

Estudo do beneficiamento a seco do carvão da Mina de Candiota

C. H. Hoffmann¹, E. T. Pacheco¹, E.A. Petter Filho², H. T. Vieira Junior¹, L. N. Valcareggi³, A. Siqueira³, F. Porto³, H. Wotruba⁴

1 - Laboratório de Processamento Mineral - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Av. Bento Gonçalves, 9500 91501-970 - Porto Alegre-RS.

E-mail: epacheco@ct.ufrgs.br sampaio@ufrgs.br tavares@ct.ufrgs.br

2 - Companhia Riograndense de Mineração - CRM - Rua Botafogo, 610 91150-050 Porto Alegre-RS
epetter@pop.com.br

3 - Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica - CGTEE Rua Sete de Setembro, 539 90010-190 - Porto Alegre-RS

valcareggi@cgtee.gov.br antonios@cgtee.gov.br fporto@cgtee.gov.br

4- RWTH Aachen University of Technology - Lochnerstraße 4-20 D-52064 Aachen-Alemanha.
wotruba@amr.rwth-aachen.de

RESUMO

O carvão no Brasil corresponde a 65% das reservas energéticas não renováveis, com reservas medidas que totalizam 3,1 bilhões de toneladas. Candiota é a maior jazida de carvão do país, com uma participação de 55% das reservas medidas totais. Tendo como consumidor básico a usina termoeletrica pertencente a CGTEE localizada ao lado da jazida.

Depois de minerado, o carvão é cominuído a -75 mm em uma instalação de britagem da própria CRM e transportado para a termoeletrica, onde é pulverizado e queimado em caldeiras com as seguintes características: (1) grande quantidade de finos apresentando teores de cinzas altos; (2) a matéria orgânica apresenta baixa liberação; (3) o teor de enxofre total deste carvão é baixo até densidades relativamente altas, evidenciando a liberação da pirita sob a forma de nódulos; (4) apresenta grande porosidade, inviabilizando a utilização de água no seu beneficiamento.

O objetivo deste Projeto é através de um processo de beneficiamento com jigagem a seco, obter um carvão com menores percentuais de enxofre, de calcários e da fração -0,1 mm, resultando numa queima com baixas emissões de gases e de particulados.

A metodologia empregada terá as seguintes etapas: caracterização para o beneficiamento das amostras de carvão coletadas para os ensaios de beneficiamento em jigagem a ar; definição da granulometria ótima do beneficiamento a seco do carvão de Candiota; análise da eficiência do beneficiamento nesta planta com a determinação da eficiência Tromp e o erro provável do processo de jigagem a seco; definição dos parâmetros básicos de combustão.

O resultado final deste Projeto será um carvão com maior poder calorífico, menor teor de cinza e de enxofre, resultando numa baixa emissão de gases poluentes e de partículas na atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: carvão - beneficiamento - jigagem a seco

1. INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo a retirada dos nódulos de pirita e dos seixos de calcário. Tendo em vista as características dos carvões de Candiota serem higroscópicos, tornando o beneficiamento a úmido impraticável devido a posterior secagem, elevando assim os custos operacionais.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias foram sugeridas as empresas CGTEE e CRM da possibilidade de beneficiar os carvões de Candiota através do jigge a ar. Os testes foram realizados na Universidade de Aachen, na Alemanha, que dispõe de um jigge a ar em escala piloto, cedido pela Allmineral. Os resultados mostraram uma diminuição dos teores de enxofre total e de cinza. Os produtos destes ensaios foram encaminhados aos testes de queima em leito fluidizados na Cientec, no qual se obteve um aumento do poder energético em 12%, diminuição de SO₂ em torno de 37%.

2. METODOLOGIA

O projeto de pesquisa compreende as seguintes etapas:

2.1. Coleta de material

A amostragem foi realizada na Mina de Candiota-CRM, no município de Candiota-RS, quando foram coletadas aliquotas de carvão dos Bancos Inferior e Superior com a seguinte metodologia:

Num universo de 7.308 toneladas foram coletadas 3,33 toneladas de carvão dos Bancos Superior e Inferior da Camada Candiota. Foram embaladas e enviadas para Aachen, Alemanha, 1,5 toneladas do Banco Superior e 1,5 toneladas do Banco Inferior. Outros 229 kg de carvão foram enviados para o Laprom/UFRGS, onde foram realizadas as análises imediata e elementar;

A amostragem foi realizada de hora em hora sobre a correia transportadora TC1 num espaço de 4 metros lineares;

O material recolhido foi peneirado na fração de 50 mm e os retidos foram quebrados manualmente e reincorporados ao produto.

