

AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR ORIGINADA POR VEÍCULOS AUTOMOTORES NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE LAGES-SC

DOI: 10.19177/rgsa.v8e12019149-182

**Jordana dos Anjos Xavier¹, Valter Antonio Becegato²
Camila Angélica Baum³, Daniely Neckel Rosini⁴,
Amanda Dalalibera⁵, Eduardo Duminelli⁶
Jairo Afonso Henkes⁷, Mauro Faccioni Filho⁸**

RESUMO

O sistema de planejamento urbano das cidades brasileiras tem conduzido ao aumento exponencial da frota de veículos automotores, os quais representam a fonte emissora de poluentes atmosféricos mais significativa na categoria das fontes móveis. O município de Lages-SC teve um aumento na sua frota veicular, entre 2007 e 2017, da ordem de 70,43%. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar os níveis de emissões de gases de veículos automotores na área urbana do município de Lages, a fim de verificar se as concentrações registradas para o dióxido de nitrogênio presentes na atmosfera apresentam-se de acordo com os níveis estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 003/90, e também classificar a qualidade do ar conforme o Índice de Qualidade do Ar do Instituto Ambiental do Paraná. A avaliação foi realizada com amostragens pela manhã e tarde, e os resultados analisados por análise estatística descritiva e correlação de dados. Constatou-se a influência de alguns fatores meteorológicos sobre o comportamento dos poluentes, e que os níveis de dióxido de nitrogênio presentes no ar de Lages estão acima dos valores padronizados pela legislação, classificando-o como inadequado, o que pode acarretar em impactos sobre a saúde humana e ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Veículos automotores. Emissões. Poluição. Poluentes atmosféricos. Dióxido de nitrogênio.

¹ Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina. UDESC. E-mail: jordanaxavier94@gmail.com

² Professor titular do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina, Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. E-mail: valter.becegato@udesc.br

³ Eng. Amb e sanitaria (UFSM), atualmente doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS). E-mail: eng.camilabaum@gmail.com

⁴ Licenciada em Ciências Biológicas, pós-graduada em Gestão e Educação Ambiental, Mestranda em Ciências Ambientais. E-mail: danielybio@hotmail.com

⁵ Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: amandadalalibera@gmail.com

⁶ Graduando do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: duminelli@outlook.com

⁷ Doutorando em Geografia (UMinho-Pt). Mestre em Agroecossistemas (UFSC). Especialista em Administração Rural (UNOESC). Engenheiro Agrônomo (UDESC). Professor do Curso de Administração, do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: jairohenkes333@gmail.com

⁸ Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre (1997) e Doutor (2001) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professor da Unisul. E-mail: mauro.faccioni@unisul.br

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica nas áreas urbanas constitui-se em um dos mais graves problemas associados à qualidade de vida dos habitantes, além de acarretar em efeitos que podem refletir na vegetação, na economia, nos materiais e nas propriedades da atmosfera. De acordo com Derísio (2017, p. 142), tal poluição é resultante das interações entre o homem e o meio em que vive, pois essas interações produzem boa parte dos resíduos responsáveis pela poluição atmosférica.

As interações podem ser originadas a partir de fontes classificadas em fixas ou móveis. As fontes fixas são representadas pelas indústrias, que podem ser categorizadas como: metalúrgicas, mecânicas, têxteis, bebidas, químicas, etc. (DERÍSIO, 2017, p. 145). Já as fontes móveis são representadas pelos veículos automotores, como: automóveis, caminhões, ônibus; juntamente com trens, aviões e embarcações marinhas (IAP, 2018). Dentre as fontes emissoras mais significativas dessa categoria estão os automóveis, pois o rápido e contínuo processo de urbanização observado no Brasil tem levado ao aumento da motorização individual (DERÍSIO, 2017, p. 151).

Assim, a avaliação dos impactos ambientais relacionados ao setor de transporte é analisada a partir de dois indicadores, sendo eles as emissões veiculares e de ruído (LANDMANN; RIBEIRO; DEÁK, 2007). O ruído é um agente físico que também tem como sua principal fonte os veículos automotores, responsáveis por aproximadamente 80% das perturbações sonoras (ROCHA; DOS SANTOS; FROTA, 2013).

De acordo com Cunha et al. (2015), o planejamento do sistema urbano atual adotado pela maioria das cidades brasileiras incentiva e privilegia o sistema de transporte motorizado individual. Além disso, o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico levam ao aumento exponencial da frota de veículos automotores, assim torna-se maior a preocupação com os efeitos gerados pelas

emissões veiculares, sejam eles relacionados à saúde da população ou a qualidade do ar (CANCELLI; DIAS, 2014).

Os centros urbanos concentram a maior parte das emissões veiculares, pois as paradas, ultrapassagens e conversões, realizadas pelos veículos nas vias, são significativas para o impacto no consumo de combustível, e conseqüentemente, nas emissões (LIMA; DEMARCHI; GIMENES, 2010). Pandian, Gokhale e Ghoshal (2009) reiteram que há intensificação das emissões em situações adversas que ocorrem com frequência, as quais são facilmente observados em vias sinalizadas, ou cruzamentos e entroncamentos.

Segundo Molina e Molina (2004), o setor de transportes é um facilitador crítico da atividade econômica e das interações sociais benéficas. Dessa forma, o grande desafio dos centros urbanos é reduzir os impactos ambientais, entre outros efeitos negativos gerados pelos veículos, porém, sem dispensar os benefícios da mobilidade. Assim, esse dilema torna-se urgente, à medida que os centros urbanos crescem.

