

UTILIZAÇÃO DE PERFILAGEM GEOFÍSICA NA PESQUISA DE CARVÃO EM MINAS DO LEÃO - RS

Irineu Capeletti
José Leonardo Silva Andriotti
Geólogos da CPRM/Porto Alegre

1. ABSTRACT

This paper deals with geophysical profiling applied to coal research in Minas do Leão, RS. Resistance, Gama Ray and Resistivity profiles and their responses to the coal seams and lithologies of the area are treated in detail.

Technical specifications of these methods are given to supply more information about the characteristics of each of them.

Bottom, top and thicknesses of the coal seams are perfectly marked in geophysical profiles and are excellent auxiliary tools in coal research.

Several geological campaigns carried out up-to-now obtained similar results, this emphasizing the conclusions of this paper.

2. INTRODUÇÃO

No presente trabalho são apresentados os resultados obtidos pelos autores no decorrer de quatro anos de trabalho na área de Minas do Leão, RS, em pesquisa para carvão executada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Foram executados e analisados aproximadamente quatrocentos furos de sonda com perfilagens executadas nos métodos sobre os quais se discorre no corpo deste trabalho. Outros perfis também foram executados em algumas perfurações, como os perfis sônico, cáliber e densidade (gama-gama), não o sendo em todas devido a fatores técnicos (principalmente diâmetro das perfurações) que impediram sua execução em boas condições.

São apresentadas as características litológicas principais das formações atravessadas, em especial da Formação Rio Bonito, que encaixa os pacotes carbonosos presentes na área, bem como dos pacotes carbonosos atravessados e suas intercalações.

Especificações técnicas dos métodos empregados também são abordados visando ao fornecimento de suporte às interpretações e considerações tecidas na discussão dos métodos estudados.

A utilização de métodos de perfilagem, em especial daqueles aqui abordados em detalhe, vem tendo um significativo acréscimo nas pesquisas para carvão executadas no sul do Brasil, em especial após o início da utilização dos mesmos por parte da CPRM em todos os trabalhos de pesquisa para carvão por sondagens que a referida empresa executou nos últimos anos.

Os autores destacam, neste trabalho, a grande utilidade e a valiosa contribuição que a utilização dos perfis geofísicos aqui tratados em detalhe trazem aos trabalhos de interpretação dos resultados obtidos nesta área de estudo.

Este trabalho não-aborda a utilização dos perfis aqui estudados no estudo da identificação dos ambientes deposicionais, em que são ferramentas de trabalho de extrema utilidade e importância, por ser, tal utilização, objeto de inúmeros outros estudos específicos já executados e em execução.

3. LOCALIZAÇÃO

O presente trabalho se baseia em resultados obtidos em campanhas de sondagem executadas pela CPRM em áreas de concessão de pesquisa próprias e de terceiros na região de Minas do Leão, RS, visando ao estudo das camadas de carvão presentes nestas áreas. Estudos ainda em andamento em áreas vizinhas permitiram a comprovação dos resultados obtidos na área objeto do presente trabalho. O mapa de localização das áreas nas quais se fez o estudo está na figura 1.

4. METODOLOGIA

A CPRM, após os trabalhos de investigação preliminar, selecionou as áreas mais favoráveis e implantou nas mesmas uma malha quadrada de sondagem com 2km de lado. Numa etapa posterior a malha foi reduzida para 1km de lado e, em alvos determinados como os melhores, furos centrados nesta malha.

Nas sondagens de investigação e até a malha de 2km os furos foram testemunhados integralmente. Com estes dados se obteve os mapas de contorno estrutural das camadas de carvão e do contato das formações Palermo e Rio Bonito, os quais possibilitaram que na fase subsequente fosse testemunhada somente a formação Rio Bonito \pm 20m da formação Palermo, sobreposta, sendo as demais formações superiores não testemunhadas (Irati, Estrada Nova e Rio do Rasto).

Ao se concluir as perfurações, na maioria das vezes após atingir as rochas cristalinas do Grupo Cambaí ou as sedimentares do Grupo Itararé, foi corrida a perfilagem geofísica: Raios-Gama, Potencial Espontâneo (SP), Resistência (RTC) e Resistividade Normal Curta e, mais raramente, Densidade, Cáliper e Sônico. As escalas dos registros foram 1:500 na totalidade do furo e 1:100 na Formação Rio Bonito e mais aproximadamente 10 a 20 metros da Formação Palermo. Na descrição litológica dos testemunhos foi adotada a seguinte sistemática: descrição na escala 1:500 de todo furo, menos na Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo, que são descritos na escala 1:100. A descrição das camadas de carvão e das intercalações existentes entre elas foi feita na escala 1:20, tendo sido utilizada a metodologia proposta por SCHOPF, J.M. (1960) e adaptada para os carvões sul-brasileiros por Ferreira, J.A. e Albuquerque, L.F. (1978).

