

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Análise e avaliação do potencial CBM contido nos carvões da Jazida de Santa Terezinha, RS por parâmetros petrográficos e químicos.

AUTORES:

Augusto Santarossa
Wolfgang Kalkreuth

INSTITUIÇÃO:

UFRGS

Análise e avaliação do potencial CBM contido nos carvões da Jazida de Santa Terezinha, RS por parâmetros petrográficos e químicos.

Abstract

The Santa Terezinha coalfield is part of the Paraná Basin and occurs in the northeastern part of Rio Grande do Sul, Brazil. The focus of the present study is the evaluation of the CBM potential of Rio Bonito Formation coal seams. For the evaluation of CBM potential two wells were drilled in the coalfield: the first was drilled in 2007 (CBM001-ST-RS) and the second in 2018/2019 (CBM002-ST-RS). When samples arrived at surface, by the wireline core retrieval method, gas desorption volumes were determined followed by further coal geochemical and petrographical characterization. The natural gas associated with coal seams in the first well ranged from 0.32 to 1.63 cm³/g and in the second (based on 3 samples recovered until september of 2019) from 0.19 to 0.99 cm³/g. Vitrinite reflectance indicate a coal rank ranging from high volatile bituminous to semi-anthracite and confirm the potential for gas generation and storage.

Keywords: CBM, coal, natural gas, Santa Terezinha Coalfield, Paraná Basin.

Introdução

O recurso energético não convencional CBM (*coalbed methane*) é o gás natural aprisionado dentro das microporosidades e fraturas do carvão. Sua caracterização e avaliação vem ganhando importância desde as últimas décadas em virtude da previsão de esgotamento das fontes convencionais de petróleo e gás. Em países do hemisfério norte os estudos de CBM estão avançados e, em alguns como Estados Unidos e Canadá, o gás das camadas de carvão já é comercializado. Pesquisas estão sendo realizadas no Brasil desde a década passada para avaliar o potencial associado às camadas de carvão. O atual projeto GASBRAS visa definir e caracterizar as reservas não convencionais de gás nas Bacias do Parnaíba, São Francisco e Paraná.

No Brasil, o carvão está localizado nos estados do sul com cerca de 90% do volume total localizado no estado do Rio Grande do Sul (Fig.1). O carvão está inserido no contexto na Bacia do Paraná, uma extensa bacia intracratônica com área de 1.500.000 km² com idade entre o Neo-Ordoviciano e Neocretáceo (Milani, 1998). Na Bacia do Paraná alternam-se litologias sedimentares e vulcânicas e na formação Rio Bonito, que marca a retomada do sistema transgressivo durante o Permiano, encontra-se o carvão (Matos, Sérgio Luís Fabris de, 1999). A área para estudo e avaliação do potencial CBM foi a Jazida de Santa Terezinha, localizada no litoral norte do Rio Grande do Sul (Fig.2), que apresenta o maior potencial CBM em função do grau de carbonificação, distribuição e variação em profundidade do carvão (Kalkreuth & Holz 2000, Kalkreuth et al. 2003).

Realizaram-se dois furos de sondagem para acessar as amostras de carvão que estão em subsuperfície na localidade. A primeira sondagem ocorreu em 2007 (CBM-001-ST-RS) e a segunda em 2018/2019 (CBM-002-ST-RS), ambas no município de Osório/RS. A escolha das localizações das sondagens foi feita a partir da compilação e interpolação dos dados de espessuras cumulativas de carvão e de diabásio, rank e mapeamento de falhas em subsuperfície de sondagens anteriores existentes executadas na década de 1970 e 1980 durante o mapeamento do carvão no território do estado do Rio Grande do Sul no projeto Gravataí-Torres (CPRM, 1980) realizado pela CPRM. Os furos de sondagem foram executados pela GEOSOL e pela SONDAP em 2007 e 2018/2019, respectivamente. Em ambas as perfurações o método utilizado foi o *wireline core retrieval*, pois é a técnica que permite a rápida retirada do testemunho e armazenagem nos cilindros para medição do gás dessorvido sem perdas significativas. O gás foi medido em intervalos de tempos definidos no campo e durante os 6 meses seguintes em laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As amostras de carvão foram secas, homogeneizadas e separadas para análises químicas (análise imediata, teor de umidade,

quantidade de cinzas, carbono fixo, análise elementar, poder calorífico, difração de raios X e fluorescência de raios X, análise de hidrocarbonetos) e petrográficas (refletância da vitrinite e análise de macerais).

