

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO BIOCOMBUSTÍVEL NO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DE FINOS DE MINÉRIO DE FERRO

Larissa Tavares Esquerdo – larissaesquerdo@gmail.com
Universidade Federal do Pará – Faculdade de Ciência e Tecnologia*
BR 316, Km08*
67000000 – Ananindeua – Pará**

*Yuri Leon Dos Santos Silva – yurileonsantos@gmail.com**

*Havhenne Kevenn de Holanda Dantas – kevennholanda@gmail.com**

*Gabriel da Silva Gomes – gabrielpeninha2015@gmail.com**

*Alacid do Socorro Siqueira Neves – alacidneves@ufpa.br**

Resumo: A sinterização dos materiais contendo minério de ferro é necessária para obter um produto com alta reatividade e boa resistência mecânica, cujo processo permite o estoque regular e melhor produtividade dos altos fornos. É um método térmico para a aglomeração, pois o calor necessário é fornecido por meio da combustão de um material carbonoso com características adequadas e da reação dos materiais carregados. O presente trabalho apresenta os resultados de uma revisão bibliográfica das possibilidades e restrições tecnológicas, desempenho ambiental e limitações econômicas do uso de agentes redutores a base de biomassa em processo de fabricação de ferro e aço. A revisão indica que os agentes redutores à base de biomassa podem ser aplicados na produção de ferro e aço, nos quais são processos unitários com proporções variadas de substituição de combustível fósseis. A introdução de minério de ferro sinterizado como carga para o alto-forno resulta em menor consumo de coque e melhor qualidade de ferro.

Palavras-chave: Sinterização. Biomassa. Minério de ferro.

1 INTRODUÇÃO

O processo de sinterização metalúrgica do ferro dispõe-se em dois conceitos distintos: o processo de sinterização de pós-metálicos ou finos de minérios de ferro. O processo de sinterização dos minérios ou concentrados tem o objetivo principal aglomerar, e inerente ao processo; calcinar, ustular e secar. A sinterização consiste basicamente nas seguintes etapas: dosagem, mistura de carga, carregamento do forno, sinterização propriamente dita e resfriamento do sínter. O processo de redução química do óxido de ferro contido no minério de ferro se dá através da reação com o monóxido de carbono, para a obtenção do ferro gusa, que ocorre em usinas integradas ou não integradas que utilizam como combustível o coque obtido a partir do carvão mineral ou carvão vegetal, dependendo das dimensões do reator

(forno); “[...] o equipamento empregado para promover essa reação química é um forno de formato cilíndrico vertical e de grande altura, denominado alto forno” (TELLES, 2009). Devido ao carvão mineral ser um produto cujas jazidas não são predominante no território brasileiro na região amazônica o alto forno a carvão vegetal é o reator predominante. Como os altos fornos nessa região tem dimensões menores que os utilizados principalmente na região sudeste do Brasil, o combustível, neste caso, é o carvão vegetal, que tem por finalidade fornecer carbono para o gás redutor, monóxido de carbono (CO), é este gás que elimina o oxigênio do minério (Fe_2O_3), pois, ele precisa ganhar um átomo de oxigênio para estabilizar na forma de dióxido de carbono (CO_2). Ademais, outra função do carvão vegetal é gerar calor, uma vez que sua combustão é uma reação exotérmica.

Ao analisar as emissões do sistema energético nacional observou-se a importante participação do segmento siderúrgico do setor industrial nacional (CAVALIERO & JANNUZZI, 1998), decorrente do alto consumo de coque de carvão metalúrgico no balanço energético siderúrgico, mostrando o predomínio de usinas integradas a coque. A etapa de redução é responsável pela maior parte do consumo energético de uma usina siderúrgica e, por isso, é nesta etapa que se concentram as medidas de conservação de energia. Dentre elas, destaca-se a injeção de combustível auxiliar em alto forno que já vem sendo adotada pelas principais usinas siderúrgicas nacionais (ARAÚJO, 1997).

