

MONITORAMENTO DE MONÓXIDO DE CARBONO EM ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES EM SANTA MARIA - RS¹

MONITORING CARBON MONOXIDE LEVELS AT PARKING LOTS IN SANTA MARIA - RS

Alan Lamberti Jobim², Bibiana Culau Lopes³ e Sergio Roberto Mortari⁴

RESUMO

O monóxido de carbono (CO) consiste em um gás inflamável, incolor e inodoro, altamente tóxico para o organismo humano, além de ser um dos principais contribuintes para o efeito estufa. A exposição a doses relativamente elevadas de CO em pessoas saudáveis pode provocar problemas de visão, redução da capacidade de trabalho ou até mesmo matar. O monóxido de carbono é um gás derivado da queima incompleta de combustíveis fósseis (carvão vegetal e mineral, álcool, gasolina, querosene e óleo diesel). Considerando os riscos que a exposição ao CO oferece à saúde humana e ao meio ambiente, foi desenvolvido o presente estudo de monitoramento das concentrações de CO em um estacionamento coberto para automóveis localizado na cidade de Santa Maria – RS. Desta forma, foram estabelecidos dois pontos de amostragem no interior do estacionamento e um ponto no ambiente externo, utilizado como referência. O monitoramento foi realizado por aproximadamente 30 dias. A coleta dos dados (monóxido de carbono, temperatura e umidade) foi realizada a cada 4 horas durante o funcionamento do estabelecimento (16 horas/dia), totalizando 4 coletas/dia. Os resultados obtidos foram comparados aos limites máximos permitidos de concentração de CO, de acordo com a legislação brasileira vigente (padrões classificados pela tabela CETESB e a resolução CONAMA 01/90). Baseado nos dados coletados, concluiu-se que os níveis de emissões de CO encontram-se de acordo com o estabelecido por lei e não oferecem risco à saúde humana.

Palavras-chave: efeito estufa, estacionamentos, gases tóxicos, toxicidade.

ABSTRACT

Carbon monoxide (CO) is a flammable, colorless and odorless gas. It is highly toxic to humans and one of the main contributors to greenhouse effect. When it is exposed to healthy people in relatively high doses may cause sight problems, reduction of capacity to work, or even death. Carbon monoxide is a gas derived from incomplete combustion of fossil fuels (vegetable charcoal and mineral coal, alcohol, gasoline, kerosene and diesel). Considering the risks offered by CO exposure to human health and to the environment, this study was developed to monitor the concentrations of CO in a closed car park, located in the city of Santa Maria – RS. Two samples were taken at the car park and one outside the car park, used as a reference. The monitoring was done for approximately 30 days. The data collection (carbon monoxide, temperature, humidity) was done every 4 hours, during the car park working hours (16 hours a day), totalizing 4 samples per day. The results obtained were compared to the maximum allowable concentration of CO according to the current Brazilian legislation (standards classified by CETESB table and CONAMA resolution n°01/90). Based on the collected data, it was concluded that the CO emission levels found in the parking lot are compatible with the limits established by law and do not offer any risks to human health.

Keywords: *greenhouse effect, parking lots, toxic gases, toxicity.*

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária -Centro Universitário Franciscano. E-mail: alanjobim@yahoo.com.br

³ Colaboradora. Programa de Pós-graduação em Nanociências - Centro Universitário Franciscano. E-mail: bibianaclopes@gmail.com

⁴ Orientador. curso de Engenharia Química - Centro Universitário Franciscano. E-mail: mortari@unifra.br

INTRODUÇÃO

Existem várias definições para o significado de poluição do ar. Algumas destas muito vastas, outras, consideram poluentes tudo aquilo que possa interferir significativamente com as condições de conforto e boa qualidade de vida do ser humano. No entanto, encontra-se em Gomes uma definição concreta: “a poluição do ar significa a presença, na atmosfera externa, de um ou mais contaminantes, ou a sua combinação, em quantidades ou com uma duração tal, que possam vir a ser considerados nocivos para a vida humana, vegetal e animal”. Os contaminantes do ar incluem fumos, vapores, cinzas de papel, poeiras, fuligem, fumos carbonosos, gases, névoas, material radioativo ou produtos químicos tóxicos” (GOMES, 1991).