O aparelho utilizado para executar a perfilagem foi um Mount Sopris 5.000, com cristal de uma polegada de diâmetro em sonda de aproximadamente 34mm de diâmetro. A velocidade de corrida da sonda durante a perfilagem é de aproximadamente três metros por minuto.

O ajuste dos perfis geofísicos com os perfis litológicos obtidos a partir da descrição por geólogos foi facilitada devido ao fato de os furos terem tido, na maioria das vezes, por exigência da CPRM, recuperações superiores a noventa por cento, além de as manobras poderem ser de no máximo 3,05 metros, sendo a perda máxima de testemunhos, para cada manobra de 3,05 metros, de cerca de 30 centímetros. Os perfis geofísicos, quando apresentam uma boa resposta, permitem determinar com muita segurança as distâncias relativas entre diferentes estratos, além de permitir a identificação da litologia que sofreu perda de testemunhos em cada manobra, salvo em casos em que litologias que apresentam padrões de resposta similares a um determinado método estejam muito próximas uma da outra.

Especificamente no caso de camadas de carvão, como será explicado mais detalhadamente adiante, estudou-se, para cada método geofísico, o comportamento da resposta de determinada curva para cada camada de carvão isoladamente, incluindo suas intercalações de estéril.

Para os fins propostos neste trabalho escolheu-se os perfis de Raios Gama, Resistência e Resistividade Normal 16" por serem, dentre os executados, os que ofereceram as melhores condições de registro.

5. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS

Os métodos utilizados medem parâmetros físicos das rochas, e os valores obtidos representam um valor médio da característica investigada e não um valor exato da mesma (Schlumberger, 1972).

Os métodos escolhidos para estudo no presente trabalho foram Gama, Resistência e Resistividade Normal 16", sendo cada um deles comentado com detalhes a seguir.

- GAMA (γ) - Raios Gama são ondas eletromagnéticas de alta energia emitidas espontaneamente por certos elementos radioativos, e como tal emi-

são é um fenômeno naturalmente estatístico, a quantidade de radiações deste tipo que alcançam o cristal da sonda varia mesmo quando a sonda está parada numa profundidade qualquer do furo, sendo a referida variação mais fácil de detectar em rochas que apresentam baixos valores de radioatividade. Os raios gama são medidos em cps (contagem por segundo), evento detectado que ocorre em uma unidade de tempo especificada; não é uma medida da intensidade de emissões gama, mas uma medida do número de emissões gama em um determinado período de tempo.

Para obter maiores aproximações aos valores médios de radioatividade são usados circuitos uniformizadores, assim como escolhida, para cada área e para cada tipo de formação atravessada, uma constante de tempo adequada, sendo ela tanto maior quanto menor for a radioatividade natural das rochas atravessadas; nos perfis estudados a constante de tempo foi de um segundo.

O grau de absorção das radiações gama varia com a densidade da formação, sendo que duas formações que tiverem mesma quantidade de elementos radioativos por unidade volumétrica e densidades diferentes permitirão perceber que a menos densa apresentará uma radioatividade aparente maior. Em formações sedimentares o log de raios gama normalmente reflete o conteúdo de rochas foliadas das formações pois os elementos radioativos tendem a se concentrar em argilas e folhelhos, ressalvadas as demais rochas ricas em elementos radioativos.

Os perfis à base de raios gama podem ser usados em poços revestidos, embora a amplitude das deflexões da curva neste tipo de poço sofra atenuações.

Nas rochas sedimentares a profundidade média de penetração das radiações gama é de aproximadamente 30 centímetros (Vaninetti e Thompson, 1981).