O crescimento da frota automobilística no Brasil motivou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a estabelecer regulamentações relacionadas à poluição do ar decorrentes dos veículos. Nesse sentido, em 06 de maio de 1986, o CONAMA estabeleceu a Resolução nº 18, que dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), o qual definiu os primeiros limites de emissão para veículos leves (BRASIL, 1986). Posteriormente, o CONAMA criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR), disposto pela Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989 (BRASIL, 1989). A fim de complementar a Resolução nº 005/89, criou a Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, que definiu padrões de qualidade do ar para as concentrações de poluentes atmosféricos (BRASIL, 1990). Por fim, em 28 de outubro de 1993 ainda foi estabelecida a Lei nº 8.723, a qual dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências (BRASIL, 1993).

Os principais gases emitidos pelos veículos decorrentes da queima dos combustíveis são: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), compostos de enxofre (SO_x), compostos de nitrogênio (NO_x), material particulado (MP), aldeídos (RCHO) e hidrocarbonetos (HC) (MMA, 2013). Cerri et al. (2010) afirma que os efeitos à saúde causados pelos gases poluentes dependem de sua concentração, tempo de exposição e sensibilidade do indivíduo.

Em Lages, Santa Catarina, a frota veicular apresentou um aumento de 70,43% nos últimos dez anos (2007-2017), com isso o ar teve sua qualidade alterada (DETRAN-SC, 2018). A má qualidade do ar no município é potencializada pelas características climáticas locais, as quais são intensificadas pela ocorrência do fenômeno da inversão térmica, que retém poluentes atmosféricos na camada próxima ao solo. Destaca-se que no período de 2008 a 2017 houve um aumento na ocorrência de doenças relacionadas ao trato respiratório, como a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), cujo aumento foi de aproximadamente 670% (MS, 2018), e que pode estar relacionada à qualidade do ar.

O conhecimento da qualidade do ar e da influência que os veículos automotores exercem sobre essa qualidade, servem de suporte para a tomada de decisão com relação às medidas de mitigação e controle da poluição do ar. As atividades de identificação e quantificação das substâncias poluentes exigem uma vigilância contínua, para que a composição do ar respirada pela população seja adequada e saudável (BRANCO; MURGEL, 2010, p. 98). Portanto, de acordo com Frondizi (2008, p. 17), o monitoramento da qualidade do ar verifica o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação a partir dos dados obtidos, determina situações críticas que necessitam de planos emergenciais, além de identificar tendências de evolução nas concentrações de poluentes. O autor afirma também que o monitoramento proporciona uma avaliação dos impactos gerados pelas fontes emissoras.

Outros assuntos abordando a mesma temática que a do presente trabalho foram encontrados, porém esse trabalho se diferencia principalmente no tipo de avaliação utilizada e na forma como foram obtidos os resultados. Pinheiro, Da Rocha e Dos Santos (2017) avaliaram as emissões atmosféricas originadas por veículos automotores, porém as concentrações são examinadas de acordo com o tipo de veículo e o tipo de combustível utilizado e distância percorrida, e em unidade de medida que leva em conta a variável tempo, que no presente estudo não é levada em consideração. Outro estudo, semelhante no que diz respeito a unidade de medida utilizada, desenvolvido por Silva et al. (2014), aborda um elemento não avaliado neste estudo, o monóxido de carbono (CO), e o mesmo não é comparado com a legislação.

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de emissões de gases de veículos automotores na área urbana do município de Lages-SC. A avaliação foi realizada a partir da medição dos níveis de concentração dos compostos monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de

nitrogênio (NO_2) de origem veicular sob diferentes condições de tráfego e veículos, a fim de verificar se os mesmos encontram-se dentro dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação vigente.

2 PRINCIPAIS GASES E SEUS EFEITOS ADVERSOS

A qualidade do ar é determinada a partir da quantidade de substâncias poluentes nele presente, de forma que a concentração dessas substâncias pode torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde e ao meio ambiente (DERÍSIO, 2017, p. 130). De acordo com Branco e Murgel (2010, p. 34-36), as substâncias consideradas poluentes podem ser classificadas como: compostos sulfurosos, compostos nitrogenados, compostos orgânicos, óxidos de carbono, oxidantes fotoquímicos e material particulado.

Segundo Jafarinejad (2016), os compostos sulfurosos apresentam efeitos negativos sobre o meio ambiente. São originados a partir da queima de combustíveis fósseis, que como produto formam os óxidos de enxofre, sendo o dióxido de enxofre (SO_2) o principal óxido formado (BRANCO; MURGEL, 2010, p. 34). Tal poluente dá origem ao ácido sulfúrico, quando presente em ar úmido, o qual é responsável pela acidificação das águas e do solo, e também é um contribuinte para a formação da chuva ácida, responsável pela corrosão e aceleração do envelhecimento de materiais (CUNHA, 2002).

O SO_2 é caracterizado, segundo Derísio (2017, p. 131), como um gás incolor, com forte odor, além de ser um importante precursor de sulfatos e um dos principais componentes das partículas inaláveis. Os efeitos causados pelo SO_2 são potencialmente danosos ao organismo humano, capazes de provocar complicações no sistema respiratório, e em determinadas concentrações e situações, podem originar a deposição ácida (AFONSO; PEREIRA, 2010).

Os compostos nitrogenados, representados pelos óxidos de nitrogênio (NO e NO_2), são gases que representam uma forte influência química na atmosfera e na poluição do ar, além de serem graves precursores do ozônio (O_3) (MCDONALD et al., 2012). De acordo com Cançado et al. (2006), na presença de luz solar, o NO_2 é responsável pela formação de oxidantes fotoquímicos a partir de reações com hidrocarbonetos e oxigênio, sendo o ozônio um exemplo do oxidante formado. Derísio

(2017, p. 31) caracteriza o NO_2 como um gás de cor marrom alaranjada, com odor forte e irritante, altamente tóxico ao ser humano.

