

## **QUALIDADE DO AR NO SEMIÁRIDO PARAIBANO: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA.**

Fernanda Siqueira Lima; Ana Cristina Silva Muniz; André Luiz Fiquene de Brito

*Universidade Federal de Campina Grande – fsl\_nanda@hotmail.com*

*Universidade Federal de Campina Grande – cristina.muniz@ufcg.edu.br*

*Universidade Federal de Campina Grande – andre@deq.ufcg.edu.br*

### **RESUMO**

O Brasil é um dos países com maior frota veicular do mundo, chegando a cerca de 85 milhões de carros. O aumento da frota veicular causa a deterioração da qualidade do ar, o comprometimento da saúde e do bem-estar da população, pois os veículos são responsáveis pela geração de monóxido de carbono (CO), um gás que em concentrações elevadas causa danos à saúde. Campina Grande localiza-se no semiárido, sendo a segunda cidade mais populosa do estado da Paraíba, encontra-se também nesse cenário de crescimento automobilístico e é a cidade de estudo da presente pesquisa, que tem como objetivo determinar a qualidade do ar nas principais ruas do centro comercial da cidade, através da quantificação de CO, por meio de um detector de multigases, bem como, avaliar se os resultados estão conforme os padrões de regulamento dos órgãos ambientais. Foram realizadas leituras nos pontos de amostragem, nos meses de dezembro de 2014 e fevereiro e maio de 2015, em seguida os dados foram computados e observados quanto à análise de variância a 95% de confiança e parâmetros de emissão, segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O monitoramento realizado no centro comercial da cidade de Campina Grande apresentou como resultado uma concentração média final de 2,34 ppm de CO para um total de 432 leituras, correspondentes aos meses de dezembro 2014 e fevereiro e maio de 2015. Essa concentração média correspondeu a um Índice de Qualidade do Ar (IQAr) que classificou a qualidade do ar da cidade como BOA.

**Palavras-chave:** Emissão de Gases, Monóxido de Carbono, Campina Grande.

### **INTRODUÇÃO**

Campina Grande está localizada no semiárido Paraibano a 130 km do litoral do Estado, com 96 Km<sup>2</sup> de área urbana e altitude média de 500 metros acima do nível do mar, possuindo temperatura média anual de 22 °C, com máxima de 30 °C e mínima 15 °C nas noites mais frias do ano, com umidade relativa do ar entre 75 a 83%, esses são fatores que contribuíram para que a cidade fosse conhecida pelo seu clima agradável, apesar da baixa arborização urbana devido a flora original ter sido ignorada e devastada com a evolução da urbanização (DANTAS e SOUZA, 2004).

Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), a cidade de Campina Grande é a segunda cidade mais populosa do estado da Paraíba, possuindo cerca de 402.912 habitantes (densidade demográfica de 656,4 hab.km<sup>-2</sup>), voltando a ser destaque no cenário econômico nacional e os investimentos, realizados nos anos de 2013 e 2014, fizeram a cidade se transformar numa das maiores oportunidades de novos negócios e de desenvolvimento do Nordeste.

Campina Grande pelo seu dinamismo comercial e empreendedor é uma cidade de relevância não apenas para o Estado, mas também para a Região Nordeste. Todavia, não devem ser desconsiderados dois prejuízos gerados pelo seu avanço econômico e tecnológico, o aumento da frota veicular e a escassez arbórea da mesma, tendo em vista que, vegetação urbana desempenha funções importantes nas cidades principalmente com relação a fisiologia do ambiente, ao filtro de ruídos e melhora da qualidade de vida do ar, aumentando o teor de oxigênio e de umidade, absorvendo o gás carbônico e amenizando a temperatura (VARGAS, 2007).

Neste contexto, encontra-se a justificativa da pesquisa, tendo em vista a grande importância que técnicas eficientes possam ser aplicadas visando contribuir para avaliação dos impactos ambientais e buscando maneiras de amenizar tais impactos. O presente trabalho visou a determinação da qualidade do ar no Centro comercial de Campina Grande, através da quantificação do monóxido de carbono (CO).

