

CIEA

Congresso Internacional de Engenharia Ambiental
&

10ª REA

Reunião de Estudos Ambientais

ANAIS

Artigos Completos

- VOLUME 7 -

Educação Ambiental

&

Mudanças Climáticas e Ações Antrópicas

&

Mobilidade Urbana e Redução da Poluição Atmosférica Local

&

Arte e Meio Ambiente



Organizadores

Cristiano Poletto

Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves

Guilherme Fernandes Marques

José Gilberto Dalfré Filho

**ANAIS do Congresso Internacional de
Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de
Estudos Ambientais
Artigos Completos**

- VOLUME 7 -

Educação Ambiental

&

Mudanças Climáticas e Ações Antrópicas

&

Mobilidade Urbana e Redução da Poluição

Atmosférica Local

&

Arte e Meio Ambiente



Gráfica & Editora

Toledo – PR

2020

Copyright © 2020, by Editora GFM.

Direitos Reservados em 2020 por **Editora GFM.**

Editoração: Cristiano Poletto

Organização Geral da Obra: Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho

Diagramação: Juliane Fagotti

Revisão Geral: Espaço Histórico e Ambiental

Capa: Eventos Consulting Design Informática

CIP-Brasil. Catalogação na Fonte

Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho (Organizadores)

ANAIS do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais – Artigos Completos – Volume 7 – Educação Ambiental & Mudanças Climáticas e Ações Antrópicas & Mobilidade Urbana e Redução da Poluição Atmosférica Local & Arte e Meio Ambiente / Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Guilherme Fernandes Marques; José Gilberto Dalfré Filho (Organizadores) – Porto Alegre, RS: Editora GFM, 2020.

453p.: il.;

ISBN 978-65-87570-04-4

CDU 502.3/.7

É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização por escrito da Editora ou dos Organizadores.



ESTUDO DE DISPERSÃO DE POLUENTES INDUSTRIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

| ID 15633 |

Júlia Reinheimer Daiello¹, Laura Lahiguera Cesa², Luiz Fernando da Silva³, Rita Alves⁴, Ricardo Antonio Mollmann Junior⁵

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: julia.rdaiello@gmail.com; ²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: laura.lahiguera.c@gmail.com; ³Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: fsilva280296@gmail.com; ⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: rita.alves@ufrgs.br; ⁵Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: mollmannr@gmail.com

| RESUMO |

O presente trabalho visou estudar a região metropolitana de Porto Alegre no que abrange três grandes fontes fixas de emissões de poluentes: Companhia Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), Braskem, e Usina Termelétrica Sepé Tiarajú. Como enfoque, buscou-se analisar a influência que essas fontes emissoras têm sobre o meio atmosférico e quais os possíveis impactos perante isso. De forma a solidificar o estudo, foi escolhido somente um composto a ser destacado: os óxidos nitrosos (NOx). Esses, por sua vez, podem ser emitidos de maneira natural ou antropogênicas e causam maiores prejuízos quanto mais próximo aos centros urbanos.

No que diz respeito aos danos provenientes do poluente em questão e suas várias formas, para fim de ilustração, pode ser citado o prejuízo causado ao reino vegetal com a redução da permeabilidade das membranas celulares, impedindo as trocas gasosas das folhas vegetais e prejudicando a realização da fotossíntese; ainda, para o reino animal, os compostos podem ser danosos para as funções respiratórias e pulmonares.

Foi possível, então, iniciar uma modelagem matemática da dispersão dessa substância, a partir do modelo CALPUFF, visando a observação da pluma de contaminantes e sua direção, para que pudesse ser estipulada a área de influência desses agentes poluentes. Com isso, foi realizada a tarefa de quantificar, localizar e visualizar os maiores valores no período escolhido - ano de 2017 -. Além disso, é preciso levar em consideração a importantíssima função que a meteorologia exerce frente aos resultados visualizados. Por isso, estuda-se os sistemas gerais para o período dessa simulação. E, a partir do seguimento dos dados alcançados neste projeto, foi possível analisar, compreender e localizar a realidade atual da saúde da atmosfera na RMPA.

Portanto, busca-se estudar os efeitos que a poluição atmosférica pode acarretar tanto na população local, quanto no meio ambiente. Para isso, dedicou-se à comparação dos resultados obtidos com a legislação atual responsável por compreender os parâmetros de qualidade do ar - a Resolução CONAMA número 491/2018.

Pode-se, por fim, perceber que a concentração do poluente extrapola consideravelmente os valores previstos na legislação. O descumprimento de tal norma ambiental pode, assim, acarretar em prejuízos à saúde da população e dos ecossistemas locais.