O registro do perfil Raios-Gama é obtido através de um detector de radiação gama, atualmente sendo utilizado o cintilômetro por ser mais sensível e eficiente que o detector Geiger-Mueller. O perfil mostra a variação da intensidade da radiação gama natural das diferentes rochas atravessadas creditada aos minerais radioativos Ac, Tn, U e isótopos do K_{19}^{40} . - RESISTÊNCIA (RTC) - Este tipo de perfilagem é executado pela introdução de um eletrodo no interior do furo, medindo-se a resistência elétrica entre ele e outro situado na superfície. A resistência é uma função da resistividade do meio que envolve o eletrodo, bem como de sua forma e dimensões. São considerados, ainda, para esta medida, a resistência do cabo de perfilagem e a resistência obtida no eletrodo localizado na superfície.

Levando-se em conta haver a resistividade da lama de perfuração, surge a resistividade aparente, sendo que a diferença entre as resistividades real e aparente da rocha variam com a diferença entre o diâmetro do furo e o do eletrodo, o que limita o uso de eletrodos esféricos, sendo aumentada a precisão desta medida substituindo-se o eletrodo esférico por um cilíndrico. Quanto maior o comprimento do eletrodo (mantendo o diâmetro fixo), maior é a aproximação entre o valor medido e o valor real.

Os perfis de resistência medidos deste modo só podem ser usados semi-quantitativamente no que diz respeito a propriedades elétricas das rochas, sendo usados preferencialmente como identificadores litológicos e no estabelecimento de correlação estratigráfica.

- RESISTIVIDADE (RTV) - Baseia-se na medição da resistência que as rochas apresentam à circulação de uma corrente elétrica através delas (resistividade é definida como sendo a resistência que um meio apresenta à passagem de corrente elétrica por unidade de volume).

As rochas sedimentares apresentam variação desta medida em função da presença ou não de fluidos condutores em seus poros e do tipo de fluido presente. As argilas, por exemplo, são porosas e com muita capilaridade, sendo a água geralmente de salinidade elevada, tendo, por isso, resistividade baixa (Santos, 1978a e 1978b e Schlumberger, 1972).

Os trabalhos executados com os perfis resistividade podem ser do tipo normal curta ou normal longa, conforme a área utilizada para a medida apresente um raio de 16" ou 64", respectivamente, raio esse medido a partir do eixo do aparelho que executa a operação. Tais curvas apresentam similaridades em rochas compactas e porosas não permeáveis e diferenças perceptíveis em rochas porosas e permeáveis, pois estas são passíveis de serem invadidas por lama de sondagem por até dezenas de polegadas. Por este motivo a leitura até um raio de 64" possibilita uma leitura da resistividade real da camada, pois tem condições de ultrapassar a zona invadida pela lama de sondagem, que em geral atinge até 40".

As camadas de carvão, por apresentarem resistividade alta, têm sua determinação por este tipo de curva facilitada, sendo que as leituras normal curta e normal longa apresentam valores similares por ser o carvão não permeável.

QUADRO COMPARATIVO DOS PERFIS			
LOG	RAIOS-GAMA	RESISTIVIDADE	RESISTÊNCIA
CORRELAÇÕES SOBRE	-Radioatividade associada com fissilidade	- Camadas invadidas, porosas. Deflexões dependem de fatores da formação, resistividade da água e fissilidade.	- idem
	-Camadas radioativas	- Estratos densos (baixo conteúdo em água e matriz não condutiva)	
CONDIÇÕES ÓTIMAS DE USO	- Furos de diâmetro moderado com não grandes desmoronamentos	- Furos não revestidos - Lama com salinidade baixa - Formações invadidas não muito resistentes	- Furos não revestidos - Idem
USOS COM VANTAGENS	- Insensível nos fluídos de perfuração, portanto pode ser usado em furos com lamas a base de óleo ou sal e furos com ar ou gás - Pode ser usado em furos revestidos	- Muito usado (geralmente com SP ou Raios-Gama) para correlação	- Identificação de litologias e correlações estratigráficas

6. CARACTERES PRINCIPAIS DAS FORMAÇÕES PRESENTES

A Formação Rio Bonito foi escolhida como parte principal do presente trabalho por ser a mais bem estudada na área, havendo perfis geofísicos e litológicos em escala mais detalhada que no restante das formações atravessadas pelas sondagens, assim como por ter sido a única unidade integralmente testemunhada em todos os furos. É nesta unidade que se encontram as camadas de carvão, nas quais se fez um detalhamento maior.

