

# Carvão fóssil

*ARAMIS PEREIRA GOMES, JOSÉ ALCIDES F. FERREIRA,  
LUIZ FERNANDO DE ALBUQUERQUE e TELMO SÜFFERT*

A HISTÓRIA DO CARVÃO FÓSSIL no Brasil teve início em 1795 com a descoberta, por técnicos ingleses, que construíam ferrovias na região do baixo Jacuí, Rio Grande do Sul, da ocorrência deste recurso. Em 1801 houve a primeira notícia sobre a existência de carvão na região de Candiota, próximo à fronteira com o Uruguai, também a partir dos ingleses. A mineração de carvão na região foi iniciada na segunda metade do século passado, ainda por trabalhadores ingleses, alguns dos quais migraram para a região do baixo Jacuí. O imperador D. Pedro II visitou o Rio Grande do Sul e inaugurou uma mina de carvão em Arroio dos Ratos, que foi denominada de Princesa Isabel.

A mineração de carvão durante décadas foi intermitente e primitiva, somente passando a adquirir estatura de uma indústria moderna a partir da Segunda Guerra Mundial, ainda que em ritmo lento e cheio de altos e baixos. Desde então, até 1990, a primazia em termos de volume de produção, número e mecanização de minas, trabalhadores empregados e valores econômicos foi da região sul-catarinense. Quando da desregulamentação, com desobrigação de compra de carvão metalúrgico nacional pelas siderúrgicas de alto-forno integradas, a mineração catarinense sofreu drástica queda. Apenas recentemente ocorreu alguma recuperação, com a elevação dos preços e o maior consumo de carvão no complexo termoelétrico de Tubarão-SC.

A partir de 1970 iniciaram-se os trabalhos intensivos, sob bases técnico-científicas adequadas, do conhecimento geológico de nossos depósitos de carvão fóssil, pelo DNPM, pela CPRM e, em parte, por empresas privadas, além das equipes de pesquisadores do Cientec e da UFRS. Os resultados obtidos pela execução dos trabalhos pela CPRM foram resumidamente três:

- descoberta de três novas jazidas de grande porte, Capané, Morungava/Chico Lomã e Santa Terezinha, as duas últimas com frações de carvão metalúrgico considerado inexistente até então no Rio Grande do Sul;
- levantamento amplo dos jazimentos até então conhecidos apenas parcialmente, elevando os valores de recursos e caracterizando de modo abrangente as camadas existentes;
- introdução de técnicas de pesquisa pioneiras como sondagem com fluido de perfuração programado para controle das paredes dos furos, inclusive em sedimentos inconsolidados; recuperação de testemunho de grande diâ-

metro para obtenção de amostras de maior volume das camadas de carvão; perfilação geofísica das sondagens; eletrorresistividade, sísmica de refração e reflexão; cálculo de recursos e reservas de acordo com critérios internacionais; estudos de impacto ambiental; estudos integrados com levantamentos regionais de uma ou várias jazidas, utilizando e integrando todos os dados de superfície e subsuperfície.

Neste trabalho pretende-se apresentar as linhas gerais do que foi alcançado e estabelecer o lugar e as perspectivas do carvão fóssil como recurso energético no Brasil.

## Características geológicas das jazidas e camadas de carvão do Brasil

Os depósitos de carvão fóssil do Brasil estão situados nos estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Distribuem-se em oito grandes jazidas, sete das quais no Rio Grande do Sul e uma em Santa Catarina, além de várias outras de menor porte. Cerca de 88% dos recursos localizam-se no Rio Grande do Sul. Os jazimentos mais importantes denominam-se, de Sudoeste para Nordeste, Candiota, Capané, Iruí, Leão, Charqueadas, Morungava/Chico Lomã, Santa Terezinha e jazida Sul-Catarinense (figura 1).

As camadas de carvão de todas as jazidas são parte constituinte da formação Rio Bonito, situada estratigraficamente na porção inferior do pacote de rochas sedimentares da bacia do Paraná, de idade Permiana, ou seja, com cerca de 260 milhões de anos.

A maioria das jazidas apresenta linhas de afloramentos de suas camadas de carvão próximas à borda atual da bacia sedimentar do Paraná e mergulham sob as unidades sobrepostas das mesmas e/ou derrames das rochas basálticas. Exceções são a parte leste da jazida Morungava/Chico Lomã, o sul da jazida Sul-Catarinense e a totalidade da jazida Santa Terezinha, que se encontram sob cobertura de sedimentos Cenozóicos da planície costeira.

A profundidade das camadas varia de nula até cerca de 1.200 m. Na jazida Santa Terezinha tem-se coberturas mínimas ao redor de 500 m, indo até valores máximos por volta de 800 m. Os limites de ocorrência significativa de camadas de carvão hoje conhecidos não deverão ser substancialmente alterados por novas pesquisas. Permanecem indefinições ao norte de Charqueadas e Morungava/Chico Lomã, mas principalmente ao sul da jazida Sul-Catarinense e leste de Santa Terezinha, onde perfurações *off-shore* certamente identificarão camadas de carvão sob lâmina d'água do oceano Atlântico. A oeste de Santa Terezinha, sob o planalto basáltico, também poderá ocorrer ampliação da área da jazida com a execução de novas sondagens.

A bacia do Paraná é do tipo intracratônica, caracterizado pela relativa estabilidade tectônica sujeita a movimentos epirogênicos lentos e de pequena amplitude. No seu formato geral pode ser considerada como possuindo margem do tipo rampa, isto é, com pequenas declividades no sentido do fundo da bacia. Como consequência dessas condições, os estratos tendem a possuir espessuras pequenas com relação à sua distribuição em área, incluídas as camadas de carvão. A subsidência pouco pronunciada propicia camadas de carvão verticalmente heterogêneas, pouco espessas e com baixas concentrações de matéria orgânica se comparadas com outras bacias, particularmente as de regiões orogênicas do hemisfério Norte, mas também com outras jazidas em bacias gonduânicas na África meridional, Austrália e Índia.

