IPEA INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

DOCUMENTO PRELIMINAR
GRUPO DE ENERGIA
Nº 1

"Uma Avaliação dos Impactos Ambientais e Sócio-Econômicos Locais Decorrentes da Industrialização do Xisto"

Sérgio Margulis
Ricardo Paes de Barros

Dezembro de 1981

Uma avaliaçao dos impactos ambientais e sócio-econômicos loc
RJF0466/85 IPEA - RJ

IPEA/INPES
Serv de Documentação

Versão Preliminar
Não pode ser citado
sem permissão dos autores

IPEA 19-81

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO
ECONÔMICO E SOCIAL
Serviço de Documentação
F N.º 466
Data 05/06/85

IPEA INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

IPEA / INPES / Grupo de Energia

UMA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS LOCAIS DECORRENTES DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO*

Sergio Margulis

Ricardo Paes de Barros

* Este trabalho não poderia ter sido realizado sem a ajuda inestimável da equipe técnica da Superintendência da Industrialização do Xisto SIX/PETROBRÁS pelas informações e esclarecimentos prestados. Gostaríamos de agradecer em particular ao Dr. Paulo R. Castelões e ao Dr. Nélio Paes de Barros, da PETROBRÁS, ressaltando a atenção a nós dispensada. É evidente que todos os erros deste trabalho são de responsabilidade única de seus autores.

IPEA/INPES Serviço de Documentação

SUMÁRIO

	pag
I - Introdução	1
II - Impactos Locais Econômicos e Sociais.....	4
III - Poluição Atmosférica	9
IV - Efeitos da Mineração sobre o Meio Ambiente	16
V - Poluição Hídrica	20
VI - Resumo das Conclusões	25
Referências Bibliográficas	27

IPEA/INPES Serv. de Documentação

I - Introdução*

Dentre os fatores que se antepõem à industrialização do xisto, são considerados relevantes aqueles relacionados aos impactos causados ao meio ambiente e às populações das localidades onde serão implantadas as usinas de processamento do xisto.

Os efeitos causados ao meio ambiente têm na diversidade dos problemas envolvidos, aliada às incertezas relativas à sua dimensão e à falta de experiência anterior para contorná-los no caso específico da industrialização do xisto, a principal fonte de preocupação e atenção. A dificuldade no acúmulo de experiência para a indústria do xisto é agravada ainda pela particularidade dos problemas que se verificam nas diversas regiões de ocorrência do xisto. Assim, o esforço que vem sendo feito para conhecer e controlar os efeitos da sua industrialização mundialmente e, em particular, no caso americano, tem utilidade bastante limitada na busca de soluções para os problemas dos xistos brasileiros.

Quanto aos impactos causados às localidades onde serão implantadas as usinas, deve-se salientar que os problemas decorrem do fato de estas instalarem-se em áreas rurais pouco desenvolvidas e sem infra-estrutura básica para atender às necessidades de sua implantação e operação, o que torna indispensável que se dê especial atenção ao brusco crescimento populacional esperado. Entretanto, deve-se frisar que estes problemas, ao contrário daqueles relativos ao meio ambiente, não apresentam maiores incertezas ou aspectos peculiares, uma vez que este mesmo tipo de situação ocorre em várias atividades correlatas, inclusive por vezes em maiores dimensões.

---

* Em princípio, todas as informações contidas neste trabalho foram obtidas em entrevistas com a equipe da SIX/PETROBRÁS, a não ser as especificadas em contrário.

IPEA/INPES Serv. de Documentação

Neste trabalho procura-se fazer uma avaliação dos principais impactos e efeitos (sociais e ambientais) decorrentes da implantação de uma usina de processamento de xisto na região de São Mateus do Sul (Paraná)[1]. É importante observar que, embora os problemas ambientais não devam variar sensivelmente entre as diversas regiões da Formação Irati, nossa análise, apesar de se concentrar numa avaliação específica do caso São Mateus do Sul, pode ser encarada como uma boa aproximação para os eventuais impactos da indústria do xisto sobre o meio ambiente e as populações locais das diversas regiões de ocorrência de xisto da Formação Irati.[2]

A metodologia consiste basicamente em descrever de forma sumária os principais efeitos (sociais e ambientais) da indústria do xisto e os custos necessários ao seu controle, de tal forma que a legislação seja resguardada ou que estes efeitos sejam mantidos dentro de níveis considerados socialmente aceitáveis. Infelizmente, dada a falta de experiências e informações, este caminho não pode ser seguido em alguns casos, quando então procurou-se apresentar o nível e a causa das incertezas existentes.

Acreditamos ser fundamental ressaltar aqui que não é nosso objetivo fazer uma avaliação técnica pormenorizada dos diversos problemas envolvidos e sim levantar aqueles que podem causar impactos considerados relevantes numa perspectiva de aproveitamento do xisto em escala industrial, como fonte energética alternativa.

---

1 Esta usina deverá ser implantada em duas etapas, cada uma com uma capacidade de processar 56.000 t de xisto e produzir aproximadamente 25.000 bbl por dia de operação.

2 Supondo, naturalmente, que as tecnologias de retortagem e mineração sejam as mesmas.

IPEA/INPES Serv. de Documentação

O trabalho está dividido em quatro partes. A primeira é uma descrição e avaliação dos impactos locais econômicos e sociais. A segunda é uma análise acerca da poluição atmosférica decorrente do processo, onde são feitas a identificação das principais fontes emissoras e poluentes emitidos, as previsões dos efeitos destes poluentes e uma comparação destas previsões com a legislação em vigor, além de alguns aspectos relativos aos custos de controle das emissões de poluentes. A terceira é dedicada a uma análise geral acerca do efeito da mineração e do rejeito do xisto retortado sobre o solo, relevo e vegetação da área. Os efeitos sobre os recursos hídricos são objeto da quarta parte do trabalho. No final apresenta-se um resumo das principais conclusões acerca dos problemas mencionados.

