



## BRIQUETES FABRICADOS A PARTIR DE PÓ DE DESEMPOEIRAMENTO DE UM CONVERTEDOR E ESTUDO DA POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO DO MESMO COMO SUBSTITUTIVO DE CARGA METÁLICA<sup>1</sup>

Débora Moreira Sigiliano<sup>2</sup>

Junio Augusto Rodrigues Pasqua<sup>3</sup>

Beatriz Pereira Rocha<sup>4</sup>

Paulo Santos Assis<sup>5</sup>

### Resumo

A geração de resíduos metalúrgicos vem crescendo seguido do aumento da produção industrial. Devido a este fato, as exigências e leis ambientais para que haja diminuição e controle destes resíduos levam as indústrias a desenvolverem novas tecnologias visando o cumprimento das leis e evitando eventuais multas ou perda de certificações. O trabalho propõe desenvolver um processo de aglomeração do pó advindo do sistema de desempoeiramento de um convertedor MRP-L com pó de sucata, utilizando aglomerante orgânico a fim de reaproveitar o mesmo como carga metálica no próprio convertedor para a produção de aços elétricos e carbono. Uma empresa que recicla resíduos industriais processando escória com o objetivo de retirar o metal contido e retorná-lo ao processo, tomou a iniciativa de fabricar briquetes devido a necessidade de reciclar o pó gerado em um convertedor de fabricação de aço, estimado em aproximadamente 6.800 toneladas de pó por ano. Para tal, foram realizados testes como de queda, simulação em uma panela experimental, cálculo de parâmetros físicos, além de análises químicas em laboratório. Após a confirmação da qualidade do briquete e sua possibilidade de utilização, produziu-se 100 toneladas para teste em escala industrial. Os resultados podem ser considerados satisfatórios em nível de reciclagem, pois se conseguiu aproveitar certa de 45 toneladas de metal contido no briquete.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos industriais; Convertedor MRP-L; Briquetes; Reciclagem.

### BRIQUETTES MADE FROM DUST OF MRP-L CONVERTER'S DEDUSTING AND STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING THE SAME AS A METAL CHARGE IN OWN CONVERTER

#### Abstract

The metallurgical waste generation has grown followed by increased of industrial production. Because of this fact, the environmental laws and requirements to reduce and control the generation of this wastes lead industries to develop new technologies to compliance the requirements and laws and avoid possible fines or loss of certifications. The study proposes to develop agglomeration of dust arising from the dedusting system of a converter with scrap dust, using organic binder in order to reuse the same as metallic charge in the actual converter for the production of electrical and carbon steels. A company that recycles industrial waste slag processing in order to remove the contained metal and return it to the process, had the initiative to produce briquettes due to the need to recycle the dust generated in the that converter, estimated at approximately 6,800 tons of dust per year. To this purpose, tests were made as of fall, simulation in an experimental pot, calculation of physical parameters, and chemical analysis in laboratory. After confirming the quality of the briquette and its possible use 100 tons was produced for industrial test. The results can be considered satisfactory in the level of recycling and 45 tons of iron from this amount was gained during the test.

**Key words:** Industrial waste management; Converter; Briquettes; Recycling.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 42º Seminário de Aciaria – Internacional, 15 a 18 de maio de 2011, Salvador, BA, Brasil.

<sup>2</sup> Membro da ABM. Mestranda em Engenharia de Materiais pela Redemat (UFOP/CETEC/UEMG), Engenheira Ambiental pela Escola de Minas – UFOP, Membro da EcoEnviroX

<sup>3</sup> Membro da ABM. Gerente da EcoEnviroX. Graduando em Engenharia Metalúrgica da Escola de Minas-UFOP

