

## **ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR UMA UTE ANTES E APÓS O BENEFICIAMENTO A SECO DO CARVÃO MINERAL**

**ANDERSON LAMEIRÃO ANTHONISEN<sup>1</sup>; JONAS DA COSTA CARVALHO<sup>2</sup>;  
MARCELO FELIX ALONSO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – anderson.pel@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – jonascc@yahoo.com.br*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – mfapel@gmail.com*

### **1. INTRODUÇÃO**

O carvão mineral ocupa posição de destaque na geração de energia. De acordo com dados da Agencia Internacional de Energia (IEA), em 2021, “a utilização do carvão mineral correspondeu a 27,2% da matriz energética mundial (IEA apud EPE, 2023)”. No Brasil, segundo dados do balanço energético nacional, em 2022, “a geração de energia a partir do carvão mineral correspondeu a 4,6% da matriz energética nacional (BEN apud, 2023)”.

Apesar da menor participação do carvão mineral na matriz brasileira, o Brasil é signatário de acordos e participa de grupos de trabalhos internacionais que, dentre outras medidas, propõe a redução do uso de fontes não renováveis para geração de energia. Assim, no país também há um esforço para que as usinas a carvão mineral sejam mais eficientes e menos poluentes.

Para atender uma legislação ambiental mais rígida e com um monitoramento mais efetivo de órgãos ambientais, a UTE Candiota III, por exemplo, já contemplava em seu projeto um dessulfurizador, equipamento que tem por finalidade capturar SO<sub>2</sub> dos gases provenientes da queima do carvão mineral, sendo necessário devido a presença de Enxofre na composição do carvão da jazida de Candiota.

Embora o projeto da usina termoelétrica já contemplasse equipamentos que tinham como objetivo mitigar impactos ambientais, verificou-se ao longo da operação da termoelétrica, que ainda era necessário atuar diretamente no beneficiamento do carvão, com o intuito de obter um combustível com maior poder calorífico, menor teor de impurezas e que gerasse um menor volume de cinzas.

No caso do carvão da jazida de Candiota, segundo PACHECO (2008), o beneficiamento a úmido é inviável, o que decorre do fato deste ser muito higroscópico. Estudos então foram realizados em escala laboratorial considerando o beneficiamento a seco, onde verificou-se um aumento do poder calorífico, redução do teor de cinzas e de enxofre após o beneficiamento. Com base em custos de cal para o processo de dessulfurização e ganhos operacionais, concluiu-se que o beneficiamento a seco era viável técnica e economicamente.

Com foco na preocupação com a questão ambiental e na necessidade da aplicação de um processo de beneficiamento do carvão, o objetivo desse trabalho será realizar uma avaliação, através de simulações numéricas da dispersão e da concentração de poluentes atmosféricos, diante do impacto provocado pelo processo de beneficiamento.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Região de estudo

Com base em dados do IBGE (2021) Candiota é um município gaúcho, com área de 933,628 km<sup>2</sup>, população estimada em 9707 habitantes, localizado na mesorregião sudeste riograndense. Candiota tem como municípios limítrofes Aceguá, Bagé, Pinheiro Machado, Hulha Negra e Pedras Altas. O município apresenta condições propícias para atividades relacionadas a agricultura e pecuária. A vegetação é característica do bioma pampa, o clima é subtropical com grande amplitude térmica e a altitude é de 220m.

### 2.2. Sistema de modelos

O sistema de modelagem numérica utilizado para avaliar a dispersão e a concentração dos poluentes é composto por três módulos: o modelo meteorológico WRF (Weather Researchand Forecasting), o modelo CALMET (CALifornian METeorological model) e o modelo CALPUFF (CALifornian PUFF Model).

O WRF é um sistema computacional de previsão de tempo em mesoescala designado tanto para o serviço operacional quanto para as necessidades de pesquisa. O modelo é totalmente compressível, Eureliano e pode ser integrado em modo não hidrostático. No WRF, são calculadas as componentes da velocidade do vento, a temperatura potencial, o geopotencial, o campo de pressão em superfície e várias quantidades físicas. Possibilita, também, gerar outras variáveis, incluindo, dentre outras, a energia cinética turbulenta.

O CALMET, por sua vez, é um modelo meteorológico composto por um módulo que permite reconstruir o campo de vento diagnóstico e por dois módulos micrometeorológicos para a camada limite marítima e terrestre. Para a determinação do campo de vento, o módulo de vento diagnóstico usa uma aproximação em duas fases. Na fase I, o campo inicial é ajustado levando em conta a não homeogeneidade do terreno, através de algoritmos específicos tais como: escoamento inclinado, efeito cinematográfico do terreno e efeitos de bloqueio do terreno. A fase II consiste de uma análise objetiva para a introdução, no campo produzido na fase I, de dados observados.

Por fim, o CALPUFF é um modelo de dispersão de puff Gaussiano Lagrangeano não estacionário que permite validar um campo de concentração, simulando o transporte, a transformação e a remoção dos poluentes na atmosfera a partir de condições meteorológicas variáveis no espaço e no tempo.

### 2.3. Beneficiamento a seco do carvão mineral

Para uma melhor compreensão de como o beneficiamento pode impactar na qualidade do carvão mineral, cabe uma breve descrição do processo.