O objetivo deste trabalho é a utilização de um detector multigases, na determinação da qualidade do ar no centro comercial de Campina Grande, usando o CO como indicador. O trabalho também tem como objetivo avaliar se os teores de CO encontrados estão dentro dos padrões de qualidade do ar sugeridos pelos órgãos ambientais.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho foi realizado no Centro Comercial da Cidade de Campina Grande (Latitude: 07° 13' 50" S; Longitude: 35° 52' 52" W e Altitude: 551 m) Paraíba (IBGE,2015), com o apoio logístico e de infraestrutura do Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), no Campus sede da Universidade Federal de Campina Grande. Na Figura 1 mostra o mapa da região em estudo.

**Figura 1** – Mapa central da cidade de Campina Grande, PB.  
Fonte: <https://www.google.de/maps> (2014)



Os pontos de monitoramento dos teores de CO foram distribuídos nos Setores A, B, C e D. O Setor A tem dois pontos de amostragens, pois compreende a área entorno da Praça da Bandeira e da Praça Clementino Procópio. No Setor B também consta de dois pontos, nesse setor estão inseridos parte do entorno do centro comercial: Ruas Marquês do Herval, 7 de setembro, Monsenhor Sales e parte da João Suassuna. O Setor C compreende basicamente dois pontos: as Ruas Maciel Pinheiro e Venâncio Neiva. O setor D tem três pontos de amostragens, compreendendo parte da Avenida Floriano Peixoto, ou seja, o entorno do Museu Histórico e da Catedral Nossa Senhora da Conceição, até próximo da rotatória do viaduto.

A distribuição do número e locais dos pontos de amostragem seguiu o princípio da população afetada, meio ambiente do entorno, fontes de magnitudes das possíveis emissões e recursos econômicos, humanos e técnicos, assim como fácil acesso e ausência de obstáculos, conforme sugerido por JORQUERA (2003).

Com relação às amostragens, foram seguidas recomendações de BORJA (2003), ou seja, foram traçadas áreas circulares de 2 km de raio, incluídas em 5 leituras do teor de monóxido de carbono durante o tempo de 1 hora, dentro dos Setores A, B, C e D (BORJA, 2003).

As amostragens e quantificação do CO no ar ambiente foram realizadas com o detector multigases “Dräger X-am 7000<sup>®</sup>”, um detector modular, a prova d’água e de impactos. Um equipamento capaz de trabalhar em temperaturas de -20 a +55 0C, pressão de 700 a 1300 hPa, umidade de 10 a 95% u.r., sensor eletroquímico, capacidade de monitoramento de até 24 horas e

possuindo um ranger de 0 a 2000 ppm para quantificação de CO (TECHNICAL HANDBOOK DRAGER, 2013). A Figura 2 apresenta o equipamento.

**Figura 2** – Mapa do Setor B do centro de Campina Grande, PB.  
Fonte: TECHNICAL HANDBOOK DRAGER (2013).



Esse equipamento possui uma bomba interna de alta potência que retira amostras de gases através de uma mangueira de 45 m. A operação da bomba é continuamente monitorada, e o alarme soa, caso a vazão seja muito baixa. A sua memória interna registra até 3000 conjuntos de valores, registrando-se um conjunto por minuto (TECHNICAL HANDBOOK DRAGER, 2013).

Após cada tomada de leitura de cada ponto de amostragem, os resultados foram encaminhados para análise de variância (ANOVA) a 95 % de confiança no Software Minitab 17.0<sup>®</sup> (2014), usando o planejamento one-way a 95% de confiança.

O software Minitab 17.0<sup>®</sup> (2014) realizou a análise de variância, baseando-se na variação devido aos tratamentos (cada setor de amostragem) com a variação devida ao acaso.