As amostras endereçadas ao Laprom, dos Bancos Inferior (108 kg) e Superior (121 kg), conforme Tabela I, foram quarteadas e separadas em aliquotas, para a realização de ensaios granulométricos, de afunda-flutua e de análises de cinza, material volátil, umidade, enxofre total, enxofre pirítico e enxofre sulfático.

Tabela I – Amostra enviadas ao Laprom e seus respectivos pesos

CONTRATO CGTEE/FLE-LAPROM Amostragem Banco Superior Data: 17/19/2003			CONTRATO CGTEE/FLE-LAPROM Amostragem Banco Inferior Data: 17/19/2003		
N° Am.	Hora	Peso kg	N° Am.	Hora	Peso (kg)
1	09:45	133	1	09:45	106
2	10:30	127	2	10:45	140
3	11:30	146	3	11:45	160
4	13:30	188	4	13:15	145
5	14:45	156	5	13:30	136
6	15:40	171	6	15:30	163
7	16:30	156	7	17:00	162
8	17:30	171	8	17:45	127
9	18:30	178	9	21:30	150
10	21:30	198	10	22:30	144
Total		1.624	11	23:30	169
Am. Laprom		121	Total		1.602
Total Líquido		1.503	Am. Laprom		108
Peso 6 bombonas		60	Total Líquido		1.494
Peso bruto		1.563	Peso 6 bombonas		60
			Peso bruto		1.554

2.2. Ensaios de granulometria

Os ensaios de granulometria foram realizados com as peneiras de 50,8 mm; 25,4 mm; 19,1 mm; 12,7 mm; 2,0 mm; 1,0 mm e 0,1 mm, conforme tabelas abaixo. Em cada faixa granulométrica foram realizadas análises de cinzas, umidade, enxofre (total, pirítico, sulfático e orgânico) e poder calorífico.

Tabela II: Faixas granulométricas do Banco Superior e suas respectivas análises.

CGTEE - Candiota Superior										
Fração (mm)	Massa (g)	Massa (%)	Acum (%)	Teor Cz (%)	Umidade (%)	St (%)	Sp (%)	Ss (%)	So (%)	Pod.Calor. kcal/kg
-50,8+25,4	1.480,42	22,97	22,97	53,6	5,70	0,70	0,06	0,12	0,52	2.424,70
-25,4+19,1	365,43	5,67	28,64	56,6	6,85	1,95	1,05	0,26	0,64	2.250,70
-19,1+12,7	491,11	7,62	36,26	52,0	6,70	1,98	1,64	0,18	0,16	2.575,80
-12,7+2,00	1.891,61	29,35	65,61	51,0	9,21	2,62	1,44	0,26	0,92	2.788,60
-2,00+1,00	687,04	10,66	76,27	51,8	9,07	1,45	0,53	0,27	0,65	2.879,40
-1,00+0,1	933,24	14,48	90,75	43,8	8,56	1,14	0,61	0,22	0,31	3.227,20
-0,1	596,16	9,25	100	64,9	3,80	0,59	0,32	0,14	0,13	2.031,90
Total	6.445,00	100,00								
Cabeça				52,1	1,90	2,33	1,56	0,25	0,52	3.019,30

Tabela III: Faixas granulométricas do Banco Inferior e suas respectivas análises.

CGTEE - Candiota Inferior										
Fração (mm)	Massa (g)	Massa (%)	Acum (%)	Teor Cz (%)	Umidade (%)	St (%)	Sp (%)	Ss (%)	So (%)	Pod.Calor. kcal/kg
-50,8+25,4	1.863,21	32,08	32,08	51,5	3,74	1,19	0,33	0,28	0,58	2.872,90
-25,4+19,1	538,98	9,28	41,36	53,8	2,91	1,59	0,82	0,2	0,57	2.464,30
-19,1+12,7	391,46	6,74	48,1	51,1	4,07	1,95	1,41	0,21	0,33	2.865,40
-12,7+2,00	1.826,62	31,45	79,55	53,3	3,09	2,91	1,74	0,29	0,88	2.513,30
-2,00+1,00	303,76	5,23	84,78	41,9	4,06	1,48	0,65	0,23	0,6	2.828,30
-1,00+0,1	569,97	10,33	95,11	45,8	8,19	1,00	0,59	0,12	0,29	3.066,80
-0,1	284,01	4,89	100	64,9	5,35	0,61	0,3	0,19	0,12	2.024,50
Total	5.808,00	100,00								
Cabeça				54,6	3,42	2,42	1,51	0,26	0,65	2.922,30

