse problema (qualidade de água) e teve como principal defeito a insuficiência de dados, especialmente os relativos à poluição. Além disso, seu escopo físico ficou restrito ao médio Paraíba do Sul, parte da bacia em questão.³

O estudo que se segue consiste num refinamento, em que foram contornadas algumas deficiências existentes na etapa anterior. Seus resultados foram utilizados como subsídios ao macrozoneamento industrial do vale do Paraíba do Sul, uma das tarefas afeta ao Ceeivap (Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul).⁴

Esta versão abre ainda horizontes para uma etapa cujas tarefas são: a ampliação do modelo — ora restrito ao setor industrial — aos demais setores da economia (agricultura e serviços) e o impacto de suas atividades não somente sobre a água mas também sobre o ar e o solo.

2.2 A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul

Essa bacia (veja figura 1) abriga um dos principais pólos de desenvolvimento do país. Sua localização entre os maiores centros produtores e consumidores, o rápido escoamento da produção pela ferrovia da Rede Ferroviária Federal S.A. e pela Via Dutra, além da abundância de água e da disponibilidade de energia em algumas cidades e da proximidade dos principais portos marítimos, condicionaram seu desenvolvimento econômico, baseado em atividades industriais.

A saturação das cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo tende a acelerar um processo que certamente redundará num fenômeno de total conturbação entre essas duas metrópoles com a ocupação de toda a bacia do rio Paraíba.

O fato de suas águas estarem sendo utilizadas como receptoras de despejos industriais e domésticos, quase sempre sem tratamento, não condiz, no entanto, com o seu uso mais nobre que se supõe ser o abastecimento público de água

³ Recomenda-se ao leitor interessado: Miranda, Cláudio da Rocha. Economia e meio-ambiente: uma abordagem de insumo-produto. *Pesquisa e Planejamento econômico*, Rio de Janeiro, 10 (2): 601-36, ago. 1980.

⁴ Veja Ceeivap — Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Projeto Gerencial Ceeivap 0003-A/79*, relatório C.s.l. 1980. 1 v. il.; e Feema — Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente. *O Impacto das relações interindustriais na qualidade dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica*. Rio de Janeiro, Dicom, 1980. 1 v. il. (Cadernos FEEMA série Relatório Técnico 2/80.) Por Cláudio da Rocha Miranda e Francisco de Assis Rodrigues Sertã.

potável às cidades ribeirinhas e em especial à cidade do Rio de Janeiro, cuja população estimada para 1979 já era da ordem de 9 milhões de habitantes.⁵

2.3 *As relações entre os setores industriais do vale do Paraíba*

As relações de insumo-produto entre os setores industriais do vale do Paraíba têm sua origem⁶ na matriz de produção regionalizada para o vale e na matriz de insumos nacionais.⁷

A regionalização da matriz de produção nacional – que descreve a distribuição da produção setorial entre os diversos produtos – consistiu basicamente na agregação dos 58 setores nacionais em 15 setores, mais representativos da estrutura industrial do vale do Paraíba, e na ponderação de suas linhas pelo peso feito igual à relação entre o valor da produção regional pelo valor da produção nacional de cada um dos 15 setores considerados.

Quanto à matriz de insumos nacionais – que descreve a estrutura de insumos dos setores industriais e a destinação dos produtos industriais para o uso intermediário na indústria – optou-se pela sua não regionalização, tomando-se como hipótese considerar a função de produção nacional como sendo semelhante à do vale do Paraíba.

A partir da multiplicação destas tabelas e da inversão do resultado deste produto, obtêm-se respectivamente a Matriz de Coeficientes Técnicos (diretos) de Produção e a Matriz de Coeficientes Globais (diretos e indiretos), que descrevem as inter-relações dos fluxos industriais da região (veja matrizes 1 e 2 do anexo).

A primeira delas, Matriz de Coeficientes Técnicos de Produção, diz respeito a quanto, em unidade monetária (Cr\$), cada setor demanda dos demais para produzir Cr\$ 1,00 de si próprio. Por exemplo, a coluna relativa ao setor metalúrgico desta matriz – veja matriz 1: [DB*] do anexo – indica que este setor, para cada cruzeiro de produção, demanda Cr\$ 0,31 de si próprio, Cr\$ 0,02 do setor químico e assim por diante.

A segunda, Matriz de Coeficientes Globais, permite a visualização de quanto cada setor demanda de si próprio e dos demais para atender a cada cruzeiro de demanda final. Observando-se novamente a coluna do setor metalúrgico – veja matriz 2: [I-DB*]⁻¹ do anexo – verifica-se que para este setor atender a uma variação de Cr\$ 1,00 na demanda final por seus produtos, o setor extrativo tem de produzir a mais o equivalente a Cr\$ 0,004 (elemento correspondente à linha 1,

⁵ *Anuário Estatístico do Brasil – 1977*. v. 38, 1977. Rio de Janeiro, IBGE, 1977. 1 v. il.

⁶ IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Estatísticas Derivadas. *Matriz de relações interindustriais: versão preliminar restrita às indústrias de transformação e extrativa mineral, Brasil. 1970*. Rio de Janeiro, 1976. 140p. il.

⁷ A metodologia para obtenção destas matrizes a nível regional está detalhadamente descrita em: Miranda, Cláudio da Rocha. *Economia e meio-ambiente . . .* op. cit.

coluna 3), e assim por diante. Quanto ao próprio setor metalúrgico, verifica-se que, para satisfazer a este acréscimo na demanda final por seus produtos, ele necessita produzir, além do equivalente a Cr\$ 1,00, um adicional de Cr\$ 0,46330, que corresponde à necessidade que os outros setores têm para supri-lo dos recursos que ele necessita, mas que são produzidos pelos demais setores.

2.4 Coeficientes de poluição por Cr\$ de produção

Esses coeficientes consistem no elo de ligação entre economia e meio-ambiente. Indicam a relação entre a carga despejada, originada pelos processos de transformação industrial, e seus respectivos valores da produção. Essa relação pode ser indicada pela expressão:

$$W_{ij} = \frac{Cg_{ij}}{Qt_j} \times \frac{1}{Pr_j} \quad (1)$$

onde:

W_{ij} = Coeficientes de poluição por unidade monetária produzida setorialmente (kg/Cr\$);

Cg_{ij} = carga do poluente i lançado pelo setor j ;

Qt_j = quantidade produzida por unidade de tempo pelo setor j ;

Pr_j = relação entre o valor de produção e a quantidade produzida pelo setor j .

Os coeficientes relativos ao primeiro membro da expressão (1) foram obtidos com o auxílio da literatura disponível a respeito,⁸ além de avaliações posteriores feitas com base nos resultados de concentrações verificadas no rio Paraíba nas amostragens elaboradas pela Feema em 1979.

Os preços estabelecidos e indicados pelo denominador do segundo membro da expressão foram extraídos do Censo Industrial Brasileiro de 1970 relativo à produção física.⁹

O resultado da expressão (1) refere-se aos coeficientes de poluição por Cr\$ de produção sem qualquer tipo de tratamento. Na verdade, tendo em vista a bacia em estudo possuir uma elevada densidade industrial e a qualidade de suas águas ser da maior importância para o abastecimento público, é exigido por legislação que as

⁸ FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente. *Modelos matemáticos expeditos para rios*. Rio de Janeiro, Depol, 1978. 21 f. il.; Industrial Waste Conference, 28., Lafayette, Ind., May 1973. *Proceedings*. Lafayette, Ind., Purdue Univ., 1973. v. 1. p. 518-36; Loureiro, Reginaldo V. Avaliação da carga poluidora dos estabelecimentos industriais é imprescindível à execução de qualquer programa de controle da poluição. *Saneamento*, Rio de Janeiro, 49 (1 e 2): 38-47, jan./jun. 1975.