Muitas das causas, e também dos efeitos, da poluição do ar são conhecidas desde há muito tempo. No entanto, só há poucos anos que estes problemas vieram a atingir uma magnitude apreciável. Ou seja, proporções deveras preocupantes. Na realidade, durante muito tempo o planeta teve capacidade de regenerar a atmosfera, repondo a qualidade do ar, através de processos fotossintéticos realizados pelas plantas, por exemplo. Infelizmente, a medida que o quantitativo de emissões de poluentes cresce exponencialmente com a industrialização e o aumento do número de veículos automotores, a capacidade de regeneração natural do planeta se reduz drasticamente, mantendo assim o acúmulo de poluentes na atmosfera terrestre (SEINFELD; PANDIS, 2006; IPCC, 2014).

A partir dessas considerações, conclui-se que a qualidade do ar - tanto em ambientes externos como internos - sofre com o acúmulo de poluentes, causando, assim, doenças variadas, tanto por tempo de exposição de pessoas, como em animais e plantas. Devido ao aumento da concentração de poluentes, a qualidade do ar em estacionamentos tem sido questionada, o que se justifica pelo grande aumento do número de veículos automotores nas grandes cidades do Brasil.

Tendo isso em vista e somando as condições desfavoráveis de demanda de pontos de estacionamento nas ruas, a alternativa encontrada por muitos motoristas é a utilização de locais de estacionamentos privados. Ocorre, então, um aumento na densidade de veículos automotores, de diferentes tipos de combustíveis, que difere muito em termos de poluição do ar por monóxido de carbono (CO). Veículos automotores movidos a diesel e com sistema de carburação são mais poluidores do que os veículos flex (bicomcombustíveis) com sistema de injeção eletrônica e catalisadores.

A legislação brasileira referente aos limites de concentração de poluentes baseia-se na legislação dos Estados Unidos, em padrões estabelecidos pela EPA (Environmental Protection Agency), sendo a resolução brasileira nº 003/1990 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) a referência para avaliar a qualidade do ar atmosférico (CONAMA, 1990).

A concentração limite do CO adotada pela já referida resolução é de 9 ppm para uma média de 8 horas de exposição e 35 ppm para uma hora de exposição, limites que não devem ser ultrapassados mais que uma vez ao ano. Enquanto que a concentração média para o tempo de exposição de 8 horas

é de 10000 mg/m³ e para 24 horas de exposição é de 40000 mg/m³. A média de 8 horas equivale a de uma jornada de trabalho de um dia.

A legislação brasileira não possui limites fixados exclusivamente para ambientes internos como estacionamentos fechados ou cobertos, havendo a necessidade de se adotar uma normatização com a inclusão de padrões específicos de concentrações de poluentes atmosféricos para ambientes deste tipo, a fim de contribuir para o aumento da qualidade do ar em ambientes fechados de uso público.

Desta forma, o presente estudo visou monitorar as emissões de CO dentro de um estacionamento coberto, localizado na cidade de Santa Maria - RS. Para isto, foram selecionados pontos de monitoramento, assim como foram considerados diferentes horários de pico de movimento no respectivo estabelecimento. Os resultados foram comparados aos limites máximos estabelecidos na legislação. Sendo, então, este trabalho um contribuinte para adoção de limites para o monóxido de carbono em ambientes fechados. Segundo LIMB (1994), o ar tem qualidade adequada quando a concentração dos poluentes não deve ultrapassar os níveis aceitáveis determinados.