2.3. Ensaios de Afunda-Flutua

Os ensaios de afunda-flutua foram realizados com misturas de líquidos densos, a saber: xilol (0,8 g/cm³), percloroetileno (1,7 g/cm³) e bromofórmio (2,8 g/cm³), nas densidades que variaram de 1,3 g/cm³ a +2,4 g/cm³, com intervalo constante de 0,1 g/cm³. Da massa proveniente de cada intervalo de densidades foi extraída uma alíquota, após quartearamento, para análises de teores de cinzas, umidade, enxofre (total, pirítico, sulfático e orgânico), poder calorífico e matéria volátil, conforme tabelas IV e V. Através destes ensaios, foram obtidas as curvas de lavabilidade de Henry-Reinhardt, conforme figuras 1, 2, 3 e 4.

Tabela IV - Resultados dos ensaios de afunda-flutua e das análises em cada faixa densimétrica do Banco Superior

CGTEE - Candiota Superior											
CGTEE - Candiota Superior											
Faixa Densidade	Massa (g)	Massa (%)	Acum. (%)	Teor Cz (%)	Umidade (%)	St (%)	Sp (%)	Ss (%)	So (%)	Pod.Calor kcal/kg	Mat.Volat. (%)
-1,3	300,23	1,99	1,99	10,30	17,85	1,01	0,02	0,06	0,93	5.641,90	32,78
+1,3-1,4	527,60	3,50	5,49	17,86	13,12	1,00	0,01	0,10	0,89	4.595,20	31,39
+1,4-1,5	881,80	5,84	11,33	30,26	10,40	0,88	0,02	0,34	0,52	3.920,30	26,51
+1,5-1,6	2.085,80	13,82	25,15	45,80	7,88	0,70	0,25	0,32	0,13	3.196,00	24,71
+1,6-1,7	5.024,30	33,29	58,44	50,40	6,43	0,64	0,18	0,12	0,34	2.886,40	24,77
+1,7-1,8	2.313,70	15,33	73,77	51,72	7,91	2,47	1,94	0,26	0,27	2.422,20	17,39
+1,8-1,9	1.391,00	9,22	82,99	51,43	7,06	1,00	0,40	0,24	0,36	2.057,80	17,49
+1,9-2,0	535,95	3,55	86,54	63,35	3,84	0,70	0,10	0,19	0,41	1.646,90	17,78
+2,0-2,1	254,54	1,69	88,22	67,34	3,20	1,07	0,73	0,26	0,08	1.343,80	18,67
+2,1-2,2	229,79	1,52	89,75	80,08	2,71	1,12	0,79	0,21	0,12	944,50	14,59
+2,2-2,3	534,14	3,54	93,29	80,98	2,17	1,11	0,76	0,12	0,23	1.749,40	23,15
+2,3-2,4	163,17	1,08	94,37	84,79	2,76	1,08	0,70	0,17	0,21	1.334,35	13,66
+2,4	850,27	5,63	100,00	75,45	2,41	13,48	12,21	0,94	0,33	1.152,60	13,18
Total	15.092,29	100,00									

Cz=cinza; St=enxofre total; Sp=enxofre pirítico; Ss=enxofre sulfático; So=enxofre orgânico

Tabela V - Resultados dos ensaios de afunda-flutua e das análises em cada faixa densimétrica do Banco Inferior.