IPEA/INPES Serv. de Documentação

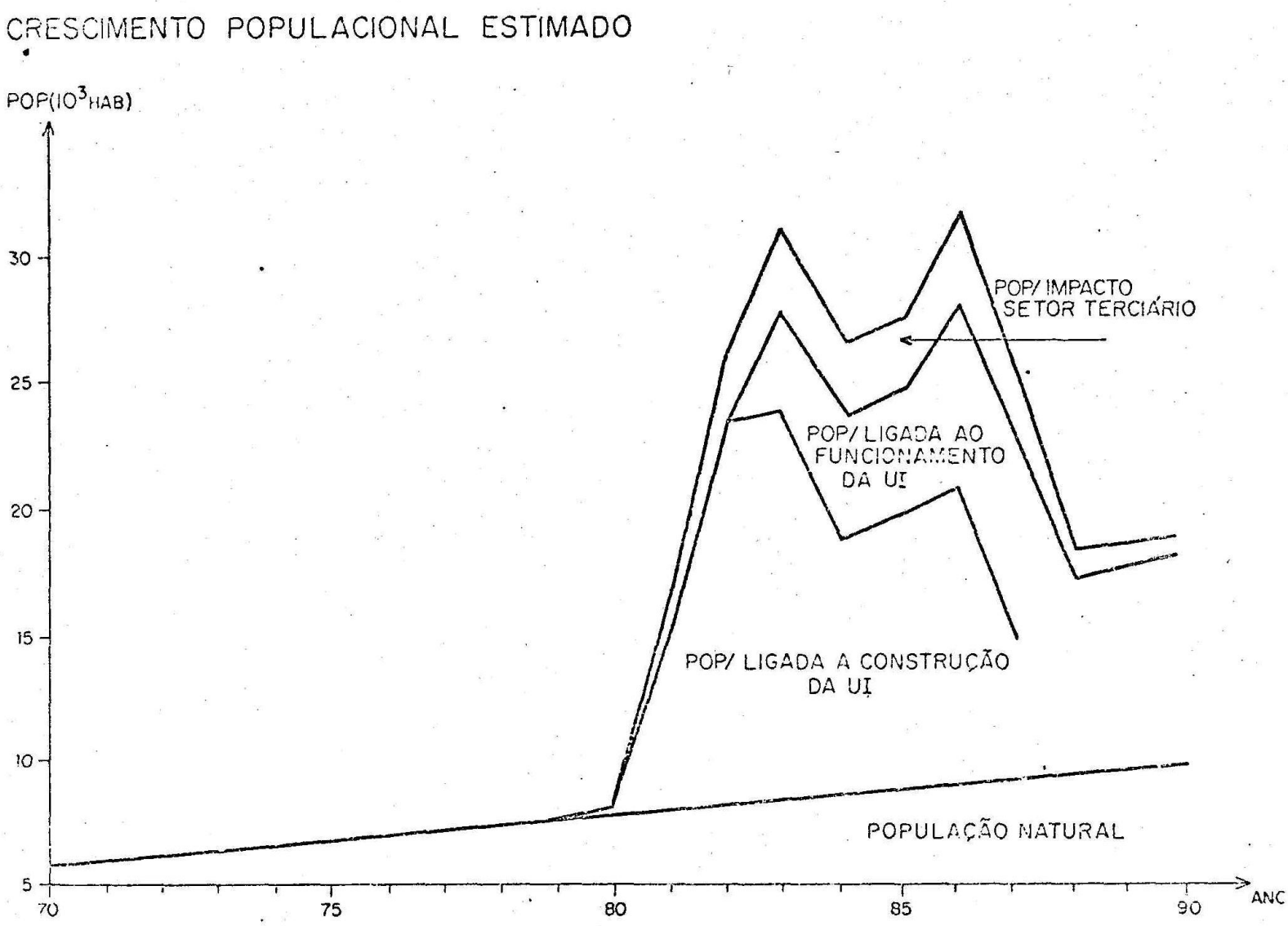
II - Impactos Locais Econômicos e Sociais

As alterações econômicas e sociais nas áreas de exploração de xisto, conforme esperado, atingirão a quase totalidade das populações locais, exigindo, portanto, uma preocupação para com o assunto. A interação dos impactos da implantação das usinas com a especificidade das localidades onde serão implantadas é que geram os problemas propriamente ditos. Conforme já dito na introdução, as regiões de ocorrência de xisto no Brasil são áreas com centros urbanos bem pouco povoados, com um dinamismo limitado e com uma economia baseada no setor primário, traduzindo uma situação comum em nossa realidade.

O primeiro impacto resultante da implantação de uma usina nestas áreas é o aumento da demanda de população ativa que não é satisfeita pelas regiões, não só pela falta de habitantes em si como pela incompatibilidade funcional das populações locais para com a nova atividade. Além disso, a implantação das usinas e centros urbanos implicará um eventualmente acentuado pico populacional. No caso da Usina Industrial a ser implantada em São Mateus do Sul, uma idéia do tipo de crescimento populacional esperado pode ser visualizada no Gráfico 1.

Os efeitos deste brusco crescimento populacional são realmente sentidos, lembrando-se que a capacidade de planejamento dos municípios é limitada, o que pode implicar tomadas de decisões inadequadas ou defasadas; as legislações locais para o controle de crescimento são deficientes; a falta de dinamismo da economia local acarreta uma resposta lenta dos serviços; e as estruturas governamental e dos investimentos não acompanham o brusco crescimento populacional, podendo trazer como conseqüência uma degradação da qualidade de vida. Assim, tornam-se muito importantes um planejamento antecipado para evitar decisões impróprias, uma legislação adequada que regule o crescimento urbano, uma capacitação dos municípios para que possam gerenciar seus próprios crescimentos, um estímulo ao setor terciário para garan

Gráfico 1



FONTES: [12] [13]

ir um nível de serviços razoável, evitando uma degradação na qualidade de vida, e um auxílio externo que possa suprir as deficiências financeiras dos municípios. Para se amenizar os efeitos do pico populacional deve-se incentivar outros setores, principalmente o primário e o secundário, que além disto diversificariam as atividades e a economia da região.

Além dos efeitos já citados, o crescimento populacional gera uma crise nos mercados habitacional e de trabalho. O primeiro ocorre se não for feito um planejamento para o crescimento urbano e se não forem construídas moradias suficientes, possibilidades estas que, associadas ao pico populacional decorrente da demanda de pessoal que atenderá às construções da usina e dos centros urbanos, muito provavelmente implicarão a formação de periferias, geralmente regiões com baixa qualidade de vida e desintegradas da comunidade. O segundo ocorre devido à inadequação da população local para com a nova atividade e à dificuldade de captação de pessoal especializado, comprometendo assim setores básicos como saúde, educação, assistência e outros. Este problema pode ser contornado com um estímulo governamental à imigração de pessoal qualificado.

