

## ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO FERRO-GUSA POR MEIO DE UM SOFTWARE UTILIZANDO INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Victor Cardoso Carvalho<sup>1</sup>; Andressa Tairine Evangelista<sup>2</sup>; Fernando Luiz Pellegrini Pessoa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Química; Iniciação Científica Voluntária; victorccarvalho11@gmail.com

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; andressatairine@hotmail.com

<sup>3</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; fernando.pessoa@fieb.org.br

### RESUMO

Os Indicadores de Sustentabilidade (IS's) surgiram com o objetivo de minimizar ou impedir a "insustentabilidade" nos processos produtivos. Assim, essas métricas auxiliam a colocar a sociedade no curso do desenvolvimento sustentável fazendo com que sejam promovidos produtos cada vez mais "verdes", além de proporcionar mudanças econômicas, políticas e sociais mais vantajosas. Partindo desse fato, foi desenvolvido um *software* em Python que realiza, de forma automatizada, a comparação entre duas ou mais rotas de produção de ferro-gusa e a indicação de qual delas possui um caráter mais sustentável, tendo como base os IS's.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores de Sustentabilidade; Software em Python; Sustentabilidade; Ferro-gusa.

### 1. INTRODUÇÃO

A constante evolução da sociedade faz com que busquemos um equilíbrio entre o crescimento econômico, social, político e sustentável. E essa busca, desde o século XX, tem fortalecido cada vez mais o paradigma do desenvolvimento sustentável.<sup>1</sup> Contudo, essas ações sociais são divididas em duas grandes pautas: os indivíduos e o objetivo comum, onde, para cada indivíduo há uma maneira de se relacionar com ambiente e o objetivo comum varia conforme o que cada indivíduo almeja.<sup>2</sup> Com base no que foi elucidado e com o propósito de minimizar e/ou prevenir a "insustentabilidade" em processos produtivos, foram criados os Indicadores de Sustentabilidade (IS's), que possuem a função de quantificar o grau de sustentabilidade de um processo.

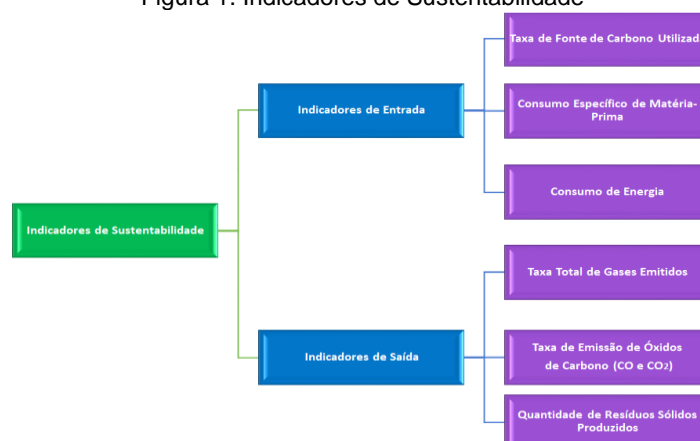
Tem-se conhecimento que o Brasil é o segundo maior produtor de minério de ferro do mundo, abrigando cerca de 8% das reservas, equivalente a 17 bilhões de toneladas e, sabe-se que, o processo produtivo do ferro-gusa é baseado na utilização do minério de ferro e de fontes carboníferas não renováveis, como o carvão e o coque, que, com sua queima, gera uma grande quantidade de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera.<sup>3</sup> Apoiado nesse fato, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um *software* em Python que realiza, de forma automatizada, a comparação entre duas ou mais rotas de produção de ferro-gusa e a indicação de qual delas possui um caráter mais sustentável, tendo como base os IS's.

### 2. METODOLOGIA

O presente trabalho tem caráter investigativo, apoia-se em revisões bibliográficas e visa o desenvolvimento de um programa computacional.

Fundamentada no conceito dos Indicadores de Sustentabilidade, esta pesquisa é baseada no desenvolvimento de um *software* escrito na linguagem Python e propõe a análise comparativa de diferentes rotas de produção de ferro-gusa, a partir de dados dos processos produtivos fornecidos pelo usuário. Para realizar essa avaliação, foram utilizados 6 IS's, sendo 3 métricas referentes a entrada de matéria-prima no processo (ISE) e outras 3 para a saída do produto (ISS), como demonstrado na Figura 1. A partir disso, o *software* realiza a comparação entre as rotas fornecidas pelo usuário e a rota de referência, que representa a quantidade tradicional utilizada de cada produto ou matéria-prima para se atingir o objetivo final (produto final), e repete o mesmo processo para os 6 indicadores citados.

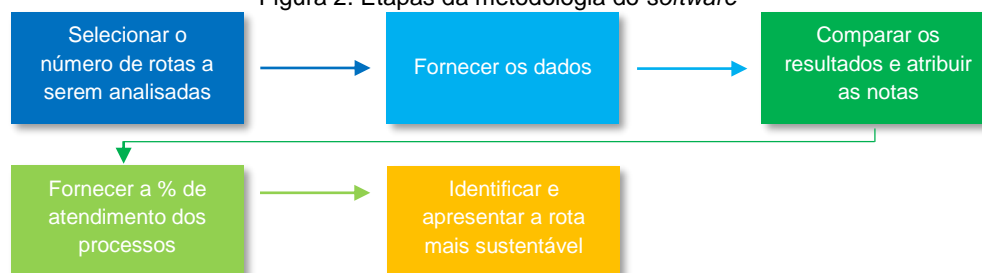
Figura 1. Indicadores de Sustentabilidade



Fonte. Adaptado de Evangelista (2019)

Após a realização da análise dos dados fornecidos pelo usuário, o programa atribui notas às rotas avaliadas, comparadas com a referência (0 para ruim, 1 para razoável e 2 para bom). Ao final, identifica qual delas possui um caráter mais sustentável, bem como suas respectivas porcentagens de atendimento dos processos. Conforme mostrado na Figura 2, é possível observar um diagrama que ilustra as etapas da metodologia do *software*.