⁹ IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Industrial Brasil, produção física*. Rio de Janeiro, 1975. 303 p. il. (VIII Recenseamento geral - 1970, Sér. nac., v. 5).

indústrias reduzam seus despejos a níveis compatíveis com certos padrões preestabelecidos. Assim, o valor dos coeficientes dos poluentes citados a seguir (obtidos pela expressão (1)) foram reduzidos das seguintes percentagens:

Fenol: 99%;

Cádmio, cobre, níquel, zinco, DQO, DBO, resíduos totais e

RNFT: 80%;

Cromo e cianeto: 70%;

Fósforo e nitrogênio: 20%.

Matricialmente, os coeficientes de poluição por Cr\$ de produção – com tratamento são indicados por:

$$[W^*] = [VR] \cdot [W]$$

onde:

$$[VR] = \begin{bmatrix} vr_{1,1} & & & 0 \\ & \cdot & & \\ & & \cdot & \\ 0 & & & vr_{15,15} \end{bmatrix}$$

sendo: $vr_{i,i}$ a percentagem de redução do poluente i ; $[W]$ a matriz dos coeficientes de poluição por Cr\$ de produção; e $[W^*]$ a matriz dos coeficientes de poluição por Cr\$ de produção – com tratamento (veja matriz 3 do anexo).

2.5 Potencial de crescimento do setor industrial no vale do Paraíba

Entre os possíveis exercícios que o uso desta metodologia permite, encontra-se a estimativa das possibilidades de crescimento do setor industrial, tendo em vista a qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e de seus principais afluentes.

Para tal, articula-se as tabelas de insumo-produto, que expressam as relações diretas e indiretas de produção entre os setores industriais, e a tabela relativa aos coeficientes de poluição por Cr\$ de produção, por meio de um modelo de otimização. Em linhas gerais, a função objetivo deste modelo visa estimar a demanda final total máxima dos setores poluentes,* cuja produção necessária para atendê-la (produção máxima) preencha os requisitos** a seguir:

* N. do A. Entende-se aqui por setores poluentes aqueles que, na literatura especializada, possuem estimativas de concentração despejada por unidade física produzida. Entre os setores considerados estão: minerais não-metálicos, metalurgia, papel e papelão, couros, peles e similares, químico e outros, têxtil, alimentos e bebidas, editorial e gráfico e diversos.

** N. do A. Tais requisitos (restrições) serão, mais adiante, melhor detalhados.

- a) não seja inferior à produção que satisfaça à demanda final existente (1980);
- b) não gere poluição acima da capacidade do rio de suportá-la, tendo em vista os limites tidos como aceitáveis de poluição* nas quatro principais tomadas d'água e nos oito pontos de despejos industriais (veja figura 2);**
- c) não seja superior ao valor da produção estimado para 1985.

Com base neste objetivo e nestas restrições, o modelo proposto foi resolvido em duas etapas. A primeira utilizando-se da matriz $[W]$ de coeficientes de poluição por Cr\$ de produção, e a segunda utilizando-se da matriz $[W^*]$, que equivale à matriz $[W]$, com seus coeficientes reduzidos das percentagens referentes à eficiência, exigida pela Feema, no tratamento dos despejos. A título de ilustração, o resultado do somatório da demanda final dos setores maximizados (função objetivo) apresentou-se no primeiro caso três a quatro vezes inferior ao resultado do segundo, o que evidencia um maior potencial de crescimento industrial, dentro de níveis compatíveis com a qualidade do meio-ambiente, quando se destinam recursos que visem o controle da poluição.

Matematicamente, o modelo é expresso na forma seguinte:

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } L (I-\bar{D}B^*) \left(\sum_{d=1}^8 G_d \right) \\ & = \text{Maximizar } L (I-\bar{D}B^*) G_1 + \dots + L (I-\bar{D}B^*) G_8 \end{aligned}$$

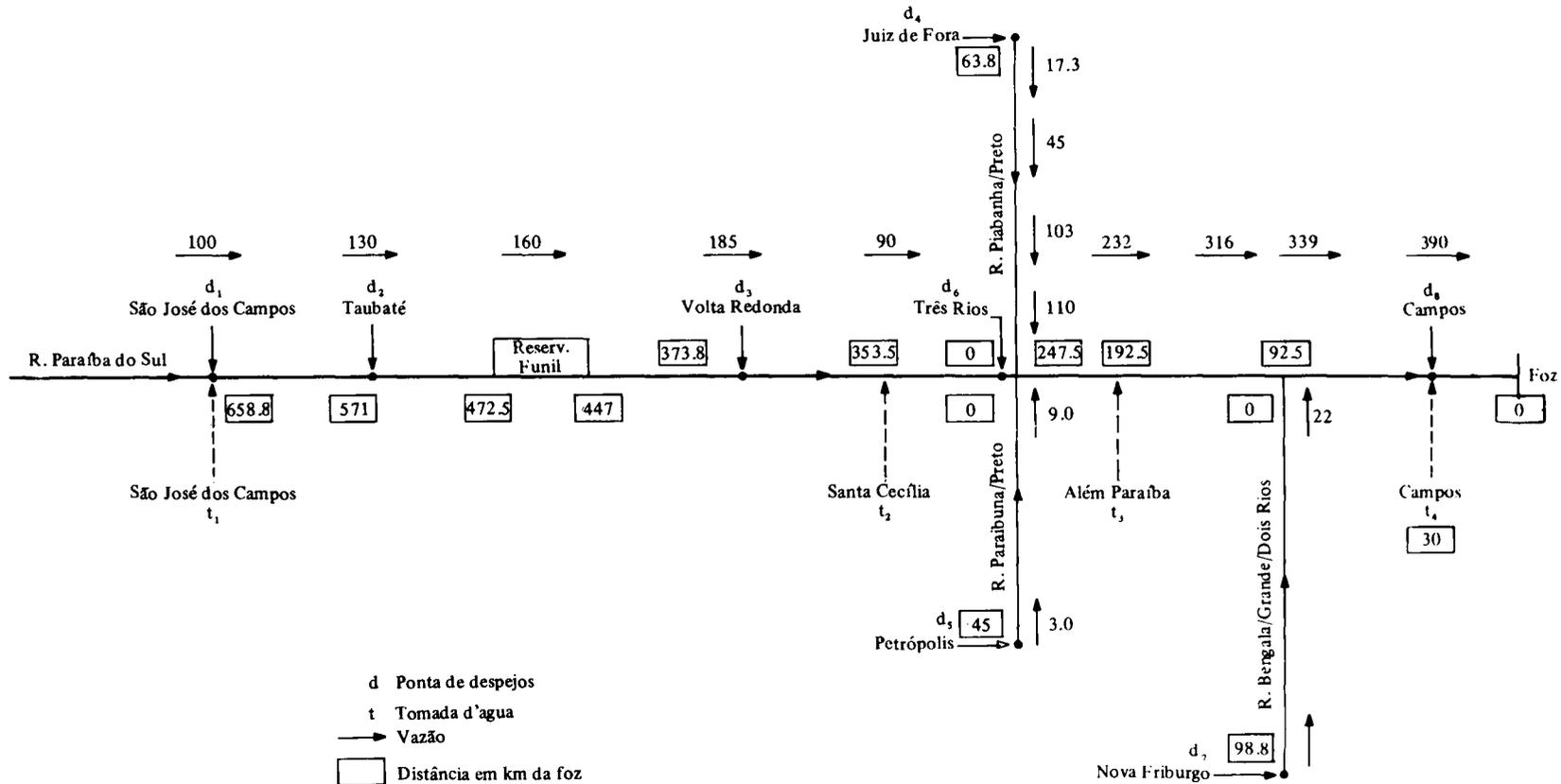
Sujeito à:

- 1) $\sum_{d=1}^8 (I-\bar{D}B^*) G_d \geq De_{80}$
- 2) $\sum_{d=1}^n K_d^T W^* G_d \leq \bar{W}_T$
 - $n = 1$ se $T = 1$
 - $n = 3$ se $T = 2$
 - $n = 6$ se $T = 3$
 - $n = 8$ se $T = 4$

* N. do A. Em alguns trechos a carga verificada em 1980 para DBO, DQO e fósforo total já se apresenta superior aos respectivos padrões toleráveis. Assim, no modelo adiante descrito, o padrão referente a estes poluentes passou a ser as respectivas cargas já existentes em 1980.