REFERENCIAL TEÓRICO

O homem é o responsável por formas de poluição ambiental tão variadas que uma simples enumeração dos fatores individuais se torna impossível (FELLENBERG, 1980). A maioria da população, pelo menos em países industrializados, passa a maior parte do seu tempo em locais fechados. Assim, a qualidade do ar interior pode afetar consideravelmente mais a saúde humana do que a qualidade do ar exterior (GOMES, 2001). Todos os indivíduos expostos aos mesmos poluentes do ar em ambiente interior sentem o mesmo efeito adverso sobre a sua saúde. Mas, mesmo se o sentirem, não será certamente do mesmo modo. É ainda desconhecido por que é que o organismo humano reage de modos diferentes e quais são as bases destas não uniformidades. O tempo de exposição no interior de um edifício pode acarretar sintomas variados em indivíduos por meio de processos tóxicos químicos (GOMES, 2001).

A qualidade do ar em ambientes internos também sofre influência dos poluentes emitidos na atmosfera. A concentração de monóxido de carbono pode ser elevada dentro de casas ou restaurantes através de emissões provenientes da fumaça de cigarro, gás de cozinha ou queima de madeira em lareiras (CHOWDHURY et al., 2013).

Referente à qualidade do ar, é evidente que o ar que se respira no interior dos edifícios (tanto nas habitações como nos locais de trabalho) é muito diferente do ar do ambiente externo. É certo que os poluentes mais comuns, tais como, o monóxido de carbono, os óxidos de enxofre e os óxidos de nitrogênio, podem infiltrar-se nos edifícios a partir do exterior. Dificilmente há exposição a altos níveis de monóxido de carbono em um ambiente interno (CHALOULAKOU; MAVROIDIS, 2002), já que as concentrações não excedem 30 ppm em condições adequadas de

ventilação (ASTDR, 2009). Portanto, em ambientes internos as concentrações de monóxido de carbono são relativamente similares e também influenciadas pelas condições encontradas em ambientes externos (ZHONG et al., 2013).

Ao contrário do dióxido de carbono, o monóxido de carbono (CO) é um gás muito tóxico. O CO combina-se com a hemoglobina do sangue, do mesmo modo que o oxigênio (O₂). Como a ligação do CO com a hemoglobina é cerca de 300 vezes mais intensa do que com o O₂, bastam pequenas quantidades de CO no ar para bloquear uma fração apreciável da hemoglobina (FELLENBERG, 1980). Tanto o dióxido de nitrogênio (NO₂), quanto o monóxido de carbono (CO), são liberados como resultado do processo de combustão, incluindo os que ocorrem em casas e escritórios quando combustíveis fósseis são queimados (BAIRD, 2002).

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor e inodoro, cuja concentração em interiores pode ser significativamente aumentada pela combustão incompleta de combustíveis contendo carbono como: madeira, gasolina, querosene ou gás. Altas concentrações são usualmente resultado do mau funcionamento dos aparelhos de combustão. As concentrações médias no interior e exterior, usualmente, chegam a algumas partes por milhão, embora valores elevados, na faixa de 10 a 20 ppm, sejam comuns em garagens e estacionamentos, devido a emissão de monóxido de carbono pelos motores dos veículos.

Pessoas que trabalham em áreas de alta circulação de veículos podem estar expostas a elevados níveis de CO durante longos períodos. Entre 1986 e 1995, os níveis exteriores médios de CO, nos Estados Unidos, caíram 37%; os de dióxido de nitrogênio 14%, devido a introdução de substâncias oxigenadas, que são hidrocarbonetos nos quais alguns átomos foram substituídos por oxigênio, na gasolina americana, tendo como objetivo reduzir as emissões de CO dos veículos (BAIRD, 2002). De acordo com a EPA (Environmental Protection Agency), veículos automotivos ainda representam a maior fonte de emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COV's) incluindo hidrocarbonetos e monóxido de carbono (CO) (MÉREL, 2014).