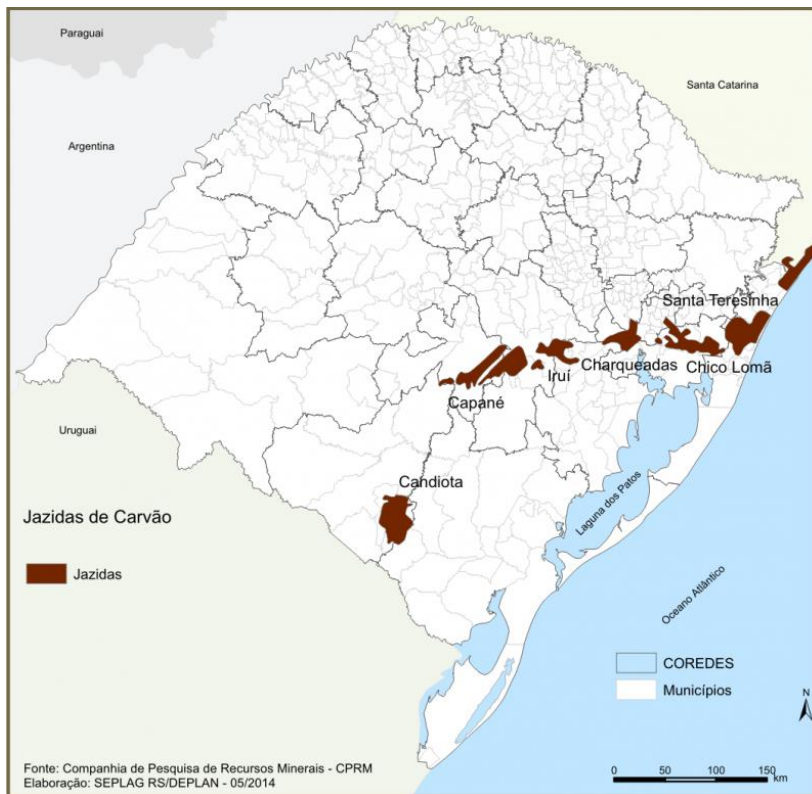


Figura 1: Jazidas de carvão no estado do Rio Grande do Sul. Fonte: CPRM.

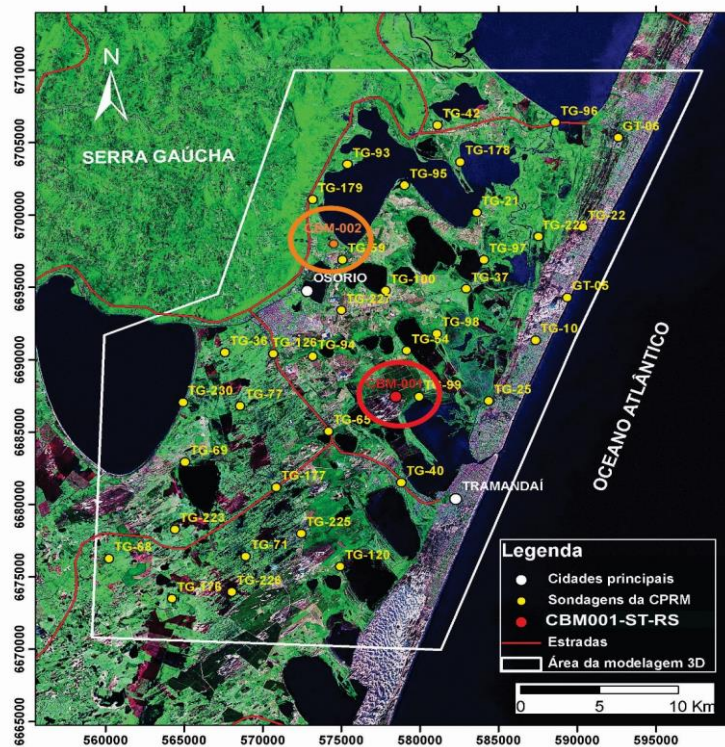


Figura 2: Localização da Jazida de Santa Terezinha na cidade de Osório no Rio Grande do Sul. Adaptado de Kalkreuth, 2008, 2013.