** N. do A. A figura 2 consiste na esquematização da bacia do vale do Paraíba do Sul com o rio Paraíba e os seus principais afluentes: rios Piabanha, Dois Rios e Paraibuna. Contém os quatro pontos de tomada d'água (T), os oito pontos de despejos (d) referentes a cada conglomerado industrial. Estes oito subtrechos, delimitados pelos pontos de despejo, tratam da substituição dos lançamentos de n indústrias, de cada conglomerado industrial, por um só. Além disso, a esquematização ilustra também as vazões (média das médias mínimas mensais no período de 1962 até 1973) em diversos pontos, e a distância em quilômetros de várias localidades do rio Paraíba até a sua foz, e dos afluentes até os seus pontos de confluência com o rio Paraíba.

Figura 2
 Estilização
 Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



$$\begin{cases}
 3a) & W_{DBO}^* G_d \leq \bar{W}_{DBO d} & d = 1, \dots, 8 \\
 3b) & \sum_{d'=1}^n K' \frac{d'}{d} W' G_d \leq \bar{W}'_d & n = 2 \text{ se } d' = 2 \\
 & & n = 3 \text{ se } d' = 3 \\
 3c) & W' G_d \leq \bar{W}'_d & d = 4, 5 \text{ e } 7 \\
 4) & G_{d 80} \leq G_d \leq G_{d 85} & d = 1, \dots, 8
 \end{cases}$$

onde:

- L = vetor linha de 15 elementos, dos quais 9 são iguais a 1, correspondendo aos setores poluentes, e os 6 restantes iguais a zero;
- I = matriz identidade, de 15 x 15 elementos;
- \bar{DB}^* = matriz de coeficientes diretos da produção ou matriz tecnológica da bacia do vale do Paraíba do Sul, de 15 x 15 elementos (veja matriz 1 do anexo);
- De_{80} = vetor coluna, relativo à demanda final estimada para 1980, de 15 elementos;
- K_d^T = matriz diagonal de 15 x 15 elementos, relativa aos coeficientes de decaimento dos despejos de cada ponto d em relação aos pontos de tomada d'água T ;
- W^* = matriz dos coeficientes de poluição por unidade monetária produzida setorialmente com tratamento, de 15 por 15 elementos (veja matriz 3 do anexo);
- \bar{W}_T = vetor coluna de 15 elementos, relativo às cargas padrões de poluição,* por tipo de poluente, em cada ponto de tomada d'água T ;
- W_{DBO}^* = vetor linha de 15 elementos, relativo aos coeficientes de poluição com tratamento de DBO por unidade monetária produzida setorialmente (é a linha de DBO da matriz W^*);
- $\bar{W}_{DBO d}$ = escalar relativo à carga de DBO tolerável em cada ponto de despejo d^{**} ;

* N. do A. Os limites toleráveis de poluição aceitáveis para as principais tomadas d'água do rio Paraíba são considerados em unidade da massa (concentração padrão x vazão) e, para DBO, fósforo total e nitrogênio total, reduzidos de uma parcela referente à carga doméstica das populações (estimadas para o ano de 1980) dos municípios a montante de cada ponto de tomada d'água T . As concentrações toleráveis bem como suas respectivas fontes estão indicadas na tabela 1.

** N. do A. A carga máxima de DBO tolerável foi estabelecida, neste caso, tendo em vista que a concentração oxigênio (OD) mínima, no rio Paraíba e nos afluentes considerados, seja superior a 4mg/l que representa a concentração mínima tolerável para os rios de classe 2 (para abastecimento público).

- $K'^{d'}$ = matrizes diagonais de 8 x 8 elementos, relativas aos coeficientes de decaimento dos despejos dos pontos de lançamento d_1 , d_2 e d_3 , em relação aos mesmos pontos d_2 e d_3 , aqui denominados d'_2 e d'_3 ;
- W' = igual à matriz W^* , em que apenas os seus oito primeiros parâmetros de poluição (de cádmio a fósforo total – veja tabela 1) são considerados;*
- $\bar{W}'_{d'}$ = vetor coluna, relativo à cargas toleráveis para oito parâmetros (de cádmio a fósforo total) nos pontos de lançamento d_2 e d_3 ;**
- $G_{d_{80}}$ e $G_{d_{85}}$ = vetores coluna de 15 elementos, referentes a projeções dos valores da produção dos setores industriais consubstanciados pelos pontos de lançamento (d) para 1980 e 1985 respectivamente.¹⁰

Recapitulando, tem-se a função objetivo do modelo que maximiza o somatório de nove setores, tidos como poluentes, dos oito subtrechos do vale do Paraíba, sujeito a quatro restrições:

1. A primeira, significando que os 72 valores máximos de produção (9 x 8) sejam suficientes ao menos para atender às equivalentes demandas finais, já existentes em 1980.
2. A segunda equivale a uma restrição de poluição relativa às quatro principais tomadas d'água do rio Paraíba, onde, em cada uma delas, acha-se o somatório das cargas máximas, descontados os respectivos pesos relativos aos decaimentos, de todos os pontos de lançamento anteriores. Este somatório deve ser igual ou inferior aos padrões de poluição por tipo de poluente, em cada uma das quatro tomadas d'água.
3. A terceira restrição é também de poluição, porém relativa aos pontos de lançamento. É subdividida em três itens:

a) restrição de DBO em cada um dos pontos de lançamento. Esta restrição visa garantir que a concentração mínima de oxigênio dissolvido (OD) não seja inferior a 4 mg/l, que corresponde à concentração mínima necessária para rios de classe 2. Assim, esta restrição é estabelecida em função da oferta de oxigênio dissolvido (OD) em todos os subtrechos da bacia do Paraíba diferentemente do padrão estabelecido para DBO (de 10 mg/l – veja tabela 1) na restrição n.º 2;

* N. do A. Os demais parâmetros não foram considerados por apresentarem concentrações bem abaixo dos limites, sendo, portanto, não restritivos.

** N. do A. Os demais pontos de lançamento cujas cargas foram comparadas com os respectivos padrões foram d_4 , d_5 e d_6 , na restrição n.º 5 e d_1 , d_6 e d_8 , na restrição n.º 2.

¹⁰ Estas projeções foram baseadas nas taxas de crescimento dos setores industriais do estado do Rio de Janeiro estimadas para 1978 e 1982, contidas em Miranda, Cláudio da Rocha. *Análise de insumo-produto e meio-ambiente: estudo da região industrial do Médio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, Coppe, 1979. 131p. il. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de Produção, 1979) p. 97.

Tabela 1
Concentrações toleráveis por tipo de poluente e respectivas fontes

Parâmetros	Concentrações toleráveis mg/l	Fonte
1. Cádmio	0,01	Feema ^a
2. Cianeto	0,2	Feema
3. Cobre	1,0	Feema
4. Cromo	0,05	Feema
5. DBO *	10,0	Feema
6. DQO **	30,0	Reconh. ^b Saber
7. Fenol	0,001	Feema
8. Fósforo total	0,2	WQC ^c
9. MBAS ***	0,5	Feema
10. Níquel	1,0	WQC
11. Nitrogênio total	10,0	Feema
12. Resíduos totais	500,0	Min. da Saúde ^d
13. RNFT ****	500,0	WQC
14. Sulfeto	1,0	Feema
15. Zinco	5,0	Feema

^a NT 307 – Critérios de qualidade de água para abastecimento público com tratamento convencional. In: Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente - Feema. *Manual do meio-ambiente*; sistema de licenciamento de atividades poluidoras - SLAP. Rio de Janeiro, AGGS, 1979. p. 152-54.

^b Reconhecido saber: informação prestada pelo Eng. Ricardo Silva Araujo Silveira, diretor do Departamento de Apoio Técnico e Científico da Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente - Feema.