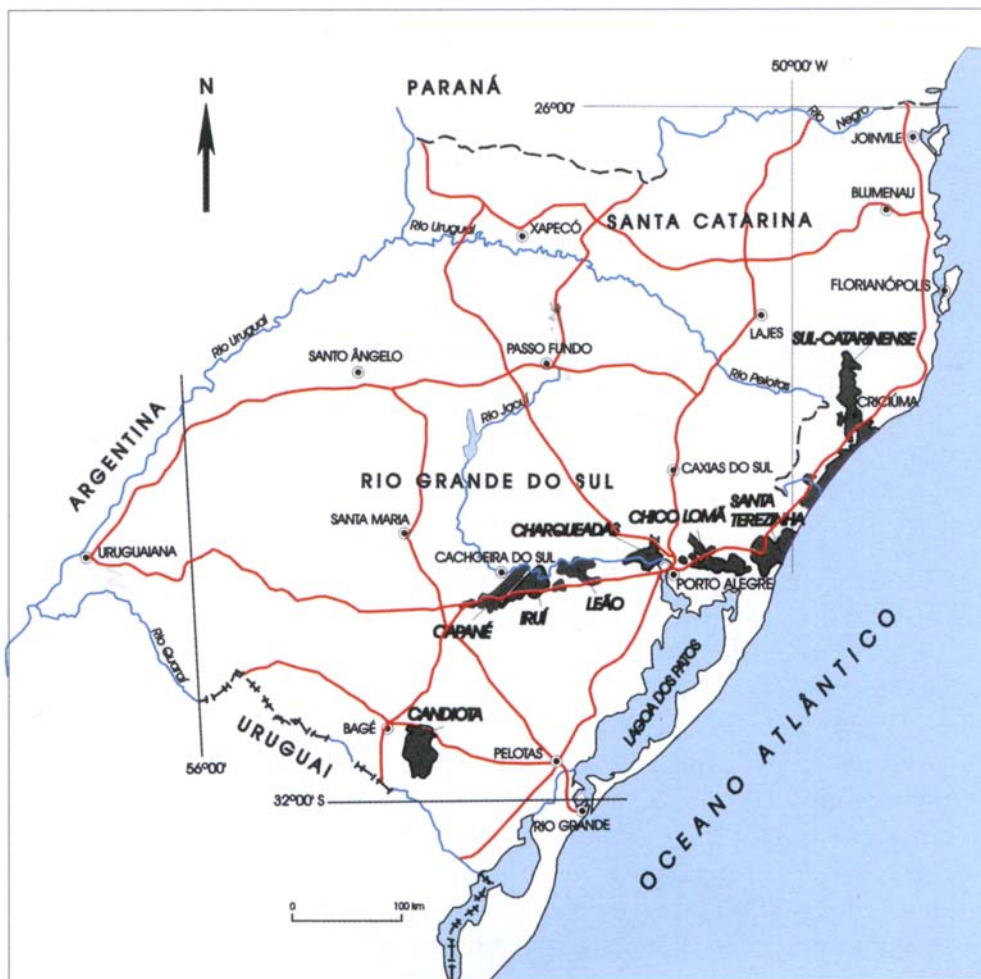


Figura 1 – Localização das principais jazidas de carvão – RS e SC

Especialmente no Rio Grande do Sul é possível verificar o controle que a paleotopografia do embasamento cristalino exerceu sobre as camadas e jazidas de carvão devido às relativamente pequenas espessuras (até algumas dezenas de metros na maioria dos depósitos) que o separam destas. As irregularidades do embasamento não foram aplainadas e, em algumas situações, foram acentuadas pela erosão e tectônica contemporânea. Portanto, seu efeito não foi neutralizado à época da deposição das turfeiras.

Os sedimentos da bacia do Paraná não sofreram dobramentos regionais após a sua deposição. Sua conformação estrutural atual é essencialmente originada por falhamentos e pequenas dobras associadas, além de basculamentos de pequena amplitude, que movimentaram rochas pré-gonduânicas durante e após a deposição das rochas sedimentares. Na jazida Sul-Catarinense encontram-se estruturas adiastróficas do tipo falhas de crescimento, de pequenos rejeitos, os quais diminuem em profundidade e se anulam quando o plano de falha se horizontaliza.

O padrão estrutural mais comum na bacia do Paraná mostra os sistemas de muro e fossa, com falhamentos de alto ângulo (80 a 90°) como limites. As falhas que determinaram a existência dos sistemas são quase sempre falhamentos antigos do embasamento, reativados durante e após o preenchimento da bacia do Paraná. As grandes fossas assim formadas, com importante controle sobre jazidas de carvão, são também chamadas de paleovales. Os exemplos mais destacados são as fossas (ou paleovales) de Capané e Leão-Mariana Pimentel no Rio Grande do Sul. Os falhamentos constituem ainda os condutos para a intrusão de rochas básicas, freqüentemente afetando a estrutura e a composição físico-química das camadas de carvão, com intensidades muito variáveis nas diversas jazidas e suas porções, em função das posições relativas das intrusões e das camadas (diques ou soleiras), espessuras das mesmas, e distâncias que as separam.

A avaliação geológico-econômica de camadas e jazidas de carvão fóssil é feita por meio de dois grupos de parâmetros: os geométricos e os de qualidade físico-química. Na geometria incluem-se espessuras, coberturas, extensão em área, encaixantes próximas, padrão estrutural, entre outros. Na qualidade físico-química tem-se o *rank* (ou grau de evolução) e o *grade*. O grau de evolução, ou classificação pelo *rank* nas séries naturais de linhetos a antracitos é estudado por intermédio de diversas medidas, tais como matéria volátil, poder calorífico, refletância de vitrinitas. No Brasil, o alto teor de cinzas por um lado, e a composição petrográfica (impregnação das vitrinitas por material lipídico) por outro, introduzem distorções nos resultados e dificuldades comparativas entre os carvões brasileiros e os de outros países. Apesar dessas limitações, pode-se dizer que os carvões variam, pelo *rank*, num sentido geral de sudoeste para nordeste, de betuminoso de alto volátil C até betuminoso de alto volátil A. Localmente encontram-se carvões antracitosos por efeito de intrusões básicas próximas (exemplo: área do Montanhão na jazida Sul-Catarinense). Os termos de classificação são os da ASTM, os mais utilizados internacionalmente. Tendo-se em conta que a profundidade de soterramento e o tempo de atuação da temperatura daí decorrente são insuficientes para a determi-

nação do atual estágio de evolução dos carvões brasileiros (com os gradientes geotérmicos hoje existentes) pode-se afirmar que as nossas camadas de carvão estiveram submetidas a temperaturas mais altas no passado geológico. Também pode-se supor com alguma segurança que tais temperaturas estiveram relacionadas com os derrames de rochas vulcânicas Serra Geral, onde fluxos de calor muito intensos estiveram ativos a partir dos chamados *hot spots*, ligados às grandes geóclases. Mesmo tais processos não estando ainda estudados em detalhe, o seu sentido geral já pode ser aceito como verdadeiro.