Desse modo a Anova informou a existência ou não de diferença significativa de resultados para o teor de CO nos diversos setores de amostragem da área do centro comercial de Campina Grande, PB. Em seguida, foram observados se os resultados encontrados estavam de acordo com os parâmetros do Conselho Nacional do Meio Ambiente, na Resolução N<sup>o</sup> 03 de 28/07/1990 (CONAMA, 1990), ou seja, para amostragem de 1 hora, o máximo aceitável de 35 ppm. Posterior ao monitoramento do teor de CO, foi realizado o cálculo do índice de qualidade do ar (IQAr) do centro comercial de Campina Grande, conforme a Equação (1) descrita por KIELY (1996) apud LISBOA e KAWANO (2007):

$$Índice.(p) = \left( \frac{Índice_{final} - Índice_{inicial}}{Conc._{final} - Conc._{inicial}} \right) x (Conc._{medida} - Conc._{inicial}) + Índice_{inicial} \quad (1)$$

Onde:

Índice (p): índice para o poluente p;

Conc. medida: concentração média medida do poluente p;

Conc. inicial: valor mínimo da faixa de concentração onde o poluente p se encontra;

Conc. final: valor máximo da faixa de concentração onde o poluente p se encontra;

Índice inicial: valor do IQAr mínimo da faixa onde o poluente p se encontra;

Índice final: valor do IQAr máximo da faixa onde o poluente p se encontra.

Depois de calculado o valor do índice, a qualidade do ar foi observada e classificada segundo o Quadro 1.

**Quadro 1 – Índice da Qualidade do Ar.**

Qualidade do Ar	Índice	CO Médio (8h)	Significado
Boa	0- 50	0– 4,5	Praticamente não há risco.
Regular	51-100	4,6-9,0	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos cardíacos), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada
Inadequada	101-199	9,1-14,9	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas do grupo sensíveis, podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200-299	15,0-29,9	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falata de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves em pessoas do grupo sensíveis.
Péssimo	300-399	30,0-39,9	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupo sensíveis.
Crítica	>400	≥ 40	Risco alto de morte.

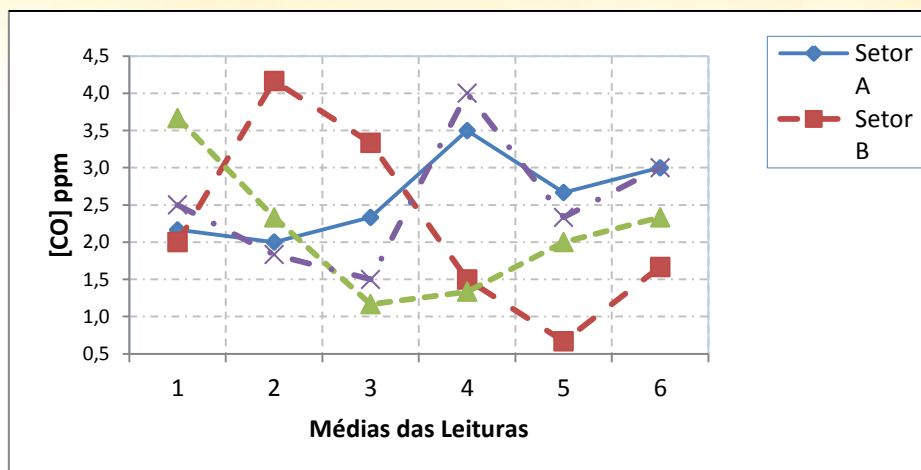
Fonte: Adaptado de LISBOA e KAWANO (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

