

Método para elaboração de inventário de emissões atmosféricas de material particulado proveniente de processos metalúrgicos

Wanderson de Moura Reis¹; 0000-0002-2268-2108
Marcus Vinicius Faria de Araujo¹; 0000-0003-1560-3405

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
wandersondemourareis@gmail.com

Resumo: Os processos metalúrgicos tiveram início no Brasil a partir do século XVI e desde então têm contribuído para o crescimento econômico nacional em termos de fabricação, fundição e tratamento de metais e ligas, sejam para consumo interno, sejam para exportação. No entanto, o processo metalúrgico, a despeito de todos os avanços tecnológicos experimentados ao longo dos séculos, ainda apresenta aspectos ambientais de alta relevância, principalmente quando o assunto é poluição atmosférica. Frequentemente indústrias metalúrgicas são alvo de críticas e até mesmo de sanções legais por conta de provocarem incômodos às vizinhanças por emissões fugitivas de seus respectivos *sites*, além dos casos em que resultados de monitoramento de emissões de fontes fixas e/ou móveis apresentarem eventualmente índices acima dos limites máximos permitidos em instrumentos regulatórios em vigor no país. Com o objetivo de contribuir para a elaboração de Sistemas de Gestão Ambiental de processos metalúrgicos o presente trabalho apresenta uma proposta de metodologia para inventariar emissões de material particulado tipicamente gerado em tal tipologia industrial. A relevância do presente estudo se dá em função de que ao se inventariar uma atividade industrial do gênero metalúrgico em termos de emissões atmosféricas de material particulado, torna-se possível identificar eventuais oportunidades de redução de desperdícios no processo metalúrgico, evitando custos com sistemas de abatimento de material particulado e elevando a conversão de matérias primas em produtos acabados, que são os fundamentos principais da conclusão da pesquisa desenvolvida.

Palavras-chave: Processos industriais. Redução de perdas em processos. Balanço material. Controle de poluição atmosférica.

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

INTRODUÇÃO

Inventários de emissões têm sido ainda pouco utilizados na prevenção e gestão de impactos ambientais, segundo Costa *et al* (2021). Mashud *et al* (2021) destacam que inventariar fontes de poluição, matrizes e parâmetros é uma forma eficiente de gerenciar processos industriais visando quantificar perdas e conseqüentemente, gerar oportunidades de planejar a redução delas antes de se cogitar o desenvolvimento de projetos de sistemas de controle de poluição. Considerando o conceito de que poluição é perda, Akadiri e Adebayo (2022) sugerem que um balanço de massa seja realizado periodicamente em processos industriais e até mesmo em não industriais visando refinar ações que tenham prioritariamente a não geração e a redução como objetivos principais.

Tomando por base processos metalúrgicos Fraisoli, Lazari e Pansani (2016) traçaram paralelo entre a legislação ambiental vigente e os respectivos impactos ambientais originados em processos metalúrgicos, com ênfase em poluição atmosférica. Os autores afirmam que tais processos industriais possuem um histórico de externalidades ambientais bastante grande, seja na matriz água, ar ou resíduos sólidos. Esses custos impostos a terceiros são significativos, em especial quando se trata de emissões de material particulado para a atmosfera (COSTA *et al*, 2021). Emissões desse tipo, provenientes de processos metalúrgicos podem prejudicar a saúde da população, além de impor custos com tratamento, por exemplo, de doenças do trato respiratório, que podem ser potencializadas em termos de magnitude e importância quando tais processos estão inseridos em regiões cujos fatores meteorológicos são desfavoráveis à dispersão de poluentes atmosféricos (SANTOS *et al*, 2019).

A conjunção de materiais particulados emitidos por processos metalúrgicos e a necessidade de ações que priorizem o aumento da conversão de matérias primas em produtos, propõe tornar obsoleta a cultura de simplesmente tratar problemas de poluição atmosférica com simples especificações de sistemas de controle. Portanto, o presente trabalho tem potencial para fortalecer a gestão de processos metalúrgicos

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

corroborando com a máxima atribuída a William Edwards Deming de que “não se gerencia o que não se mede” (DINIZ, 2022).

MÉTODOS

O método utilizado para inventariar material particulado em processos metalúrgicos se inicia, devido a extensa quantidade de compartimentos que fazem parte da metalurgia, na delimitação de uma área de estudo, a qual foi definida no presente trabalho como sendo aquela compreendida entre um pátio de matérias primas tipicamente utilizadas em uma atividade metalúrgica até o carregamento no topo de um Alto-Forno. Na sequência é estabelecido um cenário de produção de ferro gusa, relação de matérias primas correspondentes e seus consumos relativos. A etapa seguinte é a elaboração de um diagrama de blocos evidenciando cada etapa da área delimitada e uma identificação qualitativa de possíveis emissões de material particulado para a atmosfera. A definição quanto à quantificação, em massa, do material particulado emitido em cada etapa do diagrama de blocos se dá, relacionando características típicas das matérias primas consideradas utilizando fatores de emissão extraídos da literatura em função de teor de umidade e percentual de finos conforme sugerido por Chang *et al* (2006).