CGTEE - Candiota Inferior

Faixa Densidade	Massa (g)	Massa (%)	Acum. (%)	Teor Cz (%)	Umidade (%)	St (%)	Sp (%)	Ss (%)	So (%)	Pod. Calor kcal/kg	Mat. Volat. (%)
-1,3	244,90	2,18	2,18	9,20	17,93	0,99	0,03	0,35	0,61	4.887,60	53,13
+1,3-1,4	175,70	1,56	3,74	17,65	14,46	1,08	0,04	0,36	0,68	5.280,70	53,14
+1,4-1,5	632,70	5,63	9,37	33,16	12,34	1,06	0,08	0,35	0,63	4.053,50	41,42
+1,5-1,6	1.645,80	14,63	24,00	42,71	11,30	1,10	0,36	0,20	0,54	3.377,80	33,63
+1,6-1,7	4.331,70	38,51	62,51	46,97	8,41	1,00	0,24	0,38	0,38	2.873,50	29,20
+1,7-1,8	809,20	7,19	69,71	53,05	6,75	1,81	1,36	0,19	0,26	2.806,40	27,09
+1,8-1,9	1.204,80	10,71	80,42	55,33	8,65	1,53	0,84	0,33	0,36	2.242,60	25,70
+1,9-2,0	337,20	3,00	83,42	64,33	5,74	1,67	0,98	0,28	0,41	1.789,90	22,00
+2,0-2,1	540,70	4,81	88,22	79,69	5,40	1,58	0,73	0,27	0,58	1.291,70	18,76
+2,1-2,2	247,20	2,20	90,42	82,76	5,22	1,62	0,81	0,22	0,59	1.048,40	15,16
+2,2-2,3	98,80	0,88	91,30	84,55	4,02	2,41	1,37	0,36	0,68	1.639,30	15,84
+2,3-2,4	176,50	1,57	92,87	90,49	3,08	2,48	1,43	0,34	0,71	1.327,00	14,53
+2,4	802,30	7,13	100,00	67,78	1,85	13,97	12,65	0,51	0,81	1.042,50	14,27
Total	11.247,50	100,00									

Cz=cinza; St= enxofre total; Sp=enxofre piritico; Ss=enxofre sulfático; So=enxofre orgânico

Candiota Superior - Curva Densimétrica

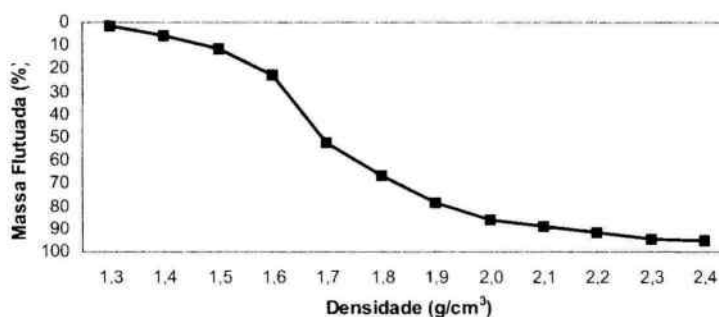


Figura 1: Curva de lavabilidade do Banco Candiota Superior

Candiota Inferior - Curva Densimétrica

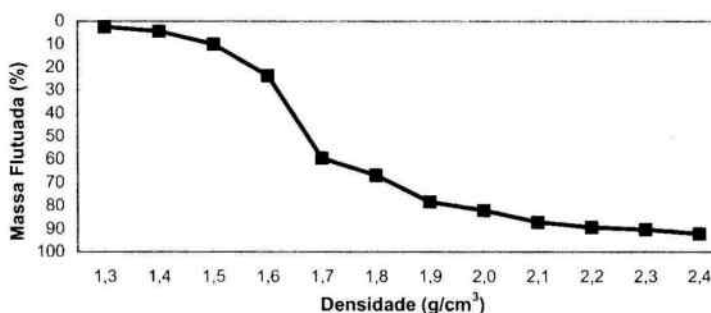


Figura 2: Curva de lavabilidade do Banco Candiota Inferior.