Palavras-chave: Poluição atmosférica; estudo; região metropolitana de Porto Alegre.



| INTRODUÇÃO |

Sabendo que a poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias emitidas por atividades antropogênicas em concentrações suficientemente altas, acima de seus níveis normais no ambiente, de maneira a causar efeitos mensuráveis aos seres vivos ou materiais (Seinfeld e Pandis, 2006), a qualidade do ar torna-se fator primordial e é afetada diretamente pelos níveis de poluição atmosféricas, que são originados de fontes emissoras que podem ser tanto móveis (tais como os automóveis) quanto fixas (como indústrias, queima de lixo e emissões naturais, como os vulcões) (ALVES, 2010).

Os efeitos da poluição no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas podem ser vistos não somente em comunidades próximas à fonte de emissão, uma vez que os poluentes podem viajar milhares de quilômetros pela atmosfera, atingindo locais distantes (LEITE, 2011). Uma maneira prática de estudar a dispersão dos poluentes é através da modelagem matemática, que descreve o que acontece a um poluente uma vez que ele está presente na atmosfera, identificando para onde ele vai, que transformações químicas sofre e de que forma é diluído (Mollmann Junior, 2018).

Em áreas metropolitanas, a problemática da poluição do ar constitui-se numa das mais graves ameaças à qualidade da vida de seus habitantes (Teixeira et al., 2007). A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), área mais urbanizada do Estado do RS, a qual possui diversos empreendimentos industriais e grande volume de deslocamento de automóveis, sofre diariamente da influência da poluição do ar causada por estas fontes. A RMPA é caracterizada por possuir diferentes tipologias industriais, como: indústrias siderúrgicas, termoelétricas e incineradores (Teixeira et al., 2007)

Objetiva-se, com este trabalho, verificar a relação da dispersão dos óxidos de nitrogênio (NO_x) com as condições meteorológicas ocorridas no ano de 2017 na RMPA, através das simulações de um modelo numérico de dispersão atmosférica, considerando três importantes fontes industriais presente na região, sendo estas: Companhia Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), localizada em Guaíba (RS), Braskem, localizada em Triunfo (RS) e Usina Termelétrica Sepé Tiarajú, localizada em Canoas (RS). Assim, através deste estudo, pretende-se avaliar, de maneira empírica, o comportamento da saturação na bacia aérea da RMPA e ter um conhecimento das condições meteorológicas locais e, desta forma, programar a operação de empreendimentos deste porte visando mínimo de danos ambientais.



| MATERIAIS E MÉTODOS |

Para o estudo de dispersão de poluentes das fontes industriais localizadas na RMPA, foi utilizado o modelo de dispersão CALPUFF. O CALPUFF é um modelo de dispersão gaussiano do tipo puff, capaz de simular o transporte de poluentes e sua variação em função das condições atmosféricas (Lakes, Environmental, 2020), e é recomendado pela Agência de Proteção Ambiental Americana. O sistema de modelagem consiste em três componentes principais: CALMET (um modelo meteorológico tridimensional de diagnóstico), CALPUFF (sistema de modelagem da dispersão de poluentes atmosféricos) e CALPOST (um pacote de pós-processamento dos resultados). O modelo CALMET, neste estudo, foi inicializado com informações do modelo atmosférico de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF). O WRF foi processado com uma resolução horizontal de 5 km e com resolução temporal de 1 hora. Esta configuração se fez necessária devido à forte influência da dispersão dos poluentes nas condições meteorológicas do local.

O modelo foi configurado para simular o deslocamento dos óxidos nitrosos (NO_x) durante todo o ano 2017, em um domínio com resolução de grade de 1km em uma área compreendendo 100 km² dentro da RMPA (figura 1). As três fontes fixas de emissão selecionadas para o estudo, CMPC, Braskem e Usina Sepé Tiarajú, foram demonstradas na figura 1 e, devido à ausência de dados exatos de emissão das mesmas, foram configuradas com valores fictícios de 100 g/s próximos ao real.

A partir da modelagem de poluentes provenientes das três fontes fixas na RMPA, procurou-se observar as concentrações dos poluentes ao nível do solo para os máximos valores em 1 hora e das médias anuais de NO_x. Posteriormente, foi feita a comparação entre os valores obtidos no estudo com os valores da Resolução CONAMA 491/2018, atual norma sobre os padrões de qualidade do ar.