^c EUA. Environmental Protection Agency. Public water supplies. In: _____. *Water quality criteria*; a report of the committee on water quality criteria. Washington, D.C., 1972. s. II, p. 48-92. il. (Ecological research ser., R3.73.033).

^d Brasil. Leis, decretos etc. Portaria n.º 56/Dsb de 14 de março de 1977. *Diário Oficial*, Brasília, mar. 1977. Seção 1, pt. 1, p. 3.305.

* DBO – Demanda bioquímica de oxigênio.

** DQO – Demanda química de oxigênio.

*** MBAS – Substâncias ativas ao azul de metileno.

**** RNFT – Resíduos não-filtráveis totais.

b) restrição de poluição relativa às cargas lançadas em d_1 , d_2 e d_3 e comparadas com os padrões de poluição tidos como aceitáveis em d_2 (ou d'_2) e d_3 (ou d'_3). A matriz de coeficientes de poluição por Cr\$ de produção – com tratamento [W^*], de 15 x 15 elementos, é aqui tratada para apenas as oito primeiras linhas (poluentes),

uma vez que os demais poluentes apresentam concentração bem abaixo dos limites, não sendo portanto restritivos.

Esta restrição tem como objetivo maior garantir a qualidade de água nos trechos anteriores à tomada d'água de Santa Cecília, que desvia aproximadamente $160 \text{ m}^3/\text{s}$ do rio Paraíba, sendo parte deste total destinado ao abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. Sendo assim, nesta restrição os pontos de lançamento d_1 e d_8 deveriam ter suas descargas comparadas com os limites toleráveis nos próprios pontos d_1 e d_8 . Isto, no entanto, não se faz necessário, tendo em vista que as descargas destes pontos já foram comparadas com os respectivos padrões de poluição na restrição n.º 2. De forma semelhante, o ponto de lançamento d_6 não é explicitado nesta restrição, dado que na distância que separa T_2 de d_6 não se encontram muitas indústrias nem tampouco elevada densidade demográfica, o que, em conjunto, torna o ponto d_6 menos relevante em termos de poluição. Além disso, no ponto T_2 a qualidade de água já está assegurada também pela restrição n.º 2;

c) Esta restrição visa manter, sob controle, os despejos industriais nos afluentes correspondentes aos pólos industriais de Juiz de Fora, Petrópolis e Nova Friburgo, que se sabe, *a priori*, serem altamente poluídos. A razão de esta restrição não estar contida na anterior (b): trata-se de um artifício utilizado para melhor explicitar o fato de d_4 , d_5 e d_7 referirem-se aos núcleos industriais localizados nos afluentes que fazem parte da bacia contribuinte do rio Paraíba, não recebendo nenhuma carga de montante.

d) Finalmente, a quarta restrição baliza os valores da produção, a serem determinados (máximos), entre os já existentes em 1980 e os estimados para 1985. O limite superior estabelecido em 1985 tem como objetivo distribuir, de forma mais homogênea, o crescimento dos diversos setores industriais, evitando que ocorressem distorções do tipo, picos de crescimento num ou noutro setor cuja relação poluição por Cr\$ de produção fosse baixa e/ou esteja localizado em subtrechos da bacia tidos como pouco críticos em termos de qualidade de água. Além disso, como o horizonte de tempo que os resultados deste estudo buscam subsidiar é reduzido, uma estimativa de cinco anos (1985) pareceu suficiente.

2.6 Resultados obtidos e indicações de localização industrial na região

Os resultados deste modelo fornecem importantes indicações em termos das possibilidades de crescimento dos setores industriais no vale do Paraíba do Sul.

O valor máximo de demanda final dos setores poluentes é da ordem de 2,6 vezes maior que a demanda final correspondente à que existe em 1980. Assim, do ponto de vista geral, independentemente dos trechos em que as indústrias venham a se localizar, o vale do Paraíba é possuidor de um razoável potencial de crescimento industrial.

Obviamente, no entanto, este crescimento industrial deve atender a certas normas de localização, variando de acordo com as características de cada setor e de cada um dos oito subtrechos determinados em função dos mais importantes núcleos industriais. A tabela 2 – Percentuais de crescimento industrial nos subtrechos da bacia – permite esta análise.

Para os subtrechos 1 e 2, localizados no estado de São Paulo e referentes aos conglomerados industriais de São José dos Campos e Taubaté, observa-se, para a maior parte dos setores maximizados, um elevado potencial de crescimento, já que vários deles atingiram o limite superior (valor da produção estimado para 1985). Uma exceção é feita ao setor metalúrgico que, certamente por ser o mais comprometedor em termos de poluição e por estes subtrechos pertencerem ao curso superior do rio, encontra-se no limite mínimo, não podendo produzir nada além da produção alcançada em 1980.

Quanto à região industrial do médio Paraíba, subtrecho 3, referente ao conglomerado de indústrias próximas e no município de Volta Redonda, os setores maximizados apresentaram-se também nos limites superiores, à exceção dos setores de minerais não-metálicos, metalurgia e alimentos e bebidas, que juntos correspondem à maior vocação industrial da região (aproximadamente 75% do valor da produção estimada para 1980), embora não tenham alcançado os seus limites superiores, apresentaram taxas possíveis de crescimento (respectivamente 51 e 98%), consideradas muito boas.

Os demais conglomerados industriais, localizados às margens do rio Paraíba, subtrechos 6 e 8, correspondentes a Além Paraíba e Campos, possuem um potencial de crescimento muito elevado, o que pode, em grande parte, ser atribuído à elevada vazão das águas do rio, que a esta altura já é da ordem de 300 para mais m^3/s , além de serem possuidores de um parque industrial reduzido.

Resta apenas a análise dos subtrechos dos principais afluentes do rio Paraíba, os conglomerados de Juiz de Fora (4), Petrópolis (5) e Nova Friburgo (7). Estes subtrechos são os que apresentam a menor capacidade de se desenvolverem. A causa disto está intimamente ligada à já elevada concentração de indústrias nestas áreas e à reduzida vazão destes afluentes. Vale notar ainda que este reduzido potencial de crescimento industrial, em termos de qualidade de águas, está muito mais relacionado com a elevada poluição já encontrada nos próprios afluentes do que à poluição do rio Paraíba.

Os percentuais de crescimento industrial por setor, em cada um dos oito subtrechos, explicitados pela tabela 2, são obtidos tendo em vista a capacidade das águas do rio Paraíba e dos seus afluentes de suportar a poluição gerada pela produção industrial. No entanto, estes percentuais são, por si sós, insuficientes em se tratando de uma análise que vise buscar subsídios à administração de uma bacia. Sabe-se de antemão que a intensidade da poluição industrial varia de parâmetro para parâmetro. Isto implica dizer que o potencial de crescimento de cada setor em cada subtrecho está em maior ou em menor medida limitado por cada tipo de poluente. Destarte faz-se mister verificar as percentagens de saturação de cada

Tabela 2
 Percentuais de crescimento industrial nos subtrechos da bacia

Setores	Subtrechos	1 São José dos Campos	2 Taubaté	3 Volta Redonda	4 Juiz de Fora	5 Petrópolis	6 Três Rios	7 Nova Friburgo	8 Campos
1. Extração		75U	75U	75U	75U	118U	75U	75U	75U
2. <i>Minerais não-metálicos</i>		0	0	0	0	0	0	0	41
3. <i>Metalurgia</i>		0	0	51	0	0	140U	0	140U
4. <i>Mecânica</i>		0	0	0	0	0	0	8	0
5. <i>Material elétrico</i>		0	0	0	0	0	1	0	0
6. <i>Material transporte</i>		0,1	0	0	0	9	–	0	0
7. <i>Madeira & mobiliário</i>		0	52	0	0	0	0	0	0
8. <i>Papel e papelão</i>		193U	–	–	139	0	–	0	–
9. <i>Couros, peles sim.</i>		–	–	–	14	–	–	0	–
10. <i>Químico</i>		243U	243U	243U	0	0	243U	0	243U
11. <i>Têxtil</i>		347U	347U	–	347U	0	347U	0	–
12. <i>Vestuário e calçados</i>		0	0	0	1	0	–	0	0
13. <i>Alim. bebidas</i>		0	202U	98	0	0	202U	0	202U
14. <i>Editor. gráfica</i>		3.071U	3.071U	3.071U	1.228	0	3.071U	1	3.071U
15. <i>Diversos</i>		387U	387U	387U	0	0	–	0	387U

Obs: 1. Os setores em grifo correspondem aos setores que foram maximizados no modelo proposto.