A baixa solubilidade em água do NO_2 permite que o mesmo possa atingir as porções mais periféricas do pulmão, originando compostos de caráter carcinogênicos, pois o fato de ser um agente oxidante o torna tóxico (CANÇADO et al., 2006). Seus efeitos à vegetação tornam-se mais danosos na presença simultânea de SO_2 , porém, mesmo isolado em altas concentrações provoca danos aos tecidos das folhas e redução no crescimento (CUNHA, 2002).

De forma geral, os compostos orgânicos são representados pelos hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, ácidos orgânicos, entre outras substâncias que possuem como elemento básico o carbono (BRANCO; MURGEL, 2010, p. 35). Segundo os autores, apenas uma parcela desses compostos é originada a partir da queima parcial de combustível, contudo, a segunda maior fonte é representada pela evaporação de combustíveis e solventes, resultantes dos subprodutos da indústria química e farmacêutica.

Os compostos orgânicos integram um dos elementos precursores do oxidante fotoquímico ozônio (MARTINS; ANDRADE, 2002). Esse composto pode apresentar efeito benéfico ou nocivo, o que depende do lugar em que o mesmo se encontra. Quando presente nas altas camadas da atmosfera apresenta efeito benéfico, pois é responsável pela retenção dos raios ultravioleta do Sol. Entretanto, quando localizado próximo à superfície torna-se prejudicial à saúde e à conservação de determinados materiais (BRANCO; MURGEL, 2010, p. 36).

Sendo assim, oxidantes fotoquímicos é a designação dada aos poluentes secundários formados a partir de reações entre hidrocarbonetos e óxidos nitrogenados na presença de luz solar (CETESB, 2018). Derísio (2017, p. 135) afirma que esses compostos são responsáveis pelo aumento das doenças pulmonares, além da comprovação do envelhecimento precoce e da diminuição da capacidade de resistir a doenças infecciosas no trato respiratório, a partir de estudos realizados com animais.

Os óxidos de carbono são representados pelas formas de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2), os quais são resultantes da combustão, seja ela total ou incompleta (BRANCO; MURGEL, 2010, p. 36). O CO é liberado no ambiente a partir da combustão incompleta, e é caracterizado como um gás inodoro, incolor e extremamente tóxico (CETESB, 2017). Esse poluente gasoso é o mais abundante da

camada inferior da atmosfera e usualmente encontrado nas grandes cidades, o que acarreta em efeitos associados de exposição humana associada à capacidade de transporte de oxigênio no sangue, além de outros efeitos como deficiência na capacidade psicomotora, dores de cabeça, tontura, alucinação, depressão, síncope, asfixia e até mesmo a morte (LISBOA, 2014). Por outro lado, o CO₂ não é caracterizado como um gás tóxico, porém provoca problemas ambientais, como a intensificação do efeito estufa (DERÍSIO, 2017, p. 134).

Por fim, o último grupo de classificação de substâncias poluentes são os materiais particulados (MP), os quais constituem as poeiras, fumaças, e todo tipo de substância não gasosa que se mantenha suspensa na atmosfera (CETESB, 2018). Segundo Branco e Murgel (2010), a fonte mais simples de MP é a suspensão de poeira por ação do vento ou do tráfego de veículos em vias não pavimentadas. Os efeitos causados à saúde humana oriundos dos MP's estão associados ao sistema respiratório, além do incômodo à população, diminuição da visibilidade, presença de substâncias tóxicas e carcinogênicas nas partículas, entre outros (LISBOA, 2014).

Entretanto, as concentrações dos poluentes na atmosfera sofrem interferência ou contribuição de diversos fatores. Os fatores meteorológicos como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, e também os demográficos, como índices de desenvolvimento humano, urbanização, padrões de industrialização, afetam a qualidade do ar e apresentam reflexos diretos sobre a saúde humana (BUENO et al., 2010).