2 COMBUSTÍVEL SÓLIDO

Os combustíveis sólidos são a principal fonte primária de energia utilizada pela humanidade; inicialmente empregados na geração de fogo como fonte de calor e luz. Os combustíveis sólidos têm sido vastamente utilizados desde então. A revolução industrial promoveu a transição dos métodos artesanais para a produção por máquinas e consequentemente o aprimoramento dos processos produtivos, pois se utilizou o carvão como combustível em larga escala. “com a possibilidade de esgotamento das grandes reservas de petróleo e o gás natural, o carvão pode, mais uma vez, tornar-se a principal fonte de combustível fóssil no mundo” (FORSMO, 2007), no entanto devido às restrições ambientais atuais ao uso de combustíveis fósseis pela emissão de CO_2 , deve-se estudar o uso de formas alternativas de fontes de combustíveis renováveis. Nesse contexto, o Brasil assume posição importante por ser o maior produtor e consumidor mundial de carvão vegetal, “sendo o setor siderúrgico responsável por cerca de 90% do consumo do país na produção do ferro-gusa, ferros-ligas e aço.” (ROSOLEM, 2010).

Outros materiais carbonosos também são utilizados como combustíveis, em especial a biomassa, obtida por meio de vegetais lenhosos, como são o caso da madeira e seus resíduos agrícolas, urbanos e industriais (ROSOLEM, 2010). A grande vantagem da biomassa é a possibilidade da indústria reaproveitar os próprios resíduos na geração de energia, reduzindo os custos. O entendimento da combustão dos sólidos nos permite planejar, com eficiência, a sua utilização nos processos térmicos industriais, em especial, os finos do minério de ferro; sendo assim, a primeira etapa a ser seguida na modelagem de um processo térmico é a caracterização do combustível a ser utilizado, tornando conhecida a qualidade do material em questão para fins energéticos (ALMEIDA, 2014).

2.1 Propriedades da biomassa

O carvão vegetal na mistura de carvão poderia ser em torno de 5% para produzir Coca metalúrgica com qualidade suficiente. (MACPHEE ET AL., 2009). A propriedade dos combustíveis fósseis e da energia baseada na biomassa difere significativamente um do outro;

o carvão e coque são os principais agentes redutores utilizados nos processos siderúrgicos. A injeção de finos de carvão diretamente no alto-forno é um dos processos mais utilizados para a redução do consumo de coque; o carvão deve ter baixos teores de enxofre e fósforo, uma vez que a remoção em etapas posteriores do processo aumenta os custos; material volátil afeta a gaseificação do carvão e do coque. A resistência mecânica do carvão é um importante fator, já que no interior do equipamento de redução do minério de ferro irá haver atritos e choques entre as partícula da carga, o que ocasionará abrasão e a dureza do combustível terá de ser adequada para se obter um bom resultado no processo; o teor de umidade do carvão bruto e da umidade da superfície do carvão em pó deve ser controlado para evitar aderência e o problemas de manuseio (citação).

As propriedades da biomassa bruta não são viáveis para uso em processos metalúrgicos, pois o teor de carbono da biomassa é baixo, o oxigênio e a umidade são altos e o valor de aquecimento resultante é baixo. As propriedades positivas da biomassa incluem baixo teor de enxofre e cinzas. As propriedades da biomassa podem ser aumentadas com tecnologias de tratamento apropriadas. As diferenças entre esses combustíveis não se restringem à sua propriedade química. As propriedades físicas dos combustíveis, como densidade a granel e densidade de energia são consideravelmente diferentes; tal razão pode ser encontrada na microestrutura dos combustíveis: alguns carvões podem ser densos e compactos e outros podem ser altamente porosos.

2.2 A injeção da biomassa no alto-forno

A sinterização é um processo de aglomeração no qual a utilização de calor permite transformar uma massa de granulometria fina em carga bitolada. O material sinterizado é mais poroso, o que garante melhor percolação pelos gases no alto forno, porém, apresenta menor resistência mecânica, por ser menos denso do que o minério compactado. Dentre as varias medidas aplicadas na etapa de redução, destaca-se a injeção de combustível auxiliar através das ventaneiras em alto forno. Tal medida vem sendo adotada pelas principais usinas siderúrgicas, pois além de proporcionar a redução do consumo específico de coque, também aumenta a produtividade e minimiza o custo final de ferro gusa. Muitos combustíveis como: gás natural, alcatrão, óleo combustível e carvão pulverizado, podem ser injetados também através das ventaneiras do alto forno. “A injeção de gás natural permite que, além do carbono contido no combustível (coque ou carvão vegetal) haja o carbono do gás, o que aumenta o poder energético no alto forno e também ainda existe o fato de que também seja aproveitado o hidrogênio dissociado como redutor” (ARAÚJO, 1997). “A injeção de finos de carvão é uma realidade e atualmente podem-se encontrar, em algumas usinas, taxas de injeção da ordem de 150 kg/t gusa” (SAMPAIO, 1993 a). Uma das vantagens desse combustível é que o carvão vegetal usado não precisa ter características de qualidade como as exigidas para a produção de coque. Isto torna o carvão pulverizado um excelente substituto a outros mais caros, como óleo combustível e gás natural. A injeção da biomassa influencia uma série de parâmetros técnicos, no interior do alto forno, cujos efeitos devem ser bem conhecidos para que se possa extrair o máximo de benefício dessa medida de conservação de energia.

