



## **Monitoramento Atmosférico de NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub> obtidos pela estação de monitoramento automática da qualidade do ar da Universidade Feevale**

**Alessa Maria Ceratti <sup>1</sup>, Darlan Daniel Alves <sup>2</sup>, Roberta Plangg Riegel <sup>3</sup>, Daniela Müller de Quevedo <sup>4</sup>, Daniela Montanari Migliavacca Osório <sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Feevale (alessaceratti@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Feevale (darlandaniel@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Feevale (roplangg@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Feevale (danielamq@feevale.br)

<sup>5</sup> Universidade Feevale (danielaosorio@feevale.br)

### **Resumo**

A poluição do ar é causada por várias fontes, porém cabe citar as principais dentre elas: queima de combustíveis fósseis, indústrias de transformação e atividades agrossilvipastoris. Os poluentes atmosféricos afetam diretamente a saúde da população, além de causar a degradação da qualidade do ar. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar os dados de qualidade do ar de NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub> obtidos na Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar da Universidade FEEVALE (EAMQA), e comparar com a legislação ambiental aplicável (CONAMA 003/1990). A EAMQA da Universidade Feevale monitora continuamente os gases NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub> apresentando médias horárias, para o período de agosto a dezembro de 2016, que facilitam a divulgação e interpretação dos dados gerados. O presente trabalho comparou as concentrações de NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>, com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela resolução CONAMA 03 de 1990, onde foi possível constatar que a concentração de O<sub>3</sub> varia de acordo com a variação da concentração de NO<sub>2</sub> e CO obtendo-se 34 ultrapassagens do padrão para o O<sub>3</sub>. Já para NO<sub>2</sub> e CO não houve ultrapassagem dos padrões de qualidade do ar nos meses estudados.

Palavras-chave: Poluição Atmosférica, Padrão de Qualidade do Ar, Ozônio

Área Temática: Química Ambiental

## **Atmospheric monitoring of NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> obtained by the automatic air quality monitoring station of the Feevale University**

### **Abstract**

*Air pollution is caused by several sources, but the main ones include: burning of fossil fuels, processing industries and agroforestry activities. Air pollutants directly affect the health of the population, as well as causing degradation of air quality. Thus, the objective of this work is to analyze the air quality data of NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> obtained at the Automatic Air Quality Monitoring Station of the FEEVALE University (EAMQA), and compare it with the applicable environmental legislation (CONAMA 003/1990) . The automatic air monitoring station of the Feevale University continuously monitors the NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> gases presenting hourly averages for the period from August to December 2016, which facilitate the dissemination and interpretation of the generated data. The present work compared the NO<sub>2</sub>, CO and O<sub>3</sub> concentrations with the air quality standards established by CONAMA 003/1990 Resolution,*



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

*where it was possible to verify that the concentration of O<sub>3</sub> varies according to the variation of NO<sub>2</sub> and CO concentration obtaining 34 surpasses the standard for O<sub>3</sub>. As for NO<sub>2</sub> and CO, there were no exceedances of air quality standards in the months studied.*

**Key words:** Air Pollution, Air Quality Standard, Ozone

**Theme Area:** Public Environmental Management

### 1 Introdução

A poluição do ar pode ser definida como a alteração qualitativa ou quantitativa da sua composição, resultando em danos reais ou potenciais pela emissão de gases poluentes, vindos em grande parte, da queima de combustíveis fósseis, atividades agrossilvipastoris e pelas indústrias de transformação que agridem os ciclos do nitrogênio, oxigênio e do carbono, elementos essenciais para o desenvolvimento da vida na Terra, ocasionando mudanças climáticas que prejudicam a vegetação terrestre e aquática, bem como a saúde dos seres humanos (JR PHILIPPI, 2004 & BRAGA, et al, 2005).