Finalmente, ainda decorrente da imigração da população ativa, existe um problema subjetivo, que é o de adaptação da população à vida e de integração às comunidades locais, demandando um planejamento organizacional que possa minimizar estes efeitos.

Um outro evidente impacto decorrente da implantação das usinas é uma brusca e vertiginosa elevação do produto do setor secundário, o que significa nas áreas consideradas, uma transformação repentina da economia local e uma conseqüente especialização econômica, que ocorre em um setor não existente anteriormente, implicando uma grande incerteza, muito sujeita a possíveis variações externas, como mudanças tecnológicas e nos mercados e preços dos combustíveis etc.

Um último tipo de impacto que poderíamos descrever é o aumento da demanda de terra para mineração e crescimento urbano, com conseqüentes elevações nos preços das terras e uma diminuição na produção de setor primário. No caso de São Mateus do Sul, como a demanda de terra será inferior a 10% da área do município, os efeitos sobre o abastecimento de alimentos decorrerão principalmente do brusco crescimento da demanda de alimentos, o qual exige planejamento e atenção especiais.

Relativamente à situação específica de São Mateus do Sul onde será implantada a primeira usina industrial de xisto, foi dada uma grande atenção no que concerne aos potenciais impactos econômicos e sociais locais, conforme já descritos; como conseqüência, surgiu um convênio entre a PETROBRÁS, o Governo do Estado do Paraná e a Universidade Federal do Paraná, com vistas a uma avaliação destes problemas. O resultado do estudo foi o Plano de Ação Imediata de SMS (PAI) (ver [12] e [13]), um trabalho exaustivo e bastante minucioso que contém inclusive propostas de ação com projetos de desenvolvimento para a expansão da cidade, programas para dotar o município de capacidade de planejar e coordenar seu crescimento adequadamente, proposta detalhada de uma legislação completa que permita a estruturação e organização do crescimento, programas de auxílio ao desenvolvimento dos vários setores econômicos, além de um detalhado Projeto de Infra-Estrutura Urbana.

Para finalizar esta parte, é oportuno arrolar algumas das estimativas contidas no PAI,[3] relativas aos investimentos considerados públicos. Para efeito desta análise, eles são divididos em investimentos em infra-estrutura não urbana, investimentos em infra-estrutura urbana e auxílios à economia local.

---

3 Estas estimativas são atualizações feitas pela PETROBRÁS em janeiro de 1981.

Os investimentos em infra-estrutura não urbana foram estimados em 4.756 mil UPC, sendo 4.338 mil em ligações rodoferroviárias e 418 mil em ligações viárias intramunicipais.

Os investimentos em infra-estrutura urbana forma estimados em 3.441 mil UPC, sendo 1.496 mil em vias urbanas e os demais em sistemas de esgotos, saúde, lazer, educação, etc. Neste particular, se estimarmos o acréscimo populacional como sendo da ordem de 20.000 habitantes, temos que os investimentos em infra-estrutura urbana per capita são da ordem de 172 UPC/habitante.

Os auxílios aos setores econômicos foram estimados na ordem de 361,9 mil UPC, não incluindo auxílios ao setor primário, que não foram estimados.

Somando-se os investimentos necessários chega-se a um total de cerca de 8.600 mil UPC, ou seja, 430 UPC/habitante.

III - Poluição Atmosférica

As fontes de poluição atmosférica de uma indústria de processamento de xisto podem ser divididas em duas classes. A primeira seria formada pelos vários focos emissores de material particulado na área da usina, envolvendo, basicamente: a mineração, o transporte e britagem do xisto cru, o despejo do xisto retortado e dos finos e a movimentação de veículos nas vias internas não pavimentadas. A segunda seria formada pelas várias fontes emissoras de gases, essencialmente SO_2, ao longo do processo de retortagem do xisto, beneficiamento dos produtos (fundamentalmente a planta de dessulfuração), e através das facilidades e utilidades da usina (produção de vapor, energia elétrica, etc.).

Dada a pequena quantidade de matéira orgânica contida nos xistos, em particular nos da jazida de São Mateus do Sul (7,4% em peso de óleo), é necessário alimentar-se uma retorta com cerca de 2,2 toneladas de xisto cru para obter-se um barril de óleo. Considerando-se que estas 2,2 t deverão ser mineradas a céu aberto, exigindo a movimentação adicional de cerca de $3,2m^3$ de material estéril que ao serem retortadas produzirão um rejeito de cerca de $1,7m^3$, concluímos que para produzir um barril de óleo será necessário manusear $6,0m^3$ de sólidos, ou, equivalentemente, para produzir $1m^3$ de óleo cerca de $37,7m^3$ de rochas.

Desta forma, quando a usina entrar em operação, o volume de sólidos manuseados por dia de operação será vultoso (300 mil m^3 - ver Tabela 1). Assim, é de se esperar elevadas emissões de material particulado, principalmente se levarmos em conta que cerca de 50% destes sólidos estarão sendo transportados entre a usina e a área de mineração. Além disso, é importante salientar que a movimentação de veículos no interior da área da usina e suas adjacências, por vias não pavimentadas, constitui também uma fonte adicional de emissão de particulados.

Tabela 1

Manuseio de Sólidos

Capacidade de Processamento de Xisto - 112mil t/do*

Material	Fluxo(10^3t/do)
Capeamento	101,2
Camada Superior de Xisto	37,2
Camada Intermediária	56,7
Camada Inferior de Xisto	22,2
Rejeitos	83,2
Total	≃ 300,0

Fonte: [18]

* Caso de projeto: situação em que os finos seriam totalmente aproveitados

Talvez pelo fato de as técnicas de controle deste tipo de poluição serem bem conhecidas e relativamente simples e baratas, nenhum estudo tem sido realizado com vistas a prever quais serão as concentrações de material particulado no ar quando a usina entrar em operação em função das técnicas de controle e escala de produção previstas.