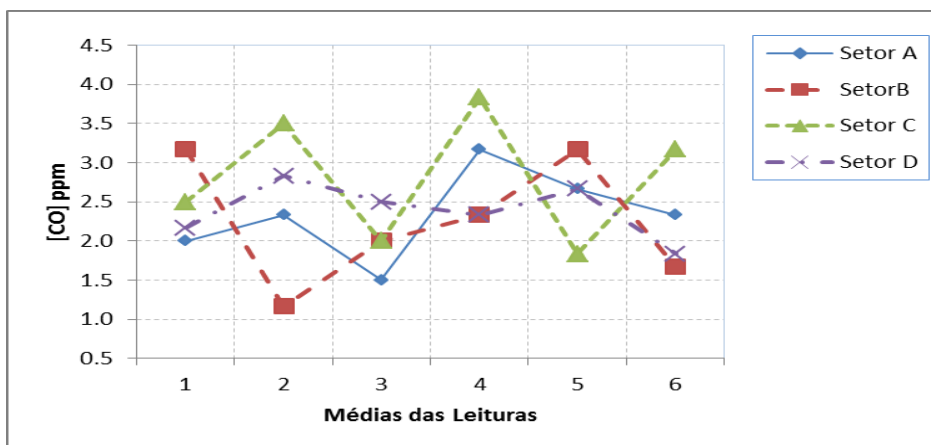
Os dados com o perfil do comportamento atmosférico no decorrer do mês de dezembro 2014, fevereiro e maio de 2015 estão apresentados através de gráficos e tabelas (gerados no software Minitab 16.0<sup>®</sup>) com suas respectivas discussões, que se referem ao monitoramento do teor de CO no centro comercial da cidade de Campina Grande (Setores A, B, C e D).

As Figuras 3; 4 e 5 apresentam os gráficos do perfil médio da concentração do monóxido de carbono (CO), nos setores em estudo, onde ocorreram as leituras das concentrações de CO (n = 432 leituras para os meses de dezembro 2014, fevereiro e maio de 2015; correspondentes a 6 leituras médias de 6 pontos cada, dos 4 setores).

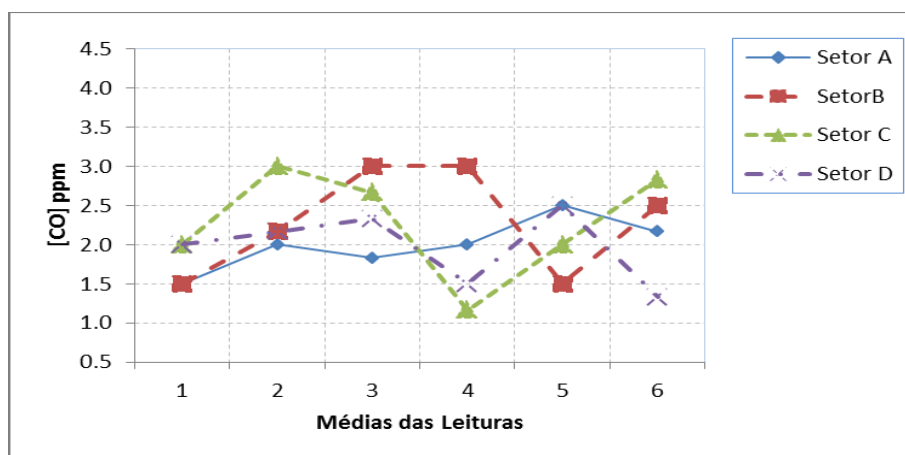
**Figura 3** – Perfil médio da concentração de CO no mês de dezembro de 2014.