3 INOVAÇÃO DE ENSINO

A biomassa é uma das fontes de energias renováveis que vem sendo amplamente utilizada por diversos países, pois a emissão de enxofre é mais baixa e emissão do dióxido de carbono é minimizada por ser oriundo de fonte renovável, no entanto o teor de hidrogênio é mais alto, em comparação aos combustíveis fósseis; tal biocombustível tem mostrado diversas

vantagens, a exemplo da moldagem limpa, ignição fácil e alta eficiência. Ao analisar as tecnologias de fontes energéticas alternativas renováveis, “Observa-se que somente a biomassa, utilizada em processos modernos com elevada eficiência tecnológica, possui a flexibilidade de suprimento energéticos tanto para a produção de energia elétrica quanto para mover o setor de transportes” (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008). O crescente desenvolvimento científico e tecnológico, tem aberto oportunidades para a criação e/ou inovação de materiais produzidos com base em matérias primas, como biomassa e lixo; tal oportunidade gera uma mudança positiva do cenário atual, pois é necessária uma transição para uma economia caracterizada pela sustentabilidade, por meio da baixa emissão de carbono e de outros gases agressivos ao meio ambiente, para assim, minimizar impactos das contribuições antrópicas às mudanças climáticas globais. Um fator de estímulo ao uso de matérias-primas derivadas da agricultura é a sua crescente disponibilidade, graças ao aumento na produção e uso de biomassa para a produção de alimentos e energia.

4 IMPACTO POSITIVO NO MEIO AMBIENTE

O estudo da sinterização pode ser trabalhado de acordo com o interesse comercial, ou seja, pode-se abordar mais os aspectos científicos ou os aspectos tecnológicos; tal estudo é feito pela observação das mudanças que ocorrem por meio de substituição de combustíveis poluentes para os combustíveis renováveis; ao se aliar este tema à produção do sinter, muitas pesquisas e desenvolvimento tecnológico foram realizados através da troca de combustível, excetuando-se estudos para a redução dos gases poluentes. Um dos objetivos principais à mudança de combustível fóssil por um combustível de origem de fonte renovável é estimular uma alternativa para a redução de finos do minério de ferro de forma mais sustentável, comparado com o modelo atual de sinterização; desde modo, é importante a compreensão do funcionamento de uma usina siderúrgica integrada e da sua forte dependência do processo de consumo de energia, bem como de meios que visem a redução deste consumo no processo de sinterização do minério de ferro. Globalmente, é notável observar que nos últimos anos, a biomassa vem ganhando espaço no mercado e está se tornando uma atraente fonte de energia renovável, em substituição aos combustíveis fósseis tradicionais, a exemplo do carvão. (TOLMASQUIM E GUERREIRO, 2007).