Medidas realizadas com a usina-protótipo em operação têm indicado que o problema é relevante, tendo em vista que medições com o HI - VOL indicaram concentrações da ordem de 422 $\mu g/m^3$ numa amostragem de 24 horas, valor este superior ao permitido pe

la legislação nacional (240 $\mu g/m^3$); observe-se, porém que estas concentrações foram detectadas na área interna da usina.

Acredita-se que estes elevados valores sejam causados principalmente pelo tráfego nas vias não pavimentadas da usina e adjacências. Assim, é plausível assumir que, com a pavimentação parcial das vias internas da usina, com o molhamento das não pavimentadas e com a utilização de técnicas tradicionais para o controle da emissão de particulados na unidade de tratamento de minérios (britagem, estocagem, peneiragem), é possível a um custo relativamente reduzido — aproximadamente 0,02% dos investimentos da unidade de tratamento de minérios — manter a concentração de material particulado no ar dentro de valores aceitáveis com base na legislação nacional.

Quanto aos gases emitidos ao longo do processo, estes são basicamente formados por aqueles produzidos nas combustões responsáveis pelo atendimento da demanda energética do processo e por aqueles residuais do processo de aproveitamento do gás de retortagem.

Os gases de combustão não constituem problemas, uma vez que os combustíveis utilizados são de boa qualidade por conterem baixa percentagem de Enxofre e Nitrogênio e não produzirem praticamente cinzas, e a taxa de consumo de combustíveis não chega a atingir níveis preocupantes. Mais especificamente, podemos dizer que a quantidade de material particulado a ser emitida na combustão é desprezível; a de óxido de Nitrogênio, apesar de ainda não estimada, não deverá ser problemática, uma vez que em função das condições de combustão e conteúdo de Nitrogênio nos combustíveis utilizados não há qualquer evidência de que venha a constituir problema[4]. Finalmente, quanto ao SO_2, sua taxa de emissão deverá ser pequena em relação à produção desta substância na unidade de produção de Enxofre, como veremos adiante, mas deve ser levada em conta no cálculo da elevação da concentração de SO_2 devida ao funcionamento da usina industrial.

---

4 Em particular, não há na legislação nacional limites para a concentração desta substância no ar.

O consumo de combustível ao longo do processo será de:

- 1.290m^3/d.o. de óleo combustível do xisto
- 1.242 t/d.o. de gás combustível,

ambos para uma usina com capacidade para 50.000 bbl/d.o. [19].

O gás combustível utilizado estará praticamente isento de substâncias que possam se tornar poluentes. Quanto ao óleo combustível utilizado, este é de melhor qualidade que o proposto pelos limites do CNP (1% para o óleo combustível com baixo teor de Enxofre — BTE), uma vez que possui apenas 0,97% de Enxofre, 0,8% de Nitrogênio e 0,96% de sólidos em peso.

Quanto aos gases residuais do aproveitamento do gás de retortagem, é importante em primeiro lugar analisarmos a sua composição, apresentada na Tabela 2.

Tabela 2

Composição Média do Gás de Retortagem de Xisto de São Mateus do Sul

	(Em %)
Gás Sulfúrico (H_2S)	23,92
Oxigênio	0,20
Nitrogênio	13,63
Monóxido de Carbono	0,58
Dióxido de Carbono	6,80
Hidrogênio	14,18
Hidrocarborenetos	40,69

Fonte: [18]

A tabela mostra-nos que este gás contém cerca de 24% de gás sulfídrico, o que o impede de ser utilizado diretamente como gás combustível. Assim, o esquema adotado pela SIX consistem basicamente em separar o gás sulfúrico (H_2S) dos demais e encaminhá-los para uma unidade CLAUSS, onde haverá produção de Enxofre a partir de H_2S.

Naturalmente, não é possível transformar todo H_2S em Enxofre, de forma que uma parcela do H_2S deverá ser lançada na atmosfera após ser oxidada a SO_2. Sem dúvida, esta é a principal fonte de emissão de poluentes atmosféricos da usina e por isto vem sendo estudada em detalhes. Com a usina-protótipo em operação, a concentração de SO_2 tem atingido 60 $\mu g/m^3$ e, a de H_2S, 0,02 ppm, comprovando assim a seriedade do problema.

O percentual de aproveitamento do Enxofre contido no H_2S que pode ser alcançado depende do número de reatores da unidade CLAUSS e da existência ou não de uma unidade "TAIL GAS", o que nos leva, em última análise, a um forte compromisso entre o volume de investimentos e taxa de emissão de SO_2 por dia de operação. O Gráfico 2 procura representar esta relação.

A análise deste gráfico mostra-nos que a eficiência dos investimentos para reduzir a emissão de SO_2 é extremamente decrescente, levando à realização de estudos visando a estimar qual seria o volume de investimentos socialmente mais apropriado. Esta estimativa pode ser obtida desde que tenhamos definido qual o nível de concentração de SO_2 no ar que consideramos tolerável e correlacionado as taxas de emissão de SO_2 com a concentração que ela acarretará.