Portanto, considera-se poluente atmosférico qualquer substância com concentração que possa tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde e ao meio ambiente. Estes poluentes liberados para a atmosfera sofrem um processo de dispersão, que depende principalmente da velocidade e direção dos ventos, do gradiente vertical de temperatura, da intensidade dos raios solares e do regime de chuvas, este último dando origem a chuva ácida (JR PHILIPPI, 2004). Assim sendo, os fatores meteorológicos são responsáveis pelo transporte de poluentes a grandes distâncias, a partir de suas fontes de emissão; situação oposta pode ser verificada em períodos de ausência de ventos, nos quais, ocorre o agravamento da concentração de poluentes em regiões próximas a fonte emissora (GOMES, 2010). Outros fatores importantes que devem ser levados em conta, é o clima, a topografia, a densidade populacional e os tipos de atividades industriais local (BRAGA, et al, 2005)

O monitoramento da qualidade do ar tem como objetivo avaliar as tendências e mudanças na qualidade do ar, fornecendo dados para ativar ações de emergência quando o nível de poluição representar risco à saúde pública. Visando proteger a saúde humana e o meio ambiente da poluição atmosférica, em 1976 foi criada a Portaria 231 do Ministério do Interior com o intuito de disciplinar a emissão de poluentes no ar, dando posteriormente origem a Lei nº 6.938 de 1981 do poder Público Estadual disposto sobre a política nacional de meio ambiente até a promulgação da Constituição Federal em 1988. Atualmente, a resolução 03 de 1990 do CONAMA define os padrões de emissão de poluentes atmosféricos previstos no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR (FRONDIZI, 2008).

A resolução CONAMA 03 de 1990, classifica os poluentes atmosféricos de acordo com a sua origem, sendo denominado de poluente primário os poluentes emitidos diretamente pela fonte emissora e os poluentes secundários os que são formados na atmosfera por reações químicas ou fotoquímicas dos poluentes primários. Além da classificação, também é definida nesta resolução os princípios de análise adequada para a determinação quantitativa de cada poluente e a concentração máxima permitida de cada poluente na atmosfera.

A estação automática de monitoramento da qualidade do ar tem a capacidade de monitorar continuamente os gases poluentes CO (monóxido de carbono), NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio) e O<sub>3</sub> (ozônio) por meio de princípios eletro-ópticos nos quais atendem aos métodos de análise determinados na resolução CONAMA 03 de 1990. A coleta da amostra em um monitor automático ocorre pela entrada de ar em uma câmara de reação onde a propriedade ótica do gás pode ser medida diretamente ou por meio de uma reação química



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

produzindo quimiluminescência ou luz fluorescente (LAVACA, 2003). Os monitores automáticos têm como vantagem a cobertura temporal mais ampla e precisa, proporcionando maior número de dados, dispensando o manuseio de amostras (FRONDIZI, 2008).

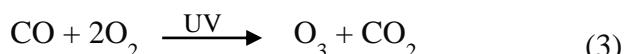
O monóxido de carbono é um poluente primário, se forma a partir da queima incompleta de combustíveis fósseis ou por meio de compostos orgânicos em virtude da atividade humana, ou ainda, por fenômenos naturais tais como atividades vulcânicas. O monóxido de carbono formado reage facilmente com o oxigênio presente no ar formando dióxido de carbono, poluente secundário, principal responsável pelo efeito estufa (GOMES, 2010).

Os óxidos de nitrogênio também são formados pela reação de combustão, sendo encontrados em grandes concentrações em regiões com intensa circulação de veículos. Sob luz solar, o NO é transformado em NO<sub>2</sub>, um dos gases responsáveis pela formação do gás ozônio por meio de uma reação fotoquímica (MELO, et al., 2016).

O ozônio é um poluente secundário, ou seja, é apenas formado a partir de reações químicas de outros poluentes atmosféricos como o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio, conforme apresenta as equações de reação (1), (2) e (3). O ozônio é encontrado naturalmente na estratosfera, porém é altamente oxidante na troposfera dando origem ao fenômeno Smog fotoquímico (MMA, 2017 & GOMES, 2010). O Smog fotoquímico é um fenômeno típico de cidades ensolaradas, quentes, de clima seco, que pode proporcionar picos de poluição em dias quentes com muito sol por meio da emissão de poluentes emitidos pelo escapamento dos veículos que liberam um coquetel de poluentes para a atmosfera, o Smog pode ser reconhecido pela cor marrom avermelhada que se forma na atmosfera (BRAGA, et al., 2005).