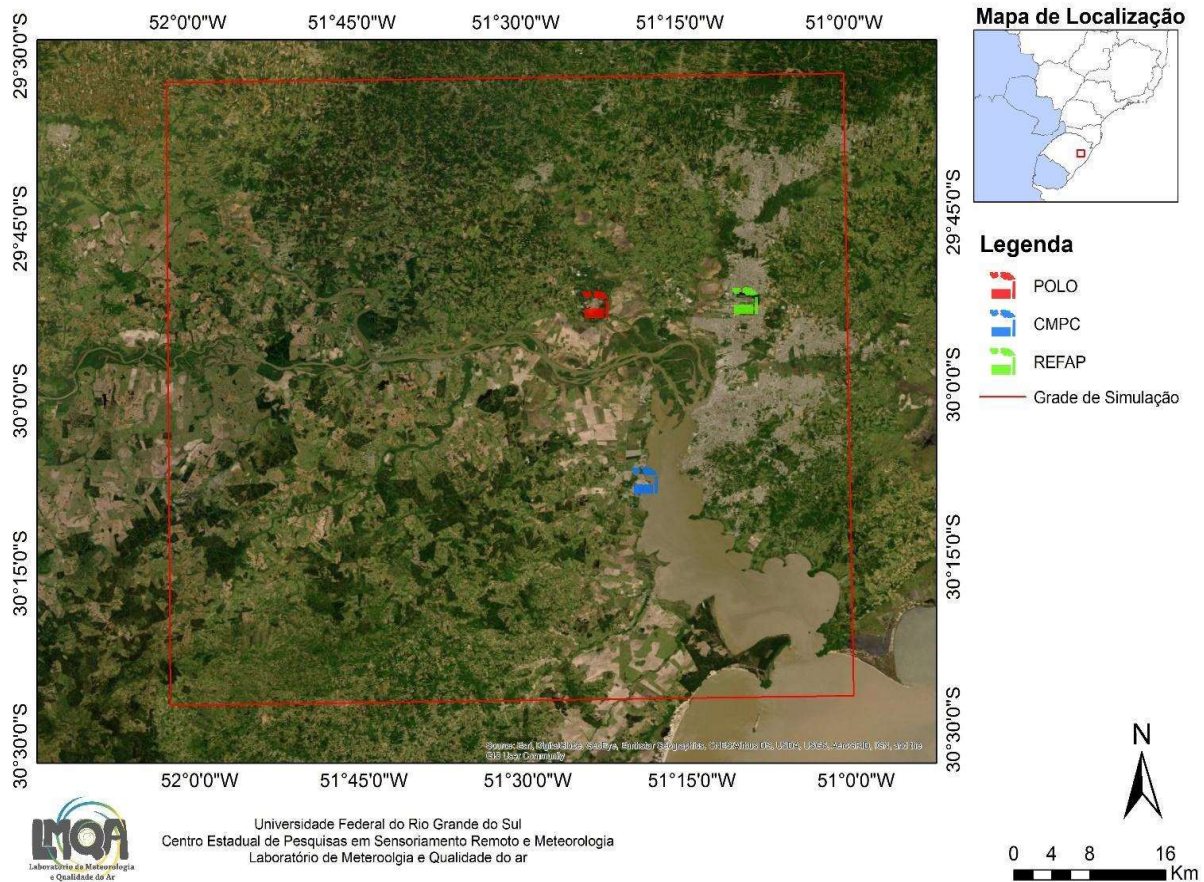


Figura 1: Área considerada no estudo

| RESULTADOS E DISCUSSÃO |

Na figura 2, onde demonstra-se a média horária da concentração de NO_x simulado no ano de 2017, observou-se o deslocamento do poluente sobre a RMPA. Constatou-se que o modelo representou a dispersão do poluente em todas as direções a partir das fontes de emissão, sendo possível observar o transporte da pluma de concentração em cerca de 45 km da fonte CMPC em direção ao Sudoeste, e cerca de 40 km a Noroeste da fonte do Polo Petroquímico. Ainda, verificou-se que a pluma simulada esteve presente em quase totalidade da área urbana da RMPA, com a presença de altas concentrações do poluente, de até 260 µg/m³, próximo às fontes de emissões. Esta condição demonstra que a presença de empreendimentos poluidores em regiões urbanas com alta densidade populacional pode prejudicar consideravelmente a saúde respiratória das pessoas e afetar o meio ambiente.