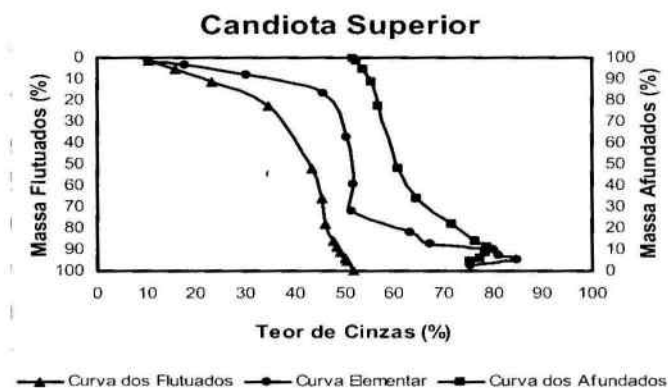


Figura 3: Curva de cinza do Banco Candiota Superior

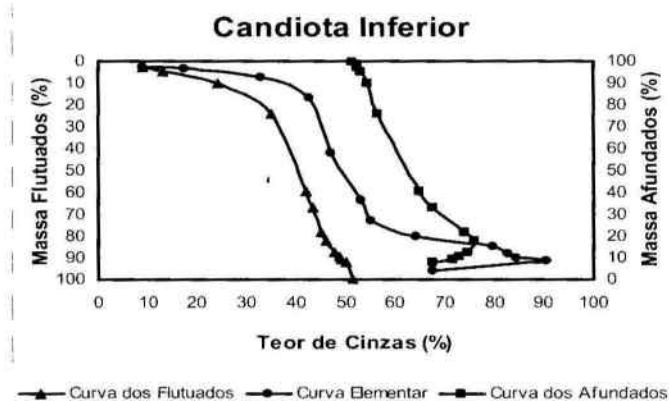


Figura 4: Curva de cinza do Banco Candiota Inferior.

2.4. Ensaios de beneficiamento gravimétrico

O Laboratório de Processamento Mineral da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e o Laboratório de Processamento Mineral - AMR da RWTH-Aachen, Alemanha - desenvolveram ensaios de beneficiamento a seco do carvão da Mina de Candiota. Estes testes têm por objetivo confirmar a capacidade teórica da redução dos níveis de cinza e, principalmente, enxofre do carvão da jazida de Candiota por beneficiamento a seco, conforme trabalhos publicados: Sampaio, 1987,1988; Sampaio *et al.* 1990, 1991, 1996, 1997. O Instituto AMR-RWTH possui um jigge a ar em escala piloto com capacidade para 6 t/h, instalado pela *Allmineral*, empresa baseada na cidade de Duisburg, Alemanha. A empresa *Allmineral* é, na atualidade, o principal fabricante mundial de equipamentos de jigagem e separação a ar.

Segundo K. Casteel (*Processing*, 2003), “- o jigge a ar consiste numa estrutura fechada que distribui ar uniformemente através de um leito oscilatório. Um golpe de ar pulsante é imposto contra a corrente de ar constante e ascendente, permitindo controle independente da amplitude, frequência e aceleração do golpe de ar. Desta maneira, a estratificação do material alimentado é otimizada”. Afirma também, “que o sistema de descarga é também uma novidade, um único sistema de descarga no final do leito do jigge, o *star gate*”. Através do emprego de um controle radiométrico e automático do mecanismo de descarga, o jigge *Allair* pode manter uma camada constante de reserva de material de alta densidade, evitando a contaminação do produto na seção final do leito. A camada de produto afundado cria uma barreira para o material de densidade mais baixa estratificado acima, minimizando a imperfeição (material leve junto com pesados). Outro benefício prático do sistema é que durante as variações de qualidade da alimentação não há qualquer necessidade de interferência ou ajustes por parte do operador, conforme Figura 5.

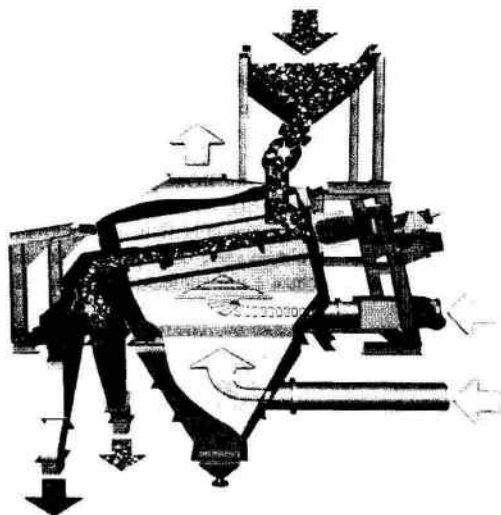


Figura 5: Mostra o esquema cedido pela Allmineral do funcionamento do Allair jig.

Foram embarcados para a Alemanha 3 toneladas de carvão britado a 50 mm (*top size*) das camadas Candiota Superior e Inferior. Foram beneficiadas as duas camadas separadamente, tendo havido a necessidade de reduzir a granulometria das amostras da alimentação do jigge, limitando o *top size* em 20 mm, por razões construtivas do jigge piloto. O *star gate* (na descarga) não permitia passagem de partículas maiores que 25 mm.

Quanto à recuperação mássica foram testadas diferentes velocidades de descarga para o *star gate*, em razão do jigge do laboratório de Aachen não estar equipado com controle radiométrico de densidade do leito. Assim, geraram-se, naquela semana de testes, dois produtos por camada com recuperações mássicas de 90 e 95%, os quais foram amostrados e encaminhados para análise de cinza e enxofre.