Metodologia

Inicialmente fez-se uma releitura bibliográfica dos trabalhos da região e uma compilação de dados de espessura cumulativa de carvão, espessura das intrusões ígneas e das estruturas que afetam a região da Jazida de Santa Terezinha. Após o levantamento de todos os dados, interpolaram-se as informações obtidas com os furos de sondagem realizados no Projeto Gravataí - Torres. Assim, definiram-se áreas favoráveis a ocorrências de carvões com potencial CBM e locou-se um poço de sondagem no ano de 2007 (CBM-001-ST-RS) e outro em 2018/2019 (CBM-002-ST-RS) (Fig.3) com o objetivo de coletar as amostras de carvão em subsuperfície, que atingiu uma profundidade de aproximadamente 640 e 900 metros, respectivamente.

Durante a execução do furo de sondagem utilizou-se a técnica *wireline core retrieval* visando a perda mínima de gás durante a subida do barrilete e o seu transporte para o laboratório móvel posicionado próximo à sondagem para leitura dos volumes de gás dessorvidos. As amostras de carvão recuperadas foram imediatamente acondicionadas em cilindros cujo interior é composto por PVC e alocadas numa caixa térmica em que se fizeram leituras em tempos definidos do volume de gás. Os cilindros possuíam conexão com uma coluna de vidro com água através de uma mangueira (Fig 4.) e a variação do nível de água dentro da coluna de vidro era lida, indicando os volumes dessorvidos. As leituras dessa variação foram feitas até 6 meses após a coleta das amostras.

As amostras de carvão recuperadas foram levadas aos laboratórios do Núcleo de Estudos de Carvão e Rochas Geradoras do Petróleo na Universidade Federal do Rio Grande do Sul onde realizaram-se as caracterizações químicas e petrológicas. Inicialmente descreveram-se os litotipos propostos por Diessel, 1965. A próxima etapa envolveu o processamento das amostras em que as amostras foram colocadas na estufa com temperatura inferior a 40°C e a consequente britagem, trituração e peneiradas de acordo com o interesse para plug petrográfico. Para as análises químicas ainda foram pulverizadas e acondicionadas.

As análises petrográficas estão listadas abaixo:

- 1) Refletância da vitrinita: é uma ferramenta da petrologia do carvão que indica o grau de carbonificação ou rank de uma amostra de carvão. O plug petrográfico é analisado por um microscópio de luz refletida em que são contadas 100 medidas de partículas do maceral vitrinita.
- 2) Análise de macerais: permite, através da contagem de 500 pontos no microscópio de luz refletida, determinar a composição quantitativa de um carvão em relação a seus macerais.

As análises químicas executadas neste trabalho foram:

- 3) Análise Imediata: é composta pela determinação de umidade, porcentagem de cinzas, carbono fixo e matéria volátil. O teor de umidade é baseado na evaporação da água existente no carvão e consequente perda de massa. A porcentagem de cinzas consiste em resíduos orgânicos que permanecem após a combustão do carvão. A matéria volátil é expressa na determinação dos destilados voláteis do carvão após submeter a amostra ao aquecimento. O carbono fixo reflete a quantidade de matéria orgânica não volátil presente no carvão e se dá pela soma das porcentagens de umidade, cinza e matéria volátil subtraído de 100.
- 4) Poder calorífico: indica o calor liberado pela combustão, na unidade de J/g, ou seja, é a quantidade de calor por uma unidade conhecida.
- 5) Análise elementar: é usada para determinar os principais elementos presentes na matéria orgânica do carvão (C, N, S, H). O resultado é expresso em porcentagem.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

- 6) Difractometria de Raios X (DRX): utilizada para identificação das fases minerais presentes nas amostras de carvão. As análises de DRX foram realizadas no Laboratório de Difractometria de Raios X do Instituto de Geociências da UFRGS.
- 7) Fluorescência de Raios X (FRX): permite a estimativa de concentração de elementos em amostras de minerais e rochas em que a concentração é expressa em óxidos.
- 8) Adsorção de metano: é uma ferramenta utilizada para determinação da capacidade de retenção de gás metano nos carvões.