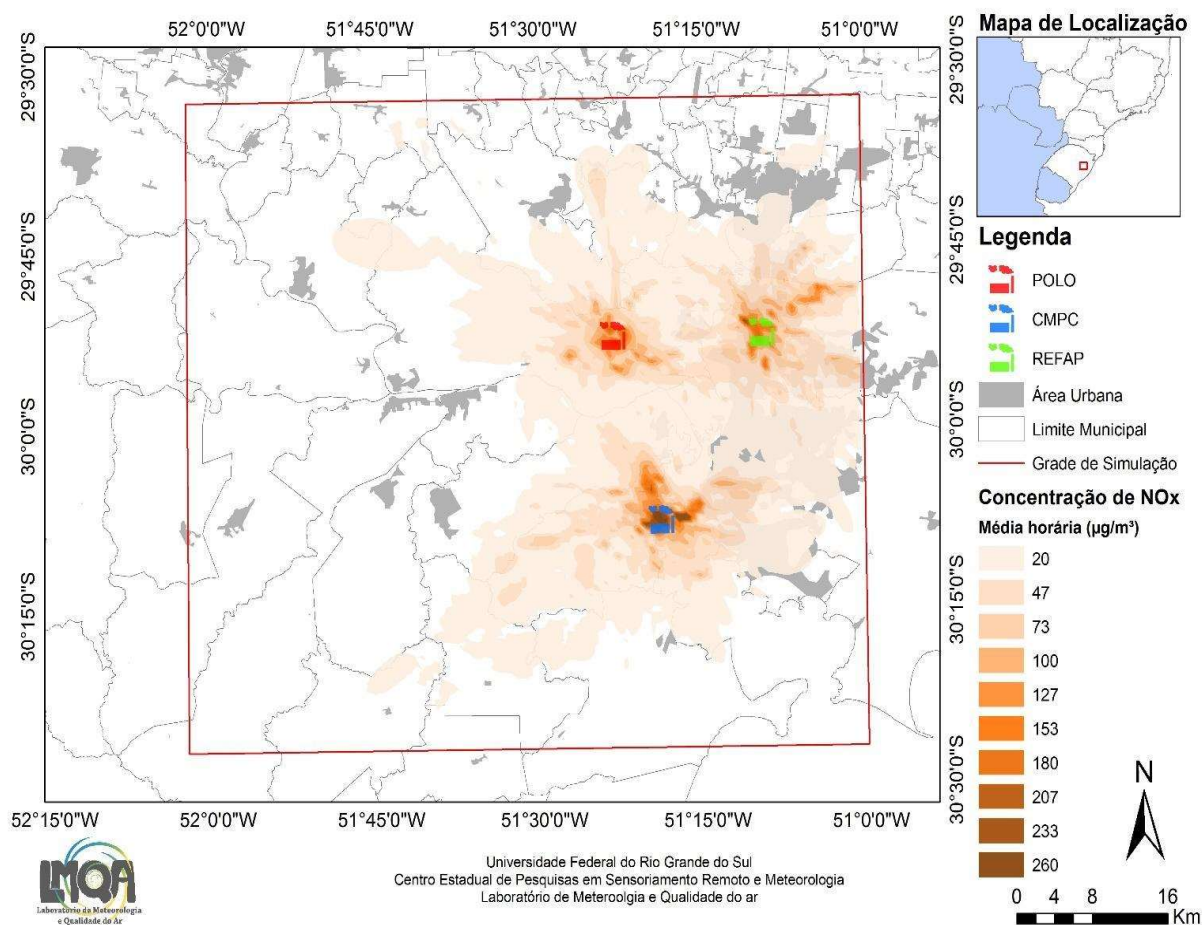


Figura 2: Isolinhas de concentração de NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), máximo de 1h para o ano de 2017

Avaliando somente as 13 horas do dia 1º de agosto de 2017, em que foi simulado o valor máximo de concentração de NOx horário, verificou-se concentrações de $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ próximas a fonte CMPC (figura 3). Neste período, verificou-se, a partir da figura 4a e 4b, que os ventos simulados apresentaram sentido de Noroeste, devido a atuação de um sistema de alta pressão sobre a região, o que indicava que a pluma deveria demonstrar um deslocamento para o sudeste em relação à fonte emissora CMPC. Esta condição foi observada possivelmente devido a influência do fenômeno de brisa formado no Lago Guaíba e a proximidade com a fonte emissora. O fenômeno de brisa ocorre devido a diferença na capacidade calorífica entre duas superfícies com propriedades físicas distintas, no caso a água e a terra. Este fenômeno acaba ocasionando circulações locais cíclicas durante o dia. No caso das 13 horas do dia 1º de agosto, pode ter ocorrido anulação de escoamentos de ventos em direções opostas, o que acabou simulando o NOx em altas concentrações próximas à fonte emissora.