O maior perigo do monóxido de carbono decorre de sua capacidade, quando inalado, de complexar fortemente com a hemoglobina do sangue, prejudicando sua capacidade de transportar oxigênio para as células. Em média, não fumantes têm cerca de 1% de sua hemoglobina ligada na forma de um complexo com CO (chamado de “carboxiemoglobina”); o valor em fumantes é o dobro (ou mais) devido ao monóxido de carbono que eles inalam ao fumar, em virtude da combustão incompleta dos cigarros. Estudos recentes têm demonstrado que o aumento da mortalidade por doenças cardíacas pode ocorrer mesmo se apenas uma pequena porcentagem da hemoglobina está cronicamente ligada na forma de complexo como o CO. A exposição a concentrações muito altas de CO resulta em dores de cabeça, fadiga, perda de consciência e, eventualmente, morte (se tal exposição é mantida por longos períodos). Detectores de monóxido de carbono de baixo custo e de fácil instalação são adequados para avisar moradores em casas e funcionários, quando ocorrem altos níveis de CO (BAIRD, 2002). Estamos cientes de que grande parte dos problemas de poluição do ar nas cidades originam-se

das emissões dos motores dos automóveis, em especial dos movidos a diesel e a gasolina. O maior problema é com relação ao petróleo, por conter alguns hidrocarbonetos aromáticos e o conjunto os componentes benzeno + tolueno + xileno, chamado de BTX (BAIRD, 2002).

A gasolina comum contém predominantemente hidrocarbonetos C7 e C8. O óleo diesel contém, sobretudo, hidrocarbonetos com 9 – 11 átomos de carbono. Em linhas gerais, quanto maior for o número de carbonos de um alcano maior será seu ponto de ebulição e menor sua pressão de vapor e, portanto, menor sua tendência a vaporizar-se a uma dada temperatura.

Assim, as gasolinas destinadas às condições quentes do verão são formuladas com menos quantidade dos alcanos menores e mais fáceis de vaporizar, como butano e pentanos; do que aquelas que são preparadas para climas frios. A presença de hidrocarbonetos voláteis na gasolina é vital a baixas temperaturas, para permitir a partida dos motores (BAIRD, 2002).

Uma das características atrativas dos combustíveis oxigenados, tais como alcoóis, é que os veículos produzem uma quantidade menor de emissões de muitos poluentes – especialmente monóxido de carbono, alquenos, aromáticos e particulados – quando comparados a combustíveis como gasolina pura ou óleo diesel, especialmente em veículos mais antigos que não tem conversores catalíticos. Em maior escala, contudo, a redução no ozônio urbano, que resultaria de menos emissões de CO e de hidrocarbonetos reativos, seria compensada por aumentos devido a grande quantidade de aldeídos (formaldeídos do metanol e acetaldeído do etanol) e álcoois vaporizados que seriam lançados no ar. Contudo, quando queimado em um motor, o metanol produz emissões menores de óxido nítrico (NOx) que o etanol; e o etanol, por sua vez, libera menos NOx que a gasolina (BAIRD, 2002).

MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na empresa identificada como JF Estacionamento e Cia Ltda., localizado na Rua Marechal Floriano Peixoto, 1775 - 2º andar, município de Santa Maria - RS, com área construída de 597,70m². No interior do estacionamento possui uma lavagem com área de 21,40m², 1 (um) escritório e 24 (vinte e quatro) boxes.

DESCRIÇÃO DO MONITORAMENTO

O monitoramento foi realizado no interior do estacionamento entre os dias 10 de agosto de 2010 a 09 de setembro de 2010 em dois pontos internos, pré-estabelecidos, e um ponto de referência na entrada do estacionamento. A coleta dos dados (monóxido de carbono, temperatura e umidade)

ocorreu a cada 4 (quatro) horas, durante o funcionamento do estabelecimento (16 horas), perfazendo 4 coletas/dia.

PARÂMETROS PARA AS DETERMINAÇÕES

Na determinação do Monóxido de Carbono foi utilizado um medidor digital da marca ICEL, modelo HT-100 (faixa de detecção de 0 a 1000ppm), conforme figura 1A que se realizou em um período de 30 dias, com um intervalo de medições de 4 horas pré-determinadas. Foram determinados 2 (dois) pontos no interior do estacionamento e 1 (um) ponto na entrada de acesso como referência. O equipamento utilizado possui um sensor eletroquímico para a determinação de CO como método, instalado para medição em uma altura de 1,5 m do piso. Além da determinação de monóxido de carbono, a temperatura e umidade relativa do ar também foram determinadas, como fonte de referência a esses parâmetros em cada local, sendo utilizado um multímetro digital marca ICEL MD 6298.

