



ANALISE COMPARATIVA DA CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO NO PERÍODO SECO E ÚMIDO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG

JOÃO V. D. SILVA^{1*}, LUCAS M. P. CRUVINEL², ISAAC F. SILVA³, EUCLIDES A. P. LIMA³

¹Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária

²Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Ambiental

³Universidade de Uberaba, Faculdade de Engenharia Química

*e-mail: joaovictornp10@hotmail.com

RESUMO - O ozônio troposférico se apresenta como sendo em verdade um gás traço que contribui de forma significativa para o efeito estufa, além de ser extremamente prejudicial à saúde humana, ao meio ambiente. A mensuração das concentrações de Ozônio (O₃) permite a realização da estimativa das concentrações de seus precursores e vice-versa, e não apenas isto, possibilita ainda a determinação das fontes emissoras. O presente trabalho tem como objetivo a realização de um comparativo acerca das concentrações de O₃ na cidade de Uberlândia entre o período seco (abril a setembro) e o período úmido (outubro a março) de 2021, buscando identificar se de fato, a concentração de O₃ no período seco se mostrou superior a concentração no período úmido com o uso da análise de comparação de médias *T-Student*. Com os testes analíticos desenvolvidos foi possível verificar que apesar de algumas eventualidades do ano, o período seco apresentou uma concentração de O₃ maior do que a do período úmido.

INTRODUÇÃO

Conforme proposto por Jacob et al. (1996, p. 235), o ozônio presente na troposfera tropical é cabido de um papel fundamental na estipulação da capacidade oxidante global da atmosfera. O ozônio estratosférico é responsável também por proteger a superfície da terra, bem como, toda a vida nela presente, da radiação ultravioleta do sol. O ozônio troposférico por sua vez se difere em sua característica e função, este se apresenta como sendo em verdade um gás traço que contribui de forma significativa para o efeito estufa, além de ser extremamente prejudicial à saúde humana, ao meio ambiente, à agricultura e diversos materiais (REID; YAP; BLOXAM, 2008; ORLANDO et al., 2010).

A composição atmosférica varia de forma ativa e constante, em especial a parcela de gases traço, as quais em função das atividades humanas tendem a oscilar de forma muito mais acentuada. A concentração de O₃ não se difere

deste padrão, como este sendo um gás traço, tem sua concentração variando de forma constante. Este é por sua vez um gás volátil, bem como retratado por Seinfeld e Pandis (1998), segundo os autores, o O₃ troposférico é gerado na atmosfera em função das condições apropriadas, sendo estas: intensa radiação solar, altas temperaturas, baixa umidade relativa, ventos fracos e existência dos precursores - óxidos de nitrogênio (NO_x = NO + NO₂) e compostos orgânicos voláteis (COV's).

A mensuração das concentrações de O₃ permite a realização da estimativa das concentrações de seus precursores e vice-versa, e não apenas isto, possibilita ainda a determinação das fontes emissoras. Deste modo, torna possível a elaboração de um planejamento além da proposição de medidas e ações de controle, tanto dos precursores do O₃ quanto para o próprio, algo que ganha significativa importância quando se tem como objetivo promover a garantia de uma boa qualidade do ar.

Existem padrões estipulados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que estipulam parâmetros de concentração adequadas para a garantia da qualidade do ar em território nacional. Para o O_3 , é recomendado a realização de amostragens durante um período de 24 horas e realizando a seleção das oito horas de maior concentração para análise do gás, com valores definidos de máxima média móvel diária. Os valores recomendados serão definidos por estado em diferentes estágios, de acordo com seus planos para qualidade do ar e emissões atmosféricas, com um limite máximo estabelecido de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - Padrão Intermediário I (CONAMA, 2018).

A formação de O_3 ocorre em função das condições meteorológicas da região, de forma que as características de clima, altitude e composição de precursores impacta de forma direta na concentração de O_3 na atmosfera. Assim sendo, conforme Carbone (2008), fatores como a própria mudança das estações impactam de forma direta na formação destes compostos e consequentemente influenciam fortemente na qualidade do ar. Identificar como os fatores meteorológicos interferem nas concentrações dos compostos na atmosfera, em especial na formação de gases traços como O_3 é fundamental, pois possibilita a estipulação de medidas preventivas que se moldam com base nas características climáticas mais recorrentes para o período (DUARTE et al., 2021).

A região de Minas Gerais se encontra em uma localidade de clima predominantemente tropical de altitude, o qual conta com estações bem definidas, que tem de forma bem estabelecida um período de menor pluviosidade (seco) que tende a se estender de abril até setembro, e um período de maior pluviosidade (úmido), que vai de outubro até março (REBOITA et al., 2015).