Usa-se o termo *grade* para designar genericamente as relações matéria orgânica/matéria inorgânica numa camada de carvão, bem como as características da matéria inorgânica presente. A lavabilidade é o parâmetro mais importante do *grade* dos carvões, expressando as possibilidades de separação entre matéria orgânica e matéria inorgânica por processos de beneficiamento. A matéria inorgânica é representada basicamente pelos teores de cinzas e de enxofre. No Brasil, as camadas de carvão caracterizam-se pela heterogeneidade na estrutura vertical, mas também horizontalmente. Existem variações no perfil de cada camada, intercalando leitos mais ou menos ricos em matéria orgânica (principalmente vitrênio) com outros com pouca ou nenhuma matéria orgânica. Essas variações também são marcantes de camada para camada dentro de uma mesma jazida; de jazida para jazida, na medida das camadas que aí ocorrem; dentro de uma mesma camada, também no sentido horizontal, quando são notáveis as variações laterais graduais no perfil das camadas.

Outra generalização que pode ser feita se refere ao conteúdo quase sempre alto de matéria inorgânica em nossos carvões, devido tanto a heterogeneidade vertical quanto à íntima associação, em nível microscópico, da matéria orgânica e inorgânica em muitos leitos e camadas de carvão. Além da já referida evolução geotectônica da bacia do Paraná como fator geológico primário, muitos outros fatores locais atuam determinando as variações encontradas.

Sob o ponto de vista dos sistemas deposicionais, as camadas de carvão foram, em sua grande maioria, depositadas em ambiente de lagunas atrás de barreiras, numa costa dominada por ondas com influência de marés. Os teores de enxofre, altos em muitas camadas, foram propiciados pela ingressão de águas marinhas nas turfeiras por rompimento ou destruição das barreiras. Algumas camadas e leitos de carvão foram depositados em planície deltaica ou planícies aluviais, eu mesmo em leques aluviais, mas são de importância secundária com relação às primeiras.

Os conhecimentos petrográficos acumulados pelas equipes do Cientec e da UFRGS sobre nossos carvões identificam-nos como carvões húmicos, oriundos de material lenho-celulósico (vegetais superiores), ou seja, é predominante o grupo de macerais de vitrinita.

Os valores dos recursos das jazidas são oriundos do projeto *A Borda Leste da Bacia do Paraná* (Aborange & Lopes, 1986) e torna-se necessário que se façam algumas observações quanto ao seu significado:

- o método de cálculo de recursos, mas também de reservas, não apresentadas neste trabalho, é uniforme para todas as jazidas e segue parâmetros internacionais, em especial o sistema USGS/USBM (Ferreira, 1982). O mesmo não acontece com muitas empresas ativas em pesquisa e lavra de carvão, o que causa dificuldades na comparação direta dos dados;
- os dados sobre recursos referem-se a carvão na camada, ou seja, o que foi descrito visualmente como carvão (e checado nos perfis geofísicos, quando disponíveis), não computadas as intercalações de estéril que compõem a camada total. Este critério parece óbvio, mas nem sempre é adotado pelas demais empresas;
- os números apresentados dizem respeito a qualidades muito díspares entre si, se levados em conta outros parâmetros (geométricos, de *rank* e *grade*). Melhor seria equalizar os valores em TEC (toneladas equivalentes de carvão) ou TEP (toneladas equivalentes de petróleo), como nas figuras 2 e 3. Mesmo assim, ainda permaneceriam dificuldades importantes para a comparação direta.

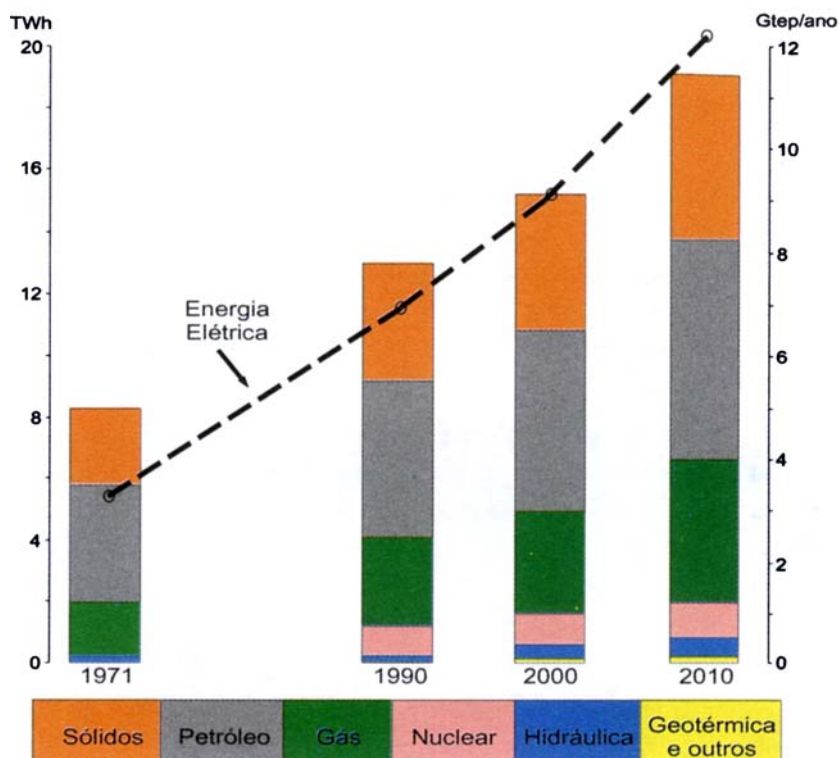


Figura 2 – Demanda mundial de energia (Fonte: Enerlac/93)

A seguir serão apresentadas as características básicas dos depósitos de carvão brasileiros, evidentemente de modo muito resumido:

### *Candiota*

É a maior jazida de carvão fóssil do país, com cerca de 40% dos recursos totais conhecidos. A área delimitada atinge 2 mil km<sup>2</sup>, com 23 camadas das quais a Candiota é a mais relevante. Sua espessura média (camada total) é de 4,5 m, localmente ultrapassando os seis metros. É a única camada em lavra e responde por 63% dos recursos da jazida. Junto com as camadas Candiota Inferior 1 e 2, contém 90% dos recursos. A camada Candiota tem lavra de baixo custo e uso industrial difícil e dispendioso nas opções tecnológicas adotadas. Os recursos totais atingem 12,3 x 10<sup>9</sup>t, dos quais 7,8 x 10<sup>9</sup>t na camada Candiota e 2,27 x 10<sup>9</sup>t nesta mesma camada, até 50 m de cobertura. Está sendo lavrada pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM), a céu aberto, e bastante mecanizada, numa mina com capacidade de 2 x 10<sup>6</sup>t de carvão ROM por ano.