Fonte: GOMES, 2010.



Fonte: WMO, 2017

Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar os dados de qualidade do ar proveniente da Estação Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar da Universidade FEEVALE (EAMQA), instalada em agosto de 2016 no Campus II, identificado se os parâmetros monitorados atendem aos padrões de qualidade do ar da resolução CONAMA 003/1990. A estação monitora continuamente os parâmetros de NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> e CO, apresentando médias horárias que facilitam a divulgação e interpretação dos dados gerados, fator fundamental, já que a quantidade de emissão de poluentes cresce exponencialmente por meio da industrialização e pelo aumento do número de veículos automotores no planeta, que agravam a qualidade do ar em razão de ser considerada limitada a capacidade de regeneração da atmosfera, ocasionando a acumulação destes poluentes tornando o ar cada vez mais impróprio (GOMES, 2010).

## 2 Metodologia

A EAMQA foi instalada no município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, no Campus II da Universidade Feevale (29°40'12.46"S e 51°7'15.95"O), conforme mostra a Figura 1. Para a sua instalação foram seguidas as recomendações da EPA - EPA-454/R-98-004 (EPA, 1998), como por exemplo ausência de obstáculos (prédios, árvores e plantas diversas) para obter uma amostra representativa do ar circundante, evitando assim possíveis

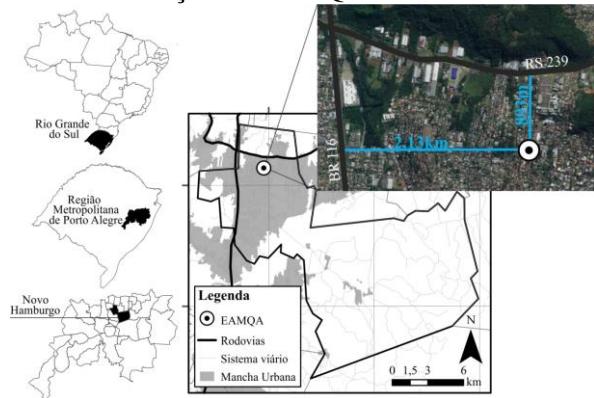


## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

interferências (FRONDIZI, 2008). Os dados da EAMQA da Universidade Feevale foram coletados mensalmente, de agosto a dezembro de 2016.

Figura 1 – Localização da EAMQA da Universidade Feevale



Fonte: Os Autores, 2017.

O analisador utilizado para o monitoramento continuo dos poluentes é da marca Environnement S.A.: Micro Estação de Monitoramento – MMS. A concentração dos poluentes é determinada na EAMQA por um detector de luz que produz um sinal elétrico proporcional a concentração, para cada poluente é utilizado um princípio eletro-óptico diferente. Para o CO a detecção é feita por um filtro de correlação em infravermelho baseado na absorção da radiação IV (4,50 a 4,90  $\mu\text{m}$ ). O método para o NO<sub>x</sub> é baseado na energia quimiluminescente emitida na reação do NO com o O<sub>3</sub> em uma câmara de vácuo, gerando moléculas de NO<sub>2</sub> em estado excitado que liberam energia radiante ao voltar para o seu estado fundamental. E a fotometria UV que se baseia na lei de Beer-Lambert, é empregada para analisar O<sub>3</sub> em um comprimento de onda 254 nm, sua medição se dá em dois ciclos, no primeiro ciclo, sem ozônio, a amostra de ar passa por um filtro para remove-lo para apenas ser medida a energia do sinal UV, utilizando-o assim como um branco para então seguir para o segundo ciclo com ozônio, onde será determinada a sua concentração pela diferença entre os dois valores (LAVACA, 2003 & GOMES, 2010).