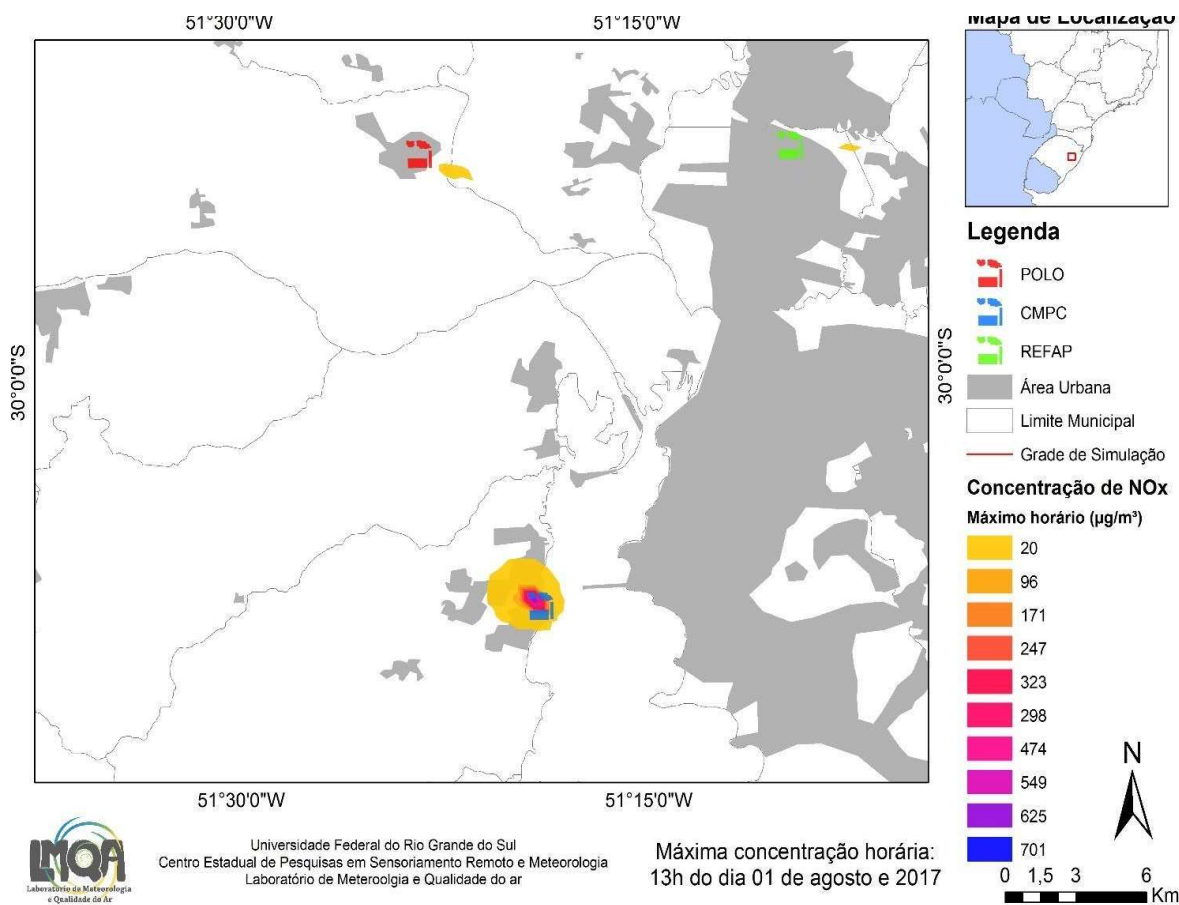


Figura 3: Isolinas de concentração de NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), máximo de 1h para o dia 01/08/2017, no horário das 13h, dia e hora de maior concentração para este poluente

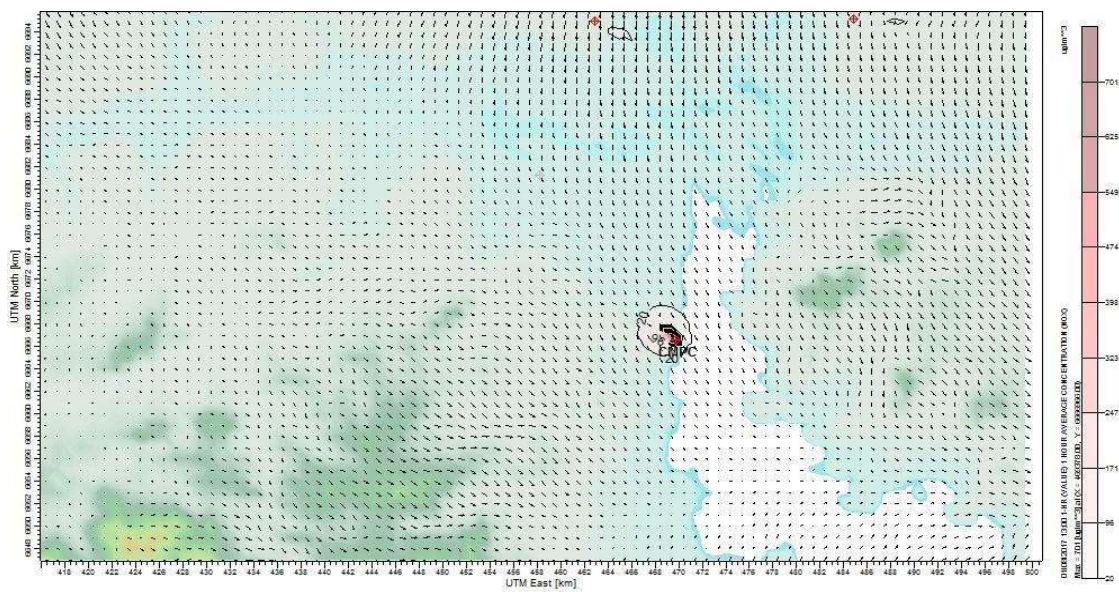


Figura 4a: Campo de vento e isolinas de concentração NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), horário das 13 horas do dia 01/08/2017, no campo horizontal