### *Capané*

Com formato alongado segundo sudoeste-nordeste (figura 1), ocupa uma área de cerca de 600 km<sup>2</sup>. A principal camada é chamada Capanezinho pela sua qualidade e por ser lavrável a céu aberto na porção sul da jazida. Os recursos totais são de 1,01 x 10<sup>9</sup>t, dos quais 859 x 10<sup>6</sup> nas camadas inferiores e 86 x 10<sup>6</sup> na camada Capanezinho.

### *Irui*

Como a anterior, tem formato alongado no sentido sudoeste-nordeste (figura 1) com área conhecida de cerca de 850 km<sup>2</sup>. A camada Irui Superior é de longe a mais importante, contendo 1.442 x 10<sup>6</sup>t do total de 1.665 x 10<sup>6</sup>t dos recursos da jazida. Sob cobertura inferior a 50 m, nesta camada, foram avaliados 178 x 10<sup>6</sup>t.

### *Leão*

Tendo sido uma jazida bastante lavrada há muitas décadas, existem muitas denominações locais, entre elas Recreio e Butiá Leste. Na verdade são partes claramente identificáveis do mesmo depósito. Sua extensão conhecida é de aproximadamente 1.070 km<sup>2</sup>. Ocorrem sete camadas com boa continuidade lateral, das quais a mais importante é a I, com 709 x 10<sup>6</sup>t, de um total de 2.442 x 10<sup>6</sup>t no depósito. A camada I apresenta espessuras médias ao redor de 1,80 m, e tem um dos melhores *grade* entre as camadas brasileiras, com mais de 50% de rendimento para carvão com 35% de cinzas e 0,6% de enxofre.

### *Charqueadas*

Como ocorre com a jazida do Leão, possui denominações locais: Santa Rita e Guaíba, mas que têm continuidade física evidente com Charqueadas. Sua área

conhecida é de 800 km<sup>2</sup> e, ao norte, seus limites são pouco definidos mas já sob coberturas de algumas centenas de metros. As camadas são seis, mas apenas três delas com montantes de recursos representativos: a I F com 1,334 x 10<sup>6</sup> t, a I B com 975 x 10<sup>6</sup> t e a SB com 648 x 10<sup>6</sup> t. O total do depósito é de 2.994 x 10<sup>6</sup> t.<sup>2</sup>

### *Morungava/Chico Lomã*

Situada na região nordeste do Rio Grande do Sul, compreende uma área de 1.200 km<sup>2</sup>, alongada leste-oeste. Ocorrem até sete camadas, mas destacam-se três: a M/CL<sub>2</sub>, a M/CL<sub>6</sub> e, especialmente, a M/CL<sub>4</sub>. Foi a primeira jazida de carvão descoberta com propriedades coqueificantes no Rio Grande do Sul, em meados da década de 70. A jazida nunca foi minerada e seu potencial é devido à possibilidade de se obter uma fração nobre, com baixo teor de cinzas e enxofre, que poderá ser utilizada em misturas com outros carvões para a produção de coque na indústria do aço.

### *Santa Terezinha*

Situada na região nordeste do Rio Grande do Sul, com uma área superior a mil km<sup>2</sup>, tem os limites oeste, norte e sul razoavelmente bem definidos, enquanto suas extensões para noroeste e para leste na plataforma continental são ainda desconhecidas. Foi descoberta em 1979 pela equipe da CPRM, pela combinação de critérios geológicos, métodos geofísicos e furos de sonda, já que não aflora em ponto algum, estando ao sul sob coberturas mínimas de 500 m. As camadas são sete, sendo as mais importantes a ST<sub>6</sub>, ST<sub>5</sub> e ST<sub>4</sub>, esta última nitidamente a mais relevante. Os recursos totais conhecidos são 4.283 x 10<sup>6</sup> t, com 1.863 x 10<sup>6</sup> t na camada ST<sub>4</sub>. A importância da jazida está nas propriedades coqueificantes de seus carvões e no grade da camada ST<sub>4</sub>, o melhor entre as camadas brasileiras.

### *Sul-Catarinense*

É o depósito de carvão brasileiro mais intensamente explorado nas últimas décadas devido às propriedades coqueificáveis do carvão da camada Barro Branco (fração para indústria de coque) e o consumo nas plantas termoelétricas de Tubarão-SC. Em planta a jazida possui a forma de um arco com convexidade apontando para leste. A porção norte do arco é aquela que tem sido intensamente pesquisada e explorada. Usualmente é conhecida como a jazida Sul-Catarinense. Seu comprimento ultrapassa 85 km, com largura variável entre 5 e 20 km (figura 1). Dez camadas de carvão ocorrem neste depósito, mas apenas duas têm importância econômica. Os recursos totais da jazida atingem 4.288 x 10<sup>6</sup> t, dos quais mais de 70% nas camadas Barro Branco (1.323 x 10<sup>6</sup> t) e Bonito (1.843 x 10<sup>6</sup> t). As coberturas vão de camadas aflorantes até mais de 800 m. Os setores lavráveis a céu aberto estão quase esgotados para a camada Barro Branco por questões econômicas e ambientais. Com a suspensão da produção de carvão metalúrgico, no início da década de 90, o consumidor quase exclusivo passou a ser a termoeletricidade. Produz-se carvão com 4.500 cal/g, por beneficiamento próximo às minas, com rendi-



mento de 30 a 35% sobre o ROM. Outros mercados menores são os finos de britagem para coque de fundição e pequenas quantidades para diversos setores. Atualmente dez unidades mineiras encontram-se em operações, das quais três a céu aberto e as demais em subsuperfície.