**Figura 4** – Perfil médio da concentração de CO no mês de Fevereiro de 2015.



**Figura 5** – Perfil médio da concentração de CO no mês de Maio de 2015.



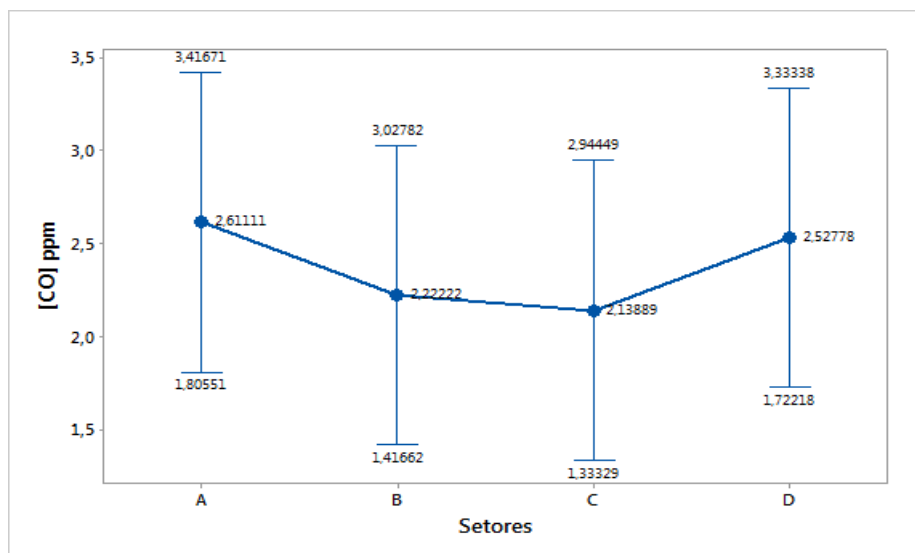
Portanto, com relação as Figuras 3; 4 e 5 observa-se a ocorrência de elevada variação das magnitudes das leituras de monitoramento, com relação a todos os setores. Esse fato pode ser atribuído a possível variação do número de veículos e motos, haja vista, o monitoramento ocorrer

em vias abertas, apesar do monitoramento ter seguido um padrão, com relação ao dia da semana (segundas-feiras), horário (8:00 – 12 hs) e velocidade média do vento ter se mantido em  $14,33 + 1,22 \text{ km.h}^{-1}$ .

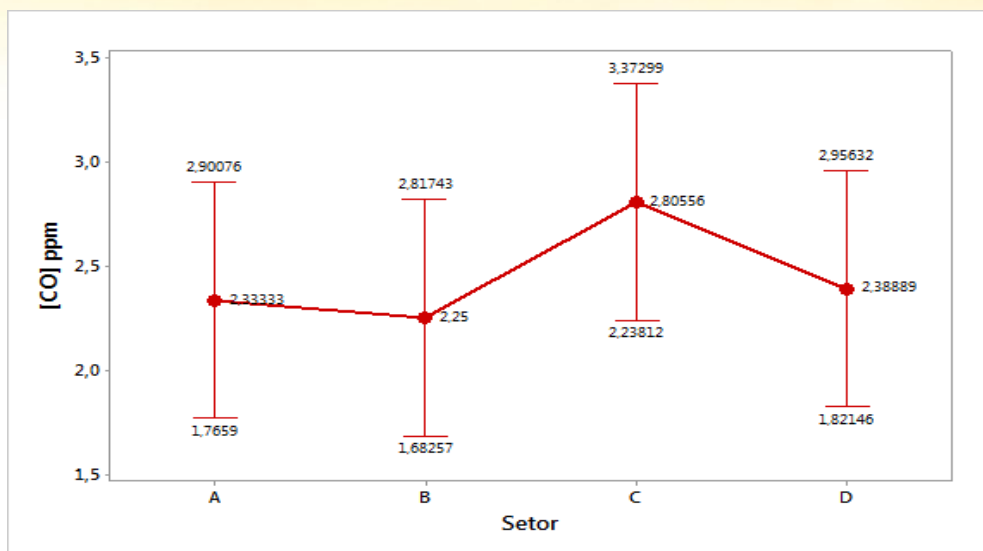
Todavia, nota-se que, tanto para os meses de dezembro, fevereiro e maio, as concentrações de CO não ultrapassaram 4,2 ppm (máxima atingida em dezembro 2014), uma concentração que equivale a um IQAr de 46,30; correspondendo a classificação “BOA”, a qual varia de 0 – 4,5 ppm (Quadro 1). Entretanto, fazendo-se um comparativo entre os meses de dezembro, fevereiro e maio, observa-se que dezembro variou de 0,7 a 4,2 ppm, fevereiro variou de 1,2 a 3,8 ppm, enquanto que maio variou de 1,17 a 2,88. Logo, não foi observada grande diferença entre esses três meses, apesar do mês de dezembro apresentar um fluxo de veículos e motos maior do que fevereiro e maio. Isso pode ser atribuído as características climáticas (temperatura, velocidade do vento, turbulência e estabilidade), urbanas (verticalização) e geográficas (arborização) as quais segundo Tessarolo (2012) favorecem a dispersão dos poluentes.