A porção superior da Formação Rio Bonito é constituída, na área, por siltitos e arenitos intercalados finamente entre si, com laminações onduladas, irregulares e cruzadas de pequena escala. A porção superior apresenta rochas com alguma fissilidade e presença de bioturbações, e os tons predominantes são os cinza-esverdeados. Os arenitos que ocorrem intercalados em finos leitos aos siltitos são quartzosos, ocasionalmente com algum cimento carbonático. Ocorrem, ainda, camadas de arenito quartzoso, granulometria média a grosseira (muito raramente fina), cor clara, sendo que quando grosseiros são muito porosos.

A seguir esta formação apresenta várias camadas de carvão intercaladas a siltitos e argilitos cinza-claros, os quais se apresentam físseis e com muitas superfícies de escorregamento. Também ocorrem, entre as camadas de carvão, siltitos cinza-escuros a pretos, pouco a muito carbonosos, igualmente físseis. Ainda como material depositado entre camadas verifica-se a presença de arenitos finos e médios (mais raramente grosseiros, porosos), quartzosos, raramente apresentando cimento carbonático, (cimento silicoso é mais comum). Na base de algumas camadas ocorre, mas não de modo constante, um paraconglomerado com matriz siltico-carbonosa englobando grânulos e às vezes seixos de feldspatos (geralmente caulinizados) e, mais raramente, de quartzo; tal paraconglomerado é conhecido no meio mineiro como "pedra-areia".

A porção basal da Formação Rio Bonito é formada predominantemente por siltitos de cores cinza-clara, cinza-esverdeada e bordô colorações essas que ocorrem intercaladas em todo o pacote basal; o siltito apresenta su-

perfícies de escorregamento, e, em algumas porções, alguma fissilidade. Intercalados a esses siltitos ocorrem, também, argilitos com os mesmos tons. São observadas, na parte inferior deste pacote, finas camadas de conglomerados de grânulos quartzo-feldspáticos em matriz siltica ou arenosa fina, sendo a matriz geralmente bordô. Podem ser observados, ainda, arenitos quartzosos médios a grosseiros, cores creme e branca-acinzentada.

O conjunto de respostas dadas pela Formação Rio Bonito aos diferentes perfis geofísicos executados é bem diferente das outras formações geológicas que lhe são imediatamente sobrepostas (Palermo e Irati), pois enquanto nelas predominam rochas de granulometria mais fina (os arenitos que ocorrem na Formação Palermo não são tão freqüentes ou espessos quanto os que ocorrem na Formação Rio Bonito), com um padrão de respostas aos perfis somente em raras ocasiões apresentando algum contraste mais marcante (arenitos na Formação Palermo, calcários na Formação Irati e diabásio em ambas), a Formação Rio Bonito apresenta várias camadas de carvão, arenitos, conglomerados e mesmo diabásios, todos dando respostas bem diferenciáveis das rochas pelíticas, que também ocorrem na formação em estudo.

Outro fator digno de ser mencionado é o fato de arenitos e carvões serem rochas mais suscetíveis à formação de cavernas quando atravessadas por sondagens do que siltitos, o que pode ser comprovado pelo perfil cáliber (que não é estudado em detalhe no presente trabalho por ter sido feito em muito poucos furos).

Dentro da Formação Rio Bonito as camadas de carvão, suas variações litológicas e respectivas respostas merecem um estudo mais detalhado.

Uma camada de carvão apresenta um valor de CT (camada total) e CC (carvão na camada), sendo a diferença entre ambos a soma das espessuras das intercalações, que podem ser siltitos, siltitos carbonosos, argilitos ou leitos de pirita. Comparando-se a descrição mesoscópica detalhada (escala 1:20) de uma camada de carvão com as respostas obtidas por esta camada a cada perfil geofísico executado, consegue-se diferenciar, em cada perfil, separadamente, os intervalos de carvão dos correspondentes às intercalações citadas acima. Os perfis mostrados na figura 2 mostram claramente que os siltitos intercalados em uma camada de carvão mostram respostas nitidamente distintas do carvão nela contido, podendo-se, ainda, diferenciar siltitos muito carbonosos de siltitos muito pouco ou nada carbonosos. Siltitos com quantidades similares ou comparáveis de matéria orgânica mostram, em perfis executados em furos que oferecem boas condições de perfilagem, notável semelhança de resposta, o que não pode ser dito para os carvões contidos mesmo em uma única camada.