### *Jazidas menores*

Além das oito jazidas de grande porte existe uma série de pequenos jazimentos, quase todos nas proximidades da borda atual da bacia, vários dos quais estão ou estiveram em lavra devido às pequenas coberturas sobre as camadas de carvão que a maioria apresenta. Mostra-se, a seguir, denominações, localizações e recursos totais de cada um deles:

- Sapopema, norte do Paraná, 64 x 106 t;
- Cambui, norte do Paraná, 22,7 x 106 t;
- Gravataí Oeste, oeste de Morungava/Chico Lomã, 38,9 x 106 t;
- Faxinal, sul de Charqueadas, 10,7 x 106 t;
- Água Boa, sul do Leão, 6,1 x 106 t;
- Cerro do Roque, sul do Leão, 22 x 106 t;
- Arroio dos Ratos, entre Charqueadas e Leão, esgotada;
- Pantano Grande, entre Leão e Iruí, 148 x 106 t;
- São Sepé, a oeste de Capané, 13,2 x 106 t.

Como se vê, a soma de todos os recursos das jazidas menores não atinge sequer um terço da do Capané, a que contém menos carvão entre as oito grandes. Mesmo assim, alguns destes depósitos têm tido certa importância localizada como fontes de carvão fóssil.

## O carvão e as necessidades mundiais de energia

A civilização do século XX baseia-se em estrutura técnico-econômica de consumo intensivo de matérias-primas (tanto de origem mineral quanto biológica), bem como de todas as formas de energia.

As quase três décadas de contínuo crescimento econômico que se seguiram à Segunda Guerra Mundial criaram expectativas de continuidade de índices de crescimento em todos os aspectos da atividade humana, com minimização das advertências malthusianas de limites naturais da biosfera. Os choques do petróleo de 1973 e 1979 foram acompanhados por outros sinais de esgotamento de recursos naturais: decréscimo do rendimento da pesca oceânica e escassez de água potável em vastas regiões. O agravamento de poluição na atmosfera, nos mares e em grandes bacias hidrográficas evidenciaram mais fortemente os limites do crescimento.

As várias regiões geopolíticas, a partir de situações diferentes e de interesses conflitantes, têm reagido de formas diferenciadas, como ficou evidente nas dificuldades da recente conferência de Kioto em coordenar metas e ações. A Europa Ocidental e o Japão, desenvolvidos e com estabilidade populacional, aceitam soluções caras, compulsórias e abrangentes para reduzir significativamente os principais gases nocivos. Os Estados Unidos, ainda com pressão demográfica positiva e responsável por cerca de um quarto das emissões globais dos principais poluentes, relutam em aceitar pequenas reduções ou mesmo a estabilização. Nações do bloco oriental, com indústrias tecnologicamente ineficientes, ecologicamente sujas e altos consumos de energia fóssil relutam em assumir responsabilidades e custos por rápida reconversão. Países dos Terceiro, Quarto e Quinto Mundos, com três quartos da população, alta natalidade e menos de um terço do consumo de energéticos não aceitam se manter na pobreza para benefício de outros.

Em 1993 o *World Energy Council* estimou o consumo mundial de energia em 8,8 Gtep (giga-toneladas de equivalente em petróleo). Para o horizonte 2020 foi previsto valor de referência de 13,4 Gtep (+ 52%), com cenários possíveis desde 11,3 Gtep (em caso de intensas restrições ecológicas) até 17,2 Gtep. Até 2010 foi previsto um crescimento anual de 2%. As demandas por eletricidade e gás natural devem crescer mais rapidamente, contrapondo-se à energia nuclear e ao petróleo. A América Latina representa, para a maioria dos energéticos, de 3% a 6% dos totais mundiais. A partir de uma base pequena, é previsto crescimento rápido, pressionado pelo aumento populacional e pelos esforços de desenvolvimento econômico.

Na figura 2 são representadas previsões da conferência Enerlac, demonstrando que as fontes limpas (geotérmica, solar, eólica, dos mares etc.) continuarão estatisticamente reduzidas por muito tempo e que haverá rápido crescimento da energia obtida do gás natural. As necessidades de energia cresceram e crescerão mais rapidamente que o consumo de combustíveis, fato em grande parte decorrente de aumento de eficiência dos sistemas geradores. Mesmo assim, as necessidades energéticas mundiais continuarão dependentes de quantidades crescentes de carvão fóssil, pelo menos nas próximas décadas.

Em 1993 os recursos mundiais de carvão foram estimados em  $1,4 \times 10^{12}$  t, com significativa característica geoeconômica: as proporções regionais de reservas, de produção e de consumo são bastante semelhantes entre si; o comércio internacional representa apenas 10% a 12% da produção mundial. EUA, Rússia e China são, simultaneamente, os três países detentores das maiores reservas e os maiores produtores mundiais.

As reservas mundiais de carvão são cerca de quatro vezes superiores à soma de seus dois principais concorrentes: petróleo e gás natural. Além disso, esses dois energéticos têm distribuição muito desigual. O Oriente Médio representa, por exemplo, 66% das reservas, 28% da produção e 5% do consumo de petróleo. América Latina, Venezuela e México detêm 92% das reservas de petróleo e 79% das de gás natural. A maioria dos países industrializados é altamente dependente de importações e têm suas pequenas reservas no rumo de rápido esgotamento.

Tabela de conversão de unidades de energia

Unidades	BEP	TEP	Gcal	MWH	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> GN
BEP		0,1388	1,3888	1,6139	0,1672
TEP	7,2056		10,0000	11,630	1,2048
Gcal	0,7206	0,1000		1,1630	0,1205
MWH	0,6196	0,0860	0,8599		0,1036
10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> GN	5,98006	0,8300	8,3000	9,6524	

BEP = barril equivalente de petróleo  
 TEP = tonelada equivalente de petróleo  
 Gca = gigacaloria  
 MWH = mega watt hora  
 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> GN = 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> gás natural

