

4. Desenvolvimento Experimental

4.1. Materiais e Equipamentos

4.1.1. Caracterização dos Materiais Utilizados

As matérias primas utilizadas para a fabricação dos briquetes cilíndricas de carvão vegetal, carvão mineral, coque verde de petróleo e coque metalúrgico, todos eles fornecidos pelo “Grupo de Siderurgia” do DEMa / PUC-Rio.

4.1.1.1. Coque Verde de Petróleo.

O coque verde de petróleo foi fornecido pela Petrobras com as seguintes análises.

Tabela 16-Análise Imediata de coque verde de petróleo

Coque Verde de Petróleo	
Constituinte	%
Carbono fixo	90,81
Materia Volátil	9,09
Cinza	0,1
Enxôfre total	0,79
(PCI),Kcal /gr	8753

4.1.1.2. Coque Verde de Petróleo.

O Coque Metalúrgico foi fornecido pela Empresa Vale S.A.com os seguintes dados:

Tabela 17-Análise Imediata de Coque Metalúrgico

Coque Metalúrgico	
Constituinte	%
Carbono Fixo	75,3
Cinzas	18,1
Materia Volátil	6,6

4.1.1.3. Carvão Vegetal

O carvão vegetal foi fornecido pela Empresa Vale S.A., com os seguintes dados.

Tabela 18-Análise Imediata de carvão vegetal

Carvão Vegetal	
Constituinte	%
Carbono Fixo	66,0
Cinzas	2,8
Materia Volátil	31,2

4.1.1.4. Carvão Mineral

O carvão vegetal foi fornecido pela Empresa Samarco Mineração S.A, com os seguintes dados.

Tabela 19- Análise Imediata do Carvão Mineral

Carvão Mineral	
Constituinte	%
Carbono Fixo	70 a 75
Cinzas	15
Materia Volátil	15
Enxôfre	<0,7

4.1.1.5. Outros Materiais

1. Ligante Dextrina, usado para aglomerar as amostras de carvão vegetal, carvão mineral, coque verde de petróleo, e coque metalúrgico, utilizando (4% em peso da amostra)
2. Água Deionizada, usada na preparação dos briquetes (10% em peso da amostra).

4.1.2. Equipamentos e Aparelhos Usados

Estes equipamentos foram fornecidos pelo grupo de siderurgia PUC-Rio

1. Balança analítica com precisão de 0.003 g.
2. Estufa elétrica (temp. máx. 300°C)
3. Forno elétrico tubular da marca COMBUSTOL
4. Controlador de temperatura acoplado ao forno elétrico com timer digital
5. Termopar do tipo Pt-Pt/Rh com protetor de carbeto de silício
6. Cronômetro digital
7. Tubos de mulita, para transportar os briquetes à “zona de reação” no forno.
8. Balão de gás de nitrogênio, Dióxido de Carbono.
9. Moinho de Porcelana
10. Lupa de relógio para colocar as amostras depois e antes de secado.
11. Peneiras: # 100, #80.
12. Prensa Hidráulica capacidade máxima de 24000 Kgf. , para embotamento da mostra, prensa da marca “Pavitest”
13. Matriz de aço, para a briquetagem da amostra.

4.1.3. Preparação das Amostras

A preparação das pastilhas cilíndricas das amostras de carvão vegetal, carvão mineral, coque verde de petróleo, e coque metalúrgico, se iniciou com a

redução de partículas até menor que #100, com ajuda de um moinho de porcelana. Depois estas quatro amostras foram encaminhadas pra uma peneira de ASTM #80 e ASTM#100.



Figura 24 - Rotap, (Fonte DEMa- PUC-Rio)

As amostras foram preparadas para um tamanho de partícula menor - #100, utilizando um moinho cerâmico apresentado na Figura 25.



Figura 25 - Moinho de Porcelana, (Fonte DEMa - PUC-Rio)

Depois da obtenção de partículas finas, se procedeu a homogeneizá-las em um gral de porcelana ou gral de Agata, com a adição de água e ligante com proporções de 4% de aglutinante e 10% de água.



Figura 26 - Gral de Porcelana, (Fonte DEMa- PUC-Rio)

Colocar a mistura em a matriz de aço para a briquetagem em forma cilíndrica.



Figura 27 - Matriz de (Fonte DEMa- PUC-Rio)

Procedimento passo a passo para colocar a amostra no molde de aço e obter um briquete cilíndrico

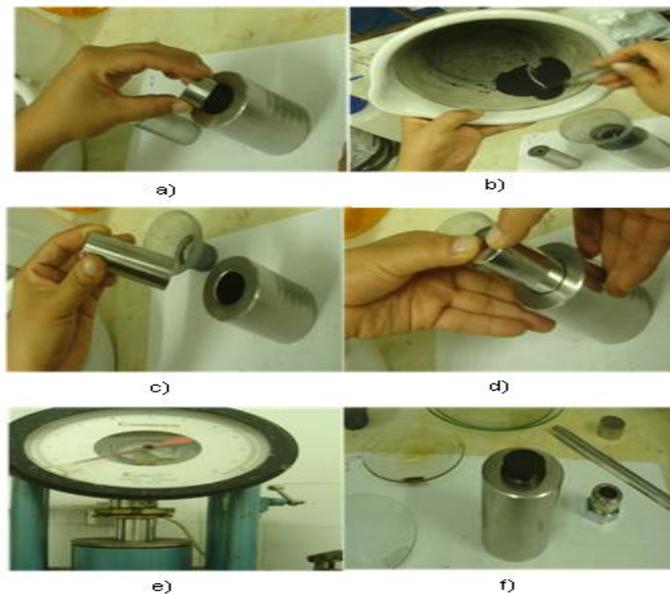


Figura 28 - Realização dos briquetes: (a) Entrada do molde menor; (b) Colocar a amostra; (c) Colocar o molde maior; (d) Pressionar o molde; (e) Pressão a 1000kgf; (f) briquetes cilíndricas feitos.