Como a estação gera dados a cada 15 minutos, foi necessário transformar os valores para hora, a fim de permitir a comparação com a resolução do CONAMA 03/1990, no qual estabelece padrões para o CO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>. Assim, realizou-se a média horária, com o intuito de obter um valor passível de comparação com a resolução do CONAMA para CO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>. Os procedimentos foram realizados para todo período analisado, de agosto a dezembro, totalizando “150 dias”. Em seguite, também foram realizadas médias horárias mensais e média geral do período analisado que foi denominado média horária Ago – Dez. Por fim, houve a construção do gráfico dos dados mensais, possibilitando a comparação com a média horária Ago - Dez, além da análise dos parâmetros com os valores padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 03 de 1990.

De acordo com a resolução 03 de 1990 do CONAMA, os padrões primários dizem respeito as concentrações de poluentes que, se ultrapassados, poderão afetar a saúde da população. Já os padrões secundários se referem as concentrações de poluentes abaixo das quais se presume o menor efeito adverso à população, à fauna, à flora e aos materiais e meio ambiente.

Para o estudo foi considerado o padrão secundário, pois de acordo com o Código Estadual de Meio Ambiente, Lei Estadual n° 11.520/2000 (RIO GRANDE DO SUL, 2000) no seu artigo 153 – inciso II “*não ocasionem concentrações, ao nível do solo, superiores aos padrões secundários de qualidade do ar....*”, concentrações que se ultrapassadas poderão



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

afetar o bem-estar da população, ocasionar dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

### 3 Resultados e Discussão

Os padrões de monitoramento atmosférico incluem uma média anual e valores de médias horárias ou diárias, estabelecendo assim as máximas concentrações (pior dia) para monitoramento contínuo, como o tempo amostral ocorreu apenas de agosto a dezembro, um período de cinco meses, não foi possível determinar uma média anual, porém é possível determinar uma média geral de cada poluente para estes meses e determinar o pior dia durante este período comparando-os com os padrões estabelecidos pelo CONAMA 03 de 1990.

As médias horárias mensais de cada um dos poluentes, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>, obtidas durante os meses de agosto a dezembro, e a média horária geral (Média Ago-Dez) para o mesmo período, estão expressas na Tabela 2, juntamente com os seus respectivos desvios padrão (DP). Salienta-se que no mês de dezembro o EAMQA não gerou dados para o CO, deixando uma lacuna nos resultados.

Tabela 2- Média dos valores horários mensais comparados com a média horária Ago-Dez/2016

Poluente	Estatística	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média (Ago-Dez)
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Média	21,34	11,31	9,90	10,09	7,55	12,04
	DP	6,63	6,69	5,77	5,54	4,77	5,37
CO (ppm)	Média	0,82	0,27	0,34	0,30	n.a	0,35
	DP	0,61	0,19	0,25	0,11	n.a	0,30
O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Média	40,81	58,14	50,38	57,00	55,43	52,35
	DP	14,70	10,97	10,58	13,40	11,60	7,10

Legenda: n.a – não amostrado

Fonte: Os Autores, 2017.

Observa-se que as médias horárias mensais de NO<sub>2</sub> variaram de 7,55 a 21,34  $\mu\text{g.m}^{-3}$ , enquanto que as médias de CO e O<sub>3</sub>, foram entre 0,27 a 0,82 ppm e 40,81 a 58,14  $\mu\text{g.m}^{-3}$ , respectivamente. As médias gerais dos três poluentes foram 12,04  $\mu\text{g.m}^{-3}$  para o NO<sub>2</sub>, 0,35 ppm para o CO e 52,35  $\mu\text{g.m}^{-3}$  para o O<sub>3</sub>. Os valores observados para o NO<sub>2</sub> e para o CO não ultrapassaram nenhuma vez o limite por hora estabelecido pelo CONAMA 03 de 1990, que é de 320  $\mu\text{g.m}^{-3}$  para o NO<sub>2</sub> e 40.000  $\mu\text{g.m}^{-3}$  para o CO, equivalente a 35 ppm.

Os piores valores médios diários encontrados durante o período de agosto a dezembro foi de 36  $\mu\text{g.m}^{-3}$  de NO<sub>2</sub> no dia 25 de agosto, 2,50 ppm de CO no dia 22 de agosto e de 90, 01  $\mu\text{g.m}^{-3}$  de O<sub>3</sub> no dia 13 de setembro.