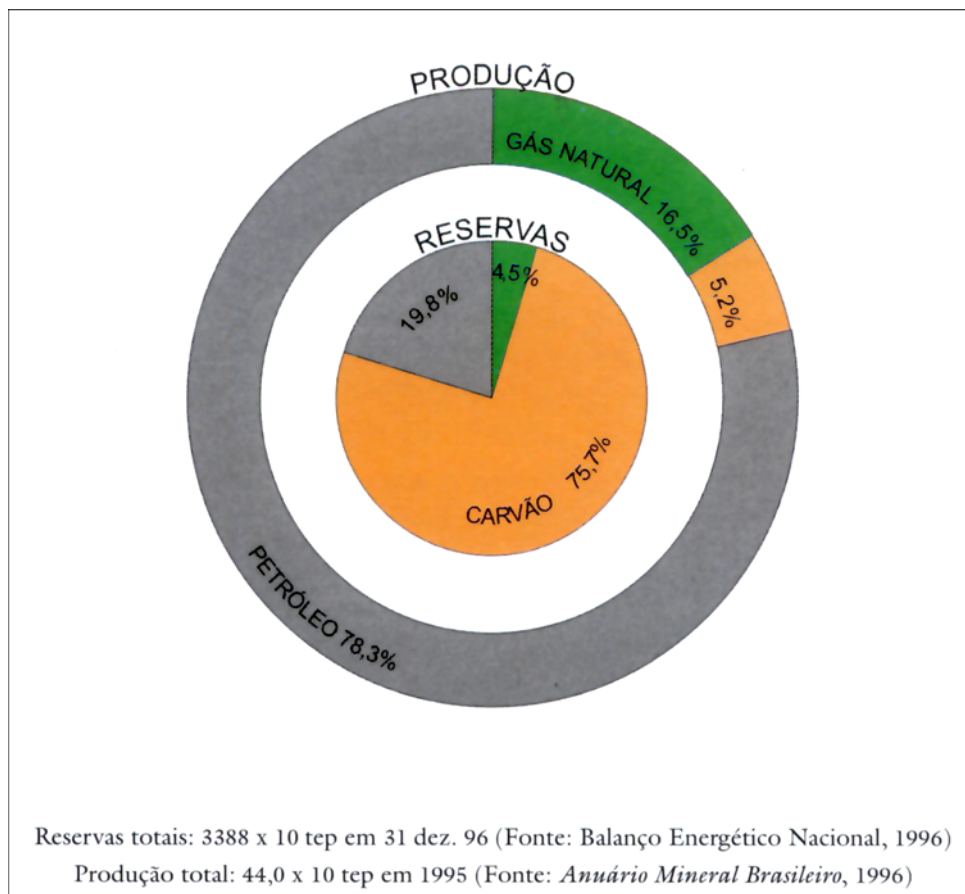


Figura 3 – Principais combustíveis fósseis no Brasil  
 Proporções das reservas e da produção

## Uso industrial do carvão no Brasil

A produção carbonífera brasileira tinha, desde o final do século passado, dois destinos principais: as fornalhas dos navios e as fornalhas das locomotivas a vapor. Ambos os mercados foram perdidos para os derivados do petróleo: o do transporte marítimo no período entre as guerras mundiais e o do transporte ferroviário na década de 50.

Esses mercados foram substituídos pela geração de energia termoelétrica, sempre em instalações próximas ou junto às minas. Além de pequenas unidades locais, ainda na primeira metade do século XX as usinas de porte industrial foram a do Gasômetro, em Porto Alegre-RS e a antiga usina de Capivari-SC. Ambas, por tecnologia obsoleta e reduzido porte, já foram desativadas. As usinas atualmente em operação possuem capacidade nominal de geração de 1390 MW, cerca de 2% do parque gerador elétrico brasileiro. Os maiores conjuntos de unidades estão em Capivari-SC com 832 MW e em Candiota-RS com 446 MW. Duas novas unidades de 350 MW cada devem entrar em operação até o ano 2001; uma em Eldorado do Sul-RS e outra em Candiota-RS. Nos últimos anos, o setor termoelétrico tem consumido cerca de dois terços da produção nacional (3499 mil t ou 67,8% em 1995.)

O segundo consumidor em importância é a indústria cimenteira. Nos fornos de clínquer o carvão é misturado ao calcário e demais insumos. Sua queima, além de fornecer calor ao processo, apresenta a vantagem especial de suas cinzas pulverizadas serem incorporadas ao produto industrializado, o que propicia ganhos adicionais aos fabricantes.

Entre outros consumidores importantes estão a indústria petroquímica (339 mil t ou 6,5% em 1995) e a de papel e celulose (272 mil t ou 5,2% em 1995). O Pólo Petroquímico de Triunfo-RS, as indústrias da Riocel no Rio Grande do Sul e da Klabin no Paraná usam carvão para gerar energia elétrica e vapor industrial.

A indústria de alimentos consumiu, nas operações de secagem de grãos, 193 mil t de carvão ou 3,7% do total de 1995. As fábricas de ladrilhos e pisos cerâmicos utilizaram em seus fornos 144 mil t ou 2,8% do total do mesmo ano. Os demais usos industriais consumiram, individualmente, menos de 2% e, em conjunto, 3,5% da produção daquele período.

## O uso do carvão nacional na siderurgia

A siderurgia a alto forno no Brasil foi implantada em Volta Redonda, logo após a Segunda Guerra Mundial, como indústria fundamental para o desenvolvimento nacional.

Como parte estratégica da auto-suficiência para épocas de crise, foi previsto que o coque utilizado no primeiro alto forno seria fabricado a partir de 40% de carvão metalúrgico nacional – com 18,5% de cinzas e 1,75% de enxofre – extraído da jazida Sul-catarinense, e 60% de carvões metalúrgicos importados, de menores custos e com teores mais reduzidos desses dois componentes indesejáveis.

Na expansão da indústria siderúrgica nas três décadas seguintes ficou evidente o esforço das siderúrgicas estatais em reduzir custos e aumentar produtividade pelo aumento da participação da parcela importada de 60% para 80% e, depois, 90%, com exceção de breves crises devidas em geral a greves em minas norte-americanas. Apesar dos problemas energéticos e econômicos causados pelos choques do petróleo, as minas sul-catarinenses atingiram, como produção máxima de carvão siderúrgico, 1,305 milhões de toneladas em 1980, correspondendo a 23,9% do consumo das coquerias. Com o final da crise petrolífera e o aumento dos custos das minas causados pela exaustão dos trechos geologicamente mais favoráveis, a produção nacional caiu gradualmente para cerca de 0,8 Mt no triênio 1987/89, representando bem menos de 10% do consumo das coquerias, que tinha crescido do patamar de 5 Mt (1978/82) para 10 Mt (1987/93). Finalmente, em 1990, a desregulamentação total das indústrias carbonífera e siderúrgica encerraram subitamente o uso do carvão nacional na siderurgia.