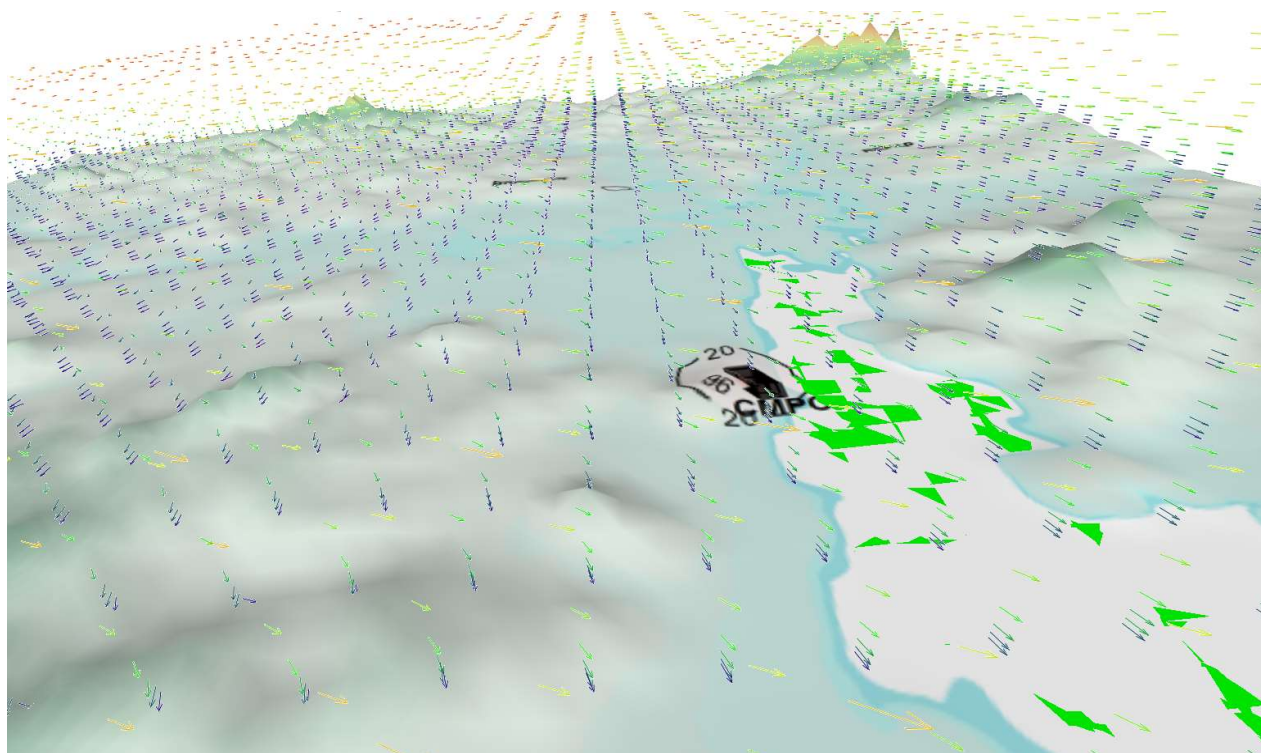


Figura 4b: Campo de vento e isolinhas de concentração NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), horário das 13 horas do dia 01/08/2017, no campo de vento tridimensional



Figura 5: Imagem do Google Earth, zoom na ilustração das isolinhas de concentração de NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), máximo de 1h para o dia 01/08/2017, no horário das 13h, dia e hora de maior concentração para este poluente