Os carvões apresentam diferentes respostas em uma mesma ou em diferentes camadas, por várias razões ligadas a sua composição e, por consequência, a sua qualidade. Entre os fatores estudados mesoscopicamente, os que se constituem em causa de diferenças nas respostas fornecidas aos perfis seriam, principalmente:

a - o fato de o carvão ser fosco ou brilhante, que é o que caracteriza a sua matriz microfragmentada; independentemente de outros fatores (citados a seguir), carvões com matrizes brilhantes apresentariam qualidade superior a carvões foscos;

b - a quantidade de vitrênio presente em um carvão também é um fator notável de diferenciação em perfis, pois o vitrênio, que normalmente ocorre em lâminas com brilho vítreo, contém teores muito baixos em matéria mineral não carbonosa; carvões com mais vitrênio dão respostas bem mais destacadas em relação aos siltitos adjacentes do que os carvões que apresentam reduzida quantidade de lâminas de vitrênio;

c - a presença de pirita nodular ou disseminada, se em grande quantidade, permite igualmente a percepção de diferenças sensíveis nas respostas obtidas aos perfis geofísicos estudados.

A figura 3, na qual estão discriminadas as litologias e suas diferentes respostas a cada perfil, permite uma visualização bem clara do acima exposto.

7. UTILIZAÇÕES DOS PERFIS GEOFÍSICOS

Geralmente a perfilagem em todos os métodos aqui tratados tem um custo global médio inferior a 5% do custo total dos programas de exploração por sondagem, fato comprovado nos trabalhos executados e em execução pela CPRM.

7.1 - Inversão ou Alteração de Testemunhos de Sondagem

A inversão ou alteração da ordem ou mesmo da posição de testemunhos em caixas é um problema que, embora não muito comum, é possível de ocorrer em grandes campanhas de sondagem. Se esse engano não for corrigido, problemas muito difíceis de contornar surgirão no momento de correlacionar estratos ou seqüências. Devido ao fato de as rochas da seqüência terem respostas bem conhecidas, e mesmo típicas em alguns casos (especialmente em certas camadas de carvão, que muitas vezes apresentam uma seqüência de estratos bem definida pelo estudo de vários outros furos), é possível fazer a correção do erro interpretando-se os perfis geofísicos e, após, correlacionando as respostas obtidas com as litologias presentes em testemunhos. A alteração na ordem de colocação dos testemunhos nas respectivas caixas pode alterar, se não se tiver perfis de boa qualidade à mão, até mesmo espessuras de camadas de carvão, pois se um determinado leito de matéria não carbonosa que se encontra entre leitões de carvão tiver sua posição alterada para a base ou topo da referida camada, a espessura total da mesma poderá ser tomada erradamente para menor.

7.2 - Problemas de Baixa Recuperação de Testemunhos

Se, por problemas operacionais de sondagem, a recuperação obtida estiver abaixo de um valor percentual confiável, pode-se, pela interpretação das respostas fornecidas pelos perfis geofísicos, determinar qual ou quais litologias, dentre as atravessadas, sofreram as maiores perdas por operações de sondagem. Para tanto se calcula os valores médios de espessura das litologias pelos perfis e se os compara com as espessuras médias de testemunhos recuperados nas mesmas litologias. Pressupõe-se, sempre, que os perfis geofísicos apresentem respostas confiáveis, confiabilidade esta que aumenta com a melhoria de condições oferecidas pelo furo à perfilagem e com corretas calibragem e utilização de escalas na operação de perfilagem.

7.3 - Determinação de Distâncias Verticais Relativas Entre Estratos

Devido aos problemas citados em 7.1 e 7.2, e podendo ocorrer os dois simultaneamente, a correção dos dois erros pode ser conferida pela determinação do espaçamento vertical entre litologias de respostas bem conhecidas aos perfis, e que tenham sido perfurados com alta recuperação de testemunhos ou que, mesmo não o sendo, já tenha sido devidamente ajustada por um dos métodos citados em 7.1 e 7.2. As distâncias relativas entre estratos é, por essas razões, mais confiável de ser medida em perfis geofísicos do que em testemunhos que tenham comprovadamente sofrido um ou ambos os problemas citados acima.

7.4 - Correlação de Estratos

Devido ao fato de certos estratos individualmente, ou mesmo certos grupos de estratos adjacentes mostrarem um certo padrão de resposta aos perfis geofísicos bem característico, a identificação desse mesmo padrão em furos executados nas proximidades torna-se, juntamente com o estudo litológico detalhado, em mais um importantíssimo auxiliar na correlação dos mesmos.