Nas Figuras 6; 7 e 8 são apresentadas as médias e desvios-padrões para os meses de dezembro 2014, fevereiro e maio de 2015, respectivamente.

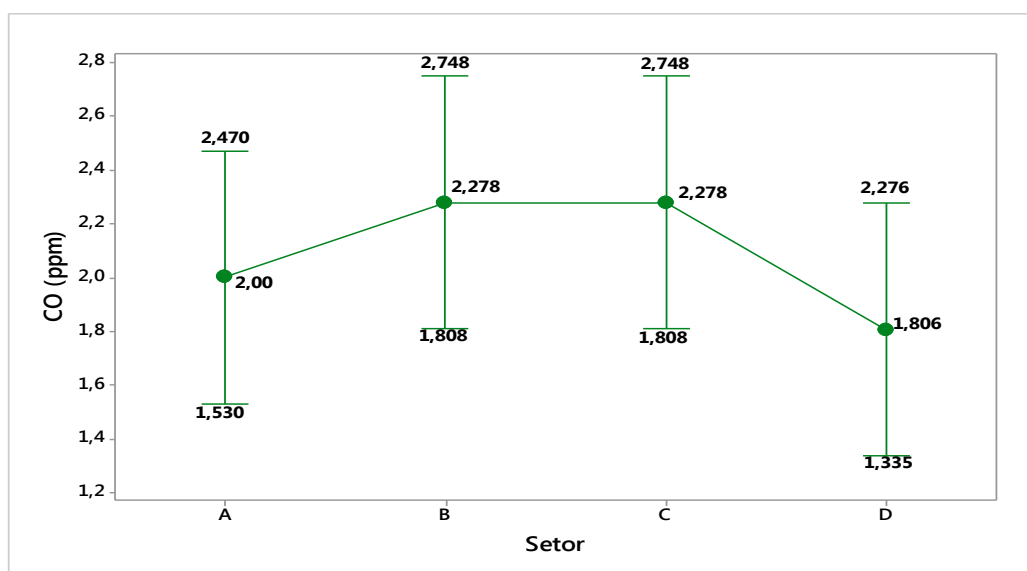
**Figura 6** – Gráfico Box plot de CO do mês de dezembro de 2015.



**Figura 7** – Gráfico Box plot de CO do mês de Fevereiro de 2015.



**Figura 8** – Gráfico Box plot de CO do mês de Maio de 2015.



Com relação aos gráficos de Box plots apresentados nas Figuras 6; 7 e 8, os mesmos referem-se a um intervalo de confiança de 5%. Logo, nota-se que a concentração média geral de CO encontrada foi de 2,375; 2,444 e 2,208 ppm (para Dezembro, Fevereiro e Maio, respectivamente), apesar da grande variação entorno da mesma, justificável pela oscilação no fluxo de veículos e motos que trafegam nos setores A, B, C e D.

Considerando que a média e o desvio padrão são medidas descritivas que não medem se ocorreu diferença significativa entre magnitudes encontradas nos Setores A, B, C e D, nos meses de Dezembro 2014, Fevereiro e Maio 2015, foi realizada a ANOVA a 5% de significância.



Nas Tabelas 1; 2 e 3 estão apresentados os resultados da ANOVA, segundo o planejamento experimental One-way.