Antes de colocar no forno se procedeu à secagem na estufa a 150^oC por 2 horas.

4.1.3.1. Material não desvolatilizado

Em seguida, após a secagem, se colocou no forno com ajuda de uma canaleta refrataria a amostra com um fluxo inicial constante de Nitrogênio (N₂) de 0,6 NI/min, para obter uma atmosfera inerte e depois introduzir o CO₂ durante 2 horas com um fluxo constante de 0,9 NI/min. Finalmente foi injetado outra vez Nitrogênio para prevenir a oxidação antes de retirar a amostra. A temperatura do forno de trabalho foi de 1100^oC, conforme a norma ASTM D5341-99.

A seguir com cada uns dos matérias do ensaio:

a) Coque verde de Petróleo



Figura 29 - Forno Tubular (Esquerda); Amostras de coque verde de petróleo colocada ao inicio no forno tubular (Direita)



Figura 30 - Figura Coque verde de petróleo depois da saída do forno

Tabela 20- Parâmetros de ensaio com Coque Verde de Petróleo

Coque Verde de Petróleo		
Carbono Fixo	98,81	%
Amostra	5	g
Fluxo de CO ₂	0,9	NI/min
Tempo	120	min
Nitrogênio	0,5-0,7	NI/min

b) Carvão Mineral**Figura 31 - Forno Tubular (Esquerda); Amostras de carvão mineral colocada ao início no forno tubular (Direita).****Figura 32 - Carvão mineral depois da saída do forno**

Tabela 21- Parâmetros de ensaio com Carvão Mineral

Carvão Mineral		
Carbono Fixo	70	%
Amostra	5	g
Fluxo de CO ₂	0,9	NI/min
Tempo	120	min
Nitrogênio	0,5-0,7	NI/min

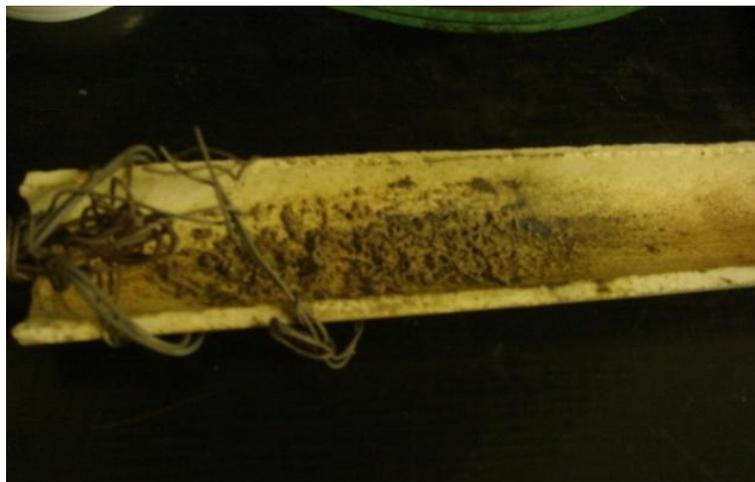
c) Carvão Vegetal**Figura 33 - Forno Tubular (Esquerda); Amostras de carvão vegetal colocada ao início no forno tubular (Direita).****Figura 34 - Carvão vegetal depois da saída do forno**

Tabela 22-Parâmetros de ensaio com Carvão Vegetal

Carvão Vegetal		
Carbono Fixo	66	%
Amostra	5	g
Fluxo de CO ₂	0,9	NI/min
Tempo	120	min
Nitrogênio	0,5-0,7	NI/min

d) Coque Metalúrgico**Figura 35 - Forno Tubular (Esquerda); Amostras de coque metalúrgico colocada ao início no forno tubular (Direita).****Figura 36 - Coque Metalúrgico depois da saída do forno.**

Tabela 23- Parâmetros de ensaio com Coque Metalúrgico

Coque Metalúrgico		
Carbono Fixo	83,54	%
Amostra	5	g
Fluxo de CO ₂	0,9	NI/min
Tempo	120	min
Nitrogênio	0,5-0,7	NI/min

4.1.3.2.

Material Desvolatilizado

Se procedeu colocar a amostra de 5 gramas em um forno tubular elétrico a 800°C, durante 90min com um fluxo de Nitrogênio de 1,6 NI/min. O resultado foi obtido pela diferença de peso dos briquetes entre o início do ensaio e o final do mesmo.

Depois de realizar a desvolatilização se procedeu à fabricação dos briquetes, usando o mesmo método do material não desvolatilizado.