Esta utilização pode ser estendida até para grupamentos maiores de estratos, como formações, por exemplo, podendo se tornar, então, em dado importante até no auxílio à determinação dos contatos dessas formações estudadas. Esta utilização pode ser comprovada, na área estudada, pelo auxílio na determinação dos conjuntos litológicos definidos, para a escala de trabalho, como formações Palermo e Rio Bonito, uma vez que as formações superiores, por não serem testemunhadas ou por o serem raramente, não têm tido a comprovação por testemunhos que se obtém nos casos de contatos entre Palermo e Rio Bonito, 100% das vezes testemunhados.

7.5 - Determinação de Anomalias Composicionais em Rochas

Esta utilização é mais freqüente nos perfis gama, que são perfis que acentuam as diferenças litológicas e mudanças de composição das rochas. Anomalias radioativas podem ser detectadas, podendo-se, em uma certa malha de furos executados, obter conhecimento da variação de espessura do corpo de rocha anômalo. A identificação do intervalo anômalo e posterior correlação com os testemunhos permite a coleta de amostras cujas análises indicarão os elementos responsáveis pelos valores anômalos medidos em perfis. É importante salientar que em muitas situações somente o perfil pode indicar com precisão o intervalo anômalo, pois o mesmo pode se encontrar no interior de um estrato litologicamente homogêneo.

8. CONCLUSÕES

- Estratos diferentes, e mesmo grupos de estratos ou formações, podem ser identificados e separados com boa precisão através dos perfis geofísicos estudados no presente trabalho; podem ser estabelecidos, ainda, níveis guias para correlação e/ou amarração das unidades litológicas presentes na coluna atravessada;

- O estudo detalhado de pacotes carbonosos (conjunto de carvão e de sil-titos, folhelhos e outras intercalações presentes) permite separar, em uma determinada camada de carvão, intervalos constituídos de carvão de intervalos constituídos pelas (às vezes finas) intercalações presentes; da mesma forma, é possível detectar a existência de modificações na composição das camadas, especialmente no que diz respeito à quantidade percentual de vitrênio e de pirita na camada; tais variações só podem ser identificadas se forem significativas em termos percentuais;

- Correções de espessuras de estratos e da seqüência litológica podem ser feitas através dos perfis geofísicos em situações em que houve alteração ou mesmo inversão na ordem de colocação dos testemunhos em caixas;

- Avaliação de perdas sofridas pelas diferentes litologias nas atividades de perfuração pode ser feita por um estudo dos perfis geofísicos executados;

- Determinação de distâncias relativas entre estratos pode ser feita com boa precisão através dos perfis geofísicos, corrigindo distorções ocasionadas por problemas operacionais de sondagem que resultam em baixas recuperações de testemunhos;

- Uma segura utilização dos perfis geofísicos para todas as aplicações sugeridas no presente trabalho só pode ser obtida mediante a certeza de que a perfuração foi integralmente executada mediante condições ótimas no que diz respeito às exigências indispensáveis a uma boa operação de perfilagem geofísica.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALBUQUERQUE, L.F. e FERREIRA, J.A. - Metodologia para descrição mesoscópica, avaliação e interpretação de camadas de carvão no Brasil. In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia - Recife - 1978. Anais, vol. 4, p.1782-1795.
- SANTOS, A.P. - Interpretação das curvas dos perfis diâmetro (cáliper), SP (potencial espontâneo), resistividade (normal curta e normal longa), raios gama e densidade (gama-gama). 1978a. CPRM (inédito). 14p.
- SANTOS, A.P. - Perfilagem geofísica em furos de sondagem. 1978b. CPRM (inédito). 36p.
- SCHLUMBERGER - Log Interpretation. Volume I - principles. 1972. 113p.
- SCHOPF, J.M. - Field description and sampling of coal beds. Washington D. C. - USA - 1960 - Geological Survey Bulletin 1111-B. 67p.
- VANINETTI, G.E. e THOMPSON, R.M. - Coal exploration - Geophysical well logging. Sept/1981. 32p.