2. A letra *U* ao lado de algumas celas indica que os setores (linhas) correspondentes atingiram o limite superior (valor da produção de 1985) nos respectivos subtrechos (colunas).

poluente nos pontos de lançamento dos oito principais conglomerados industriais e nos pontos das quatro tomadas d'água do rio Paraíba tratados no modelo, uma vez que tais informações indicam quais os poluentes que mais comprometem o crescimento industrial e que por isso devem ser rigorosamente tratados.

No que diz respeito aos conglomerados industriais especificados pelos seus respectivos pontos de lançamento, a análise da tabela 3 – Percentuais de saturação nos pontos de lançamento – indica que os poluentes mais limitativos são DBO, DQO e fósforo total, com 100% de saturação nos subtrechos que, de acordo com a tabela 2, menor capacidade de crescimento apresentaram, isto é, os correspondentes a Juiz de Fora, Petrópolis e Friburgo. Além destes parâmetros, verificam-se percentuais de saturação elevados para cromo, nos mesmos subtrechos, e para fenol, em Volta Redonda.

Tabela 3
Percentuais de saturação nos pontos de lançamento

Subtrechos Parâmetros	São José dos Campos	Taubaté	Volta Redonda	Juiz de Fora	Petrópolis	Três Rios	Nova Friburgo	Campos
1. Cádmio	2,0	2,0	29,0	0,8	8,0	0,5	15,0	14,0
2. Cianeto	14,0	7,0	23,0	9,0	19,0	0,6	11,0	0,3
3. Cobre	0,3	0,3	0,7	0,0	0,8	0,0	0,3	0,4
4. Cromo	14,0	14,0	14,0	48,0	88,0	1,0	65,0	11,0
5. DBO	35,0	33,0	8,0	100,0	100,0	65,0	100,0	6,0
6. DQO	22,0	27,0	26,0	48,0	100,0	3,0	100,0	22,0
7. Fenol	3,0	11,0	67,0	11,0	58,0	1,0	31,0	0,4
8. Fósforo total	19,0	70,0	83,0	100,0	100,0	20,0	100,0	77,0

Estas indicações, no entanto, são resultado de limitações muito fortes, uma vez que as concentrações destes poluentes são medidas e comparadas com os padrões no próprio ponto de lançamento, que desprezando a capacidade de autodepuração do rio atue. Assim, por exemplo, é sabido que a DBO se reduz logo após os pontos de despejo. Da mesma forma, 20% da DQO apresentam acentuada redução imediatamente a jusante do ponto de lançamento. Além de se ignorar a capacidade de autodepuração do rio, a saturação total de fósforo pode também ser atenuada, uma vez que sua concentração tolerável (padrão) é, no modelo, para todos os subtrechos, de 0,2 mg/l, o que apenas é justificável naqueles que exercem impacto sobre a qualidade das águas dos reservatórios, ou seja, basicamente subtrechos 1 e 2, podendo portanto este padrão ser perfeitamente dilatado para 0,3 mg/l nos demais subtrechos.

A análise feita com base nas percentagens de saturação nos pontos das quatro tomadas d'água do rio Paraíba explicitadas pela tabela 4 – Percentuais de saturação nos pontos de tomada d'água no rio Paraíba do Sul – vem ratificar os aspectos

discutidos no parágrafo anterior. O potencial de crescimento dos setores industriais nos oito subtrechos são bem menos limitados pelas cargas estimadas nos pontos de tomada d'água do que nos pontos de lançamento. A causa disto é certamente a capacidade que as águas da bacia têm de diluir as cargas existentes. Nesta tabela apenas fósforo total apresenta-se com um percentual de saturação máximo (100%) na tomada d'água de Além Paraíba, que poderia, conforme já mencionado, ter sua concentração padrão aumentada de 2 para 3 mg/l. Afora os também elevados percentuais de saturação de fósforo em Santa Cecília e Campos (83% e 77% respectivamente), os demais parâmetros apresentaram-se com percentuais bem reduzidos.

Tabela 4

Percentuais de saturação nos pontos de tomada d'água no rio Paraíba do Sul

Parâmetros	Pontos tomada d'água			
	São José dos Campos	Santa Cecília	Além Paraíba	Campos
1. Cádmio	2,0	29,0	24,0	14,0
2. Cianeto	14,0	6,0	0,4	0,3
3. Cobre	0,3	0,7	0,6	0,4
4. Cromo	14,0	14,0	17,0	11,0
5. DBO	35,0	4,0	5,0	6,0
6. DQO	22,0	26,0	29,0	22,0
7. Fenol	3,0	0,7	0,03	0,4
8. Fósforo total	19,0	83,0	100,0	77,0
9. MBAS	5,0	9,0	7,0	4,0
10. Níquel	0,3	2,0	2,0	1,0
11. Nit. total	5,0	10,0	10,0	8,0
12. Res. total	0,7	0,6	0,7	0,5
13. RNFT	0,7	0,8	0,9	0,6
14. Sulfeto	0,1	2,0	3,0	2,0
15. Zinco	0,2	0,3	0,2	0,1

Tendo em vista estes resultados e as indicações de localização industrial que deles advêm, pode-se, concluindo, verificar que, mesmo com restrições de qualidade de água razoavelmente fortes, a região do vale do Paraíba possui a médio prazo (ao menos até 1985) um elevado potencial de crescimento do setor industrial. No entanto, cabe observar que, embora os resultados no todo sejam favoráveis, é necessário que se atente para que haja um planejamento harmonioso seguindo, em certa medida, as indicações de localização industrial e de controle de poluição sugeridas pelos resultados.

3. A metodologia e o planejamento

O propósito deste texto foi examinar a importância do uso da metodologia de insumo-produto e meio-ambiente como ferramenta auxiliar ao planejamento ambiental.

Inicialmente, colocou-se em evidência a parcialidade com que, geralmente, o planejamento das atividades econômicas e a administração dos recursos ambientais são tratados. Ficou claro que, além dos problemas de ordem político-institucional que muitas vezes corroboram para que o meio-ambiente ainda seja tratado como um bem livre, é comum esta parcialidade ter sua origem no desconhecimento de esquemas que realmente integrem economia e meio-ambiente. Nesta medida, a metodologia proposta é colocada não como a panacéia a este tipo de problema, mas sim como um instrumento que certamente é capaz de abrir novas perspectivas ao planejamento ambiental.

No segundo item foi feita uma aplicação desta metodologia no cenário da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Seu objetivo foi fornecer algumas orientações ao zoneamento industrial ao longo da bacia do rio Paraíba do Sul, tendo em vista o impacto dos processos de transformação das indústrias sobre a qualidade das águas do rio Paraíba e de seus afluentes.

A análise dos resultados obtidos no exemplo de caso permite aquilatar a relevância do uso deste instrumental no planejamento do meio-ambiente. Alguns aspectos, no entanto, não devem ser perdidos de vista. Não somente no que diz respeito à interpretação dos resultados, como também pelas próprias limitações da metodologia utilizada.

Um “modelo” é tão melhor quanto mais fiel e simplesmente retrata a realidade. Nos últimos anos, com a sofisticação e desenvolvimento dos computadores eletrônicos, capazes de processarem um grande número de informações em períodos bastante reduzidos, a elaboração de sofisticados instrumentos analíticos tomou grande vulto, concomitantemente com a ascensão de uma quase classe social, “a tecnocracia”. Da mesma forma que se tornaram frequentes a utilização e elaboração de diferentes metodologias, visando à análise dos mais variados problemas, as críticas ao uso destes métodos avolumaram-se.