3 METODOLOGIA

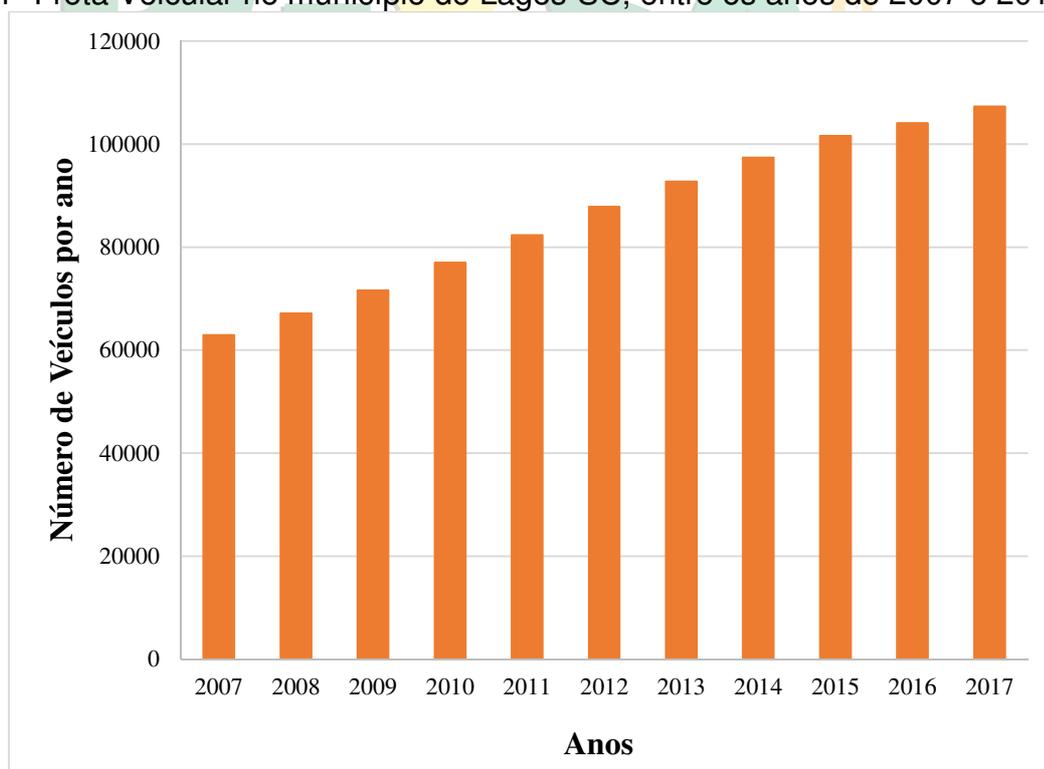
3.1 Área de Estudo

O município de Lages está localizado na região serrana do estado de Santa Catarina, e é o maior em extensão territorial do estado. Sua população é a oitava maior do estado, com 158.508 habitantes, sendo que 97,11% residem na área urbana e apenas 2,89% residem na área rural (IBGE, 2017). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, Lages apresenta clima temperado com verões brandos (KOTTEK et al., 2006). Durante o inverno ocorrem no município geadas e até mesmo neve, pois na estação fria as condições climáticas são influenciadas pelas massas de ar polar

provenientes do continente antártico (MONTEIRO, 2001). As temperaturas mensais, médias máximas e mínimas, no município são de 28°C e 10,8°C, respectivamente (SANTA CATARINA, 1986, p. 38), e as precipitações pluviais são relativamente distribuídas durante o ano, sendo que os meses de outono apresentam menores pluviometrias (SOCCOL, et al., 2010).

Segundo dados do Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina (DETRAN-SC) (2018), ao longo dos últimos 10 anos (2007-2017), a frota veicular no município apresentou um crescimento de 70,43%, conforme apresentado na Figura 1, sendo que a média de crescimento populacional tem sido inferior a 1% ao ano (IBGE, 2017). No ano de 2007 o município contava com 62.956 veículos, incluindo automóvel, caminhão, caminhão trator, caminhonete, camioneta, ciclomotor, **experiência**^[SR1], micro-ônibus, motocicleta, motoneta, motor-casa, ônibus, reboque, semi-reboque, side-car, trator de rodas, trator esteiras, trator misto, triciclo e utilitário, enquanto que no ano de 2017, o número de veículos contabilizados no município foi de 107.298 (DETRAN-SC, 2018).

Figura 1- Frota Veicular no município de Lages-SC, entre os anos de 2007 e 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

3.2 Pontos de Coleta

Os pontos de coletas de dados atmosféricos foram pré-determinados considerando quantidade e tipo de fluxo veicular. A descrição e as coordenadas de cada ponto são demonstradas na Tabela 1 e a localização dos mesmos é apresentada na Figura 2.

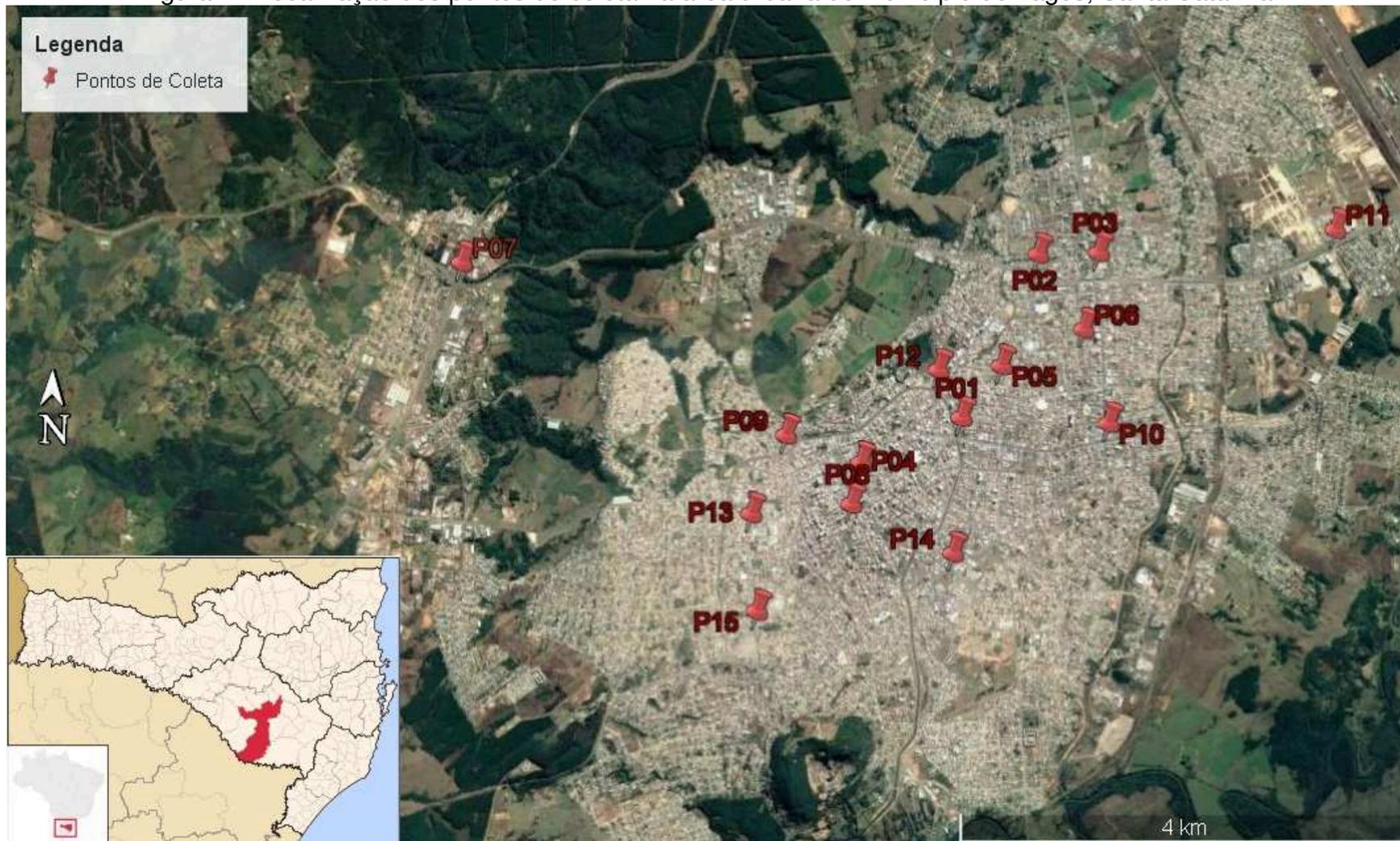
Tabela 1 – Localização e Caracterização dos Pontos de Coleta.