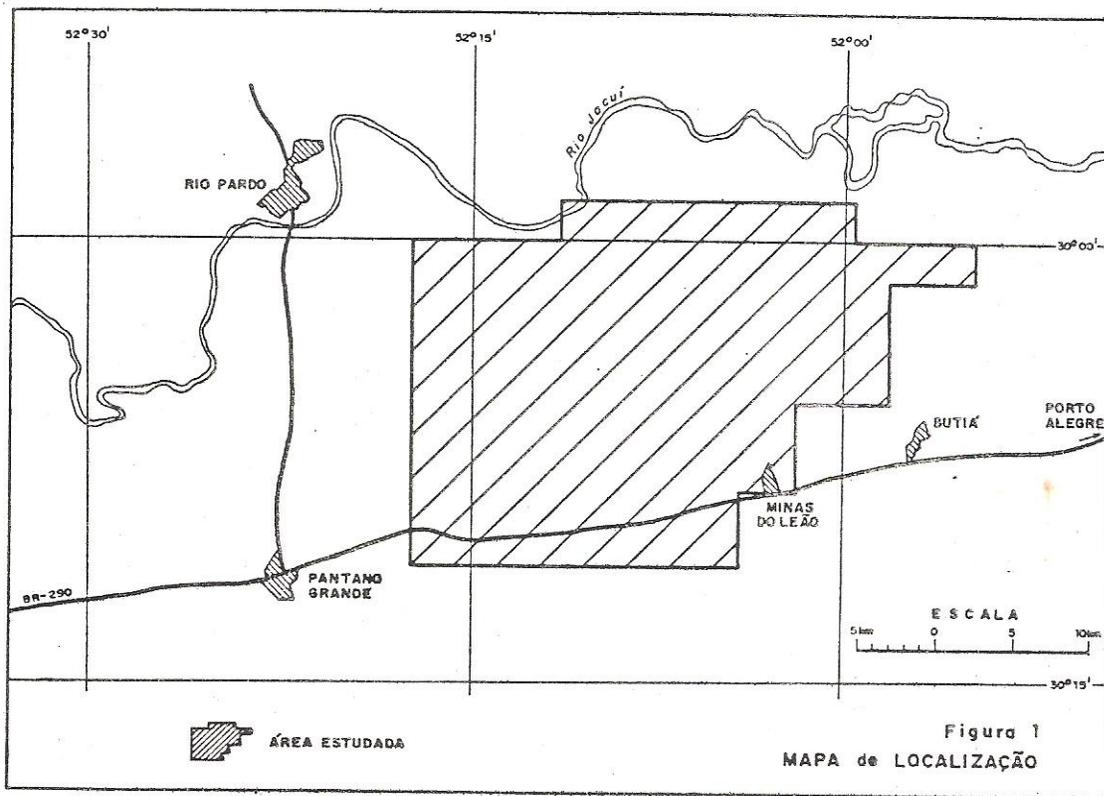


Figura 1
MAPA de LOCALIZAÇÃO