Segundo ZEPKA (2021), a planta de beneficiamento é alimentada com carvão bruto fornecido pela CRM por meio de correias transportadoras. No início do processo o carvão fornecido pela CRM passa por um britador que tem por finalidade atender as dimensões de entrada recomendadas para o bom funcionamento da planta. Na sequência, o carvão mineral britado é conduzido por outras correias transportadoras às mesas vibratórias onde, com auxílio de ventilação forçada, é separado em três subprodutos por diferenças de densidade específica. Um dos subprodutos provenientes do processo, o carvão beneficiado, após ser pulverizado, fica disponível para a queima na caldeira. Outro subproduto, o carvão intermediário, retorna ao inicio do processo. Por fim, o rejeito é descarregado em caminhões que os transportam para cobertura de partes já exploradas da mina.

Testes laboratoriais realizados em 2008 já indicavam que este processo poderia gerar um melhor desempenho operacional pelo aumento do poder calorífico, redução do teor de cinzas e de Enxofre. Na prática, a partir de 2020, foi possível verificar que o aumento do poder calorífico do carvão resulta em um menor consumo de combustível. O menor fluxo de combustível para caldeira, por consequência, resulta em menores níveis de cinza e de SO<sub>2</sub> na saída da caldeira.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações foram realizadas nos períodos de 01/07 a 31/07/2019 (sem beneficiamento) e 01/07 a 31/07/2020 (com beneficiamento). Esses períodos permitem realizar o estudo de dispersão, considerando condições meteorológicas de inverno, as quais geram as maiores concentrações de poluentes.

A Tabela 2 apresenta o resumo dos resultados das simulações para os dois cenários de emissão, destacando os valores dos picos de concentração máxima média. De acordo com os resultados, nota-se que as concentrações simuladas pelo sistema de modelos para o período sem o beneficiamento do carvão são mais elevadas do que para o período com o beneficiamento. Este resultado encontra-se de acordo com a diminuição das emissões ocorridas após o início de operação da planta de beneficiamento, a partir de março 2020. Observa-se, também, que todas as concentrações máximas estão abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 491/2018.

Tabela 2: Concentrações máximas médias simuladas pelo sistema de modelos para os períodos sem beneficiamento e com beneficiamento

Período	Poluente	Média	Concentração ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Padrão Qualidade	
				CONAMA 491/18	OMS(2005)
2019	NO <sub>2</sub>	1h	59,06	260	200
	PM <sub>10</sub>	24 h	1,50	120	50
	SO <sub>2</sub>	24 h	39,37	125	20
2020	NO <sub>2</sub>	1h	55,71	260	200
	PM <sub>10</sub>	24 h	1,14	120	50
	SO <sub>2</sub>	24 h	32,72	125	20

### 4. CONCLUSÕES

Análises preliminares dos dados consolidados constantes nos inventários de emissão da CGT Eletrosul indicavam uma redução das emissões após o beneficiamento. A partir dessa informação, pretendia-se focar na investigação sobre os impactos ambientais, através da análise das taxas de emissões e das concentrações dos poluentes, antes e após da implantação do processo de jigagem. Em resumo, a viabilidade técnica e operacional da implantação do processo de beneficiamento já estava consolidada, mas faltava a verificação dos benefícios ambientais.

Nesse sentido, simulações numéricas foram realizadas para avaliar as diminuições das emissões dos poluentes e, por consequência, as diminuições das concentrações. Verificou-se, através das simulações, que as concentrações

simuladas para o período sem o beneficiamento do carvão são, realmente, mais elevadas do que para o período com o beneficiamento. Este resultado encontra-se de acordo com a diminuição das emissões ocorridas após o início de operação da planta de beneficiamento. Observou-se, também, que todas as concentrações máximas estiveram abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação nacional vigente.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**CONAMA. Resolução Nº 491/2018.** Diário Oficial da União, Brasília, 21 nov. 2018. Acessado em 18 set. 2024. Online. Disponível em: [https://www.in.gov.br/web/quest/materia-/asset\\_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603](https://www.in.gov.br/web/quest/materia-/asset_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603).

**ELETROBRÁS. Inventário de emissões de gases do efeito estufa das empresas Eletrobrás: Ano Base 2019.** Comitê de Meio Ambiente do sistema Eletrobrás, Rio de Janeiro, jul. 2020. Acessado em 11 jun. 2024. Online. Disponível em: [https://eletrobras.com/pt/MeioAmbiente/Eletrobras\\_Inventario%20GEE\\_2019.pdf](https://eletrobras.com/pt/MeioAmbiente/Eletrobras_Inventario%20GEE_2019.pdf)

**ELETROBRÁS. Inventário de emissões de gases do efeito estufa das empresas Eletrobrás: Ano base 2020.** Comitê de Meio Ambiente do sistema Eletrobrás, Rio de Janeiro, mai. 2021. Acessado em 11 jun. 2024. Online. Disponível em: <https://www.cqteletrosul.com.br/files/files/sustentabilidade/gestao-ambiental/Inventario-de-Emissoes-de-Gases-de-Efeito-Estufa-das-Empresas-Eletrobras-2020.pdf>

**EPE. Matriz energética e elétrica.** ABCDEnergia, Rio de Janeiro. 2023. Acessado em 11 jun. 2024. Online. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

**PACHECO. E.T. Estudo do beneficiamento a seco do carvão da mina de Candiota-RS,** 2008. Tese de Doutorado (PPGEM) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**ZEPKA. V.H.G. Plano de manutenção preventiva em uma planta de beneficiamento de carvão mineral,** 2021. Trabalho de conclusão (curso de Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Pampa.