Ponto de Coleta	Coordenadas (UTM)		Elevação (m)	Caracterização
	Latitude (m)	Longitude (m)		
P01	567192,85	6923573,07	885	Cruzamento entre as avenidas Belizário Ramos e Presidente Vargas
P02	567851,34	6925043,14	894	Viaduto na BR-282 que cruza o perímetro urbano do município de Lages
P03	568392,41	6925074,37	913	Avenida Luiz de Camões: via de acesso norte do município, em frente ao Hospital Infantil Seara do Bem
P04	566301,01	6923160,79	914	Rua Correia Pinto, esquina com a Rua Pres. Nereu Ramos: via de acesso ao Centro do município de Lages
P05	567543,31	6924044,41	892	Rua Antônio Edu Vieira, esquina com a Rua Cel. Lica Ramoas : situa-se paralelamente entre duas ruas que dão acesso a Avenida Duque de Caxias
P06	568269,63	6924387,07	909	Rua Dom Pedro I, esquina com a Rua Afonso Pena: paralela a Avenida Luiz de Camões.

P07	562696,79	6924811,80	1016	Trevo de cruzamento entre a BR-282 e BR-116
P08	566218,38	6922786,97	926	Rua Hercílio Luz, esquina com a Rua Benjamin Constant, próximo ao Hospital Nossa Senhora dos Prazeres
P09	565625,23	6923385,80	898	Avenida Belizário Ramos, esquina com a Rua Eurico Manoel de Liz
P10	568507,09	6923558,98	912	Cruzamento entre as avenidas Luiz de Camões e Presidente Vargas
P11	570310,20	6924795,01	931	Trevo na BR-282, próximo ao Lages Garden Shopping
P12	566978,62	6924005,92	886	Cruzamento entre as avenidas Belizário Ramos e Duque de Caxias
P13	565337,57	6922694,76	912	Rua São Joaquim, esquina com a Rua Marechal Deodoro, próximo ao Hospital Tereza Ramos
P14	567178,12	6922381,56	892	Cruzamento entre a Avenida Dom Pedro II e a Rua Frei Gabriel
P15	565404,38	6921831,25	927	Rótula na Avenida Marechal Floriano, próximo ao Cemitério Cruz das Almas

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Figura 2 - Localização dos pontos de coleta na área urbana do município de Lages, Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

3.3 Amostragem

A amostragem foi realizada durante um período aproximado de cinquenta dias, entre o final do mês de agosto e o final do mês de outubro de 2018. Os dias da amostragem apresentaram as seguintes características: ausência de chuva e sem incidência de ventos, ou com ocorrência de ventos brandos. A amostragem teve duração de 30 (trinta) minutos, por ponto, em duas vezes do dia, nos horários: 8:30 à 9:00h e 18:00 à 18:30h. A medição foi realizada a um metro de altura em relação ao solo. Como os dados foram coletados instantaneamente, foram coletadas informações de 10 (dez) em 10 (dez) minutos, totalizando três medições em cada turno.

A coleta foi realizada em quinze pontos amostrais, nos quais foram medidos os gases: NO, CO₂ e NO₂; além de variáveis como temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), ponto de orvalho (DP) e bulbo úmido (WB). Foram utilizados aparelhos de medição de gases portáteis, conforme descritos a seguir.

- **MiniRAE 3000:** O medidor MiniRAE 3000, apresentado na Figura 3 é um monitor de gás de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC's), que monitora esses compostos usando um detector de fotoionização (PID), com uma lâmpada de 10,6 eV de descarga de gás. A resolução e alcance de medições estão dispostos na Tabela 2, e o tempo de resposta do equipamento é de dois segundos. Os gases medidos por esse aparelho são: NO e NO₂ (RAE Systems, 2010).

Tabela 2- Resolução e alcance de medições do MiniRAE 3000.

Lâmpada	Faixa	Resolução
10,6 eV	0,1 ppm a 15.000 ppm	0,1 ppm
9,8 eV	0,1 ppm a 5.000 ppm	0,1 ppm
11,7 eV	0,1 ppm a 2.000 ppm	0,1 ppm

Fonte: Adaptado de RAE Systems, 2010.

Figura 3- MiniRAE 3000.



Fonte: RAE Systems, 2010.