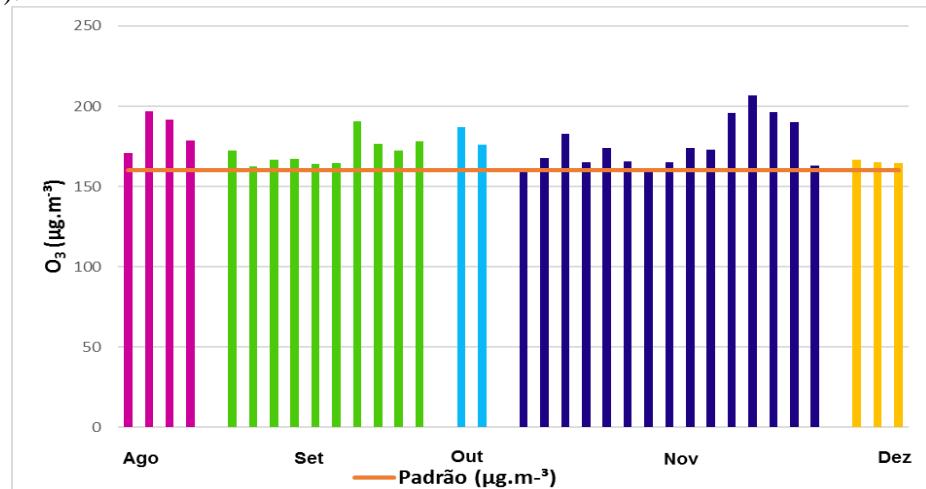
Em relação ao O<sub>3</sub>, ao comparar as médias horárias de cada dia, do período de agosto a dezembro de 2016, com os parâmetros padrão primário e secundários da resolução CONAMA 03 de 1990 (160  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ), obteve-se um total de 34 ultrapassagens do padrão de qualidade, sendo o mês de outubro com o menor número de ultrapassagens horárias (2 no total) e o mês de novembro com 15 ultrapassagens horárias, maior quantidade de ultrapassagens conforme expressos na Figura 2. O intervalo de tempo com maior registro de ultrapassagens foi das 13h às 14h, totalizando 9 leituras acima do padrão, os dois segundos piores intervalos de tempo foi das 12h às 13h e das 15h às 16h, ambos com 7 leituras acima do padrão.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 2 - Comparação das concentrações horárias de O<sub>3</sub> fora dos padrões/hora com o padrão de O<sub>3</sub> (160 µg.m<sup>-3</sup>).

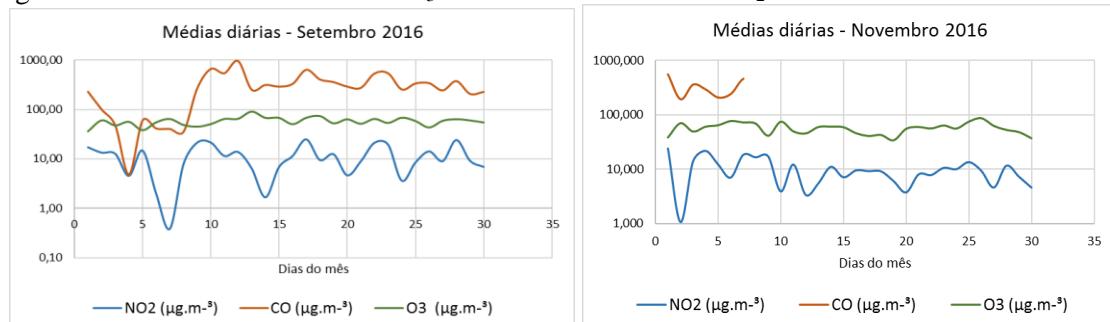


Fonte: Os Autores, 2017.