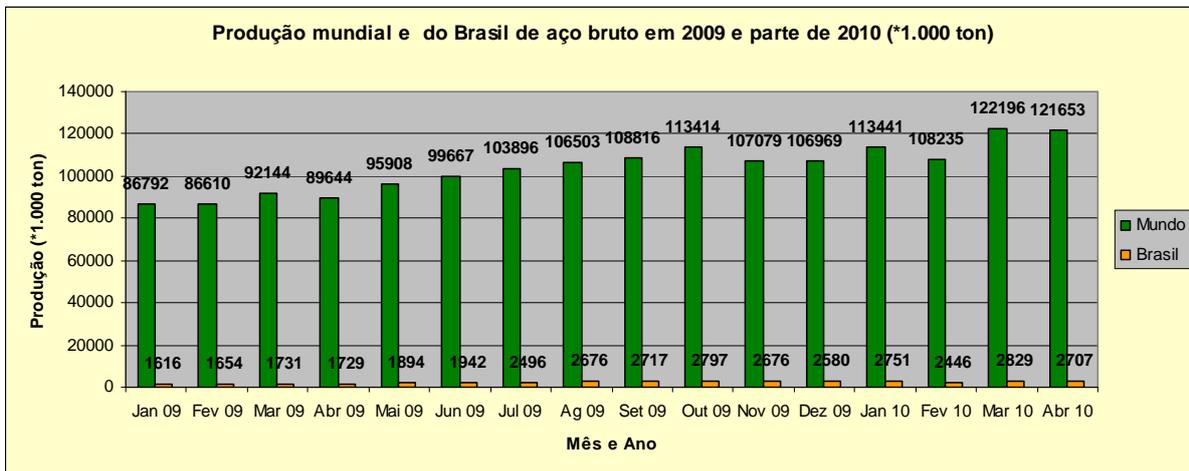
<sup>4</sup> Membro da ABM. Graduanda em Engenharia Metalúrgica da Escola de Minas - UFOP

<sup>5</sup> Membro da ABM. Prof. Tit. Escola de Minas - UFOP, Prof. da REDEMAT, Prof. Honor. HUST, China, Pesq. CNPq, Membro da Dir. EcoEnviroX. Dir. Núcleo de Siderurgia, Meio-Ambiente e Energia Demet – UFOP.



## 1 INTRODUÇÃO

No ano de 2010, novamente a produção de aço ultrapassou o valor de um bilhão de toneladas, mesmo em época de crise econômica mundial. A geração de resíduos está diretamente ligada à sua produção. A Figura 1 apresenta a evolução da produção mundial de aço bruto no ano de 2009 até abril de 2010, comparando com a produção do Brasil no mesmo período.



**Figura 1:** Ritmo anual da produção mundial de aço bruto em 2009 e parte de 2010 (x 1.000 ton) e sua comparação com a produção do Brasil.<sup>(1)</sup>

Segundo Karbowiczek,<sup>(2)</sup> o progresso da civilização está associado ao aumento de produção de resíduo industrial e o setor metalúrgico tem significativa participação nesta produção. Está estimado em uma escala global e em todos os setores, que 20 bilhões de toneladas de resíduos são produzidos por ano.

A racional utilização de resíduos advindos da fabricação de aço é importante não somente devido à proteção ambiental, mas também porque é possível obter benefícios econômicos.

Tais benefícios incluem:

- a proteção natural de depósitos de recursos industriais;
- redução da energia requerida para a fabricação do produto final;
- redução de emissão de gases na atmosfera, como o CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>; e
- ganho de área que antes eram utilizadas na destinação destes resíduos.

Visando diminuir custos, aumentar a produtividade, promover políticas ambientalmente corretas e o desenvolvimento sustentável, as siderúrgicas vem desenvolvendo pesquisas e métodos para a transformação de resíduos em matéria-prima.

O trabalho tem como objetivo estudar a possibilidade de realizar aglomeração do pó advindo do sistema de desempoeiramento de um convertedor com pó de sucata, utilizando aglomerante orgânico - que não gera vapores tóxicos, pois contem apenas um carbohidrogenado - a fim de substituir parte da carga metálica de sucata, na produção de aços ao carbono, por este briquete a um custo viável e sem modificação no rendimento metálico do processo.

A redução do passivo ambiental das empresas metalúrgicas através do desenvolvimento de novas tecnologias tem suma importância para o cumprimento das normas ambientais e em relação à preservação de recursos naturais.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Uma empresa que recicla resíduos industriais processando escória com o objetivo de selecionar o metal contido e retorná-lo ao processo, tomou a iniciativa de fabricar tais briquetes devido a necessidade de reciclar o pó gerado no convertedor de produção de aço, estimado inicialmente com uma geração de 6.800 toneladas de pó por ano, segundo dados da empresa SMS Siemag.<sup>(3)</sup>

### 2.1 Aglomeração e Determinação da Massa Específica

O pó do convertedor MRP-L foi aglomerado com pó de sucata selecionada da empresa recicladora de escória. Tal sucata foi escolhida, pois trata-se de um material precedente do processamento da escória do próprio convertedor e é um material com granulometria inferior a 2,38 mm e que não teria qualquer aplicação direta no processo dentro da empresa. Logo, decidiu-se fazer uma composição do pó do convertedor, com o pó de sucata e aglomerante orgânico para utilizá-lo como carga metálica no convertedor. Na Figura 2, pode-se observar o aspecto dos briquetes produzidos.