Certamente, as razões que contribuem para a existência de críticas a estes instrumentos, em geral, são causadas muito mais pelos seus próprios elaboradores e utilizadores do que por suas eventuais deficiências técnicas. Isto acontece, uma vez que é lugar comum, entre estes indivíduos, propor e fundamentar políticas pura e simplesmente à luz de resultados advindos dos “modelos” utilizados. Ora, é desnecessário dizer que um “modelo”, por melhor que transforme o problema em questão a dimensões manipuláveis, é sempre baseado em hipóteses simplificadoras, o que dificulta consubstanciar simultaneamente variáveis políticas, sociais, econômicas e ambientais.

Assim sendo, os resultados de um “modelo” devem ser entendidos, não como uma verdade absoluta, mas sim como indicação bastante aproximada daquilo que

se deseja entender ou alterar, variando naturalmente de intensidade de acordo com a qualidade e objetivos de cada um.

É exatamente na linha deste raciocínio que os resultados das aplicações da metodologia de insumo-produto e meio-ambiente devem ser entendidos, ou seja, não como uma conclusão final, mas sim como uma indicação que deve merecer, de acordo com cada caso, análises adicionais.

Concluindo, para a análise de insumo-produto e meio-ambiente, a postura sugerida nos parágrafos anteriores é bastante fundamentada pelos seguintes aspectos técnicos:

- a) a qualidade dos dados básicos é, muitas vezes, prejudicada pelos elevados gastos necessários à atividade de coleta e pela necessidade de aplicação de sofisticadas técnicas estatísticas. Acresça-se a isto o fato de, em geral, os dados econômicos e os ecológicos não serem coletados e manipulados com o mesmo fim e da mesma forma;
- b) a disposição dos dados, isto é, o seu nível de agregação, tem importância de acordo com o tamanho e o tipo da região em estudo. Em alguns casos, sobretudo em regiões de tamanho reduzido, uma elevada desagregação permite um melhor nível de detalhamento quanto à localização das atividades econômicas, tendo em vista a qualidade do meio-ambiente. Quando, no entanto, se tratar de estudos que envolvam áreas maiores, uma elevada agregação não prejudica os resultados finais, tendo em vista que tais resultados visam apenas subsidiar decisões a partir de indicações de caráter geral;
- c) a hipótese de constância dos coeficientes técnicos e a elevada diferença entre o período a que os dados se referem e o período de realização do estudo são, talvez, os aspectos que mais comprometem este tipo de metodologia, pois, no decorrer de períodos relativamente longos, é freqüente a ocorrência de alterações tecnológicas que podem reduzir a veracidade dos resultados obtidos. Além disso, a constância dos coeficientes técnicos, tanto para as relações econômicas, as ecológicas e as econômico-ecológicas, traz em si a hipótese, em alguns casos bastante vulnerável, de linearidade destas relações;
- d) a necessidade de conversão de coeficientes nacionais em regionais é crescente, à medida que a metodologia de insumo-produto e meio-ambiente vem sendo utilizada em aplicações regionais. Muito embora as técnicas utilizadas para a regionalização das tabelas nacionais sejam bastante satisfatórias, sobretudo ao se levar em conta a economia de tempo e de dinheiro que elas propiciam, nunca se deve perder de vista que as tabelas regionalizadas são, quando muito, apenas uma boa aproximação das relações econômicas da área em estudo;
- e) o grau de interdependência entre os setores e o tamanho da região. Muitas vezes, o técnico é levado a tentar aplicar a metodologia de insumo-produto e meio-ambiente a regiões cujo grau de dependência para com outras regiões e/ou outros países é bastante elevado, o que torna o estudo absolutamente desprovido

de sentido, de vez que o grau de interdependência entre os setores é fator primordial à qualidade deste tipo de estudo.

Abstract

This study develops an input-output analysis, framework to assist in the environmental planning of the Paraíba do Sul river basin, with special emphasis on industrial zoning and water quality control. Its results, although they should not be taken as conclusive, but as a suggestion for future specific studies, make clear that this approach succeeds in integrating economic and environmental issues. It is also argued that the recent unfavourable judgments on the use of modelling techniques are due more to the narrow-minded views of those who believe their results irrefutable, than to their technical limitations.

Bibliografia

Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, v. 38, 1977. 1 v. il.

Araújo, Aloisio Barbosa de. *O meio-ambiente no Brasil: aspectos econômicos*. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1979. 139p. il. (IPEA/INPES, Relatório de Pesquisa, 44).

_____. & Abreu, Marcelo de Paiva. *O meio-ambiente: alguns aspectos econômicos. Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 6 (3): 791, dez. 1976. (Comunicação, 4.)

Ayres, R. V. & Kneese, A. V. Production consumption and externalities. *American Economic Review*, Itace, N.Y., 59:282-97, 1969.

Brasil. Leis, decretos etc. Portaria n.º 56/Dsb., de 14 de março de 1977. *Diário Oficial*, Brasília, mar. 1977. Seção 1, pt. 1, p. 3.305.

Börlin, Max. *Economic-environmental – input-output models*. Switzerland, Battelle-Geneva Research Centre, s.d. 1 v. il.

Ceeivap. Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Projeto gerencial – Ceeivap 0003-A/79, relatório C. s.l., 1980*. 1 v. il.

Coupé, B.E.M.G. *Regional economic structure and environmental pollution; an application of inter-regional models*. Leiden, Martinus Nijhoff Social Sciences Division. 1977. 166p. il. (Studies in applied regional science, v. 5).

Daly, H. E. On economics as life science. *Journal Political Economic*, Chicago, Ill., 76: 392-405, May-June, 1968.

EUA. Environmental Protection Agency. Public water supplies. In: _____. *Water quality criteria; a report of the committee on water quality criteria*. Washington, D.C., 1972. s. II, p. 48-92. il. (Ecological research ser., R3. 73.033).

Feema – Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente. Diagnóstico ambiental do estado do Rio de Janeiro – Região industrial do médio Paraíba. In: _____. *Meio ambiente – vários estudos II*. Rio de Janeiro, Dicom, 1979. p. 17-39. il.

_____. *O impacto das relações interindustriais na qualidade dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica*. Rio de Janeiro, Dicom, 1980. 1v. il. (Cadernos FEEMA ser. Relat. técn.. 2/80). Por Cláudio da Rocha Miranda e Francisco de Assis Rodrigues Sertã.