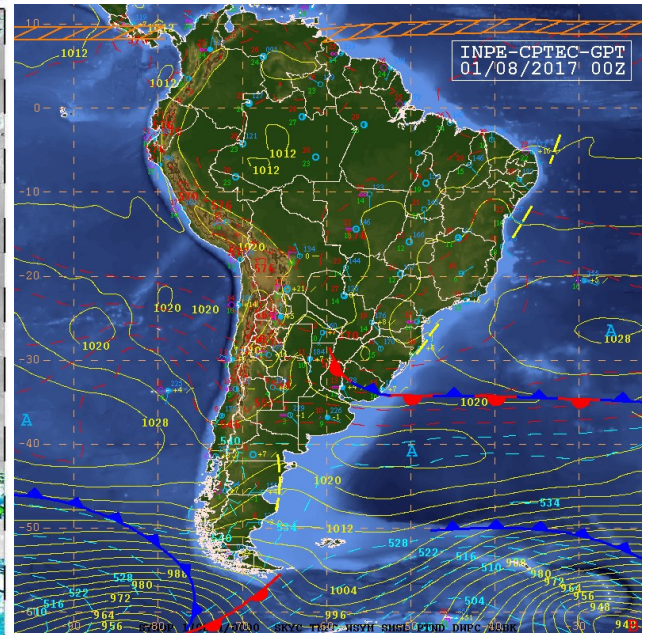
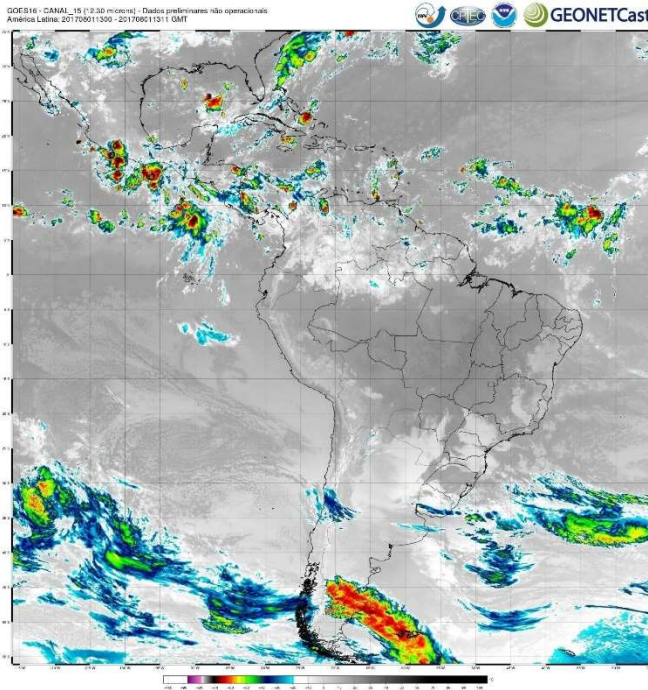


Figura 6a

Figura 6b

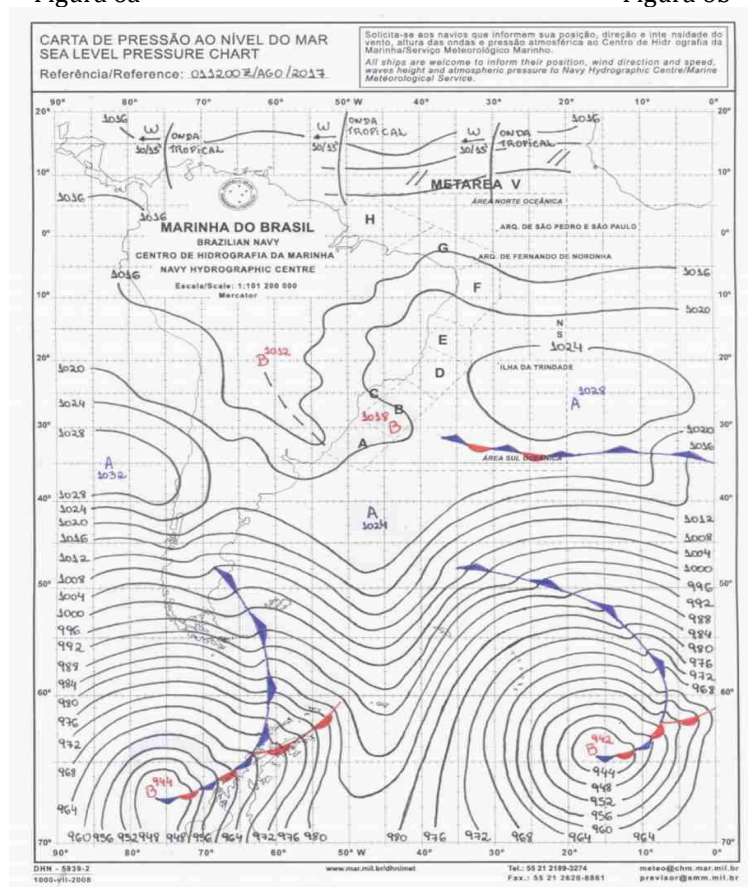


Figura 6c

Figuras 6a, 6b e 6c: Imagem de satélite para o horário das 13h do dia 01/08/2017



Ao realizar uma análise sobre poluentes atmosféricos, é necessário que se leve em consideração os padrões nacionais de qualidade do ar para que seja feita uma comparação geral de dados a fim de apresentar uma ideia da realidade. A resolução em vigência atual prevê, por sua vez, valores de diferentes categorias, sendo essas: PI (padrões de qualidade do ar intermediários), que correspondem a padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas; e PF (padrões de qualidade do ar final), os quais são valores guia definidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005 e podem ser visualizados na Tabela 1, na sequência.