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo a realização de um comparativo acerca das concentrações de O_3 na cidade de Uberlândia entre o período seco e o período úmido de 2021, buscando identificar se de fato, a concentração de O_3 no período seco se mostrou superior a concentração no período úmido.

MATERIAIS E MÉTODOS

O equipamento usado para amostragem foi o *Aeroqual Series 200*. As medições foram realizadas na interseção entre as avenidas João Pinheiro e João Naves de Ávila, no centro de Uberlândia - MG. O aparelho era ligado e a unidade era definida para mg/m^3 , para então iniciar a amostragem. A primeira amostra era descartada, pois o equipamento estava a ser zerado. Então, durante uma hora, registravam-se concentrações minuto a minuto, as máximas e o valor da concentração média da amostragem, pelo equipamento. Isto foi feito a cada três dias entre o período das 14 às 16 horas, período mais crítico para a formação de O_3 .



Figura 1: medidor *Aeroqual Series 200*.

Os valores registrados eram colocados em uma planilha eletrônica, convertidos para $\mu\text{g}/\text{m}^3$, então calculava-se a média aritmética diária das concentrações e máximas pontuais. As médias diárias eram separadas de acordo com o mês. O período seco e úmido de 2021 foram comparados por meio de testes de comparação de média com o Teste T de Student, as análises estatísticas foram feitas com auxílio do *software jamovi*, baseado na linguagem de programação R.

RESULTADOS E DICUSSÕES

Os valores registrados ao longo dos meses foram compilados, tendo sido calculados

os valores de média e máxima mensal. A Figura 1 apresenta o gráfico com as concentrações médias e máximas de cada mês ao longo do ano de 2021. O período de abril até setembro representa a época seca enquanto o período de janeiro a fevereiro e outubro até dezembro apresentam o período úmido da região.

Ao analisar os dados derivados das medições é possível notar que o valor de média mais alta registrada no período seco foi de $105\mu\text{g}/\text{m}^3$ enquanto no úmido foi de $105\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $95\mu\text{g}/\text{m}^3$. Com relação ao valor da máxima concentração encontrada nestes períodos é possível notar algo que não seria tão esperado, tendo-se um valor de máxima encontrada de $149\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período seco e $154\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período úmido.

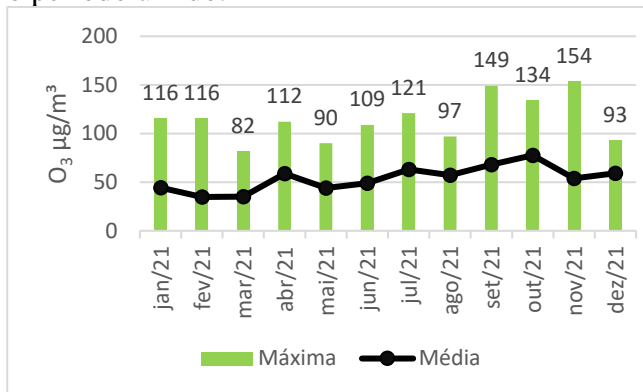


Figura 2: Concentração de O_3 ao longo do ano de 2021.

Este resultado de média pode até ser esperado para este período, mas o valor de maior concentração encontrada se difere um pouco da premissa do período úmido. Este valor porém, ocorreu dentro do mês de novembro, e pode estar associado a dois eventos que propiciaram a ocorrência deste resultado, sendo a possibilidade da ocorrência de uma eventualidade climática que de fato propiciou uma maior formação de O_3 neste período, juntamente com o fato deste mês faz parte do período de transição do período seco para o úmido, o que ainda conta com uma umidade não tão elevada juntamente com uma alta incidência solar na região.

Conforme é possível identificar no gráfico proposto, há uma diferença pouco visível entre as concentrações destes períodos, além da própria disparidade dos valores de máxima encontrados, por este motivo seria necessário o desenvolvimento de um teste de comparação de médias afim de atestar a

veracidade da hipótese de que o período seco de fato apresenta uma concentração de O_3 maior do que a do período úmido. A Tabela 1 dispõe o resultado do Teste-T realizado com as amostras afim de verificar a hipótese proposta.

Tabela 1: Teste-T aplicado às amostras.

		Statistic	gl	p
Média Diária	T- Student	2,06	118	0,021
Máxima Diária	T- Student	2,61	118	0,005

Note. $H_a \mu \text{Seco} > \mu \text{Úmido}$

Na tabela temos gl representando o grau de liberdade das amostras, que para ambas é de 118. Já a indicação de P representa a probabilidade de erro associado a hipótese proposta, que quando multiplicado por 100 representa a probabilidade percentual de erro associado a hipótese proposta, neste caso, de que o período seco detém maiores concentrações de O_3 do que o período chuvoso.