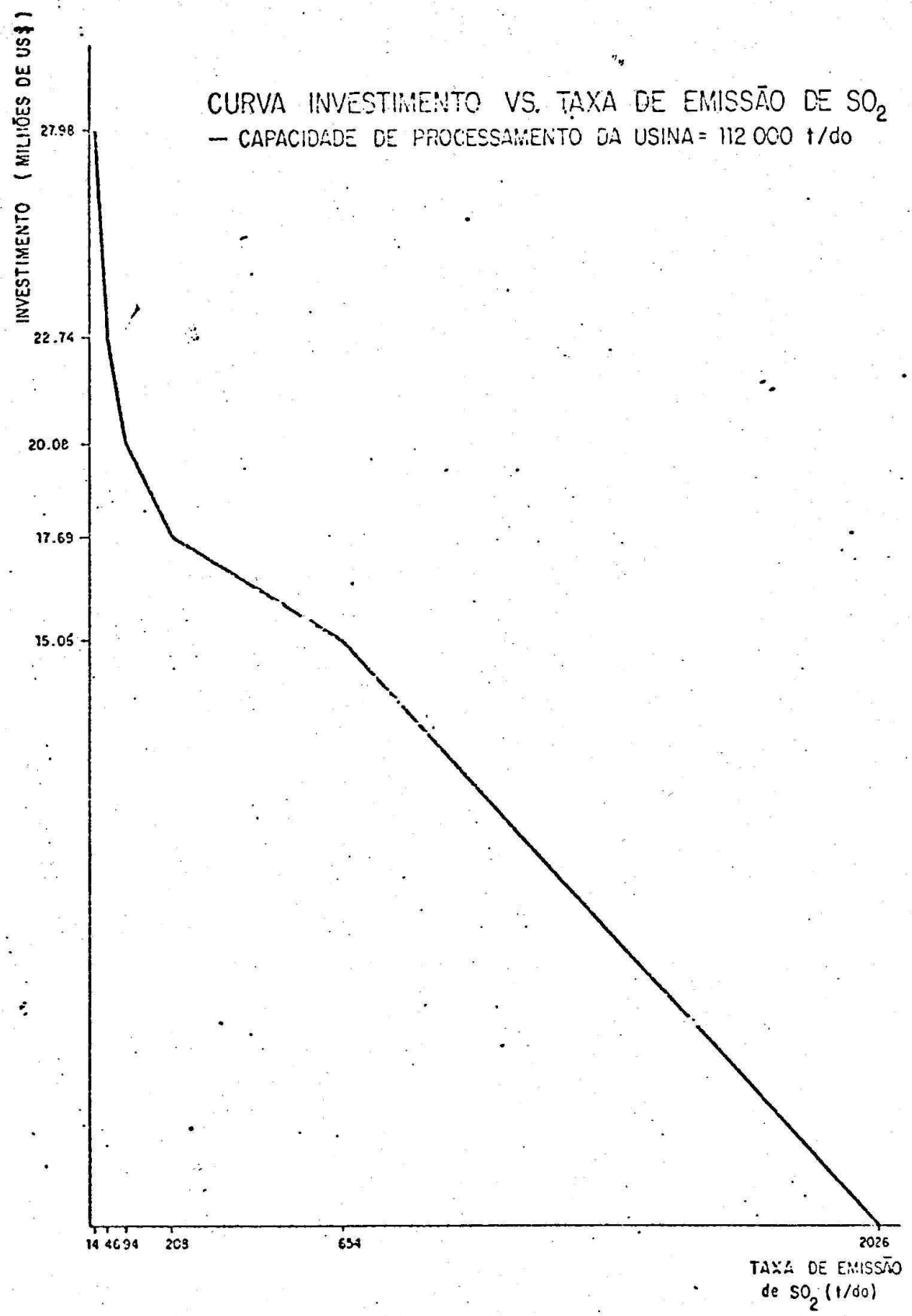
Os níveis de concentração considerados toleráveis pela legislação nacional para o SO_2 são:

80 $\mu g/m^3$ para média aritmética anual; e

365 $\mu g/m^3$ para máxima diária.

IPEA/INPES Serv. de Documentação

Gráfico 2


CURVA INVESTIMENTO VS. TAXA DE EMISSÃO DE SO_2
— CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO DA USINA = 112 000 t/do
INVESTIMENTO (MILHÕES DE US$)
27.98
22.74
20.08
17.69
15.05
14
46
94
208
654
2026
TAXA DE EMISSÃO de SO_2 (t/do)

Entretanto, a PETROBRÁS e a SUREHMA (órgão do Estado do Paraná responsável pelo meio ambiente) não consideram razoável tolerar-se uma súbita elevação do nível de concentração dos poluentes no ar até o máximo permitido devido à operação de apenas uma usina, e neste sentido firmaram o objetivo de manter a média anual da concentração de SO_2 na cidade de São Mateus do Sul em valores inferiores a 40 $\mu g/m^3$.

Quanto à correlação entre as taxas de emissão e a concentração de SO_2, a PETROBRÁS/SIX já dispõe de modelos preliminares de dispersão atmosférica, realizados inicialmente considerando-se apenas as emissões de SO_2 da planta de recuperação de enxofre (unidades CLAUSS) sem a "TAIL GAS", e sem as emissões oriundas da queima de combustíveis. Quanto às emissões de SO_2 provenientes de combustão, acredita-se que não alterem significativamente os resultados obtidos.

A concentração média anual sob as condições meteorológicas mais desfavoráveis[5], para a primeira etapa da usina, foi de 54 $\mu g/m^3$ e, para a segunda, de 82 g/m^3, ambas ocorrendo, porém, em um ponto dentro da usina, demostrando assim que a unidade "TAIL GAS" poderá ser necessária. Sob condições normais, o ponto de concentração máxima ocorre a 2 km da fonte, cujos os valores obtidos estão na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3

Resultados do Modelo de Dispersão ($\mu g/m^3$) - Condições Normais

	1ª Etapa	2ª Etapa
Média Anual	14,43	17,05
Máxima Diária	144,00	219,00
Máxima Horária	721,00	1087,00

[5] Condição de Looping, no caso.

IV - Efeitos da Mineração sobre o Meio Ambiente

A unidade de mineração tem por finalidade minerar 131,8 mil toneladas de xisto[6] e realizar o rejeito de 139,1 mil toneladas de resíduos sólidos do processo por dia de operação, quando a capacidade da usina estiver totalmente instalada.

Os resíduos sólidos do processamento de xisto são formados de 120,8 mil toneladas de xisto retortado[7] com 23% de umidade[8], 1,5 mil tonelada de borra[9] e 16,8 mil toneladas de finos de xisto[10] por dia de operação.

O esquema de lavra a ser utilizado segue o que é tradicional em projetos de mineração strip-mining. Assim, no caso, duas DRAGLINES removem o material estéril[11] de forma a expor as camadas de xisto e o depositam no piso da mina do corte anterior. Duas SHOVELS, uma para cada camada, escavam as camadas de xisto e carregam caminhões que transportam o xisto até os britadores. Os rejeitos sólidos são depositados acima das pilhas de material estéril e, após nivelados, cobertos com uma camada de solo alterado[12] por uma terceira DRAGLINE.

---

6 Considerando-se que os finos serão rejeitados.

7 O xisto retortado é o resíduo sólido da retortagem.

8 Esta umidade é incorporada ao xisto retortado no mecanismo de descarga da retorta, sendo formada em grande parte pela água produzida na retortagem (água de retortagem).

9 A borra é uma mistura de óleo (14%), pó de xisto (64%) e água (22%), que surge como resíduo da centrifugação do óleo produzido na retortagem.