Figura 2: Briquetes produzidos pela empresa recicladora.

Primeiramente foi feita a mistura. A composição da mistura foi 45% do pó do convertedor, 45% de pó de sucata e 10% de ligantes, como indica a Figura 3.

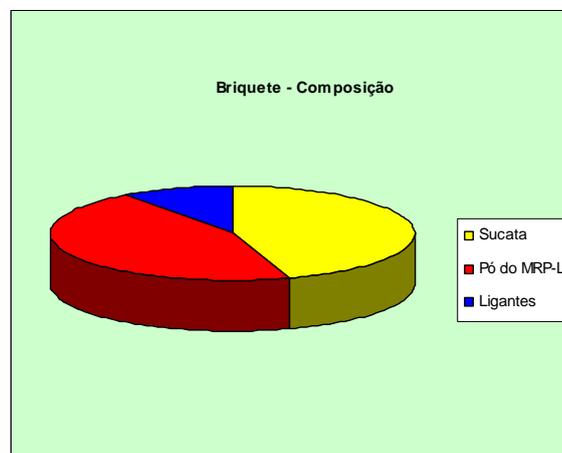


Figura 3: Composição do briquete.



Como a forma do briquete é irregular, decidiu-se verificar a densidade do mesmo inserindo 10 briquetes em uma coluna de água com escala e verificando o volume de líquido deslocado, que é o volume do briquete. Dividindo-se a massa do briquete pelo volume deslocado, encontra-se a densidade.

## 2.2 Teste de Quedas

Com o objetivo de analisar a resistência dos briquetes à queda, foi selecionado um pacote contendo 100 briquetes intactos, com massa total de 1,20 quilogramas. Tal pacote foi submetido a 7 quedas sucessivas de 2,5 m com o objetivo de simular o caminho do briquete ao chegar no silo.

## 2.3 Análises Químicas

Após os testes de queda, foram realizadas análises químicas visando fundamentar a viabilidade de utilização de tais briquetes no convertedor.

Primeiramente foi realizado no ICP do Laboratório da Escola de Minas (Universidade Federal de Ouro Preto) a análise das fórmulas químicas contidas no briquete.

Seguido da análise no ICP, foi feita a análise dos elementos químicos presentes no briquete com um Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte de Plasma, da marca Spectro e modelo Ciros CCD. Tal teste foi realizado no laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto.

## 2.4 Simulação de Corrida

Para testar e analisar o comportamento dos briquetes antes de utilizá-los em ensaios industriais, foram feitos ensaios em uma panela de 10 toneladas de aço para verificar a diluição dos briquetes no processo, determinando assim, o tempo que o mesmo demoraria a fundir no convertedor.

## 2.5 Teste em Escala Industrial

Seguido do teste experimental, foram produzidas 100 toneladas de briquetes para testá-los na indústria. Tais testes foram realizados no mês de fevereiro de 2010, totalizando oito corridas, utilizando aproximadamente 4 toneladas de briquetes em cada corrida.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao verificar a massa dos 10 briquetes, usou-se uma balança de precisão e chegou-se ao valor de 121,20 g. Portanto, a massa média encontrada de um briquete é 12,12 g.

No cálculo do volume do briquete, o volume inicial de água dentro da coluna foi igual a 150 mililitros. Inserindo-se os 10 briquetes, o volume aumentou para 189 mililitros. Foram deslocados 39 cm<sup>3</sup> de água pelos briquetes.