Os cálculos para determinação das vazões mássicas de material particulado (M_i) são obtidos diretamente pelo produto entre concentração de material particulado ($[i]$) pela vazão volumétrica (Q_i) em cada etapa conforme a equação 1.1.

$$M_i = [i].Q_i \quad (1.1)$$

No caso de utilização de fatores de emissão, as vazões mássicas de material particulado (M_i) são obtidas diretamente pelo produto entre o fator de emissão (f_i) pela produção (P_i) em cada etapa conforme a equação 2.2.

$$M_i = f_i.P_i \quad (2.2)$$

Ao final tem-se os resultados obtidos organizados em um Quadro com vistas a proporcionar melhor visualização e discussões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de uma base de cálculo de 160 t.dia^{-1} – cenário considerado no presente trabalho – as seguintes matérias primas foram consideradas: minério de ferro, carvão vegetal, calcáreo, quartzo e dolomita. Os consumos relativos estão mostrados na tabela 1 e suas características na tabela 2, tendo sido quantificados conforme Singh (2020).

Tabela 1 – Consumos relativos de matérias primas para a produção considerada.

Matéria prima	Consumo por t de ferro gusa	Carga de entrada no Alto Forno (t)
Minério de Ferro	1,480	236,800
Carvão Vegetal	2,900	464,000
Calcáreo	0,098	15,600
Quartzo	0,104	16,640
Dolomita	0,098	15,680
Total	-	748,72

Fonte: Adaptado de Singh (2020).

Tabela 2 – Características de matérias primas para a produção considerada.

Matéria prima	Umidade (% em massa)	Fator de emissão (kg.t^{-1})
Minério de Ferro como recebido	12,000	$3,400.10^{-3}$
Minério de Ferro na entrada do Alto Forno	2,100	$4,000.10^{-2}$
Carvão Vegetal como recebido	0,500	$1,720.10^{-2}$
Carvão Vegetal na entrada do Alto Forno	0,800	$4,800.10^{-2}$
Calcáreo como recebido	0,200	$1,000.10^{-1}$
Calcáreo na entrada do Alto Forno	0,001	$1,000.10^{-1}$
Quartzo como recebido	0,001	$1,000.10^{-1}$
Quartzo na entrada do Alto Forno	0,001	$1,000.10^{-1}$
Dolomita como recebida	0,001	$1,000.10^{-1}$
Dolomita na entrada do Alto Forno	0,001	$1,000.10^{-1}$

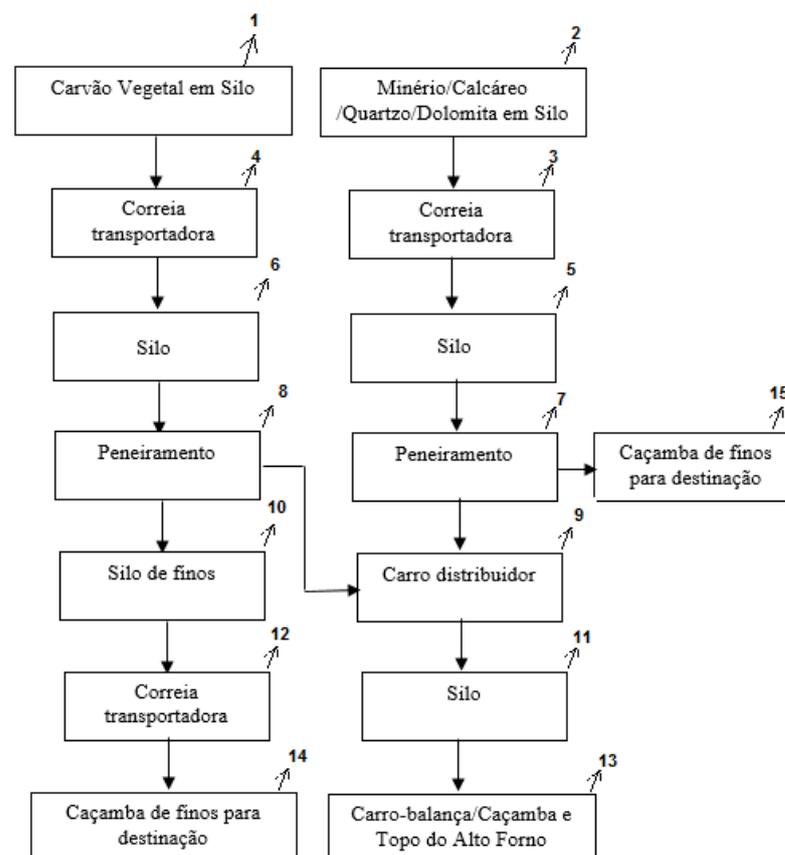
Fonte: Adaptado de Chang *et al* (2006).