- **Medidor AKSO AK786 com termo-higrômetro:** O medidor AK786, representado pela Figura 4, apresenta as medições de CO₂, além de informações como a temperatura e umidade relativa ambiente, ponto de orvalho e bulbo úmido (AKSO, 2018). As especificações do medidor estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Especificações do Medidor AK786.

	CO ₂	Temperatura	Umidade
Faixa de Medição	0 a 9.999 ppm	10 a 50 °C	10 a 90%
Resolução	1 ppm	0.1 ° C	0.1 %

Fonte: Adaptado de (AKSO, 2018).

Figura 4 - Medidor ASKO AK86 com termo-higrômetro.



Fonte: (AKSO, 2018).

Além da medição de gases e das demais variáveis, foram obtidos dados de velocidade dos ventos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2018), de acordo com as datas de cada coleta e horários de medição, para posterior análise dos resultados. Os veículos que trafegaram pelo local de coleta durante o período de amostragem também foram contabilizados e o ruído ambiente foi quantificado.

Os veículos foram classificados em duas categorias de acordo com a Resolução nº 396, de 13 de dezembro de 2011, do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), sendo: pesados que compreendem ônibus, micro-ônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, motor-casa, reboque ou semirreboque e suas combinações; e leves, que compreendem ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, quadríciclo, automóvel, utilitário, caminhonete e camioneta, com peso bruto total - PBT inferior ou igual a 3.500 kg (BRASIL, 2011).

Para a medição do ruído foi utilizado um medidor de nível de pressão sonora (MNPS) digital portátil da marca AK822. A medição de ruído ambiente é instantânea, dessa forma foram registrados durante o período de coleta dos gases, três vezes em cada turno.

3.4 Análise de Dados

Para análise dos dados, os mesmos foram primeiramente organizados em planilhas eletrônicas. Foi realizado tratamento estatístico dos dados com o objetivo de analisar o comportamento dos mesmos, por meio da estatística descritiva e análise de correlação entre os dados.

Para fins de adequação a legislação foi realizada uma comparação das concentrações de dióxido de nitrogênio (NO₂) com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 003/90 (BRASIL, 1990), os quais estão apresentados na Tabela 4. E a fim de classificar a qualidade do ar no município de Lages, o valor médio obtido foi avaliado de acordo com o Índice de Qualidade do Ar, presente no Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV, conforme a Tabela 5 (IAP, 2012). O PCPV foi elaborado a partir da Portaria Normativa IBAMA nº 348, de 14 de março de 1990 e da Resolução CONAMA nº 003/90, a partir dos quais foram estabelecidos os padrões nacionais de qualidade do ar (IAP, 2011).

Tabela 4 – Concentrações de poluentes atmosféricos de acordo com a Resolução CONAMA nº 003/90.

	Dióxido de Nitrogênio (NO₂)	
Padrão Primário	Média aritmética anual	100 µg/m ³
	Média de 1 hora	320 µg/m ³
Padrão Secundário	Média aritmética anual	100 µg/m ³
	Média de 1 hora	190 µg/m ³

Fonte: Adaptado de BRASIL, 1990.

Tabela 5- Classificação da Qualidade do Ar através do Índice de Qualidade do Ar.

Índice de Qualidade do Ar	Classificação	NO ₂ 24h (µg/m ³)
0 - 50	Boa	0 - 100
>50 – 100	Regular	>100 – 320
>100 – 200	Inadequada	> 320 – 1130
>200 – 300	Má	>1130 – 2260
>300 – 400	Péssima	>2260 – 3000
>400	Crítica	>3000

Fonte: Adaptado de IAP, 2012.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da qualidade do ar é a ferramenta utilizada para verificar o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação, e assim determinar a necessidade da elaboração de planos emergenciais e avaliar os impactos gerados pelas fontes emissoras (FRONDIZI, 2008, p.17). Para atingir os objetivos propostos, a seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos no monitoramento da qualidade do ar na área urbana de Lages.

A Tabela 6 apresenta as médias obtidas para cada parâmetro para todos os pontos de coleta nos turnos da manhã e da tarde, visto que em cada coleta foram registradas três medições.

Tabela 6 - Média dos parâmetros avaliados em cada ponto de coleta nos turnos da manhã e da tarde.

Ponto	NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		T (°C)		UR (%)		DP (°C)		WB (C°)		Ventos* (m/s)		Ruído (db)	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
P01	0,1	605,1	0,0	1647,4	401330	418330	20,4	19,8	67,4	42,2	14,2	6,4	16,6	13,0	3,5	7,8	72,1	78,3
P02	35,8	37,7	58,4	507,4	411670	423000	20,6	21,6	75,7	73,0	16,3	16,5	17,8	18,3	6,7	7,8	75,0	80,3
P03	0,0	222,9	0,0	634,0	356000	402000	13,7	16,3	61,3	62,4	6,4	9,0	10,0	14,0	-	-	66,3	68,6
P04	1,8	443,5	169,1	3301,0	416000	445000	23,1	23,6	63,0	55,9	15,4	14,4	18,2	18,0	2,1	5,7	64,8	70,7
P05	1,9	0,0	0,0	0,0	404670	399000	20,0	20,7	76,1	71,8	15,7	15,4	17,4	17,5	3,5	6,4	55,7	62,1
P06	0,0	138,5	13,7	211,4	395000	399330	14,5	13,4	66,8	62,2	8,3	6,3	11,0	9,9	-	-	59,1	65,8
P07	0,0	697,0	0,0	4057,5	403670	391000	22,8	30,1	67,2	47,4	16,5	17,5	18,9	21,8	2,8	6,2	74,5	78,0
P08	0,0	49,7	14,6	100,1	411330	407330	22,0	24,0	65,3	44,3	15,2	10,0	17,7	15,7	4,8	8,1	61,9	59,3
P09	2,0	16,7	1,2	32,3	447330	406330	19,3	19,9	88,0	81,0	17,2	16,6	18,0	17,8	3,6	13,4	64,7	69,0
P10	13,7	19,7	41,0	49,7	415000	419000	14,0	16,2	66,1	74,7	11,2	11,7	14,0	13,6	10,4	10,9	69,4	71,1
P11	0,0	32,2	0,0	256,5	407330	407670	21,5	20,6	63,4	74,7	14,3	16,0	17,1	17,8	-	-	63,6	66,5
P12	46,3	154,4	76,3	560,5	424000	412000	14,0	16,3	66,0	71,0	10,2	11,0	13,0	13,3	-	-	70,0	72,9
P13	44,1	61,9	129,3	360,7	453000	448000	27,4	23,0	50,4	68,4	15,5	15,0	20,1	17,3	2,2	9,7	62,1	70,1
P14	139,6	614,5	1566,1	2127,8	414330	424330	13,6	17,3	62,2	51,8	6,4	7,3	10,0	12,0	-	-	71,9	72,2
P15	213,6	823,1	314,3	2434,2	420670	430670	22,2	13,5	46,0	54,1	9,7	4,2	15,2	9,0	-	-	66,5	74,3