PARÂMETROS PARA OS CÁLCULOS

Após as determinações de monóxido de carbono (CO) no estacionamento, os resultados foram classificados conforme tabela da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Ela apresenta uma escala de acordo com índices estabelecidos para o Canadá e EUA, em que cada poluente é enquadrado em um índice de qualidade, recebendo uma qualificação em função da sua concentração. A escala relaciona o índice com a concentração do CO, como destacado no quadro 1, podendo demonstrar uma escala de qualidade pela curva média geral, ou por dia de monitoramento, uma vez que podem ocorrer variações da concentração de CO, de acordo com o dia de coleta em cada ponto. Como a concentração de CO em ambientes fechados ou cobertos elevada, e pelo fato de que o CO se combinar com a hemoglobina do sangue, existe uma relação entre o teor de CO e formação de carboxihemoglobina (COHb) no sangue, como mostrado no quadro 2.

Quadro 1 - Escala da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) para índice de qualidade do ar para o CO (CETESB, 2014).

Qualidade	Índice	Concentração de CO (ppm) Média de 8 horas diárias
Boa	0-40	0 a 9
Moderada	41-80	>9,0 – 11
Ruim	81-120	>11 a 13
Muito Ruim	121-200	>13 - 15,0
Péssima	>200	> 15

Quadro 2 - Relação entre o teor de CO do ar e a formação de Carboxihemoglobina (COHb) no sangue.

Concentração de CO no ar	Proporção de COHb no sangue	Sintomas Clínicos
60 ppm = 0,006% em Vol	10%	Indícios de dificuldade visual, dor de cabeça leve.
130 ppm = 0,013% em Vol	20%	Dores abdominais e de cabeça, cansaço, primeiras manifestações de perda dos sentidos.
200 ppm = 0,020% em Vol	30%	Desmaio, paralisia, primeiros distúrbios respiratórios, às vezes colapso das funções circulatórias.
660 ppm = 0,066% em Vol	50%	Coma, paralisia, bloqueio das funções respiratórias.

Fonte: FELLEBERG, 1980.

Para a realização do cálculo do índice de classificação pela tabela CETESB, foi utilizada a equação descrita abaixo (CONAMA, 1990).

$$\text{Índice} = \text{Índice}_{\text{inicial}} + \left(\frac{\text{Índice}_{\text{final}} - \text{Índice}_{\text{inicial}}}{\text{Conc.}_{\text{final}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}}} \right) X (\text{Conc.}_{\text{medida}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}})$$

em que:

Índice - Índice de qualidade do ar desejado;

Conc. medida - Concentração medida;

Conc. inicial - Concentração inicial da faixa onde encontra-se a concentração medida;

Conc. final - Concentração final da faixa onde encontra-se a concentração medida;

Índice inicial - Valor do índice correspondente à concentração inicial;

Índice final - Valor do índice correspondente à concentração final.

Foi, também, realizada uma contagem diária de veículos. Durante os dias de monitoramento realizou-se uma planilha com a quantidade de veículos diários que circulam no interior do estacionamento, perfazendo em média 106 veículos automotores/dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