- . *Modelos matemáticos expeditos para rios*. Rio de Janeiro, Depol, 1978. 21f. il.
- . Departamento de Apoio Técnico e Científico. *Estudos da bacia do Rio Paraíba do Sul* (trecho Funil-Santa Cecília-Guandu). Trabalho apresentado ao Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 9., Belo Horizonte, 1977/Rio de Janeiro, 1977. 131 fl.il.
- Gomes, Gustavo Maia. Algumas considerações sobre o tema desenvolvimento *versus* poluição. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 5 (2): 567, dez. 1975. (Comunicação 1.)
- Haddad, Paulo R. *Contabilidade social e economia regional*; análise de insumo-produto. 2. ed. Rio de Janeiro, Zahar, 1976. 242 p. il.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Industrial Brasil, 1970*. Rio de Janeiro, 1974. 287p. il.
- . *Censo industrial Brasil, produção física*. Rio de Janeiro, 1975. 303 p. il. (VIII Recenseamento geral – 1970, Sér. nac., v. 5).
- . *Censo industrial de Minas Gerais, 1970*. Rio de Janeiro, 1974. 333 p. il.
- . *Censo industrial Rio de Janeiro, 1970*. Rio de Janeiro, 1974. 199 p. il.
- . *Censo industrial de São Paulo, 1970*. Rio de Janeiro, 1974. 337 p. il.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Estatísticas Derivadas. *Matriz de relações interindustriais: versão preliminar restrita às indústrias de transformação e extrativa mineral. Brasil 1970*. 140. p. il.
- . *Matriz de relações intersetoriais. Brasil 1970*. Rio de Janeiro, 1979. 184 p. il.
- Industrial Waste Conference, 28., Lafayette, Ind., May 1973. *Proceedings*. Lafayette, Ind., Purdue Univ., 1973. v. 1, p. 518-36.
- Isard, W. et alii. *Ecological – economic analysis for regional development*. New York, Free Press, 1972. 266 p. il.
- James, David Edward et alii. *Economic approaches to environmental problems; techniques and results of empirical analysis*. Amsterdam, Elsevier Scientific, 1978. p. 124-6.
- Johnson, Manuel H. & Bennett, James T. An input-output model of regional environmental and economic impacts of nuclear power plants. *Land economics*, Madison, Wis., 55 (2):236-52, May 1979.
- Kneese, Allen V.; Ayres R. V. & D'Arge R. C. *Economics and the environment: a material balance approach*. Baltimore, Johns Hopkins Press, 1970.
- Leontief, Wassily, Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach. In: Dorfman, Robert & Dorfman, Nancy *Economics of the environment selected readings*. New York, W. W. Norton, 1972. cap. 5, p. 403-22.
- Lettenmaler, Dennis & Richey, Jeffrey. E. Ecosystem modeling: structural approach. *Journal of the Environmental Engineering Division*, Asce, New York, 104 (EE5): 1015-20, Oct. 1978.
- Loureiro, Reginaldo V. Avaliação da carga poluidora dos estabelecimentos industriais é imprescindível à execução de qualquer programa de controle da poluição. *Saneamento*, Rio de Janeiro, 49 (1 e 2): 38-47, jan./jun. 1975.
- Miranda, Cláudio da Rocha. *Análise de insumo-produto e meio-ambiente: estudo da região industrial do médio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, Coppe, 1979. 131 p. il. (COPPE/UFRJ, M. Sc., Engenharia de Produção, 1979).
- . Economia e meio-ambiente: uma abordagem de insumo-produto. *Pesquisa e Planejamento econômico*. Rio de Janeiro, 10 (2): 601-36, ago. 1980.

Muller, Frederick. *Energy and environment in inter-regional input-output models*. Hingham, Kluwer Boston, 1979. 137p. il.

NT 307 – Critérios de qualidade de água para abastecimento público com tratamento convencional. In: Feema. Fundação Estadual de Engenharia do Meio-Ambiente. *Manual do meio ambiente*; sistema de licenciamento de atividades poluidoras – SLAP. Rio de Janeiro, AGGS, 1979. p. 152-54.

Richardson, Harry W. *Insumo-produto e economia regional*. Trad. Sérgio Goes de Paula. Rio de Janeiro, Zahar, 1978. 267p. il.

Schaffer, W. A. et alii. *On the use of input-output models for regional planning*. Leiden, Martinus Nijhoff*Social Sciences Division, 1976. 170p. (Studies in applied regional science, v. 1).

Shefer, Daniel. Forecasting industrial air pollution in the Haifa Bay area with an input-output model. *Socio-Econ. Plan. Sci.*, Great Britain, 7: 397-406, 1973.

Victor, P. A. *Pollution economic and environment*. London, George Allen & Unwin, 1972. 247 p. il.

United Nations. Department of economic and social affairs. *Input-output tables and analysis*. New York, Statistical Office, 1973. 180 p. il. (Studies in methods, sérv. F. n. 14, rev. 1.)

Matriz 1
 Coeficientes técnicos de produção – 1970

DB*	Industr. extrat.	Min. não-metálicos	Metalúrgica	Mecânica	Mat. elêtr. e com.
	1	2	3	4	5
1. Indúst. extrativa	0,00498	0,00520	0,00288	0,00019	0,00020
2. Min. não-metálicos	0,00298	0,06791	0,00206	0,00195	0,01156
3. Metalúrgica	0,00195	0,01393	0,31617	0,13500	0,08519
4. Mecânica	0,00351	0,00019	0,00049	0,03434	0,00380
5. Mat. elêtr. e com.	0,00002	0,00005	0,00081	0,00905	0,04414
6. Mat. de transporte	0,00002	0,00004	0,00027	0,00733	0,00104
7. Mad. e mobiliário	0,00053	0,00062	0,00080	0,00373	0,00373
8. Papel e papelão	0,00005	0,00827	0,00077	0,00040	0,00171
9. Couros, peles, sim.	0,00001	0,00001	0,00001	0,00008	0,00001
10. Química	0,01939	0,03676	0,02292	0,01200	0,01160
11. Têxtil	0,00013	0,00252	0,00015	0,00032	0,00044
12. Vest. e calçados	0,00000	0,00001	0,00001	0,00005	0,00004
13. Alim. e bebidas	0,00009	0,00041	0,00028	0,00008	0,00010
14. Editor. e gráfica	0,00000	0,00023	0,00024	0,00007	0,00006
15. Diversos e fumo	0,00001	0,00004	0,00005	0,00062	0,00093

DB*	Material de transp.	Madeiras e mobil.	Papel e papelão	Couros e peles/sim	Química
	6	7	8	9	10
1. Indúst. extrativa	0,00007	0,00007	0,00029	0,00018	0,00343
2. Min. não-metálicos	0,00680	0,00415	0,00196	0,00160	0,00634
3. Metalúrgica	0,12010	0,03056	0,00622	0,00725	0,00698
4. Mecânica	0,01220	0,00032	0,00005	0,00005	0,00005
5. Mat. elêtr. e com.	0,01106	0,00007	0,00001	0,00002	0,00003
6. Mat. de transporte	0,10800	0,00017	0,00003	0,00007	0,00011
7. Mad. e mobiliário	0,00152	0,05745	0,00362	0,00080	0,00043
8. Papel e papelão	0,00026	0,00072	0,10198	0,00096	0,00402
9. Couros, peles, sim.	0,00007	0,00051	0,00007	0,01792	0,00007
10. Química	0,02878	0,03370	0,02653	0,04591	0,06111
11. Têxtil	0,00163	0,01660	0,00302	0,00772	0,01635
12. Vest. e calçados	0,00154	0,00019	0,00005	0,00096	0,00006
13. Alim. e bebidas	0,00012	0,00072	0,00419	0,21479	0,01558
14. Editor. e gráfica	0,00010	0,00004	0,00144	0,00004	0,00026
15. Diversos e fumo	0,00117	0,00022	0,00015	0,00227	0,00052

DB*	Têxtil	Vest. e calçados	Alim. e bebidas	Editor. e gráfica	Diversos e fumo
	11	12	13	14	15
1. Indúst. extrativa	0,00000	0,00002	0,00022	0,00001	0,00043
2. Min. não-metálicos	0,00002	0,00024	0,00511	0,00002	0,00281
3. Metalúrgica	0,00088	0,00598	0,01342	0,00684	0,03631
4. Mecânica	0,00001	0,00019	0,00003	0,00002	0,00028
5. Mat. elêtr. e com.	0,00000	0,00007	0,00001	0,00002	0,00198
6. Mat. de transporte	0,00001	0,00010	0,00006	0,00002	0,00029
7. Mad. e mobiliário	0,00029	0,00145	0,00055	0,00013	0,00393
8. Papel e papelão	0,00131	0,00444	0,00437	0,00223	0,01418
9. Couros, peles, sim.	0,00001	0,05723	0,00006	0,00007	0,00121
10. Química	0,03998	0,01994	0,02395	0,01313	0,02823
11. Têxtil	0,21356	0,25310	0,01176	0,00106	0,01610
12. Vest. e calçados	0,00013	0,00449	0,00002	0,00003	0,00020
13. Alim. e bebidas	0,00158	0,00081	0,13741	0,00004	0,00243
14. Editor. e gráfica	0,00006	0,00018	0,00034	0,00379	0,00082
15. Diversos e fumo	0,00091	0,00627	0,00006	0,00295	0,01785