*Devido a problemas técnicos não foi possível a medição do parâmetro Vento em alguns Pontos. NO: Monóxido de Nitrogênio; NO₂: Dióxido de Nitrogênio; CO₂: Dióxido de Carbono; T: Temperatura; UR: Umidade Relativa do ar; DP: Ponto de Orvalho; WB: Bulbo Úmido.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Na Tabela 7 está representada a análise estatística descritiva dos dados do turno da manhã e a Tabela 8 representa o turno da tarde. Por fim, a Tabela 9 caracteriza os dados num todo, levando em conta os dois turnos.

Tabela 7 - Análise estatística dos dados para cada parâmetro do turno da manhã.

Parâmetros	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)	Máximo	Mínimo
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33,3	62,2	186,9	213,6	0,0
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	158,9	399,0	251,1	1.566,1	0,0
CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	412.088,7	22.140,8	5,4	453.000,0	356.000,0
T (°C)	19,4	4,1	21,2	27,4	13,6
UR (%)	65,7	9,9	15,1	88,0	46,0
DP (°C)	12,8	3,8	29,4	17,2	6,4
WB (°C)	15,7	3,3	21,1	20,1	10,0
Ventos (m/s)	4,4	2,6	60,3	10,4	2,1
Ruído (db)	66,5	5,6	8,5	75,0	55,7

NO: Monóxido de Nitrogênio; NO₂: Dióxido de Nitrogênio; CO₂: Dióxido de Carbono;
T: Temperatura; UR: Umidade Relativa do ar; DP: Ponto de Orvalho; WB: Bulbo Úmido.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Tabela 8 - Análise estatística dos dados para cada parâmetro do turno da tarde.

Parâmetros	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)	Máximo	Mínimo
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	261,1	290,7	111,3	823,1	0,0
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.085,4	1.311,6	120,8	4.057,5	0,0
CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	415.532,7	16.586,8	4,0	448.000,0	391.000,0
T (°C)	19,8	4,5	22,5	30,1	13,4
UR (%)	62,3	12,4	19,9	81,0	42,2
DP (°C)	11,8	4,4	37,5	17,5	4,2
WB (°C)	15,3	3,5	23,1	21,8	9,0
Ventos (m/s)	8,4	2,4	29,5	13,4	5,7
Ruído (db)	70,6	5,8	8,3	80,3	59,3

NO: Monóxido de Nitrogênio; NO₂: Dióxido de Nitrogênio; CO₂: Dióxido de Carbono;
T: Temperatura; UR: Umidade Relativa do ar; DP: Ponto de Orvalho; WB: Bulbo Úmido.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Pode-se observar que o turno da tarde apresentou as maiores concentrações médias obtidas nas medições dos gases, ruído, vento e de algumas variáveis meteorológicas. Nesse turno a maior concentração foi representada pelo CO₂, com um valor médio de 415.532,7 µg/m³, seguido do NO₂ com uma concentração de 1.085,4 µg/m³, e por último o NO com média de 261,1 µg/m³.

As maiores concentrações de NO₂ foram apontadas pelo equipamento de medição no momento em que os veículos davam partida, entretanto isso não ocorreu de forma constante, pois havia momentos de parada, nos quais as concentrações apontadas eram reduzidas ou até mesmo zeradas. Tal fato confere ao NO₂ o parâmetro com maior coeficiente de variação, igual a 120,8, ou seja, o NO₂ apresentou maior variabilidade nos valores das concentrações medidas. Já o menor coeficiente de variação foi representado pelo CO₂, com um valor de 4,0, visto que esse elemento é produto de uma reação envolvendo o CO, o qual, segundo Lisboa (2014), é o mais abundante na camada inferior da atmosfera e pode ser encontrado naturalmente.

No turno da manhã a ordem das concentrações dos gases apresentada foi a mesma do turno da tarde, porém em valores de concentração inferiores. A maior concentração foi representada também pelo CO₂, com um valor médio de 412.088,7 µg/m³, seguido do NO₂ com uma concentração de 158,9 µg/m³, e por fim o NO com média de 33,3 µg/m³. Da mesma forma que no turno da tarde, o maior coeficiente de variação foi do NO₂, igual a 251,1 e o menor do CO₂, igual a 5,4. Entretanto, esses coeficientes foram mais altos do que no turno da tarde, indicando maior variabilidade nas concentrações.