Como massa específica, em g/cm<sup>3</sup> é igual à massa dividida pelo volume deslocado, calcula-se a densidade:



Massa Específica (g/cm<sup>3</sup>)= massa/volume deslocado= 121,20g/39cm<sup>3</sup>= 3,11g/cm<sup>3</sup>

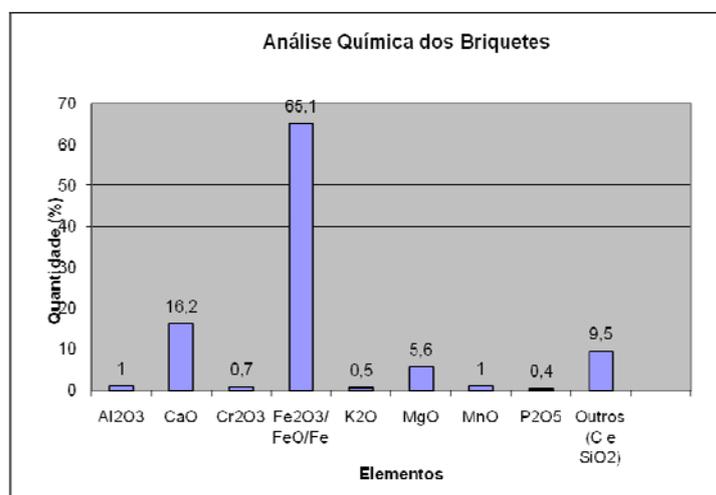
A densidade encontrada confirma a possibilidade de utilização dos briquetes em um convertedor, pois os briquetes se localizarão entre a escória e o banho metálico, sendo possível sua diluição no banho.

Após o teste de quedas, o material foi separado e pesado, verificando a quantidade de briquetes quebrados e a quantidade de briquetes intactos. O resultado foi 1,02 quilogramas de briquetes intactos e 0,11 kg de briquetes quebrados. A porcentagem de briquetes quebrados em relação ao total corresponde a 9,7%, porém, é importante salientar que a grande maioria das partículas quebradas são maiores do que 3,32 mm podendo-se considerar que os briquetes possuem boa resistência. O restante do total de massa do pacote perfaz as perdas no procedimento. A Figura 4 mostra os briquetes quebrados separados dos intactos após as quedas.



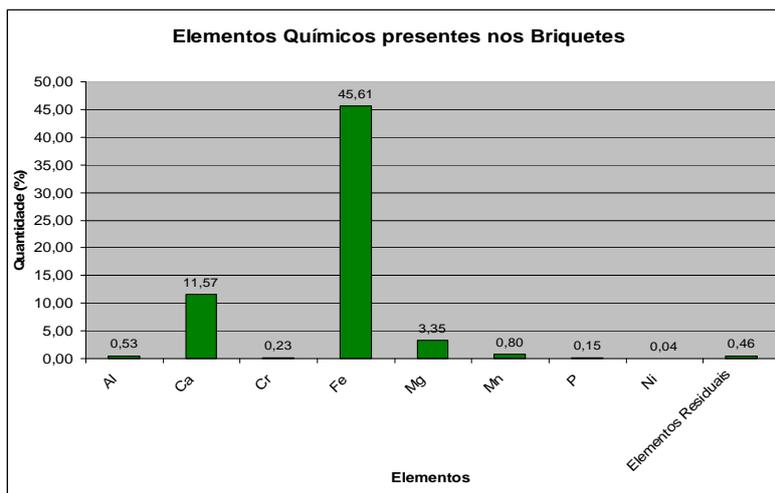
**Figura 4:** Briquetes após ensaio de queda (em folha A4).

A análise química realizada no ICP para verificar os elementos químicos presentes no briquete resultou em resultados apresentados na Figura 5.



**Figura 5:** Resultado da análise química dos elementos contidos no briquete estudado.

Já a análise dos elementos químicos realizadas no espectrofotômetro resultou na Figura 6.



**Figura 6:** Espectrofotometria dos briquetes verificando os elementos químicos presentes no briquete.

Nas análises químicas do briquete foi possível verificar quantidade irrelevante de elementos que possam comprometer a qualidade do aço como enxofre, zinco, chumbo e estanho. Tais análises também confirmaram a porcentagem de ferro presente no briquete, possibilitando assim, calcular a quantidade de metal que o briquete incorporaria ao aço.

Em relação ao teste realizado na panela de 10 toneladas, observou-se a sua diluição em menos de 5 minutos, demonstrando a possibilidade de ocorrer o mesmo no convertedor. Estes ensaios foram realizados em uma usina não integrada localizada em Vespasiano, MG.

Já nos ensaios industriais, observaram-se algumas alterações no rendimento metálico e na presença de projeções de escória. A Tabela 1 mostra que foram realizadas oito corridas e explicita a quantidade de sucata, quantidade de gusa e de briquetes inseridas no convertedor.