10 Os finos de xisto são partículas com granulometria inferior a 1/4" produzidas na britagem, que, com base na tecnologia atual, não são aproveitáveis.

11 Este material estéril é, no caso, formado pelo capeamento e por uma camada intermediária entre as duas camadas de xisto.

12 Uma mistura do solo com uma parcela do capeamento original.

A atividade de mineração a céu aberto em grande escala causa efeitos ao meio ambiente largamente conhecidos e discutidos na literatura. No caso específico do xisto, os rejeitos sólidos geram dois problemas adicionais: o primeiro é a possibilidade de combustão expontânea do xisto retortado;[13] o segundo deriva da possibilidade de contaminação dos recursos hídricos da região devido à lixiviação dos resíduos. A menos da poluição hídrica, estes efeitos têm poucas possibilidades de causarem impactos de maior significância ao meio ambiente e, assim, serão tratados rapidamente nos próximos parágrafos, ao passo que a poluição hídrica é analisada em detalhes na próxima seção deste trabalho.

Não será problemático o impacto causado à flora, à fauna e aos aspectos estéticos da região, porque a área é realmente pobre neste particular e a superfície total a ser minerada em 30 anos é de 64,5 km^2.

A mineração provocará também uma suavização das ondulações atuais do terreno, além de uma elevação da cota média da área de cerca de 12m, devido ao empolamento do material manuseado. Estas alterações do relevo, além da degradação estética que representam, alterarão as bacias hidrográficas e os sistemas de drenagem naturais da área.

Além disso, poderá ser permitido pela mineração a ocorrência de um processo de erosão acelerado caso a região minerada não seja rapidamente revegetada ou não seja dotada de um sistema de drenagem superficial eficiente. Felizmente a preocupação da PETROBRÁS com este problema é evidente, de forma que estas medidas deverão ser implantadas.

---

[13] O xisto retortado possui ainda cerca de 6,8% de Carbono, 0,8% de Hidrogênio e 2,7% de Enxofre, o que lhe garante um poder calorífico de 670 kcal/kg.

A revegetação, ainda hoje uma das técnicas mais eficientes e baratas para minimizar os efeitos de atividades de mineração, é particularmente eficaz na redução dos efeitos da erosão e da infiltração das águas pelas pilhas de rejeito[14] e na melhoria do aspecto estético da área. Além disso, ela devolve ao solo sua potencialidade biológica [21] e torna-se fundamental para um eventual aproveitamento econômico da terra.

Com vistas a testar a viabilidade da revegetação da área de mineração, selecionar as espécies mais adaptadas às condições locais e estimar as necessidades de calagem e fertilizantes, a PETROBRÁS vem desenvolvendo em convênio com o INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS (IPEF) de PIRACICABA (São Paulo) estudos neste sentido.

Os resultados destes estudos [21] têm sido animadores, uma vez que permitiram demonstrar com pesquisas de campo a viabilidade do plantio de diversas espécies com pequeno consumo de fertilizantes, ficando comprovada inclusive a viabilidade do plantio de erva-mate em consorciação com a bracaatinga, ambas nativas na região.

Estes experimentos foram realizados considerando-se uma camada de solo alterado de 2,5m acima dos rejeitos do processo[15], não se verificando qualquer efeito tóxico sobre o sistema radicular das plantas devido à existência destes rejeitos abaixo do solo. Assim, é razoável acreditar-se que a revegetação da área poderá ser realizada a custos típicos, utilizando-se inclusive espécies de interesse econômico.

Finalmente, é importante analisar a possibilidade de combustão espontânea do xisto retortado.[16] Este é um ponto que

---

[14] Ver a próxima seção para maiores detalhes

[15] Este é exatamente o caso esperado no esquema de lavra previsto.

[16] Note-se que este problema está ligado ao manuseio de resíduos, e não propriamente à atividade de mineração.

demanda estudos mais detalhados que indiquem as condições, em termos de níveis de temperatura, umidade, aeração e outros, que possibilitam a ocorrência da combustão, de forma que os mecanismos de transporte e depósito do xisto retortado possam ser confiavelmente projetados.

Até o momento sabe-se com base em simulações do esquema projetado para transporte e rejeito do xisto retortado, que a combustão espontânea ocorreu apenas esporadicamente e, mesmo assim, antes da cobertura do xisto retortado com a camada de solo. De qualquer forma, parece indispensável a realização de estudos detalhados sobre as condições de ocorrência antes da entrada em operação de uma usina industrial.

V - Poluição Hídrica

De todos os potenciais efeitos da indústria do xisto sobre o meio ambiente, a poluição dos recursos hídricos parece ser o de maior relevância e de avaliação mais incerta. Ela pode ocorrer, fundamentalmente, devido ao fato de as águas pluviais irem, com alguma intensidade, percolar o novo subsolo,[17] alterado pela atividade de mineração e pelo despejo dos resíduos do processo, e dissolver e/ou arrastar substâncias tóxicas ali contidas até as águas subterrâneas, contaminando-as.[18]

Quanto às substâncias tóxicas contidas, apesar de análises detalhadas dos componentes do novo subsolo não serem disponíveis, os exames parciais realizados indicam que em nenhum deles, à exceção da água de retortagem, há concentrações elevadas de substâncias potencialmente poluentes. Como a água de retortagem, entretanto, possui alto teor de substâncias tóxicas (ver Tabela 4), é possível que as águas pluviais ao percolarem o novo subsolo atinjam concentrações de determinadas substâncias acima dos níveis toleráveis.

Um problema adicional para avaliar-se a concentração destas substâncias tóxicas é o fato de que no novo subsolo ainda devem ocorrer reações químicas, as quais podem, de acordo com a sua natureza, elevar a concentração de substâncias poluentes ao longo do tempo.

---

17 Ver na seção anterior uma descrição da constituição deste novo subsolo.

18 Em verdade, algumas destas substâncias podem não estar originariamente contidas no novo subsolo, mas sim formadas a partir do contato deste com as águas pluviais que percolam.

Tabela 4

Composição da Água de Retortagem (ph = 7,9)

	(mg/l)
Fenóis	247
Sulfetos	4352
Enxofre Total	5520
Nitrogênio Amoniacal	3630
Óleo	510
Sólidos em Suspensão	4
Sólidos Dissolvidos	486
Sólidos Totais	490
DQO	15056
DBO	4406

Fonte: [18]

Embora uma avaliação dos efeitos da lixiviação seja complexa (a única forma possível parece ser uma simulação do esquema de lavra), pois eles dependem da escala, do período de lixiviação e das características locais, parece razoável estimar o problema com base em extrapolações deste tipo de simulações.