3. RESULTADOS

Observa-se a expressiva redução no teor de cinzas nos produtos 10% de massa de rejeito, 45,62% (Camada Inferior) e 47,11% (Camada Superior). Os finos (-2 mm), como comentado anteriormente, não fazem parte do universo testado, eles representam 18,7% da massa alimentada da camada Superior e 32,8% da Inferior e possuem teor de cinzas 53,43% e 48,94%, respectivamente. Quando forem incluídos na operação em escala industrial estes valores serão alterados.

É importante observar nos balanços de massas, dos ensaios com perda de carvão 10%, a massa significativa de enxofre total retida nos rejeitos das Camadas Superior e Inferior, que são de 29% e 38%, respectivamente.

A maior eficiência é mais uma vez verificada na operação do jigge regulado para perda mássica igual a 10%. Operando o jigge para perdas menores (5%) ocorre a contaminação do produto pelo rejeito na parte final do leito estratificado.

A Tabela VI a seguir apresenta o resumo dos ensaios na Alemanha.

Tabela VI – Resumo dos resultados dos ensaios realizados em Aachen

Banco	Resultados dos testes do jigge a ar dos carvões de Candiota							
	5% de recuperação mássica nos pesados				10% de recuperação mássica nos pesados			
	Cinza		Enxofre		Cinza		Enxofre	
	Flutuado	Afundado	Flutuado	Afundado	Flutuado	Afundado	Flutuado	Afundado
Superior	-	-	-	-	47,11	60,69	0,73	4,04
Inferior	47,03	61,92	1,22	3,08	45,62	62,61	1,09	4,01

3.1. Ensaios de Queima do Carvão

Após os testes realizados em Aachen, foram enviados à CIENTEC os produtos do jigue a ar dos Bancos Inferior e Superior, bem como amostras representativas da alimentação, concentrado e rejeito do jigue. Com o material concentrado (Candiota Superior e Candiota Inferior) foram realizados dois testes de queima na CIENTEC, tendo o seguinte procedimento:

1º teste tendo o início o carvão do Banco Superior ROM precedido do carvão do Banco Superior Produto (beneficiado em Aachen), onde se verificou um aumento de temperatura e diminuição na alimentação do carvão produto em relação ao carvão ROM do mesmo Banco. E, da mesma forma, uma diminuição de SO₂ do carvão Produto em relação ao ROM.

2º teste sendo processado o carvão do Banco Inferior ROM precedido do carvão do Banco Inferior Produto (beneficiado em Aachen), onde apresentou uma redução de SO₂ do ROM para o Produto.

Os resultados das análises, da queima dos carvões dos Bancos Superior e Inferior em leito fluidizado, apresentado pela CIENTEC (Tabelas VII e VIII). A relação entre o carvão beneficiado e o ROM, nas tabelas abaixo, verifica-se principalmente a diminuição do teor de cinza e um aumento do poder calorífico, na ordem de 4% e 6%, respectivamente.

Os dados de SO₂ obtidos nos ensaios de queima nos carvões dos dois Bancos, obteve-se o seguinte resultados:

- Banco Superior - o carvão ROM deste Banco resultou em 2.799 ppm, enquanto que o Beneficiado foi de 1.790 ppm, apresentando uma redução de 36%;
- Banco Inferior – o material ROM desta camada foi de 1.964 ppm e o Beneficiado de 1.215 ppm e a redução foi de 38%.
- Média de redução de SO₂ nos dois Bancos é de 37%.
- No ensaio de queima observou-se um ganho energético na ordem de 12%.

As amostras do rejeito e concentrado foram submetidas a ensaios de afunda-flutua, foram realizados no LAPROM/UFRGS, com densidades entre -1,3 g/cm³ e +2,4 g/cm³ e em intervalo de 0,1 em 0,1 g/cm³. A imperfeição de Tromp foi calculada em base nos ensaios de afunda-flutua, onde o resultado do Banco Superior foi de 0,30 e no Inferior é de 0,29. A empresa fabricante do jigue de laboratório estima que a Imperfeição de Tromp varia de 0,2 a 0,3.