Tendo em vista que a reação de formação do ozônio na atmosfera é uma reação secundária formada a partir de uma reação entre os poluentes primários NO<sub>2</sub> e CO na presença de radiação UV conforme as reações (1), (2) e (3), entende-se que o ozônio não deve ter sido formado em uma região muito próxima a EAMQA da Universidade Feevale, devido ao número de ultrapassagens, pois o local é considerado uma zona residencial com pouco fluxo de veículos. Segundo Frondizi (2008), um bairro residencial puro ou com pequenos comércios de área grande, de vários quilômetros por vários quilômetros, não há grandes fontes emissoras ou áreas de trânsito intenso que justifique um índice alto de poluição.

Como a poluição atmosférica é um fenômeno transfronteiriço, entende-se que o ozônio tenha sido formado em outra região e trazido pelas massas de ar (vento) até o local a onde se encontra a estação de monitoramento automática do ar. Por meio desta suposição, buscou-se possíveis fontes de formação de ozônio, as quais duas relevantes podem ser inferidas, conforme pode ser observado na Figura 1: i) emissões provenientes da BR 116, localizada a 2,13 Km de distância em linha reta da EAMQA; ii) e a ERS 239 localizada a 873,91m de distância em linha reta da estação. Acredita-se que estas possam ser as fontes formadoras de ozônio pelo motivo do dióxido de nitrogênio e do monóxido de carbono, que são os responsáveis pela formação do ozônio na troposfera, serem produtos da reação de combustão que ocorre na queima do combustível fóssil nos veículos automotores (BRAGA, et al, 2005 & JR PHILIPPI, 2004). A Figura 3 apresenta as médias diárias dos meses de setembro e novembro, apresentando a tendência de formação do ozônio de acordo com os poluentes CO e NO<sub>2</sub> em escala logarítmica de 10.

Figura 3: Gráficos de tendência do O<sub>3</sub> de acordo com o CO e NO<sub>2</sub> nos meses de setembro e novembro



Fonte: Os autores, 2017



Analizando a Figura 3 é possível constatar que a concentração de O<sub>3</sub> varia de acordo com a variação da concentração de NO<sub>2</sub> e CO. No mês de novembro, mesmo não obtendo-se leituras da qualidade do ar para todos os dias para o CO, observa-se que, de acordo com a Figura 3, quando ocorre a diminuição da concentração de NO<sub>2</sub> e CO a concentração de O<sub>3</sub> aumenta. Isto pode indicar uma reação entre os poluentes primários com o oxigênio atmosférico como expressos nas equações de reação 1, 2 e 3, e o contrário é visto quando o analisador registrou um aumento da concentração de CO e NO<sub>2</sub>, havendo uma queda da concentração de O<sub>3</sub>. No mês de setembro percebe-se uma concentração praticamente linear de O<sub>3</sub> sem grandes oscilações, observa-se que no início do mês houve uma oscilação considerável de NO<sub>2</sub> e CO e no decorrer se manteve mais estável, o que justifica a concentração de O<sub>3</sub> não ter variado muito mesmo nos dias em que houve uma queda considerável da concentração dos poluentes primários.

De modo geral, é perceptível que a concentração de CO e NO<sub>2</sub> interferem diretamente na formação do O<sub>3</sub> e que a concentração de O<sub>3</sub> irá depender das condições climáticas do dia para que ocorra as reações fotoquímicas com os poluentes NO<sub>2</sub> e CO, responsáveis pela sua formação.

#### 4 Conclusão

Os resultados apresentados de NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub> gerados na EAMQA foi observado que as médias horárias mensais, entre agosto a dezembro de 2016, atenderam os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução 03 de 1990 do CONAMA, visto que tiveram uma variação de 7,55 a 21,34 µg.m<sup>-3</sup> para NO<sub>2</sub>, 0,27 a 0,82 ppm para o CO e de 40,81 a 58,14 µg.m<sup>-3</sup> para o O<sub>3</sub>. Bem como as médias (Ago-Dez) que foi de 12,04 µg.m<sup>-3</sup> de NO<sub>2</sub>, 0,35 ppm de CO e 52,35 µg.m<sup>-3</sup> de O<sub>3</sub>, não ultrapassando os limites dos padrões de qualidade do ar, que são de 320 µg.m<sup>-3</sup> para NO<sub>2</sub>, 35 ppm para o CO e 160 µg.m<sup>-3</sup> para o O<sub>3</sub>. Já os piores valores médios diários encontrados durante o período de agosto a dezembro foi de 36 µg.m<sup>-3</sup> de NO<sub>2</sub> no dia 25 de agosto, 2,50 ppm de CO no dia 22 de agosto e de 90, 01 µg.m<sup>-3</sup> de O<sub>3</sub> no dia 13 de setembro, onde também atenderam aos padrões estabelecidos. A média horária em alguns dias entre o período de agosto a dezembro de 2016 ultrapassou este limite por 34 vezes, ficando fora do padrão estabelecido pela resolução CONAMA 003/1990 por ter sido excedida mais de uma vez ao ano.