A este respeito, pode-se dizer que, apesar de a PETROBRÁS vir realizando diversas simulações cujos resultados indicam a pequena significância do problema, estas indicações são limitadas, uma vez que nas simulações realizadas pela PETROBRÁS a água de retortagem — um dos componentes de maior preocupação — não foi incluída. A Tabela 5 apresenta o resultado de uma destas simulações.

Tabela 5

Resultados das Simulações de Lixiviação do Xisto Retortado

Parâmetro	Unidade	Lixívia	Água Potável*
PH		8,20	6,750
Dureza Total	ppm-$CaCO_3$	894,00	25,900
Cloretos	ppm-Cl	3,00	4,950
Sulfato	ppm-SO_4	911,00	17,000
Silica Total	ppm-SiO_2	5,40	4,000
Ferro	ppm-Fe	0,14	0,120
Manganês	ppm-Mn	5,96	ND
Cromo (HEXA)	ppm-Cr	ND	ND
Nitrogênio Amoniacal	ppm-NH_3	1,27	ND
Sólidos Dissolvidos	ppm	1 657,00	60,330
Cálcio	ppm-Ca	343,00	8,280
Magnésio	ppm-Mg	65,00	0,290
Fenol	ppm-Fenol	2,00	ND
Cádmio	ppm-Cd	ND	ND
Chumbo	ppm-Pb	ND	ND
Cobre	ppm-Cu	ND	ND
Mercúrio	ppm-Hg	ND	ND
Níquel	ppm-Ni	0,01	ND
Fosfatos Totais	ppm-P	ND	0,024
Potássio	ppm-K	26,00	1,130
Sódio	ppm-Na	58,00	1,490
DQO	mg/l-O_2	1	-
DBO	mg/l-O_2	<1	-

ND = Não detectado.

* Água utilizada para simular a chuva.

Felizmente, diversos fatores, os quais devem ser adequadamente utilizados no caso em questão, podem reduzir os efeitos da lixiviação, diminuindo-se a fração das águas pluviais que percolam o novo subsolo.

Dentre estes fatores, merece especial destaque a revegetação da área, a qual, se realizada com espécies adequadas, pode absorver grande parcela das águas pluviais.

Além da revegetação, um bom sistema de drenagem das águas superficiais e a pequena permeabilidade das diversas camadas do novo subsolo também reduzirão os efeitos da lixiviação.

Como última medida está prevista a drenagem das águas ao nível do piso da mina,[19] juntamente com a drenagem superficial, o que é extremamente importante na medida em que permitem controlar o curso das águas e desta forma submetê-las a tratamento, caso necessário.

Diversas outras técnicas conhecidas poderão ser também utilizadas para minimizar os problemas de contaminação dos recursos hídricos devido à lixiviação dos resíduos do processo. Por exemplo, caso se confirme que a água de retortagem trará problemas, pode-se submetê-la a um tratamento prévio antes de misturá-la ao xisto retortado que retorna à mina, ou recobrir o xisto retortado com uma camada de material semi-impermeável (argila, por exemplo) para reduzir a lixiviação. Apesar de estes tratamentos apresentarem custos elevados, dados os volumes envolvidos, não parece ser este o fato que comprometerá a viabilidade econômica do projeto.

Desta forma, pode-se dizer que a preocupação com o assunto deriva do fato de ser elevado o volume de material a ser rejeitado e, fundamentalmente, de ser extremamente difícil pre-

---

19 Esta drenagem não é realizada unicamente para contornar problemas ambientais, mas, principalmente, para manter a operação da mina em condições adequadas.

ver-se com razoável precisão (o que seria desejável) os efeitos da lixiviação sobre a concentração de substâncias consideradas tóxicas nos recursos hídricos da região.

Esta preocupação, derivada da dificuldade de avaliação do problema, agrava-se pelo fato de a utilização da experiência acumulada em outras atividades onde ocorre a lixiviação de resíduos sólidos, como a mineração do carvão, ter utilidade limitada, uma vez que, além de o próprio caso do xisto apresentar peculiaridades importantes, os efeitos da lixiviação são sempre muito dependentes das condições lcais.

Em suma, apesar de ser plausível acreditar que os efeitos causados pela lixiviação dos resíduos do processo são contornáveis a custos não proibitivos, nenhuma demonstração confiável deste fato foi apresentada até o momento.

VI - Resumo das Conclusões

Dada a localização das reservas em áreas rurais e pouco povoadas, a industrialização do xisto acarretará um brusco crescimento populacional nas áreas de implantação das usinas. A qualidade de vida das populações destas localidades pode ficar comprometida caso este crescimento não seja precedido de um planejamento adequado e caso não haja recursos para a implantação dos projetos propostos num prazo de tempo razoável. No caso específico de São Mateus do Sul, o crescimento populacional esperado é de cerca de 20.000 habitantes, sendo a população atual de cerca de 8.000 habitantes. Entretanto, este mesmo tipo de situação ocorre em outros projetos, muitas vezes de porte muito maior, não representando aqui nenhuma característica particular por se tratar de industrialização do xisto. A PETROBRÁS teve a preocupação para com o assunto e as estimativas dos investimentos necessários em infra-estrutura urbana e não urbana e auxílios à economia local são da ordem de 8.600 mil UPC, calculados em janeiro de 1981.

Com relação à poluição atmosférica, já são conhecidos todos os problemas peculiares à indústria de xisto. A emissão de material particulado deve-se basicamente à atividade de mineração, manuseio e transporte do xisto, sendo comum às demais atividades que requeiram mineração; e a emissão de SO_2 é controlada da mesma forma que nas unidades de tratamento de gás de refinarias, com processos e custos semelhantes. De maneiral geral, pode-se dizer que os custos de controle da emissão dos poluentes no ar são menores do que 1% do total dos investimentos da usina. Atualmente, a única incerteza relativa ao assunto é quanto à necessidade ou não da utilização de uma unidade "TAIL GAS", uma vez que os estudos têm indicado que sem ela os limites máximos permitidos são ultrapassados, porém por uma margem muito pequena.