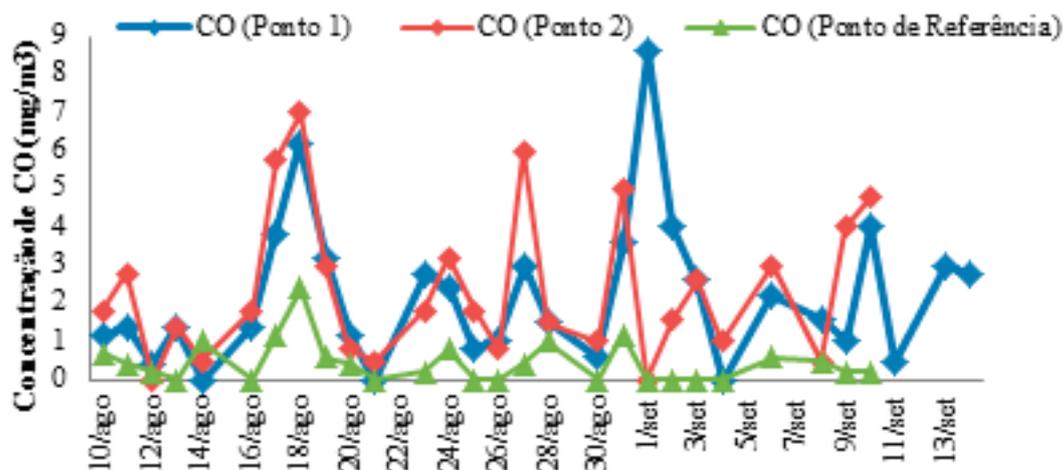
Foi utilizando como base três diferentes e distintos dias de monitoramento para apresentação dos resultados, onde foi considerada a diferença em relação à média e o índice de classificação de monóxido de carbono, correlacionados com a variação no tempo, temperatura, umidade e quantidade de veículos.

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Pela legislação vigente no país (resolução do CONAMA 003/1990), os valores de monóxido de carbono (CO) encontrados ficaram abaixo dos parâmetros exigidos por esta legislação, que rege no Art. 3º, o qual limita a exposição ao CO de no máximo 9 ppm, em uma média de 8 horas diárias, e de no máximo 35 ppm em uma média de 24 horas diária. Foram realizados cálculos da concentração média de CO em apenas 16 horas, horário referente ao funcionamento do estacionamento.

No gráfico da figura 1, são apresentados os níveis de concentração média de monóxido de carbono (CO) nos três pontos referenciados no decorrer dos 30 (trinta) dias de monitoramento.

Figura 1 - Concentração média de CO obtidas pelo monitoramento em estacionamento veicular, Santa Maria/RS.



Realizando uma análise mais completa, com base no monitoramento dos parâmetros em cada ponto referenciado, pode-se determinar que para os dias 10 de agosto, 18 de agosto e 01 de setembro, ocorreram variações na concentração de CO, onde podem ser observados abaixo.

No dia 10 de agosto de 2010, o tempo era de céu claro com vento de 12 km/h (INMET-8ºD). Nesta data, a movimentação no estacionamento foi de 128 veículos, sendo: 5 motos, 26 caminhonetas (diesel) e 97 automóveis. O índice calculado foi de $I = 10$. Logo, se classifica como boa a qualidade do ar, referente à tabela CETESB, para uma média de 8 horas diárias. Não ocorreu nenhum pico de concentração de CO durante este dia de monitoramento, onde ficou claro que o poluente não se concentrou no interior do estacionamento, apresentando valor médio abaixo de 9 ppm.

No dia 18 de agosto de 2010, novamente dia de céu claro, com vento de 3 km/h (INMET-8ºD) (8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia), o estacionamento contou

com uma movimentação de 161 veículos: 8 motos, 11 caminhonetas (Diesel) e 142 automóveis. Nesta data, ocorreram picos de concentração de CO em todos os pontos referenciados, porém, a concentração de CO permaneceu abaixo de 9 ppm. O índice calculado deste dia foi de $I = 32$. Logo, se classifica, pela tabela da CETESB, como boa a qualidade do ar para uma média de 8 horas diárias.

Para o dia 1º de setembro, as condições do tempo eram de dia com chuva e vento de 7 Km/h (INMET-8ºD). Neste dia, o estacionamento registrou a movimentação de 148 veículos. Destes, sendo 5 motos, 12 caminhonetas (diesel) e 125 automóveis. O índice calculado foi de $I = 63$. Neste dia a qualidade do ar foi classificada como regular para uma média de 8 horas diárias.

