

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# **Recuperação de áreas mineradas**

2ª edição revista

**José Maria Filippini Alba**  
Editor Técnico

***Embrapa Informação Tecnológica  
Brasília, DF  
2010***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final)  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
vendas@sct.embrapa.br  
www.embrapa.br/liv

**Embrapa Clima Temperado**

Rodovia BR 392, km 78  
Caixa Postal 403  
96001-970 Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
Fax: (53) 3275-8221  
sac@cpact.embrapa.br  
www.cpact.embrapa.br

Coordenação editorial  
*Fernando do Amaral Pereira*  
*Mayara Rosa Carneiro*  
*Lucilene Maria de Andrade*

Supervisão editorial  
*Wesley José da Rocha*

Revisão de texto  
*Everaldo Correia da Silva Filho*

Normalização bibliográfica  
*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico e capa  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Foto da capa  
*Júlio Skalski Junior*

**1ª edição**

1ª impressão (2007): 50 exemplares

**2ª edição**

1ª impressão (2010): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Recuperação de áreas mineradas / editor técnico, José Maria Filippini Alba. – 2. ed.  
rev. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2010.  
326 p. : il. ; 16 cm x 22 cm.

ISBN 978-85-7383-496-3

1. Recurso natural. 2. Deterioração do solo. 3. Mineração. I. Alba, José Maria Filippini. II. Embrapa Clima Temperado.

CDD 333.714

# Agradecimentos

Aos autores pela sua colaboração irrestrita na elaboração e revisão dos artigos.

À Petrobras e à Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Agropecuário Edmundo Gestal (Fapeg) pelo suporte financeiro.

Às autoridades da Embrapa, com destaque para o Dr. Waldyr Stumpf Junior (Chefe Geral da Embrapa Clima Temperado), para o Dr. Clênio Nailto Pillon (Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Clima Temperado) e para o Dr. João Carlos Costa Gomes (Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios), pelo suporte oferecido e confiança depositada.

Às estagiárias Melina Linda Schwank Dutra e Lílian Garcia pelas diversas gestões perante os autores e pela correção dos gráficos de vários artigos do livro, respectivamente.

Aos pesquisadores visitantes Betânia Fraga Pereira, Sandro José Giacomini e Carlos Augusto Posser Silveira pelas contribuições relativas ao capítulo Agricultura no Contexto da Recuperação de Áreas Mineradas.

Aos colegas e pesquisadores Rosa Lia Barbieri e Carlos Alberto Flores pela revisão do capítulo Agricultura no Contexto da Recuperação de Áreas Mineradas.

Aos jornalistas Antônio Luiz Oliveira Heberlê e Sadi Macedo Sapper pelas sugestões sobre a estrutura do livro e pela revisão do inglês e do português, respectivamente.

Aos bolsistas Gisele Machado Brites e Wilian Costa Sandrini pela colaboração na formatação e na padronização do texto e das referências.

# Apresentação

Este livro representa o esforço dos participantes do Workshop de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Xisto, realizado em São Mateus do Sul, PR, no período de 22 a 23 de Novembro de 2005, no marco do projeto Xisto Agrícola. Esse projeto foi financiado pela Petrobras, representada pela Unidade de Negócios de Industrialização do Xisto (SIX) e executado pela Embrapa Clima Temperado, com a colaboração da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Agropecuário Edmundo Gastal (Fapeg).

A primeira edição, lançada em 2007 pela Embrapa Clima Temperado, foi pequena, 50 exemplares, e distribuída de forma gratuita no contexto técnico-científico dos autores. Em 2008, o Dr. João Carlos Costa Gomes (Embrapa Clima Temperado) se dispôs gentilmente a encaminhar o livro à Embrapa Informação Tecnológica, que, depois de rigorosa revisão e padronização, propôs o lançando desta segunda edição.

Participaram da elaboração do livro 37 pesquisadores, 59% localizados na região Sul, 30% na região Sudeste e 11% na região Norte, representando oito estados: Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Envolveram-se três Unidades da Embrapa (Agrobiologia, Clima Temperado e Florestas), quatro empresas do setor mineral (Petrobras e três empresas privadas) e onze universidades (Uema, UFPR, UFRGS, UFRJ, Ufpel, UFV, Unesc, Unicamp, Unicentro, Unisinos e USP). Na oportunidade, lamenta-se profundamente o falecimento do Engenheiro Luís Sérgio Cerqueira, em 2006, Consultor da Alunorte, que participou da elaboração do capítulo 3 da Parte 4 do livro.

A recuperação de áreas degradadas é um tema interdisciplinar e transdisciplinar, em estreita vinculação com a mineração, com fundamentos em agronomia, biologia, direito, florestação, geologia, geomorfologia e veterinária, entre outras. Essa visão encontra-se expressa no conteúdo

do livro, dividido em quatro partes: 1) Potencialidade dos subprodutos da mineração na agricultura; 2) Estratégias de gestão em recuperação de áreas degradadas por mineração; 3) Indicadores de qualidade ambiental em áreas degradadas; e 4) Experiências em projetos de recuperação de áreas degradadas por mineração.