Tabela 1 - Valores de concentração de poluentes da resolução CONAMA número 491/2018.

Poluente Atmosférico	Período de Referência	PI-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PF $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Nitrogênio - NO_2	1 hora ²	260	240	220	200
	Anual ¹	60	50	45	40

Para a simulação efetuada, com os valores fictícios da ordem de 100 g/s considerados, pode-se auferir que, quando comparado aos previstos na legislação, o NO_x supera em 3,5 vezes o padrão final, para o período de referência 1h, uma vez que o máximo observado foi de aproximadamente $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do poluente, às 13 horas do dia 01/08/2017. Já para o período de referência anual, o composto chega a superar em 6,5 vezes o padrão final, tendo sua máxima atingindo o valor aproximado de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$, também no dia primeiro de agosto daquele ano.

Por fim, é interessante compreender esses resultados obtidos com a rotina da população local. Entender como isso pode influenciar na saúde das pessoas e do meio ambiente. Assimilar, também, que as normas foram desenvolvidas mediante grande estudo e o quão importante é segui-las para preservação e cuidado da comunidade como um todo.

| CONSIDERAÇÕES FINAIS |

Através do estudo, buscou-se alavancar a pesquisa, ensino e extensão na área de dispersão de poluentes. Foi avaliado o possível impacto ambiental considerando três fontes fixas localizadas na RMPA, considerando uma emissão fictícia, visto a não disponibilidade ou dificuldade em obter dados exatos de emissão. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência das condições atmosféricas na pluma de contaminantes e ter um conhecimento do possível impacto relacionado a essas emissões contínuas para o período de 24h, durante todo ano de 2017. Como resultado, as três fontes



influenciam na qualidade do ar, de maneira distintas, sendo a fonte da CMPC, a que resultou em maiores concentrações de poluentes na área urbana de Guaíba-RS, o que pode estar relacionado a efeitos topográficos, necessitando estudos mais detalhados tanto em relação às emissões quanto às medições de concentrações ao redor do empreendimento.

Estudos desta área devem ser realizados com informações mais consistentes, tais como as emissões das fontes e suas características para resultados precisos, visto que aqui foram somente avaliadas emissões fictícias com objetivo de relacionar as condições atmosféricas à dispersão de poluentes. Um estudo mais abrangente deve ser considerado para dar um retorno mais aproximado das condições ambientais que a população local está exposta, e responder por exemplo, quais os efeitos desta poluição a saúde humana, informações importantes para os órgãos governamentais para reforçar metas e valores reais os quais as empresas e a sociedade devem cumprir para um ambiente saudável e sustentável.

| REFERÊNCIAS |

CONAMA. Resolução 491/2018.

SEINFELD, J. H. PANDIS, S. N.; 2006 Atmospheric chemistry and physics from air pollution to climate change. Wiley and Sons, New York, 2nd ed. 1203p.

OLIVEIRA, G. S.; 1999. O El Niño e você, o fenômeno climático. Transtec Editorial, 115p.

Lakes Environmental. 2020. CALPUFF View. Disponível em: <
<https://www.weblakes.com/products/calpuff/index.html>>. Acesso em: Abril de 2020.

LINDAU, F. G. L.; 2011. Estudo da qualidade do ar na região urbana de Porto Alegre: Variabilidade das Concentrações do Parâmetro Partículas Inaláveis. Trabalho de diplomação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia química.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.; 2005. Introdução a Engenharia Ambiental, 2ª Edição, Pearson Prentice Hall, São Paulo.

Davidson Martins Moreira, Tiziano Tirabassi Marcelo Romero de Moraes; 2008. METEOROLOGIA E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.

YANAGI, Y.; ASSUNÇÃO, V. J.; BARROZO, V. L.; 2012. Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.28, n.9, p.1737-48.

STERN, A.; BOUBEL, R.; TURNER, D.; FOX, D.; 1984. Fundamentals of Air Pollution – Academic Press.

CASTRO, J. G. S.; 1998. Os gases que adoecem ao mundo. Fundação S.O.S Planeta Terra. Artigos.

LEITE, R. C. M. et al.; 2011 Utilização de regressão logística simples na verificação da qualidade do ar atmosférico de Uberlândia. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.1.

BOTKIN, D. B.; LELLER, E. A.; 1998. Environmental Science – Earth As a Living Planet. John Wiley & Sons, New York.