De uma maneira geral, os índices de concentração de CO foram maiores no turno da tarde. Porém, em nenhuma data atingiram valores máximos estabelecidos pela resolução CONAMA 003/1990, de 35 ppm em 24 horas.

TEMPERATURA E UMIDADE DO AR

Para os parâmetros temperatura e umidade do ar, foram levados em conta como condicionantes, ou seja, determinados para certificação de possíveis alterações na concentração de CO. Os valores máximos foram de 95% e 22,3°C e mínimos de 63% e 13,3°C para umidade e temperatura, respectivamente. Os resultados são apresentados nos gráficos das figuras 2 e 3.

Figura 2 - Valor médio da Umidade do Ar nos dias de monitoramento em estacionamento veicular, coletas a cada 4 horas, por 16 horas, no período de 10 de agosto a 13 de setembro de 2010.

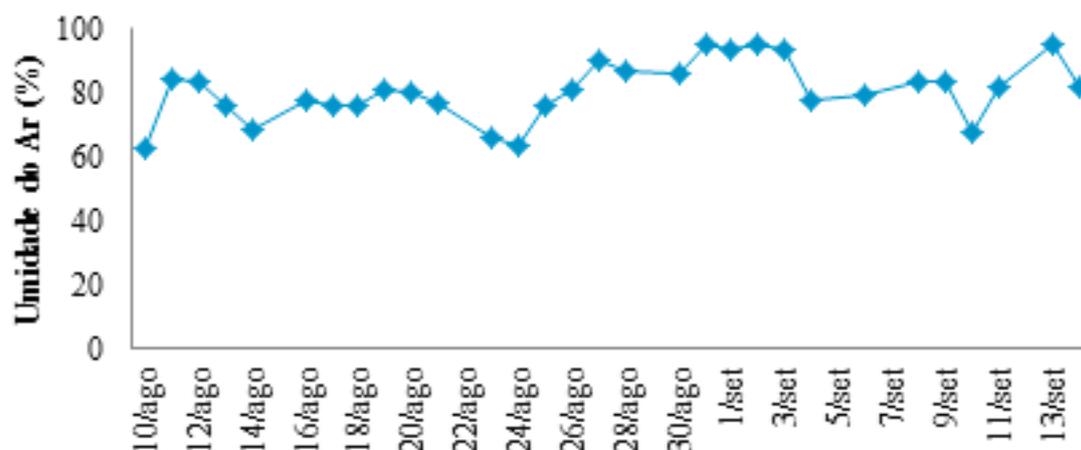
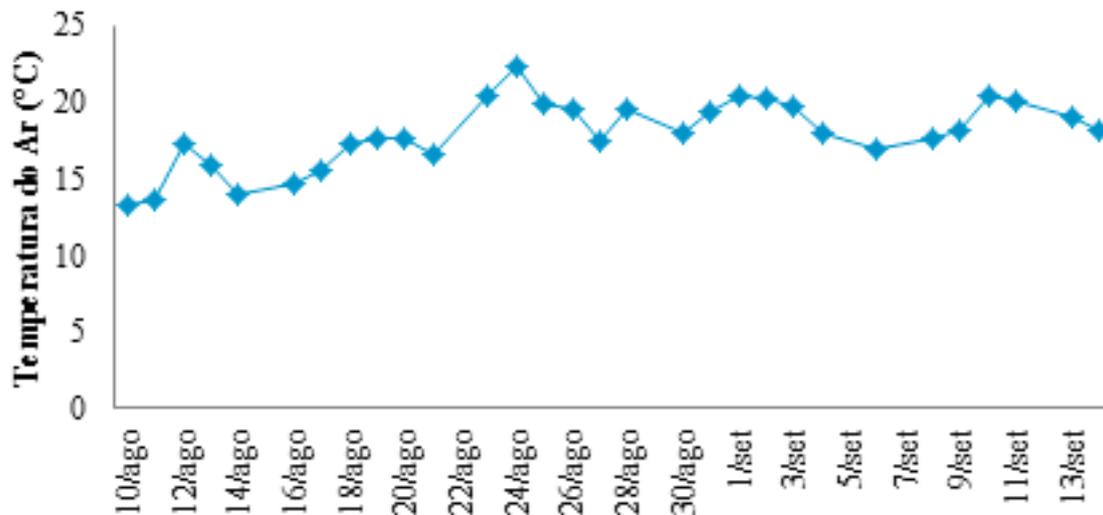


Figura 3 - Valor médio diário da Temperatura no estacionamento, medidas em intervalo de 4 horas num total de 16 horas.