Foram considerados diversos temas inovadores, como direito, gestão, planejamento e qualidade ambiental, segurança alimentar ou novos insumos para a agricultura. Em termos de indicadores, foram consideradas as substâncias húmicas, a drenagem ácida, a fauna, a paleodiversidade e as características dos solos. Há também relatos de estudos de caso conduzidos por três grupos de pesquisa reconhecidos, envolvendo a Petrobras – SIX (São Mateus do Sul, PR), a Unesc (Criciúma, SC) e a Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ), relacionados ao setor de petróleo Brasileiro, ao setor carbonífero de Santa Catarina e ao setor de alumínio da região Norte.

Waldyr Stumpf Jr.  
Chefe-Geral da Embrapa Clima Temperado

# Sumário

## Parte 1

### Potencialidade dos subprodutos da mineração na agricultura

#### Capítulo 1

Potencialidades da xistoquímica para a agricultura..... 13

#### Capítulo 2

Agricultura no contexto da recuperação de áreas mineradas..... 31

#### Capítulo 3

Lições das rochas: a energia suprema..... 47

## Parte 2

### Estratégias de gestão em recuperação de áreas degradadas por mineração

#### Capítulo 1

Cinco subsistemas de recuperação ambiental: uma proposta de gestão holônica..... 81

#### Capítulo 2

Planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas..... 103

#### Capítulo 3

Recuperação socioambiental de áreas mineradas..... 123

## Parte 3

### Indicadores de qualidade ambiental em áreas degradadas

#### Capítulo 1

Avaliação ambiental por meio de ácidos húmicos na  
área de mineração do xisto em São Mateus do Sul, PR..... 147

#### Capítulo 2

Impacto da drenagem ácida na água subterrânea..... 161

#### Capítulo 3

Monitoramento de áreas em recuperação: padrões  
de colonização da comunidade de vertebrados terrestres ..... 181

#### Capítulo 4

Paleodiversidade comentada dos folhelhos e siltitos da formação  
Iratí da área de extração do “xisto” e região: um resgate fossilífero ..... 223

#### Capítulo 5

Recuperação de solos degradados pela mineração:  
da teoria termodinâmica à prática nas áreas regeneradas  
da mina de carvão de Candiota, RS ..... 237

## Parte 4

### Experiências em projetos de recuperação de áreas degradadas por mineração

#### Capítulo 1

O processo da Petrobras na recuperação das áreas  
mineradas para exploração do xisto em São Mateus do Sul, PR..... 257

#### Capítulo 2

Reabilitação de áreas degradadas pela mineração  
de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina ..... 281

#### Capítulo 3

Revegetação de áreas degradadas pela  
mineração e processamento de bauxita..... 303

**Anexo** ..... 323

Parte 1

**Potencialidade dos subprodutos  
da mineração na agricultura**

Capítulo 1

**Potencialidades  
da xistoquímica  
para a agricultura**

Claudio Costa Neto



## Introdução

*Xistoquímica* é definida como a química dos xistos oleígenos, com particular ênfase no uso da química voltada para o bom aproveitamento dos xistos oleígenos em benefício da sociedade<sup>1</sup>.

Por ter como destino a sociedade, a xistoquímica requer, desde a sua concepção: o quê, porquê, como, onde..., à sua expressão: o fazer acontecer. E que, mais do que só a ciência e a técnica, estejam presentes os elementos da ética, o respeito às pessoas e à natureza que nos abriga. E que há de haver um embasamento filosófico para orientar a sua utilização.

Os xistos oleígenos, pelo vulto de suas proporções e importância, são um bem social e, como tal, o seu aproveitamento tem de trazer benefícios a todos. Por isso, a sua utilização deve ser tratada com a mesma visão holística como devem ser tratados os assuntos de Estado. Há que se ter à visão econômica, é claro – quem vai arcar com os custos do investimento? Como serão pagos os investimentos feitos? Mas os interesses econômicos não poderão predominar sobre os interesses da sociedade: há que se buscar e manter, sempre, um equilíbrio estável e sustentável entre custos e benefícios sociais.

A química é a ciência das transformações da matéria descritas em termos de moléculas, que lega à xistoquímica a arte, a ciência e a técnica de reconstruir a natureza e rearranjar os elementos estruturais químicos dos xistos oleígenos nos usos que pede a sociedade.

O Projeto Xistoquímica definiu, para nortear as suas atividades, que as necessidades sociais para as quais deveria dirigir a xistoquímica fossem

---

<sup>1</sup> Cabe aqui reforçar a compreensão do que é a xistoquímica: é a química dos xistos oleígenos em todos os seus aspectos, isto é, a ciência e a técnica, o conhecimento e o fazer, de tudo o que diz respeito à estrutura e às transformações moleculares dos xistos oleígenos. A xistoquímica trata do xisto "cru" (a geoquímica orgânica dos xistos oleígenos, por exemplo, pertence ao domínio da xistoquímica), bem como de todos os produtos que se obtém de qualquer processamento. No processo de retortagem inclui a química da pirólise propriamente de seus produtos e de tudo o que com eles se fará: é a química dos gases da pirólise, do óleo de pirólise, da água de retortagem e do resíduo da pirólise (o xisto retortado). Reforçar essa compreensão é necessário porque, ouve-se, muitas vezes, o entendimento enganado de que a xistoquímica seria a "petroquímica" do xisto e, portanto, limitada às formas de utilização apenas do óleo e do gás de xisto à semelhança do que se faz com o petróleo. Nada mais falso.