

Simulação do balanço de massa utilizando carvão vegetal e gás natural no alto forno visando a descarbonização

Beatriz Candido Alonso¹; José Adilson de Castro¹.

¹Universidade Federal Fluminense, Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica.

Palavras-chave: *Processo Siderúrgico; Descarbonização; Balanço de Massa; Alto-Forno*

INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios da atualidade é a questão das mudanças climáticas e os seus respectivos impactos. Através do Acordo de Paris de 2015 foram firmados compromissos globais onde reconhecem a mudança do clima como uma ameaça à sobrevivência da humanidade e, por esse motivo, firmaram o objetivo de minimizar os riscos oriundos das mudanças climáticas limitando o aumento da temperatura em 1,5 °C ¹.

O setor siderúrgico é considerado *hard-to-abate*, um dos principais setores industriais que são de difíceis abatimento de carbono, ou seja, que possuem um maior desafio em descarbonizar a sua cadeia produtiva. De acordo com a pesquisa da *International Energy Agency* (IEA)², a indústria siderúrgica é um dos maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE), relacionadas ao processo produtivo, representando aproximadamente 7% das emissões globais de GEE devido ao grande consumo de compostos ricos em carbono e ocupando o segundo lugar em termos de consumo de energia.

O desafio de descarbonizar a indústria rapidamente não é trivial, pois implicará em mudança estrutural em grande escala e depende da implementação de tecnologias ainda em desenvolvimento e/ou de alto custo. A siderurgia que depende fortemente do uso de combustíveis fósseis para a produção de seus produtos terá seu futuro ameaçado já que o desenvolvimento está apenas em um estágio inicial, e uma proporção significativa de empresas ainda não tem um plano estratégico para enfrentar a transição de baixo carbono. Portanto, há atividades com menor emissão de gases de efeito estufa que devem crescer ao ponto que outras possuem a tendência de diminuição ou até mesmo desaparecimento caso não consigam ser capazes de realizar as transformações tecnológicas de baixo carbono.³

Com os desafios da sociedade atual e, principalmente, da indústria siderúrgica em realizar a transição para a produção de aço de baixo carbono, este trabalho tem por objetivo realizar o balanço de massa do processo de alto-forno, considerado como o maior emissor de gases de efeito estufa da siderurgia, e avaliar as reduções de CO₂ utilizando carvão vegetal e gás natural em substituição ao carvão PCI.

METODOLOGIA

Segundo Kuhn (2021)⁴ “se a ciência é a reunião de fatos, teorias e métodos reunidos nos textos atuais, então os cientistas são homens que, com ou sem sucesso empenham-se em contribuir com um ou outro elemento para esta constelação específica”. Com isso o estudo é apresentado, seguindo uma metodologia específica que leve a algum tipo de contribuição científica para a sociedade.

Para a obtenção dos valores absolutos em toneladas de CO₂ foi realizado a conversão dos valores das entradas e saídas do processo através da multiplicação por um fator de emissão, ou seja, um fator que possibilita comparar diferentes processos e tecnologias em termos de emissões equivalentes. Os fatores de emissão foram determinados através da literatura *World Steel Association – WSA (CO₂ Data Collection – version 11)*.

Com a definição dos fatores de emissão de acordo com a literatura, foi realizado o balanço de massa e a análise dos processos químicos que foram baseados na Lei da conservação das massas para se obter o valor de CO₂ do processo do Alto-Forno. Para a comparação entre os combustíveis citados foi utilizado a taxa de substituição de 30% de carvão vegetal e gás natural no mix com o carvão PCI em um alto forno com capacidade de produção anual de 3 milhões de toneladas de ferro gusa, tal porcentagem foi determinada através de *benchmarking* com siderúrgicas brasileiras que estão estudando e implementando a substituição desses combustíveis supracitados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da execução dos balanços de massa foram obtidos os valores de emissão em tonelada de CO₂ anuais apresentados na Tabela 1, onde é possível observar que a maior redução de emissão foi através da utilização de carvão vegetal resultando em uma redução de 430.650 tCO₂/ano em contrapartida a substituição por gás natural resultou em uma redução de 15.326 tCO₂/ano.



Tabela 1 – Comparação do balanço de emissões equivalentes de CO₂ do processo atual, com substituição parcial por carvão vegetal ou gás natural.

Simulação	tCO ₂ e/ano	Diferença para o processo atual
Atual	2.814.301	-
Carvão Vegetal	2.383.651	-430.650
Gás Natural	2.798.975	-15.326

Fonte: Autor (2023).

Além de realizar o balanço de CO₂ do processo é necessário avaliar o custo operacional com a inserção dos novos combustíveis (GN: R\$4,65 m³ e CV: R\$1.700,00 t, em média) que possuem um valor elevado comparado ao carvão PCI (R\$1.200,00 t, em média) e, também, condições de segurança operacional necessitando de uma MOC (*Management of Change*) levando em consideração os riscos dos dois novos combustíveis. O carvão vegetal, responsável pela maior redução, possui três principais pontos agravantes para sua utilização em larga escala, que são: (1) tem facilidade de entrar em combustão espontânea durante o armazenamento e transporte; (2) no Brasil ainda não possui empresas de carvão vegetal capazes de fornecer o volume necessário para escala industrial; e (3) a composição química tem que obrigatoriamente atender as especificações técnicas do alto forno para não comprometer a operação e a qualidade do produto.

CONCLUSÕES

As pesquisas sobre assuntos relacionados a redução de gases de efeito estufa é de suma importância para que a comunidade e as empresas compreendam os riscos e os impactos causados pela mudança do clima. E através deste estudo realizado é possível concluir a eficácia dos dois combustíveis alternativos na redução de gases de efeito estufa, tendo o carvão vegetal responsável pela maior redução de emissão em tCO₂/ano no cenário apresentado.

É válido ressaltar que para obter uma melhor definição sobre o impacto operacional causado pelos combustíveis em escala industrial é necessário avaliar os custos, segurança, meio ambiente e a composição química; os quais não foram abordados nesse estudo.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq e FAPERJ.

REFERÊNCIAS

- [1] AGREEMENT, P. Paris agreement. **Report of the conference of the parties to the United Nations framework convention on climate change (21st session, 2015: Paris)**. Retrived December. HeinOnline, 2015, p. 2017.
- [2] KÖRNER, A. *et al.* **Technology roadmap-hydrogen and fuel cells**. International Energy Agency (IEA): Paris, France, 2015.
- [3] SEMIENIUK, G. *et al.* Low-carbon transition risks for finance. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 12, n. 1, p. e678, 2021.
- [4] KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Guerra e Paz Editores, 2021.