De uma maneira geral, a temperatura e umidade do ar não exercem influência na concentração de CO em ambientes fechados, pois a variação destes parâmetros nestes ambientes é mínima.

CONCLUSÃO

No período de realização da presente pesquisa, de 10 de agosto de 2010 até 09 de setembro de 2010, foi constatado que o teor de monóxido de carbono no interior do estacionamento encontrava-se abaixo do valor máximo considerado seguro para a saúde determinado pela legislação vigente, estabelecida pelo CONAMA 003/1990.

Durante os dias 18 de agosto e 01 de setembro, houve um aumento na concentração de Monóxido de Carbono dentro dos padrões estabelecidos. Desse modo, concluiu-se que nesse período específico a quantidade de automóveis que circularam no estacionamento foi maior, já que são considerados dias de movimentação limite para as instalações no interior do estacionamento.

Os valores medidos para os parâmetros de temperatura e umidade do ar mantiveram-se sempre em conformidade, nunca atingindo níveis abaixo de 60% para umidade e acima de 35° para temperatura.

Apesar dos resultados encontrados serem satisfatórios, faz-se necessário, portanto, um estudo mais detalhado com análise de outros poluentes do ar, inclusive do material particulado, possível agente de transporte de poluentes.

Conclui-se que o estabelecimento comercial que oferece suas instalações como estacionamento de veículos automotores, localizada na Rua Marechal Floriano Peixoto, 1775 - 2º andar, na cidade de Santa Maria, o JF Estacionamento e Cia Ltda., opera dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, assim como as áreas de ventilação são eficientes.

REFERÊNCIAS

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **U.S. Department of Health and Human Services. Toxicological Profile for Carbon Monoxide**. Atlanta, Georgia, 2009.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar do Estado de São Paulo**, São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <<http://bit.ly/2147iB5>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

CHALOULAKOU, A.; MARVROIDIS, I. Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school evaluation of an indoor air quality model. **Atmospheric Environment**, v. 36, p. 1769-1781, 2002.

CHOWDHURY, Z. et al. Measurement and modeling of indoor air pollution in rural households with multiple stove intervention in Yunnan, China. **Atmospheric Environment**, v. 67, p. 161-169, 2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 003 de 28 de junho de 1990**: Padrão de qualidade do ar. Brasília, 1990.

FELLENBERG, Gunter. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: EPU: Springer: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

GOMES, J. F. P. Poluição do ar: revisão da problemática e legislação. **Ingenium**, n. 52, p. 23-26, 1991.

GOMES, J. F. P. **Poluição Atmosférica**. Porto: Instituto Nacional de Meteorologia, set. 2001. Disponível em: <<http://bit.ly/1VSY9Mt>>. Acesso em: 15 set. 2010.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: Synthesis Report**. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. 155 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

LIMB, M. Current ventilation and air conditioning systems and strategies. Coven-try: AIVC, 1994 apud AWBI, Hazim. Design considerations for naturally ventilated buildings. **Renewable Energy**, v. 5, p. 1081-1090, 1994.

MÉREL, P. et al. Cars on crutches: How much abatement do smog check repairs actually provide? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 67, p. 371-395, 2014.

SEIFELD, J. H. PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics – From air pollution to climate change**. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2006.

ZHONG, K.; YANG, F.; KANG, Y. M. Indoor and outdoor relationships of CO concentration in natural ventilating rooms in summer, Shanghai. **Building and Environment**, v. 62, p. 69-76, 2013.