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

A partir da área considerada como objeto de estudo e descrita na seção de Métodos do presente trabalho um diagrama de blocos, baseado em Cardona *et al* (2014), está mostrado na figura 1. Destaca-se que na figura 1 estão assinalados por setas e números cada ponto de emissão de material particulado para a atmosfera de todas as fontes fixas, seja por chaminé ou emissões fugitivas.

Figura 01- Diagrama de blocos de processo metalúrgico entre pátio de matérias primas e Alto Forno.



Fonte: Cardona *et al* (2014).

A tabela 3 mostra as emissões de material particulado (MP) para a atmosfera a partir das considerações e cálculos realizados para a produção de 160 t de ferro gusa por dia.

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

Tabela 3 – Emissões de material particulado de cada etapa da área delimitada.

Ponto da emissão (conforme Figura1)	Emissão de MP (kg.d ⁻¹)
1	2,752
2	48,540
3	48,540
4	2,752
5	48,540
6	2,752
7	48,540
8	2,752
9	51,300
10	2,752
11	51,300
12	2,752
13	51,300
14	2,752
15	51,300
Total	418,624

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos mostram que a conversão de matérias primas em ferro gusa é de 21,4% e que as emissões de material particulado provenientes da área delimitada representam 0,06% da massa de matérias primas que entraram no processo. Tais percentuais indicam ainda que as perdas nessa etapa do processo metalúrgico são mais significativas em termos de geração de resíduos sólidos e de efluentes líquidos, que em termos de emissões de material particulado.

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que o método empregado para inventariar emissões atmosféricas de material particulado gerados em processos metalúrgicos mostrou que a perda de matérias primas para o ar, em termos de massa, é menor que as perdas na forma de resíduos sólidos e efluentes líquidos. Tal fato indica que, apesar da justificada preocupação com os efeitos da poluição atmosférica gerada por tal área de processos metalúrgicos, se faz também necessária grande atenção quanto à gestão eficiente de resíduos metalúrgicos presentes nas demais matrizes (água e resíduos sólidos). Ou seja: decisões quanto a investimentos no sentido de reduzir emissões atmosféricas de material particulado são importantes do ponto de vista ambiental e social, porém no que tange o pilar econômico o direcionamento mais racional é o de priorizar o abatimento de poluentes hídricos e de resíduos sólidos, haja visto que os percentuais encontrados no processo corroboram para evidenciar que as perdas nessa etapa do processo são mais significativas do que a de emissão de particulados.

REFERÊNCIAS

- AKADIRI, Seyi Saint; ADEBAYO, Tomiwa Sunday. ***The criticality of financial risk to environment sustainability in top carbon emitting countries.*** Environmental Science and Pollution Research, p. 1-17, 2022.
- CARDONA, Lina Maria Varón et al. **Estudo do processo de fabricação de briquetes compostos de carvão vegetal e carvão fóssil.** São Paulo, ABM, 2014.
- CHANG, Moo Been et al. ***Evaluation of the emission characteristics of PCDD/Fs from electric arc furnaces.*** Chemosphere, v. 62, n. 11, p. 1761-1773, 2006.
- COSTA, Isabela Angelloti et al. **Análise do perfil de emissões atmosféricas do setor industrial do estado do Rio de Janeiro.** 2021.
- DINIZ, Guilherme Marques Batista. **Adoção de soluções de *analytics* em um processo B2B.** 2022.



Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

FRAISOLI, Camila; LAZARI, Gracielle Danielle; PANSANI, Alexandre. **A legislação ambiental e os impactos do setor metalúrgico**. Revista Faculdades do Saber, v. 1, n. 01, p. 17-27, 2016.

MASHUD, Abu Hashan Md et al. **A sustainable inventory model with controllable carbon emissions, deterioration and advance payments**. *Journal of Cleaner Production*, v. 296, p. 126608, 2021.

SANTOS, Haroldo Lima et al. **Relação entre poluentes atmosféricos e suas consequências para a saúde**. Revista Científica Intr@ ciência, v. 17, p. 01-24, 2019.

SINGH, Ramesh. **Applied welding engineering: processes, codes, and standards**. Butterworth-Heinemann, 2020.