Figura 2. Etapas da metodologia do *software*



Fonte. Autoria própria

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Krajnc e Glavič<sup>4</sup>, para ser fundamentado se o desenvolvimento sustentável está no curso correto, é essencial ser capaz de medir tal progresso. Assim, o uso de indicadores possibilita essa medição, auxilia as avaliações, bem como permite prever tendências e dar suporte à tomada de decisões em diversos setores, principalmente o industrial, uma vez que, tratando-se de impactos ambientais, a indústria desempenha um papel significativo.<sup>5</sup>

Utilizando dados de Evangelista<sup>5</sup>, que evidenciam as quantidades empregadas em cada rota (caso) para a produção de 1t de ferro-gusa, sabendo que a rota de referência representa o quanto, tradicionalmente, é utilizado para a produção de 1t de gusa, conforme apresentado na Tabela 1, assim, foi possível verificar a autenticidade do programa.

Tabela 1. Comparação entre as rotas de estudo para produção de 1t de ferro-gusa

	ROTA REFERÊNCIA	ROTA A	ROTA B
Taxa de Carbono Utilizado (kg/t)	650	701,91	666,79
Consumo Específico de Matéria-Prima (kg/t)	2600	2286	2212
Consumo de Energia (Nm <sup>3</sup> /t)	1122,46	1811,00	2009,00
Taxa Total de Gases Emitidos (Nm <sup>3</sup> /t)	1780	2618,00	3190,00
Taxa de Emissão de Óxidos de Carbono (CO e CO <sub>2</sub> ) (Nm <sup>3</sup> /t)	657	989,60	1205,82
Quantidade de Resíduos Sólidos Produzidos (kg/t)	260	173,00	76,00

Fonte. Adaptado de Evangelista (2019).

Tendo em vista os dados apresentados na Tabela 1, os resultados atingidos por Evangelista<sup>5</sup> estão apresentados na Figura 3 e podem ser comparados com os obtidos pelo *software*, expressos na Figura 4.

Figura 3. Nota atribuída por Evangelista (2019) para cada rota (caso), comparada com a referência e com a rota concorrente.

Indicadores	Caso A	Caso B
ISE 1	0	1
ISE 2	1	2
ISE 3	0	0
ISS 1	0	0
ISS 2	0	0
ISS 3	1	2
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>%</b>	<b>17%</b>	<b>42%</b>

Fonte. Evangelista (2019)

Figura 4. Resultado da avaliação utilizando o *software* desenvolvido

```

Rota A | Rota B
ISE1   0   | 1
ISE2   1   | 2
ISE3   0   | 0
ISS1   0   | 0
ISS2   0   | 0
ISS3   1   | 2
-----
16.67% | 41.67%
>> A Rota B é mais sustentável
-----
FIM DO PROGRAMA, VOLTE SEMPRE
-----
Process finished with exit code 0
    
```

Fonte. Autoria Própria

Mediante a observação das Figuras 3 e 4, é notório que o resultado exibido pelo programa é idêntico ao resultado obtido por Evangelista<sup>5</sup>.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do que foi apresentado, é possível observar que o objetivo da pesquisa foi alcançado, partindo do princípio de que a construção de um *software* que identifica qual a rota mais “verde” foi concluída já que os resultados apresentados pelo programa foram idênticos quando comparados com a referência. Contudo, espera-se que o programa passe por melhorias, tais como: melhora da interface, para que se torne mais amigável visualmente, assim como, o aprimoramento do código, para que o programa possa ser utilizado em outros processos industriais. Assim, os Indicadores de Sustentabilidade atuam de forma mais presente na indústria, fazendo parte da tomada de decisões e colocando processos produtivos em uma direção mais sustentável.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup>COUTO, Odir. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para Bacias Hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento**. Porto Alegre: UFRGS, 2007.
- <sup>2</sup>BENETTI, Luciana. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável (IDS) do município de Lages/SC através do método do painel de sustentabilidade**. Florianópolis: UFSC, 2006.
- <sup>3</sup>PAREJO, Luis Carlos. **Minério de Ferro – Brasil é um dos principais produtores mundiais**. Educação UOL; 2018. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/minerio-de-ferro-brasil-e-um-dos-principais-produtores-mundiais.htm>>. Acesso em: abril, 2021.
- <sup>4</sup>KRAJNC, D.; GLAVIČ, P. **Indicators of sustainable production**. Clean Technologies and Environmental Policy; 2003.
- <sup>5</sup>EVANGELISTA, A. T. **Análise do impacto ambiental do processo de produção do ferro-gusa por meio dos princípios da química verde e de indicadores de sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial - GETEC) - Centro Universitário SENAI CIMATEC. Salvador-BA, 2019.