A realização do teste apresentou uma perspectiva mais favorável para a validação da hipótese proposta. Assim, ao avaliar o coeficiente p, é possível assumir que existe uma probabilidade de 2,1% e de 0,05% de haver algum erro ao se afirmar que a concentração de O_3 no período seco é maior que a do período chuvoso nos valores de média e máxima diária respectivamente.

Este resultado está em conformidade com o esperado para a variação existente nestes períodos, e por mais que a maior máxima do ano tenha se encontrado durante o período úmido, o mesmo não impactou de forma significativa nas concentrações gerais do ano, indicando que de fato se tratou apenas de ser uma eventualidade extraordinária do período avaliado.

A CONAMA 491/2018 estabelece o valor de $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 como sendo o padrão de qualidade PI-1. Desta forma é possível identificar, que mesmo pontualmente, os valores de O_3 durante o período de setembro e novembro acabou ultrapassando este número, o que é um indicador preocupante, tendo em vista que este é o indicador mais flexível proposto pela legislação.

CONCLUSÃO

Com o a análise dos dados obtidos ao longo do ano de 2021 é possível aferir de forma estatística que de fato o período seco apresentou maior concentração de O₃ quando se comparado ao período úmido do mesmo ano. O que de fato remete ao comportamento padrão esperado para a concentração de O₃ na atmosfera neste período.

Ao avaliar este período em comparação com o estabelecido pela legislação é possível notar que ao longo do ano as concentrações de O₃ acabaram por superar o padrão de qualidade estabelecido pela CONAMA 491/2018. Desta forma se torna necessário uma melhor avaliação do planejamento da cidade antes as medidas propostas para a promoção da qualidade do ar, ainda mais quando se leva em consideração o padrão PI-1 se mostra como sendo o mais flexível ante a concentração de O₃ previsto pela legislação.

REFERÊNCIAS

- CARBONE, Samara. **Modelagem de ozônio troposférico em regiões urbanas - aperfeiçoamento do módulo químico no modelo CIT**. 2008. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/D.14.2008.tde-20102008-082940.
- BARROS, H. C. (2015), Processo de Secagem de Morinda citrifolia L. em Secador de Radiação com Lâmpadas Refletoras, Utilizando Planejamento Composto Central Rotacional. PPGEQ/UFPA - Belém - PA, 136p. (dissertação de mestrado).
- CONAMA. **Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. [S. l.], 21 nov. 2018. n. 223, Seção 01, p. 155-156.
- DUARTE, Renata Lopes; HENRIQUE, César; ROCHA, Barra. **Os efeitos do isolamento social e da pandemia de COVID-19 na qualidade do ar ao redor do mundo**. In: Congresso Latino-americano de Desenvolvimento Sustentável. 2021. Disponível em: <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/8887/form4475251910.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- JACOB, D. J; Heikes, E. G; Fan, S. M; Logan J. A; Mauzerall, D. L; Bradshaw, J. D; Singh, H. B; Gregory, G. L; Talbot, R. W; Blake, D. R; Sachse, G. W. **Origin of ozone and NO_x in the tropical troposphere: a photochemical analysis of aircraft observations over the south atlantic basin**. Journal Of Geophysical Research: Atmospheres, [S.L.], v. 101, n. 19, p. 24235-24250, 1 out. 1996. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/96jd00336>.
- LIAN, Xinbo et al. Impact of city lockdown on the air quality of COVID-19-hit of Wuhan city. Science of the Total Environment, v. 742, p. 140556, 10 nov. 2020.
- ORLANDO, João Paulo; ALVIM, Débora Souza; YAMAZAKI, Amélia; CORRÊA, Sergio Machado; GATTI, Luciana Vanni. **Ozone precursors for the São Paulo Metropolitan Area**. Science Of The Total Environment, [S.L.], v. 408, n. 7, p. 1612-1620, mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.060>.
- REBOITA, Michelle Simões; RODRIGUES, Marcelo; SILVA, Luiz Felipe; ALVES, Maria Amélia. ASPECTOS CLIMÁTICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CLIMATE ASPECTS IN MINAS GERAIS STATE). Revista Brasileira de Climatologia, [S.L.], v. 17, p. 1-17, 31 dez. 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>.
- REID, N.; YAP, D.; BLOXAM, R.. The potential role of background ozone on current and emerging air issues: an overview. Air Quality, Atmosphere & Health, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 19-29, 22 maio 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11869-008-0005-z>.