Os efeitos da mineração de xisto são comuns às atividades de mineração a céu aberto em grandes escalas. No caso específico de São Mateus do Sul, eles são amenizados em função de as reservas localizarem-se em áreas com flora e fauna relativamente pobres e não serem atravessadas por rios de grande importância econômica. Além disso, deve-se levar em conta que, apesar de a área total a ser minerada em 30 anos ser de 64,5 km^2, ela implica um aspecto favorável ao xisto, que é o de demandar apenas $1m^2$ de área para a produção de nove barris de óleo, produtividade esta altíssima comparada às demais fontes energéticas alternativas.

Finalmente, o rejeito do xisto retortado e da água de retortagem representa o principal problema relativo ao meio ambiente na industrialização do xisto, pela possibilidade de combustão espontânea do xisto retortado e da lixiviação dos poluentes contidos em ambos e posterior contaminação dos recursos hídricos. As expectativas e indicações são de que não devam ocorrer estes problemas de forma preocupante; entretanto, faltam experiências e comprovações que levem de forma mais segura a um nível de tranqüilidade desejado, sendo este um assunto que ainda vem sendo estudado pela PETROBRÁS.

Referências Bibliográficas

[1] BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Balanço energético nacional. Brasília, 1978. 108 p.

[2] BUDIANSKY, Stephen. Dispersion modeling. Environmental Science & Tecnology, 14 (4): 370-374, Apr. 1980.

[3] CETESB. Controle de poluição em minas de carvão. São Paulo, s.n.t. 37 p.

[4] COSTA NETO, Claudio. Xistos Oleígenos; matéria-prima que o Brasil tem. Rio de Janeiro, Projeto Xistoquímica/UFRJ, 1979. 80 p. (publicação nº 28).

[5] ENERGIA: fontes alternativas. São Paulo, APC-Assessoria de promoção e cultura, v.1, n.2, maio/jun. 1979, bimestral.

[6] ENGINEERING SCIENCE. Air quality assessment of the oil shale development program in the Piceance Creek Basin, In: US Federal Energy Administration. Project Independence Blueprint. Task Force Report Potential Future Role of Oil Shale: prospect and constraints. Washington, 1974 Appendix M, p. 709-833.

[7] ERICSON, Neil R. and MORGAN, Peter. The economic feasibility of shale-oil; and activity analysis. The Bell Journal of Economics, Nova York, 9 (2): 457-487, Autumn 1978.

[8] EUA. Department of the Interior. Final environmental Statement for the prototype oil shale leasing program; regional impacts of oil shale development. Washington, 1973, Vol. 1.

[9] EUA. Department of the Interior. Impact on Existing Economic and Social Environment. In: . Final Environment Regional Impacts of Oil-Shale Leasing Program; Regional Impacts of Oil Shale Development, Washington, 1973. Chapter, III - H, p. 202-264.

[10] EUA. Environmental Protection Agency. Water pollution potential of spent oil shale residues. Fort Collins, Colorado State University, 1971. 117 p. il (Water pollution control research series).

[11] EUA. Federal Energy Administration: Social and Economic Impacts of Oil Shale Development. In: . Project Independence Blueprint. Task Force Report; Potential Future Role of Oil Shale: Prospect and Constraints. Washington, 1974. Chapter IX, p. 233-258.

[12] FORTE NETTO, Luis et alii, Plano de Ação Imediata de São Mateus do Sul; modelo descritivo e modelo teórico. São Mateus do Sul, PETROBRÁS, sem data. Vol. 1 (Revisão I).

[13] FORTE NETTO, Luis et alii, Plano de Ação Imediata de São Mateus do Sul; modelo prescritivo, São Mateus do Sul, PETROBRÁS, sem data. Vol. 2 (Revisão I).

[14] HUGES, Evan E. et alii. Oil Shale air pollution control. Washington, US Environmental Protection Agency, 1975. 105 p. (EPA-600/2 - 75-009).

[15] LEWIS, A. E. Oil from shale; the potential, the problem, and a plan for development. Energy; the international journal, Oxford, 5 (4); 373-387, Apr. 1980.

[16] LOBATO, F. Sayão. Xisto betuminoso. Atualidades do Conselho Nacional de Petróleo. Brasília, 5 (43): 6-11, jul/ago. 1975.

[17] MOREIRA, Homero Baggio. Xisto; um recurso para complementar a produção de petróleo no Brasil, Curitiba, PETROBRÁS/SIX, 1979, 44 p.

[18] MOREIRA, Homero Baggio. Xisto; reservas, principais resultados da escalada e perspectivas futuras. Curitiba, s. ed., 1981, 28 p. (Trabalho apresentado no Simpósio sobre Aproveitamento do Xisto, São Paulo, 10-11, mar., 1981).

[19] PETROBRÁS: Departamento Industrial. Superintendência da Industrialização do Xisto. São Mateus do Sul, Pr., plano diretor. S.l., 1980, 1 v.

[20] PETROBRÁS; SEGEN-DENAR/SETAU. Levantamento de aspectos urbanos; São Mateus do Sul. São Mateus do Sul, 1977.

[21] POGGIANI, Fábio et alii. Utilização de espécies florestais de rápido crescimento na recuperação de áreas degradadas. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1981, 25 p. (IPEF Série Técnica, v. 2 n. 4 jan. 1981).

[22] PROCESSES, procedures, and methods to control pollution from mining activities. Washington, U.S. Environmental Protection Agency, 1973, 390 p. il.

[23] SLADEK, Thomas A. Oil Shale. A paper for discussion at a Seminar on National Energy Planning in Brazil. Nov. 12-17, 1979, 33 p.

[24] SLADEK, Thomas A. Recent trends in oil shale - Part 2: Mining and shale oil extraction processes. Mineral Industries Bulletin. Golden, Colorado, 18 (1): 1-20, Jan. 1975.

[25] VARISCO, Aldo. O processo PETROSIX, a usina protótipo do Irati. In: Conferências do Simpósio sobre Ciência e Tecnologia do Xisto. Curitiba, Academia Brasileira de Ciências, 1971, p. 225-254.

[26] WARD, J. C. et alii. Water pollution of spent oil shale residues from above - ground reporting . Fort Collins, Colorado State Univestity, s.n.t.