As perspectivas de retorno da participação do carvão brasileiro como insumo siderúrgico dependem da possibilidade de instalar minas nas jazidas de Chico Lomã/Morungava e Santa Terezinha. Testes realizados com testemunhos de sondagem nas duas jazidas e com material colhido de um poço exploratório em Chico Lomã mostraram que em ambas o carvão bruto ou ROM (*run-of-mine*) poderia ser beneficiado para a obtenção de uma parcela de uso siderúrgico com rendimento de duas a seis vezes maior que o usual nas atuais minas sul-catarinenses. Essa parcela tem baixos teores de enxofre, teores de cinzas entre 9% e 15% e propriedades coqueificantes similares às do *soft coal* australiano, hoje usado nas misturas de coquerias de numerosos países. Além dessa parcela nobre, o beneficiamento necessariamente fornecerá como subproduto uma parcela mista ou *middling* para uso energético ou industrial. Uma das características dessas duas jazidas refere-se aos rendimentos das frações úteis serem menores nos trechos de menor profundidade e mais acessíveis de Chico Lomã (faixa de cobertura entre 100 m e 200 m) e maiores nas partes mais profundas de Santa Terezinha (mais de 650 m).

### O carvão e o comércio exterior

O carvão coqueificável, também chamado de carvão metalúrgico, destinado à produção de coque para uso em siderúrgicas e em altos fornos, bem como o próprio coque, são itens de grande importância em quantidade e valor nas nossas importações, contribuindo de modo significativo para o déficit da balança comercial brasileira.

De acordo com o anuário Mineral Brasileiro de 1996 do DNPM, nesse ano o Brasil importou 11,8 Mt (milhões de toneladas) de hulha não aglomerada e mais 1,8 Mt de coque, ao custo FOB conjunto de US\$ 770 milhões. Considerando as importações de quantidades menores de carvão destinado a usos energéticos e o comércio de semi-manufaturados (asfaltos) e manufaturados (compostos químicos), o balanço apresentou no conjunto de carvão e derivados, importações FOB de US\$ 822 milhões, exportações FOB de US\$ 15 milhões e déficit líquido de US\$ 807 milhões.

Dentro do setor mineral e sob o critério de déficit líquido, o carvão e derivados correspondem ao segundo item em importância, superado apenas por petróleo e seus derivados (–US\$ 3.979 milhões), seguido pelo cobre e derivados (–US\$ 588 milhões) e pelo gás natural liquefeito e derivados (–US\$ 530 milhões).

### A questão ambiental

Extração, transporte e conversão de combustíveis fósseis são colocadas entre as maiores fontes de agressão ambiental. No Brasil, o carvão não poderia se situar fora deste panorama, apesar da escala relativamente modesta em que é utilizado. Desde cerca de uma década, medidas efetivas de fiscalização e controle vêm sendo tomadas, atenuando grande parte dos efeitos nocivos de até então. Em três aspectos mudanças drásticas são notadas: recuperação de áreas lavradas a céu aberto; disposição adequada dos rejeitos de beneficiamento; controle da emissão de particulados nas chaminés das usinas termoeletricas.

Outros pontos, como emissão de enxofre e nitrogênio, ainda não foram atacados, nem há previsão de que o sejam a curto prazo. Permanece o passivo de épocas anteriores, particularmente da região sul-catarinense, com grande áreas e cursos d'água fortemente degradados.



Cortesia dos autores

*Mina de Candiotá: mina a céu aberto da Companhia Riograndense de Mineração. Vê-se ao fundo, à esquerda, áreas já recuperadas após a lavra.*

## Conclusões, perspectivas

A indústria carbonífera nacional tem se pautado por alternância de pulsos de rápido crescimento com crises desagregadoras. Sempre dependeu de políticas e, em parte, de recursos governamentais, neste aspecto sendo igual a inúmeros outros setores de economia nacional. Uma avaliação isenta permite verificar que as causas de seus recuos e fracassos, quando ocorreram, podem ser encontradas em erros de planejamento, por deficiência técnica ou motivação política, mais do que em insuficiência de recursos aportados ao setor. Tais erros são significativamente de origem governamental, mas, em alguns casos, também de empresas privadas. Uma análise não-exaustiva mostra os seguintes problemas ocorridos:

- projetos de gaseificação mal conduzidos: o da CRN, já extinta, por localização equivocada e equipamentos inadequados; o equipamento inadequado ao carvão da camada Barro Branco, cujas características, já conhecidas, foram ignoradas pelos projetistas para a indústria cerâmica catarinense; o da Petrobras, por avaliação técnico-econômica equivocada e que conduziu ao investimento de US\$ 70 milhões na implantação da mina Leão II, não concluída e com obras paralisadas há vários anos;
- o processo de combustão das usinas termelétricas da CEEE, em Candiota. Apesar da potência instalada nominal de 450 MW, dificilmente consegue ultrapassar 200 MW hora de produção de energia. Além disso há sérios problemas de controle de emissão de particulados (cinza volantes), que só não são mais graves pela pequena produção média da usina. Também na questão Candiota, tem-se o equipamento de 350 MW, comprado de fornecedores da França, para o qual, há vários anos se paga aluguéis de armazenagem naquele país, por falta de recursos para a conclusão das obras;
- o fechamento do Lavador de Capivari, em Santa Catarina, que separava as frações de carvão vapor e metalúrgico, após a desregulamentação selvagem promovida em 1990;
- o fechamento da planta de concentrados de pirita (subproduto da lavra do carvão), após o encerramento de atividades da Indústria Carboquímica Catarinense (ICC), que os empregava para a fabricação de ácido sulfúrico. Além da valorização de um recurso natural em que o Brasil é carente (enxofre), esta planta desempenhava importante papel ambiental, pois sabe-se que as piritas decompostas são as principais causadoras da acidificação dos cursos d'água na região sul-catarinense;
- a não-conclusão das obras da usina Jacuí, de 350 MW, já com vários anos de atraso. Além da discutível localização da usina, até o momento não existe segurança quanto ao fornecimento futuro de carvão para a mesma quando, e se, concluída.

Nos projetos referidos foram dispendidos muitas centenas de milhões de dólares, sem o retorno que poderiam e deveriam dar, além de serem causa de

endividamento de empresas estatais. Assim, qualquer perspectiva para a indústria carbonífera brasileira passa, ao menos a curto e médio prazos, pelo desatamento desses nós que o passado legou, seja por sua retomada ou, em alguns casos, seu abandono definitivo.