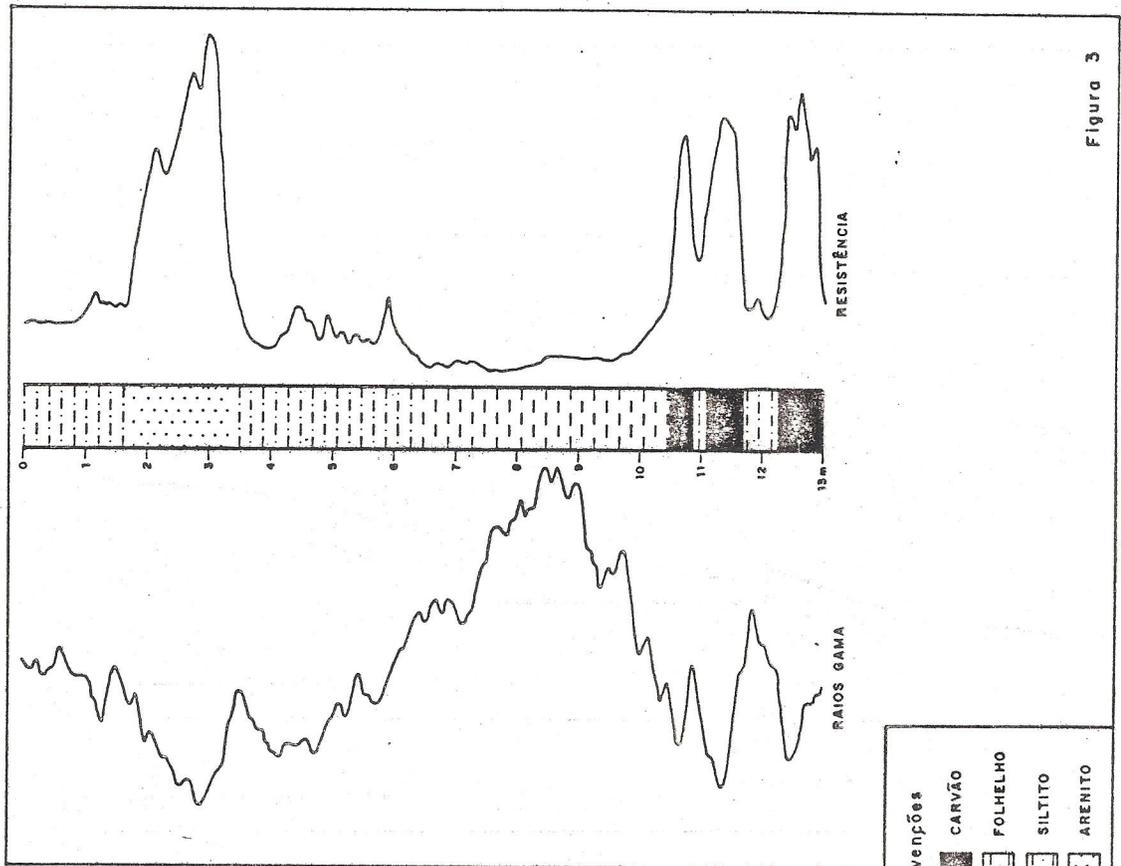


Figura 3

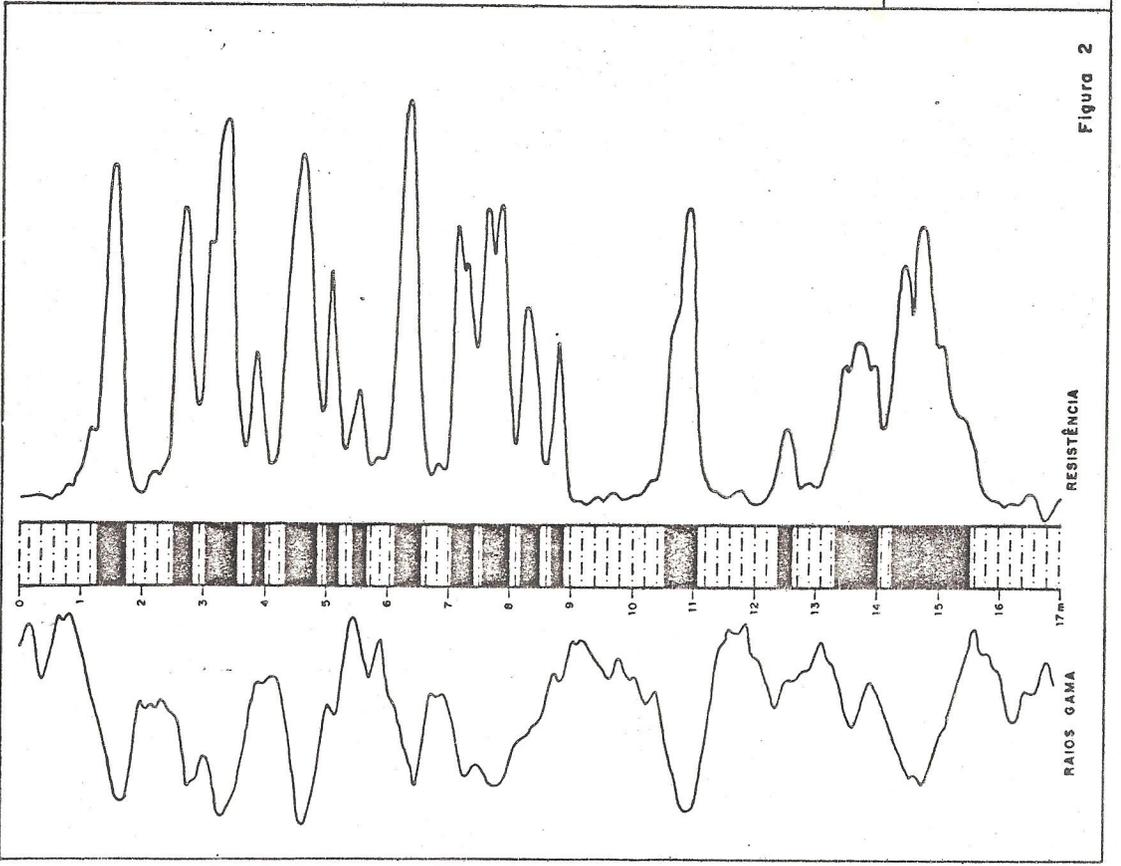


Figura 2