As possíveis fontes de formação do ozônio que estão influenciando a qualidade do ar em torno da EAMQA, são provavelmente oriundas do tráfego veicular intenso nas rodovias BR 116 e ERS 239, que estão localizadas nas proximidades da estação de amostragem, já que os poluentes CO e NO<sub>2</sub> tem como principal fonte emissora a reação de combustão de veículos automotores. Com base no acompanhamento das emissões de CO e NO<sub>2</sub> constatou-se que a formação de O<sub>3</sub> varia de acordo com a quantidade de gases de CO e NO<sub>2</sub> presentes na atmosfera. É perceptível que a concentração de CO e NO<sub>2</sub> interferem diretamente na formação do O<sub>3</sub> e que a concentração de O<sub>3</sub> irá depender das condições climáticas do dia para que ocorra as reações fotoquímicas com os poluentes NO<sub>2</sub> e CO, responsáveis pela sua formação.

#### Referências

- BRAGA, Benedito; HESPAÑHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. L.; MIERZWA, José Carlos; BARROS, Mario T. L.; SPENCER, Milton; PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

**BRASIL. CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA 03 de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 20.set.2017.

EPA. Environmental Protection Agency. **Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, NC 27711 - EPA-454/R-98-004.** August 1998. Disponível em: [https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000QNC4.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C95thru99%5CTxt%5C00000017%5C2000QNC4.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL.](https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000QNC4.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C95thru99%5CTxt%5C00000017%5C2000QNC4.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL.>) Acesso em: 08. Jan. 2018

FRONDIZ, Carlos Alberto. **Monitoramento da qualidade do ar: teoria e prática.** Rio de Janeiro, RJ: E-papers, 2008.

GOMES, João. **Poluição Atmosférica – Um manual Universitário.** 2ª edição. Publindústria, Edições Técnicas, Lda. 2010.

JR PHILIPPI, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de A.; BRUNA, Gilda C. **Curso de Gestão Ambiental.** Barueri, SP: Manole, 2004.

LAVACA, Carlos Ibsen Vianna. **Avaliação da qualidade do ar.** Capítulo 2. UFPR-Universidade Federal do Paraná. 2003. Disponível em: <[http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro\\_TGA-EA-\\_cap\\_2\\_\\_QUAL\\_AR.pdf](http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-_cap_2__QUAL_AR.pdf)>. Acesso em: 20.set.2017.

MELO, J. R.; LIMA, E. P.; GIMENES, M. L. **Estudo computacional das emissões e dispersões atmosféricas do processo Kraft de produção de celulose: avaliação da qualidade do ar.** DOI: 10.1590/S1413-41522016136359. 2016. Disponível em:<[http://www.scielo.br/pdf/esa/2016nahead/1809-4457-esa-S1413\\_41522016136359.pdf](http://www.scielo.br/pdf/esa/2016nahead/1809-4457-esa-S1413_41522016136359.pdf)>. Acesso em: 30.nov.2017.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>>. Acesso em: 29.nov.2017.

RIO GRANDE DO SUL. **Código Estadual de Meio Ambiente.** Lei Estadual nº 11.520/2000. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201611/28093051-codigo-estadual-do-meio-ambiente.pdf>>. Acesso em: 08.jan.2018.

WMO. World Meteorological Organization. **Section 7 Chemical Aspects of Air Pollution.** Disponível em:<<http://slideplayer.com/slide/801497/>>. Acesso em: 30.nov.2017.