A mais longo prazo, outras frentes de crescimento poderão vir a se impor, mas dependerão de medidas e decisões a serem tomadas de imediato, entre outras:

- pesquisa nos métodos de conversão de carvão chamados *Coal Cleaning Technologies* (CCTs). Estes métodos são essencialmente a combustão ou gaseificação em leito fluidizado, a gaseificação e a combustão em ciclo combinado. Um programa de tal porte só será bem sucedido se realizado em colaboração com entidades internacionais e se contar com recursos financeiros e humanos regulares por um período de vários anos;
- jazidas com carvão metalúrgico no Rio Grande do Sul deverão ter sua pesquisa geológica retomada, isto se os critérios de geração de riqueza interna, criação de empregos e tecnologia, alívio da balança comercial e garantia de abastecimento voltarem a ser valorizados no Brasil. Neste caso, poderá ser criada uma nova e possante região de produção de carvão no país em anos vindouros;
- pesquisa e desenvolvimento de métodos tecnológicos e mercadológicos para a utilização de subprodutos de lavra, beneficiamento e combustão do carvão (finos, piritas, argilas, areias, cinzas);
- continuidade e aprofundamento dos atuais programas e normas de controle ambiental nas diversas fases da indústria do carvão, bem como maior rigor na aplicação da legislação de saúde e segurança do trabalho.

Como fecho, deve-se ressaltar que já existe grande quantidade de estudos e trabalhos técnico-econômicos sobre o carvão no Brasil. Eles servem como base indispensável à discussão e eventual implementação das medidas aqui sugeridas, além de tratarem de inúmeros outros aspectos referentes ao tema.

#### Referências bibliográficas

- ABOARRAGE, A.M. & LOPES, R.G. *Projeto A Borda Leste da bacia do Paraná*. Porto Alegre, CPRM, 1986.
- ALEGRIA, F. *Clean coal workshop – European Commission*. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIAS LIMPAS DE ENERGIA E CARVÃO. Porto Alegre, FIERio Grande do Sul/MME/OLADE, 1997.
- CORREA DA SILVA, Z.C. & FERREIRA, J.A.F. *Considerações sobre a pesquisa geológica de carvão no estado do Rio Grande do Sul*. I ENCONTRO DE PESQUISADORES EM CARVÃO NO R. G. DO SUL. Porto Alegre, UFRio Grande do Sul/CIENTEC/CNPq, 1985.



- FERREIRA, J.A.F. Estudo do grau de evolução dos carvões do R.G. do Sul. XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Ouro Preto, *Anais*, n. 2, p. 273-282, 1976.
- \_\_\_\_\_. Recursos minerais de carvão fóssil, métodos de avaliação. Salvador, XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. *Anais*, n. 3, p. 1115-1119, 1982.
- FERREIRA, J.A.F.; SÜFFERT, T. & SANTOS, A.P. Projeto Carvão no R.G. do Sul, *Relatório Final*. Porto Alegre, DNPM/CPRM, 1978.
- GOMES, A.J.P. Estudo de carvão mineral na bacia de Candiota, RS. Rio de Janeiro. XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. *Anais*, 1984, p 1288-1293.
- \_\_\_\_\_. Carvão mineral gaúcho, produção, mercado, utilização – *Relatório Governamental*. Porto Alegre, Companhia Rio-grandense de Mineração, 1993.
- SNIEC, Sindicato Nacional da Indústria de Extração do Carvão. *O carvão mineral e a matriz energética nacional*. SEMINÁRIO O REEXAME DA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL E A NOVA POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO. Brasília, MME/SNE, 1992.

*RESUMO* – A HISTÓRIA DO CARVÃO fóssil no Brasil tem início em 1795 (primeira descoberta), mas somente a partir da Segunda Guerra Mundial passa a adquirir *status* de indústria moderna. De 1970 em diante têm lugar trabalhos de pesquisa geológica sob bases técnicas adequadas que mudaram o panorama do conhecimento de nossos depósitos. Há oito grandes jazidas e diversas menores no Brasil, sendo que 88% dos recursos estão no Rio Grande do Sul. Os parâmetros geométricos e físico-químicos são conceituados e apresentados para os principais depósitos. As reservas mundiais de carvão são cerca de quatro vezes superiores às de seus principais concorrentes: petróleo e gás natural, além de terem distribuição geográfica mais desconcentrada. O maior consumo de carvão nacional está na termoelectricidade; outros consumidores são a indústria cimenteira, petroquímica, papel e celulose, alimentos e cerâmica. A siderurgia, que já foi grande consumidora, hoje depende inteiramente de importações. O balanço de exportações/importações mostra um déficit de US\$ 807 milhões, sendo o segundo produto na pauta de importações. Mais do que a insuficiência de recursos, constata-se serem as dificuldades na indústria carbonífera devidas a erros de planejamento, de caráter técnico e político, tornando-se necessário, portanto, resolver os problemas pendentes do passado antes de projetar novos empreendimentos.

*ABSTRACT* – ALTHOUGH THE HISTORY of the Brazilian fossil coal started in 1795, when it first was discovered, it was only after the II World War that it began to reach the *status* of a modern industry. Since 1970 a proper geological exploration has improved the knowledge on coal deposits. There are eight large coal fields and several minor ones in the country, most of them (88%) in the Rio Grande do Sul state. The geometric and physicochemical parameters of the main deposits are defined and presented in this paper. The world coal reserves correspond to about four times those of its major concurrents: oil and natural gas, and they have a better geographical spread. Thermoelectricity uses most of the Brazilian coal; cement, petrochemical, paper and

cellulose plants as well as food and ceramic industries are usual consumers. The steel manufacturing industry was an important consumer in a recent past, but nowadays it totally relies on the imported coal. Brazil's balance of trade in 1996 showed a deficit of US\$ 807 million and coal is the second commodity of the country's imports. More than a lack of money, the main difficulties of the coal industry were due to a technical and political misplanning that is indispensable to correct, before projecting new enterprises.

*Aramis Pereira Gomes, José Alcides Fonseca Ferreira e Luiz Fernando Fontes de Albuquerque* são geólogos da Superintendência Regional de Porto Alegre da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

*Telmo Süffert* é engenheiro de minas da mesma Superintendência.