“O foco dos atuais estudos está baseado na ideia de sustentabilidade, pois a despeito dos problemas ambientais existirem há muito tempo, o que representa um desafio à sobrevivência da humanidade” (MIKCHAILOVA, 2004). É imprescindível o conhecimento de processos de produção de biomassa adequados para a sinterização para que o setor siderúrgico para a contribuição no desenvolvimento dos estudos relacionados com o conceito de sustentabilidade e de medidas de desenvolvimento sustentável. A emissão do dióxido de carbono (CO_2) é um assunto importante dentro das siderúrgicas e a utilização da biomassa como agente neutro em carbono na sinterização é agradável para os estudiosos da área, pois é eficaz para a diminuição das emissões do CO_2 , NO_x , SO_x , e outros gases emitidos pelo escape no processo de produção de sinter. Logo, com o possível esgotamento de recursos convencionais de combustíveis, é interessante a validação do estudo dos biocombustíveis, das suas fontes e de sua eficiência energética, principalmente na biomassa comercialmente disponível, adequada para a produção de sinterização, apontada como fonte alternativa de combustível para a produção de coque no minério de ferro (GEROSA, 2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função da operacionalidade e da capacidade de interpretação dessas diversas informações inerentes ao processo siderúrgico, o emprego de recursos mais avançados, como a injeção da biomassa e utilização de materiais aglomerados portadores de ferro, apresentam uma maior oportunidade de reduzir a quantidade de agentes redutores baseados em combustíveis fósseis na produção de ferro gusa dentro do alto forno; os efeitos da biomassa nas operações de sinterização e na qualidade do sínter são investigados e a possibilidade de reduzir o dióxido de carbono pela utilização da biomassa é discutida. Também é possível vislumbrar, um cuidado cada vez mais acurado nos critérios que norteiam a análise técnica de minérios para os processos de aglomeração no mercado nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Renata Amorim. **Processo auto-sustentável de sinterização de pelotas de minério de ferro: influência da estrutura do leito e da porcentagem de matéria carbonosa na mistura**. 2014. 93f. Tese (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2014.

ARAÚJO, L.A. **Manual de siderurgia**. São Paulo: Editora Arte & Ciência, 1987.

CAVALIERO, C. K. N.; JANNUZI, G.M. A Importância do Segmento Siderúrgico nas Emissões de CO₂ Nacional e do Estado de São Paulo. São Paulo. In: Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades, 1998, São Paulo. **Anais**. São Paulo. 1998.

CORTEZ; Lora; AYARZA, **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. Disponível em: http://portalpos.unioeste.br/media/File/energiaagricultura/pdf/DissertacaoAna_C_Vieira.pdf. Acesso em: 07 Jun. 2018.

FORSMO, S. **Influence of green pellet properties on pelletizing of magnetite iron ore**. Disponível em: <http://epubl.ltu.se/1402-1544/2007/14/>. Acesso em: 26 abril. 2018.

GEROSA, Tatiana Magalhães. **Desenvolvimento e aplicação de ferramenta metodológica aplicável a identificação de rotas insumo-processo-produto para a produção de combustíveis e derivados sintéticos**. 2012. 317f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MACPHEE, J. A. **Possible CO₂ mitigation via addition of charcoal to coking coal blends. Fuel Process Technol.** Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/Science/article/pii/S0378382008001926?via%3Dihub>. Acesso em: 27 abril. 2018.

MIKCHAILOVA, Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**. Paraíba. n° 16. 2004

ROSOLEM, V. (2010). **Pirólise de resíduos**. Disponível em: <http://www.Ebah.com.br/content/ABAAABbleAD/producao-carvao-vegetal>. Acesso em: 27 abril. 2018.

SAMPAIO, R. S. (1993 a). Inovações Técnicas na Produção de Aço e Seus Reflexos na Obtenção de Ferro Primário. **Metalurgia e Materiais - ABM**, São Paulo, v. 49, n. 416, p. 285-294, Abr. 1993.

TELLES, Victor Bridi. (2009). **Produção de sinter de minério de ferro utilizando poeira de aciaria elétrica como matéria prima.** 72–77.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amilcar. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos CEBRAP**, São Paulo, nov. 2007. n° 79. 2007.

STUDY OF BIOFUEL INFLUENCE NO FERRO ORE FINAL SINTERIZATION PROCESS

Abstract: *Sintering of materials containing iron ore is required to obtain a product with high reactivity and good mechanical strength, which allows the regular stock and better productivity of blast furnaces. Is a thermal method for agglomeration, because the heat required is provided through the combustion of a carbon material with appropriate characteristics and the reaction of materials loaded. The present work presents the results of a literature review of the possibilities and technological restrictions, environmental performance and economic limitations of the use of biomass-based reducing agents in the manufacturing process of iron and steel. The review indicates that the biomass-based reducing agents can be applied in the production of iron and steel, in which are unit processes with varying proportions of fossil fuel substitution. The introduction of sintered iron ore as cargo for the blast furnace results in less consumption of coke and best quality.*

Key-words: *Sintering. Biomass. Iron ore.*