Matriz 2

Coeficientes diretos e indiretos de produção – 1970

$[I - \bar{D}B^*]^{-1}$	Industr. extrat.	Min. não-metálicos	Metalúrgica	Mecânica	Mat. elétr. e com.
	1	2	3	4	5
1. Indústria extrativa	1,00505	0,00583	0,00438	0,00089	0,00072
2. Min. não-metálicos	0,00337	1,07325	0,00354	0,00298	0,01344
3. Metalúrgica	0,00330	0,02255	1,46330	0,20778	0,13214
4. Mecânica	0,00054	0,00023	0,00075	1,03581	0,00421
5. Mat. elétr. e com.	0,00003	0,00008	0,00126	0,01008	1,04635
6. Mat. de transporte	0,00003	0,00006	0,00046	0,00865	0,00130
7. Mad. e mobiliário	0,00059	0,00079	0,00128	0,00434	0,00430
8. Papel e papelão	0,00017	0,01011	0,00147	0,00079	0,00233
9. Couros, peles, sim.	0,00001	0,00001	0,00002	0,00009	0,00002
10. Química	0,02104	0,04325	0,03636	0,01910	0,01710
11. Têxtil	0,00063	0,00442	0,00111	0,00104	0,00116
12. Vest. e calçados	0,00000	0,00001	0,00001	0,00007	0,00004
13. Alim. e bebidas	0,00050	0,00136	0,00115	0,00055	0,00051
14. Editor. e gráfica	0,00001	0,00028	0,00037	0,00014	0,00010
15. Diversos e fumo	0,00002	0,00007	0,00010	0,00070	0,00102

$[I - \bar{D}B^*]^{-1}$	Material de transp.	Madeiras e mobil.	Papel e papelão	Couros e peles/sim.	Química
	6	7	8	9	10
1. Indústria extrativa	0,00086	0,00038	0,00049	0,00051	0,00376
2. Min. não-metálicos	0,00913	0,00513	0,00264	0,00360	0,00743
3. Metalúrgica	0,20223	0,04818	0,01089	0,01673	0,01161
4. Mecânica	0,01432	0,00038	0,00007	0,00008	0,00007
5. Mat. elétr. e com.	0,01328	0,00013	0,00003	0,00005	0,00005
6. Mat. de transporte	1,12128	0,00022	0,00005	0,00011	0,00013
7. Mad. e mobiliário	0,00212	1,06103	0,00431	0,00109	0,00054
8. Papel e papelão	0,00083	0,00118	1,11378	0,00270	0,00500
9. Couros, peles, sim.	0,00019	0,00057	0,00009	1,01833	0,00008
10. Química	0,04041	0,04060	0,03242	0,05773	1,06739
11. Têxtil	0,00390	0,02338	0,00516	0,01542	0,02257
12. Vest. e calçados	0,00174	0,00021	0,00006	0,00100	0,00007
13. Alim. e bebidas	0,00103	0,00183	0,00603	0,25467	0,01937
14. Editor. e gráfica	0,00018	0,00007	0,00163	0,00016	0,00030
15. Diversos e fumo	0,00140	0,00029	0,00020	0,00243	0,00059

$[I - \bar{D}B^*]^{-1}$	Têxtil	Vest. e calçados	Alim. e bebidas	Editor. e gráfica	Diversos e fumo
	11	12	13	14	15
1. Indústria extrativa	0,00020	0,00021	0,00047	0,00009	0,00074
2. Min. não-metálicos	0,00044	0,00079	0,00664	0,00017	0,00354
3. Metalúrgica	0,00238	0,01116	0,02337	0,01042	0,05537
4. Mecânica	0,00002	0,00022	0,00005	0,00003	0,00034
5. Mat. elétr. e com.	0,00001	0,00011	0,00004	0,00004	0,00217
6. Mat. de transporte	0,00002	0,00013	0,00009	0,00003	0,00036
7. Mad. e mobiliário	0,00043	0,00179	0,00075	0,00018	0,00440
8. Papel e papelão	0,00214	0,00589	0,00590	0,00262	0,01637
9. Couros, peles, sim.	0,00004	0,05856	0,00008	0,00008	0,00127
10. Química	0,05449	0,03924	0,03140	0,01456	0,03389
11. Têxtil	1,27286	0,32517	0,01808	0,00175	0,02187
12. Vest. e calçados	0,00024	1,00463	0,00003	0,00003	0,00021
13. Alim. e bebidas	0,00334	0,01688	1,15996	0,00035	0,00394
14. Editor. e gráfica	0,00010	0,00023	0,00043	1,00381	0,00089
15. Diversos e fumo	0,00121	0,00687	0,00011	0,00303	1,01823

Matriz 3

Coeficientes de poluição por unidade monetária produzida setorialmente com tratamento (Kg/Cr\$)

	Industr. extrat.	Min. não-metálicos	Metalúrgica	Mecânica	Mat. elétr. e com.
	1	2	3	4	5
1. Cádmi	0,0	0,0	0,0000014	0,0	0,0
2. Cianeto	0,0	0,0	0,0000120	0,0	0,0
3. Cobre	0,0	0,0	0,0000016	0,0	0,0
4. Cromo	0,0	0,0	0,0000011	0,0	0,0
5. DBO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. DRO	0,0	0,0005460	0,0001820	0,0	0,0
7. Fenol	0,0	0,0	0,0000002	0,0	0,0
8. Fósforo total	0,0	0,0	0,0000080	0,0	0,0
9. MBAS	0,0	0,0	0,0000100	0,0	0,0
10. Níquel	0,0	0,0	0,0000080	0,0	0,0
11. Nitrogênio total	0,0	0,0	0,0001200	0,0	0,0
12. Resíduo total	0,0	0,0009100	0,0002920	0,0	0,0
13. RNFT	0,0	0,0005460	0,0001460	0,0	0,0
14. Sulfeto	0,0	0,0	0,0000100	0,0	0,0
15. Zinco	0,0	0,0	0,0000008	0,0	0,0

	Material de transp.	Madeiras e mobil.	Papel e papelão	Couros e peles, sim.	Química
	6	7	8	9	10
1. Cádmi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Cianeto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000180
3. Cobre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000008
4. Cromo	0,0	0,0	0,0	0,0000120	0,0
5. DBO	0,0	0,0	0,0072000	0,0019800	0,0002540
6. DRO	0,0	0,0	0,0001440	0,0039600	0,0006800
7. Fenol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000002
8. Fósforo total	0,0	0,0	0,0	0,0000400	0,0000080
9. MBAS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10. Níquel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11. Nitrogênio total	0,0	0,0	0,0	0,0001600	0,0000080
12. Resíduo total	0,0	0,0	0,0072460	0,0079200	0,0000840
13. RNFT	0,0	0,0	0,0021740	0,0039600	0,0001220
14. Sulfeto	0,0	0,0	0,0	0,0007900	0,0
15. Zinco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000040

	Têxtil	Vest. e calçados	Alim. e bebidas	Editor. e gráfica	Diversos e fumo
	11	12	13	14	15
1. Cádmi	0,0	0,0	0,0	0,0000000	0,0
2. Cianeto	0,0	0,0	0,0	0,0000012	0,0000030
3. Cobre	0,0	0,0	0,0	0,0000000	0,0000020
4. Cromo	0,0000030	0,0	0,0	0,0000000	0,0
5. DBO	0,0004600	0,0	0,0020720	0,0	0,0
6. DRO	0,0009200	0,0	0,0041460	0,0000520	0,0026460
7. Fenol	0,0000000	0,0	0,0	0,0000000	0,0000001
8. Fósforo total	0,0	0,0	0,0001280	0,0000008	0,0000080
9. MBAS	0,0	0,0	0,0000003	0,0	0,0000200
10. Níquel	0,0	0,0	0,0	0,0000000	0,0000020
11. Nitrogênio total	0,0	0,0	0,0004160	0,0000080	0,0003600
12. Resíduo total	0,0009200	0,0	0,0	0,0	0,0
13. RNFT	0,0004600	0,0	0,0009840	0,0000520	0,0014620
14. Sulfeto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15. Zinco	0,0	0,0	0,0	0,0000000	0,0000040