Figura 3: Execução do poço CBM-002-ST-RS na cidade de Osório/RS em 2018/2019.



Figura 4: Detalhe do interior do laboratório móvel com a conexão entre os cilindros e a coluna de vidro para medida de gás.

Resultados e Discussão

Poço CBM-001-ST-RS

A variação de gás natural foi de 0,32 a 1,63 cm³/g carvão. O conteúdo de cinzas variou de 15,02 a 92,70% e de matéria volátil de 9,94 a 79,37%. O teor de umidade foi de 0,71 a 1,71% e o poder calorífico variou de 170 a 6265 cal/g de carvão. (Tabela 1).

Os litotipos dominantes identificados foram litotipo fosco seguido por fosco bandado (Durênio).

A refletância da vitrinita variou de 0,65 a 2,61% mostrando a diversidade de rank dos carvões desde Betuminoso Alto Volátil C até Semi Antracito.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

A composição petrográfica indica a dominância de vitrinita sobre inertinita e liptinita. A matéria mineral varia de 6,6 a 55% (Tabela 2).

Camada	Profundidade (m)	Volume de gás dessorvido (cm ³ /g)	Rrandom (%)	Poder calorífico (cal/g)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Matéria volátil (%)	Carbono fixo (%)
A	606,35 - 606,62	0,96	0,65	6265	0,71	53,64	29,58	16,07
L1	609,10 - 609,47	0,38	2,61	170	1	92,70	79,37	1,30
L2	610,30 - 610,66	1,04	1,50	1490	1,71	73,43	9,94	14,92
B	611,05 - 611,41	1,55	0,88	2900	1,36	15,02	15,02	21,45
L3	617,03 - 617,39	0,34	1,44	565	1,61	83,98	44,17	25,38
C	618,24 - 620,30	1,46	0,82	4499	1,36	43,74	22,44	32,46
D	620,80 - 621,56	1,63	0,87	4986	1,27	42,08	43,56	31,95
E	622,34 - 623,46	1,00	0,86	5067	1,43	42,23	38,80	34,62
F	627,30 - 627,45	0,83	0,91	3495	1,41	52,15	18,45	27,99
G	631,99 - 633,81	0,59	1,04	3321	1,26	55,76	37,36	27,10
H	636,47 - 637,19	1,05	0,86	3444	0,95	54,63	46,28	24,13
I	637,86 - 638,22	0,32	1,05	1055	1,32	79,55	52,80	9,03

Tabela 1: tabela contendo a profundidade e as análises de gás dessorvido, refletância da vitrinita, poder calorífico, umidade, cinzas, material volátil e carbono fixo das amostras coletadas do poço de sondagem CBM-001-ST-RS em 2007. Retirado de Kalkreuth et al, 2008, 2013.

Camada	Vitrinita (%)	Liptinita (%)	Inertinita (%)	MM (%)
A	46,6	3,4	38,6	11,4
L1	4,4	0,0	40,6	55,0
L2	35,0	0,4	48,0	16,6
B	37,0	0,0	36,8	26,2
L3	1,0	0,0	44,0	55,0
C	42,0	7,9	37,9	12,3
D	46,3	9,1	33,6	11,0
E	42,9	6,7	37,7	12,7
F	32,6	5,0	55,8	6,6
G	17,3	7,4	60,8	14,4
H	48,6	0,0	36,0	15,3
I	8,0	2,0	36,8	53,2

Tabela 2: Tabela com a composição petrográfica das amostras de carvão da sondagem CBM-001-ST-RS. MM = Matéria Mineral. Retirado de Kalkreuth et al, 2008, 2013.

Poço CBM-002-ST-RS (3 amostras coletadas até setembro de 2019)

O volume de gás desorvido foi de 0,19 a 0,99 cm³/g carvão. O percentual de cinzas foi de 29,55 a 49,16% e o teor de umidade de 0,94 a 2,51%. O percentual de material volátil variou de 31,42 a 44,15 e o carbono fixo de 18,28 a 25,36. (Tabela 3).