**Tabela 1** - Anova do planejamento One-Way do CO do mês de dezembro de 2014.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadro Médio	Teste <i>F</i>	<i>P</i>
Tratamento	0,9491	3	0,3164	0,35	0,787 ns
Resíduo	17,8981	20	0,8949		
Total	18,8472	23			

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ )

**Tabela 2** - Anova do planejamento One-Way do CO do mês de fevereiro de 2015.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadro Médio	Teste <i>F</i>	<i>P</i>
Tratamento	1,102	3	0,3673	0,83	0,494 ns
Resíduo	8,880	20	0,4440		
Total	9,981	23			

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ )

**Tabela 3** - Anova do planejamento One-Way do CO do mês de maio de 2015.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadro Médio	Teste <i>F</i>	<i>P</i>
Tratamento	0,9572	3	0,3191	1,05	0,394 ns
Resíduo	6,0972	20	0,3049		
Total	7,0544	23			

ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ )

A partir da aplicação da ANOVA foi possível observar se ocorreu diferença significativa ou não das leituras do monitoramento dos meses de dezembro 2014, fevereiro e maio 2015. Assim, foram encontrados os valores de  $p$  0,787; 0,494; 0,394 para  $\alpha = 0,05$  com 3 e 20 graus de liberdade para dezembro 2014, fevereiro e maio 2015; respectivamente. Desse modo, foi aceita a hipótese de

nulidade ( $H_0$ ), pois o  $p$  encontrado foi maior que o  $p$  a 5%. Logo, as magnitudes das concentrações das leituras do monitoramento nos Setores A, B, C e D não diferem entre si, ou seja, o centro comercial possui as mesmas magnitudes de concentração de CO.

Portanto, através dos três meses (Dezembro 2014, Fevereiro e Maio 2015) de monitoramento da concentração de CO e da consequente medida do IQAr, no centro comercial da cidade de Campina Grande, foi possível verificar que nesse período, as localidades apresentaram uma baixa magnitude de CO e de IQAr, caracterizando-os adequados e dentro dos limites permissíveis. Segundo Seinfeld e Pandis (2006), isso poderá estar relacionado com os fenômenos meteorológicos, já que eles influenciam na determinação dos níveis de concentração dos poluentes. Tais resultados também são justificados, pela uniformidade dos prédios no centro da Cidade, sem altas edificações, o que facilita a dispersão dos poluentes, apesar da cidade possuir apenas 0,08 árvores por habitantes (DANTAS e SOUZA, 2004; PINTO et al.; 2009).

Através da Tabela 4 pode-se observar, de forma comparativa, os resultados encontrados na presente pesquisa, com os resultados obtidos nas cidades de Lisboa, Campinas, São José dos Campos e Florianópolis.

**Tabela 4** - Comparação das emissões de CO.

Fonte	Características		[CO] ppm
	Cidade	Habitantes	
Silva e Mendes (2006)	Florianópolis	421.240	4,10
Rodrigues (2013)	Lisboa	547.733	6,80
Cetesb (2012)	Campinas	952.659	3,50
Cetesb (2012)	São José dos Campos	533.501	3,40
Lima (2015)	Campina Grande	402.912	2,34

Analisando a Tabela 4, observa-se que os resultados obtidos para o monitoramento de CO sofreram influência de vários aspectos, pois cada cidade tem suas particularidades, como, por exemplo, tamanho e a formação de cada território, área geográfica, condições climáticas e urbanas, assim também quantidade de veículos e motos, que na maioria das cidades chega a ser proporcional ao número de habitantes, o que facilitará ou dificultará a dispersão dos poluentes. A concentração de CO também terá resultados distintos entre as cidades, pois cada uma delas possui sua própria política ambiental, que exigem melhorias tecnológicas para diminuir os impactos ambientais provocados pela emissão de poluentes. Contudo, observa-se que a média final da concentração (referente aos meses de dezembro, fevereiro e maio) foi 2,34 ppm, valor inferior as demais fontes

citadas na Tabela 4 e, também, dentro dos padrões exigidos pela Resolução N<sup>o</sup> 03 de 28/07/1990 do CONAMA (valor máximo de 35 ppm para 1 hora de monitoramento), correspondendo a um IQAr classificado como qualidade do ar “BOA”.