Tabela VII - Resultados das análises do carvão ROM do Banco Superior

Carvão CRM - Banco Superior				
Tipo de análise	ROM		Beneficiado	
	%	kcal/kg	%	kcal/kg
Umidade total	16,78	-	10,53	-
Umidade higroscópica	3,92	-	2,89	-
Cinza (b.s.)	52,23	-	48,77	-
Matéria volátil (b.s.)	20,61	-	21,72	-
Carbono fixo (b.s.)	27,16	-	29,87	-
Enxofre total (b.s.)	1,63	-	0,83	-
Carbono (b.s.)	34,62	-	37,11	-
Hidrogênio (b.s.)	2,37	-	2,60	-
Nitrogênio (b.s.)	0,61	-	0,65	-
Oxigênio + halogênios (b.s.)	9,01	-	9,97	-
Poder calorífico superior (b.s.)	-	3.305	-	3.545
Poder calorífico inferior (b.s.)	-	3.185	-	3.410

(b.s.) = base seca

Tabela VIII – Resultados as análises do carvão beneficiado do Banco Inferior

Carvão CRM - Banco Inferior				
Tipo de análise	ROM		Beneficiado	
	%	kcal/kg	%	kcal/kg
Umidade total	18,93	-	17,03	-
Umidade higroscópica	4,51	-	5,12	-
Cinza (b.s.)	51,82	-	46,89	-
Matéria volátil (b.s.)	22,90	-	21,97	-
Carbono fixo (b.s.)	25,73	-	26,48	-
Enxofre total (b.s.)	1,79	-	0,71	-
Carbono (b.s.)	29,52	-	32,72	-
Hidrogênio (b.s.)	2,15	-	2,86	-
Nitrogênio (b.s.)	0,69	-	0,70	-
Oxigênio + halogênios (b.s.)	10,04	-	10,23	-
Poder calorífico superior (b.s.)	-	3.230	-	3.385
Poder calorífico inferior (b.s.)	-	3.085	-	3.230

(b.s.) = base seca

4. CONCLUSÕES

Tem-se como ganho principal do beneficiamento do carvão por jigagem a seco, a redução em escala piloto (jigagem e planta de combustão) de até 38% na emissão de SO₂ e 12% no ganho energético durante a combustão do carvão tratado no jigue, além da redução de argila e calcário.

Com a retirada dos nódulos de pirita e de calcário, os corpos moedores dos moinhos terão um desgaste bem menor se comparado com o beneficiamento atual.

Outro fator é a diminuição de novos acendimentos das caldeiras causados pelo vazamento nas tubulações devido as cinzas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sampaio, C.H., Untersuchung zur Aufbereithbarkeit feinkörniger Steinkohle der Lagerstätte Candiota in Brasilien unter besonderer Berücksichtigung de Sortierung auf Setzmaschinen, Herden und Spiralen, RWTH-Aachen, Tese de Doutorado, 93p, 1987.

Sampaio, C.H.; Hoberg, H. Beneficiamento do Carvão de Candiota. Brasil Mineral, São Paulo, v. 59, p. 28-33, 1988.

Sampaio, C.H.; Hoberg, H., Caracterizacao Para O Beneficiamento Gravimetrico do Carvão de Candiota. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINERIOS, 1988, São Paulo, v. 1, p. 247-262.

Sampaio, C.H.; Jablonski, A.; Amaral, H.V.F., Beneficiation Of The Coal From Candiota. In: 11TH INTERNATIONAL COAL PREPARATION CONGRESS, 1990, Tóquio, Japão, 1990. v. 1, p. 37-40.

Sampaio, C.H.; Jablonski, A.; Petter, C.O. Beneficiamento dos Finos do Carvão de Candiota Por Hidrociclonação. Acta Geologica Leopoldensia, São Leopoldo, v. 13, n. 31, p. 131-144, 1990.

Sampaio, C.H.; Jablonski, A.; Amaral, H.V.F. Perspectivas de Beneficiamento do Carvão de Candiota, Revista da Escola de Minas de Ouro Preto, v. 44, n. 1, p. 31-35, 1991.

Sampaio, C.H.; Jablonski, A.; Souza, J.C. The Coal From Candiota, Brazil. Coal International, INGLATERRA, v. 244, n. 5, p. 221-225, 1996.

Sampaio, C.H.; Vilela, C.F.; Miltzarek, G.L.; Petter, C.O. The Current Status Of The Brazilian Coal Industry. Coal International, INGLATERRA, v. 245, n. 6, p. 234-239, 1997.