**Tabela 1:** Resultados obtidos no ensaio na indústria em Fevereiro de 2010

Corridas	GUSA (t)	Sucatas(t)	Briquete (t)	Metal no briquete(t)	Entrada metal MRP-L(t)	Aço Vazado(t)	Rendimento calc. %	Rend.(%)
1	73,00	6,99	3,50	1,58	81,57	74,00	90,73	86,90
2	74,00	7,10	4,06	1,83	82,93	73,90	89,11	86,80
3	76,00	7,00	4,00	1,80	84,80	76,40	90,09	87,30
4	75,00	8,10	4,06	1,83	84,93	72,30	85,13	85,90
5	72,50	6,00	4,06	1,83	80,33	78,32	97,50	94,90
6	81,00	4,06	4,06	1,83	86,89	81,35	93,63	91,17
7	79,50	7,20	4,00	1,80	88,50	81,05	91,58	89,36
8	81,50	7,27	4,00	1,80	90,57	83,50	92,19	90,06
<b>Média</b>	<b>76,56</b>	<b>6,72</b>	<b>3,97</b>	<b>1,79</b>	<b>85,06</b>	<b>77,60</b>	<b>91,2</b>	<b>89,05</b>

O rendimento metálico do aço calculado pela empresa (na coluna Rend.), é calculado com base nas análises químicas dos produtos que entram no convertedor, comparando com a análise química do aço vazado, que é o produto que sai do convertedor. Tal Rendimento ficou um pouco abaixo do esperado, que geralmente é superior a 90%, e notaram-se projeções de escória durante a corrida.

Já na coluna Rendimento calculado (Rendimento calc.), fez-se cálculo próprio dividindo a quantidade de aço vazado pela entrada de carga metálica no



convertedor, que é uma medida teórica, sem levar em consideração as análises químicas dos produtos. Nota-se que os valores teóricos revelam maior rendimento médio do que o encontrado pela empresa, tal resultado pode ser explicado por diferenças na pesagem de sucata ou gusa, além da qualidade de cada matéria-prima.

## 5 CONCLUSÃO

- Confirmou-se a possibilidade de utilização dos briquetes em escala industrial, devido aos resultados satisfatórios dos experimentos.
- A utilização do resíduo do convertedor fará com que todo o pó gerado no ano seja reciclado além da utilização do passivo deste mesmo pó deixado pela empresa, pois a empresa gera por volta de 6.800 toneladas de pó por ano, e, para realizar a fabricação dos briquetes serão necessárias 8.784 toneladas de pó por ano, considerando 16 corridas por dia durante 305 dias. Com isso, será possível a diminuição gradativa da área necessária para a disposição deste resíduo.
- A reutilização do pó de sucata, antes inutilizado, permite menor perda de Fe metálico para o ambiente.
- Em relação à utilização dos briquetes na indústria, houve redução no rendimento metálico no processo e projeções de escória. Porém, não foi descartada a possibilidade de utilização do mesmo devido aos benefícios por diminuir o passivo ambiental da empresa e a baixa do rendimento metálico não ter sido significativa. Podem-se utilizar outras formulações na fabricação do aço para que estes problemas sejam corrigidos.
- É importante salientar que créditos de carbono são passíveis de serem obtidos aumentando a importância do projeto.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Deus por permitir desfrutar de tantas coisas boas, à de um dos autores pelo apoio as suas decisões, ao Dr. Jan Reichel pela imensa ajuda técnica na Alemanha, ao CNPq e Fapemig pelo apoio continuado as pesquisas conduzidas pelo professor e à Universidade Federal de Ouro Preto por proporcionar ensino de qualidade e atenção ao aluno. A Fapemig ao apoio dados aos pesquisadores para participar no seminário. À empresa Reciclos, pela confiança e incentivo.

## REFERÊNCIAS

- 1 WORLD Steel Association Crude Steel Statistics. Disponível em: <<http://www.worldsteel.org/>>. Acesso em: 15 set. 2009.
- 2 KARBOWNICZEK, M.. Possibilities of metallurgical slag utilization. In: WORKSHOP ON UTILIZATION OF STEELMAKING SLAGS WITH BY-PRODUCT RECOVERY, 1., 2010, Cracóvia. **Utilization of steelmaking slags with by-product recovery**. Cracóvia: Miroslaw Karbowniczec, 2010. p. 11 - 24.
- 3 SMS Siemag, Material interno. Düsseldorf, Alemanha.