## **CONCLUSÕES**

Diante do que foi realizado conclui-se que, Campina Grande, e a Paraíba como um todo, acompanhou o crescimento da frota veicular brasileira, haja vista, em 2014, a Paraíba ter registrado em seu Departamento de Trânsito (Detran-PB) uma frota veicular de aproximadamente 1.016.022 veículos, com Campina Grande representando cerca 148.304 veículos, dentre eles automóveis, motocicletas, caminhões e outros, os quais juntos representaram 14,60% da frota do Estado;

Apesar do aumento da frota veicular brasileira, com o país possuindo a 7<sup>a</sup> maior frota de veículos (ANFAVEA, 2014), a emissão de CO tem declinado, fato atribuído as políticas públicas de facilidade no financiamento de carros novos, os quais sofreram substituição do carburador pela injeção eletrônica e a introdução de catalisadores como componentes obrigatórios;

O monitoramento realizado no centro comercial da cidade de Campina Grande apresentou uma concentração média final de 2,34 ppm de CO para um total de 432 leituras, correspondentes aos meses de dezembro 2014 e fevereiro e maio de 2015. Essa concentração média correspondeu a um IQAr classificando a qualidade do ar da cidade de BOA, conforme Lisboa e Kawano (2007);

A concentração média final de 2,34 ppm demonstrou que mesmo da cidade possuindo um déficit de árvores (0,08 árvores por habitantes) e um crescimento automobilístico, apresentou um IQAr de CO que não representa risco a população, justificado pela uniformidade dos prédios no centro da Cidade, sem altas edificações, o que facilita a dispersão dos poluentes, podendo ser atribuído aos fatores de sotavento e barlavento;

Também pode ser concluído que essa concentração média final de 2,34 ppm encontra-se abaixo dos padrões determinados em outras cidades do Brasil, por exemplo, Florianópolis (4,10 ppm), Campinas (3,5 ppm) e São José dos Campos (3,4 ppm). Considerando que Campina Grande tem 402.912 habitantes, Florianópolis 421.240 habitantes, Campinas e São José dos Campos 533.501 e 952.659; respectivamente.

## **REFERÊNCIA**

[ANFAVEA] ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA 2014.

[CONAMA] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 03, de 28 de Junho de 1990. 1990.

BORJA, V. Vigilância dos efeitos da contaminação do ar na saúde – Experiência da zona Metropolitana da cidade do México. In: CD-ROM: Gestão da Qualidade do Ar em Centros Urbanos. 2003.

DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. de,. Arborização urbana na cidade de Campina Grande – PB: inventário das espécies. Revista de Biologia e Ciências da Terra. n2. v4., 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Composição do PIB.** Disponível em: <<http://ibge.com.com.br/home/estatística/economia/constasnacionais>> Acesso em:31/08/2015.

JORQUERA, M. Monitoramento da qualidade do ar. . In: CD-ROM: Gestão da Qualidade do Ar em Centros Urbanos. 2003.

LISBOA, H. de M.; KAWANO, M. Controle da poluição atmosférica – monitoramento de poluentes atmosféricos. 2007. 70f. Apostila. (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

[MINITAB] *Minitab Statistical Software*. Version 17.0. State College, Minitab Ins., 2014.

PINTO, D.; GASPAR, P.; GANHO, N.;CORDEIRO,A.M.R. Agentes meteorológicos e qualidade do ar na cidade de Coimbra (Portugal). I Congresso de desenvolvimento regional de Cabo Verde, Cabo Verde, 2009.

TECHNICAL HANDBOOK DRÄGER X-AM 7000. Multi-gas monitor – software 2.nm. Dräger, 2013.

TESSAROLO, L.F.; Análise da qualidade do ar em três locais no Estado de São Paulo com características distintas de desenvolvimento econômico; 192f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos, 2012.

VARGAS, T.E. Um viveiro de Mudas como Ferramenta para o ensino de Ecologia, Botânica e Educação Ambiental- Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências e Matemática – Universidade Católica de Belo Horizonte; Belo Horizonte, 2007.