A descrição de litotipos dos carvões indicou a predominância do maceral Vitrênio (bandado brilhante, brilhante), seguido por Durênio (fosco) e raro Clarênio (bandado fosco).

A refletância da vitrinite está entre 0,53% e 0,59% indicando o rank Betuminoso Alto Volátil C. (Tabela 3).

A composição petrográfica mostra domínio do maceral vitrinite sobre inertinita e liptinita e a matéria mineral varia de 19 a 47%. (Tabela 4).

Camada	Profundidade (m)	Volume de gás desorvido (cm ³ /g)	Refletância (%)	Poder calorífico (cal/g)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Matéria volátil (%)	Carbono fixo (%)
A*	824,10 - 824,54	0,99	0,557	5193	2,51	38,46	34,487	24,543
B*	824,56 - 825,01	0,48	0,598	4012	1,14	49,16	31,42	18,28
C*	830,94 - 831,30	0,19	0,538	5722	0,94	29,55	44,15	25,36

Tabela 3: tabela contendo a profundidade e as análises de gás desorvido, refletância da vitrinite, poder calorífico, umidade, cinzas, material volátil e carbono fixo das 3 amostras coletadas até setembro de 2019. * Camada indenticada preliminarmente até o momento.

Camada	Vitrinite (%)	Liptinita (%)	Inertinita (%)	MM (%)
A*	76,6	2	2,4	19
B*	44	2	7	47
C*	66	3	1	30

Tabela 4: Tabela com a composição maceral das 3 amostras coletadas até setembro de 2019. MM = Matéria Mineral. * Camada indenticada preliminarmente até o momento.

Conclusões

As análises petrográficas e químicas indicam que há condições favoráveis para a presença de gás natural associado às camadas de carvão na Jazida de Santa Terezinha. Os maiores volumes de desorção estão relacionados à predominância do maceral vitrinite e apresentam relação inversa com o conteúdo de cinzas.

O volume de gás desorvido varia de 0,19 a 1,63 cm³/g. Baseado nesses valores de gás e na distribuição de mais de 18 camadas de carvão com até 3 metros de espessura, é sugerido um volume de aproximadamente 5,5 bilhões de m³ de gás natural para a Jazida de Santa Terezinha (Kalkreuth et al, 2008, 2013).

Os valores de adsorção para CO₂ indicaram variação de 0,39 a 0,81 mmol/g use cm³/g enquanto que o CH₄ teve range de 0,12 a 0,22 mmol/g. Assim, sugere-se que a Jazida de Santa Terezinha pode ser considerado um reservatório de CO₂.

Agradecimentos

O principal autor agradece à FUSP pela bolsa de modalidade Iniciação Científica concedida durante o projeto GASBRAS. Wolfgang Kalkreuth agradece pelo suporte do CNPQ pela bolsa de produtividade em pesquisa. A execução do furo de sondagem CBM-002-ST-RS teve apoio financeiro de GASBRAS/FUSP/FINEP.

Referências Bibliográficas

MILANI, Edison Jose. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. Revista Brasileira de Geociências, Porto Alegre, p.473-484, dez. 1998.

HOLZ, M., VIEIRA, P. and KALKREUTH, W.: **The early Permian coal-bearing succession of the Paraná Basin in southernmost Brazil: depositional model and sequence stratigraphy**. Revista Brasileira de Geociências, 30, 420-422, 2000.

KALKREUTH W., HOLZ M., KERN M., BURGER H., SCHAUF A., PRISSANG R., Sousa M.L., RODRIGREZ C. **The coalbed methane potential of the Paraná Basin**. Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás, 2, Rio de Janeiro, Anais, p.1-6, 2003.

KALKREUTH, W., HOLZ, M., CASAGRANDE, J., CRUZ, R., OLIVEIRA, T., KERN, M., LEVANDOWSKI, J., ROLIM, S. **O potencial de Coalbed Methane (CBM) na jazida de Santa Terezinha - modelagem 3D e avaliação do poço de exploração CBM0001-ST-RS**. Revista Brasileira de Geociências, 38(2), p.3-17, junho de 2008.