Tabela 9 - Análise estatística dos dados para cada parâmetro considerando os dois turnos.

Parâmetros	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação	Máximo	Mínimo
NO (µg/m³)	147,2	236,8	160,90	823,1	0,0
NO₂ (µg/m³)	622,2	1.062,7	170,81	4.057,5	0,0
CO₂ (µg/m³)	413.810,7	19.301,3	4,66	453.000,0	356.000,0
T (°C)	19,6	4,2	21,54	30,1	13,4
UR (%)	64,0	11,1	17,42	88,0	42,2
DP (°C)	12,3	4,1	33,03	17,5	4,2
WB (°C)	15,5	3,4	21,73	21,8	9,0
Ventos	6,4	3,2	50,6	13,4	2,1
Ruído (db)	68,6	6,0	8,76	80,3	55,7

NO: Monóxido de Nitrogênio; NO₂: Dióxido de Nitrogênio; CO₂: Dióxido de Carbono;
T: Temperatura; UR: Umidade Relativa do ar; DP: Ponto de Orvalho; WB: Bulbo Úmido.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.



Sendo os veículos responsáveis por grande parte da poluição atmosférica urbana, pois no contexto urbano os mesmos representam cerca de 90% das emissões totais (MMA, 2013), foi realizada a contagem dos veículos. A Tabela 10 configura o número de veículos, divididos em leves e pesados de acordo com a Resolução nº 396/11.

Durante a amostragem houve maior fluxo de veículos leves, tanto no turno da manhã quanto no da tarde, sendo o turno da tarde com maior número de veículos, contabilizando 11.137 no total. Entretanto, o turno da manhã apresentou um maior número de veículos pesados, sendo 793 veículos, em comparação com o turno da tarde, que teve 782 veículos.

O ponto de coleta 12 apresentou o maior número de veículos trafegando durante a medição no turno da tarde, no qual foram contabilizados 1.549 veículos leves. Esse ponto está localizado em um cruzamento com semáforo entre as avenidas Belizário Ramos e Duque de Caxias. Essas duas avenidas estão entre as principais da cidade, pois a Avenida Duque de Caxias é o principal acesso entre a BR-282 e o centro do município, enquanto a Avenida Belizário Ramos localiza-se às margens do rio Carahá, contornando o centro da cidade até as regiões periféricas. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**

E o ponto com menor número de veículos foi o 05, com apenas 03 veículos trafegando durante a medição também no turno da tarde, os quais foram caracterizados como pesados. O ponto está localizado em um cruzamento, entre as ruas Edu Vieira e Cel. Lica Ramos, situado paralelamente entre duas ruas que dão acesso a Avenida Duque de Caxias, não sendo um ponto de grande importância dentro da malha viária do município.

Tabela 10 - Veículos leves e pesados contabilizados durante as medições em cada ponto de coleta.

Ponto	Manhã		Tarde	
	Leves	Pesados	Leves	Pesados
P01	610	40	810	25
P02	461	63	797	34
P03	487	51	802	78
P04	336	18	348	06
P05	54	04	66	03
P06	81	05	216	28
P07	450	144	426	90
P08	147	05	199	06
P09	94	22	474	15
P10	1012	92	1326	115
P11	390	144	744	150
P12	864	72	1549	53
P13	220	15	372	29
P14	582	90	1212	96
P15	398	28	1014	54
Total	6.186	793	10.355	782

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Quando analisadas as concentrações médias dos gases obtidas nesses pontos, conforme Tabela 7, verifica-se que no ponto 05 foi registrada a menor concentração de CO₂ e nenhuma concentração de NO e NO₂, a que já era esperado, visto o baixo fluxo veicular. Contudo, o ponto 12, que apresentou o maior fluxo veículos não foi o ponto com maior emissão desses gases, o que pode estar relacionado a diversos fatores, inclusive climáticos. Nesse sentido, a fim de verificar se há relação do tipo de veículo com os gases emitidos, e também a relação entre os fatores meteorológicos monitorados, foi verificada a correlação dos mesmos em cada um dos turnos, conforme apresentado nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Correlação dos parâmetros avaliados no turno da manhã.

	NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	T (°C)	UR (%)	DP (°C)	WB (°C)	Ruído (db)	Veículos leves	Veículos pesados
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1									
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,6297	1								
CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,2382	0,1048	1							
T (°C)	-0,0184	-0,2843	0,4620	1						
UR (%)	-0,5691	-0,2409	0,0339	-0,2249	1					
DP (°C)	-0,4425	-0,4925	0,4767	0,7479	0,4274	1				
WB (°C)	-0,2619	-0,4444	0,5455	0,8974	0,1447	0,9539	1			
Ruído (db)	0,2114	0,2637	-0,0481	-0,1512	0,0135	-0,0588	-0,0773	1		
Veículos leves	0,1708	0,1770	-0,1157	-0,4666	-0,1872	-0,3664	-0,3564	0,6896	1	
Veículos pesados	-0,0056	0,1582	-0,1573	-0,1531	-0,0244	-0,0559	-0,0715	0,6015	0,5605	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Tabela 12 - Correlação dos parâmetros avaliados no turno da tarde.

	NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	T (°C)	UR (%)	DP (°C)	WB (°C)	Ruído (db)	Veículos leves	Veículos pesados
NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1									
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,8734	1								
CO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,1669	0,1854	1							
T (°C)	0,0303	0,3844	-0,0448	1						
UR (%)	-0,7248	-0,6263	-0,0293	-0,2479	1					
DP (°C)	-0,4580	-0,0540	-0,0841	0,7036	0,5045	1				
WB (°C)	-0,2615	0,1472	-0,1216	0,8888	0,1903	0,9371	1			
Ruído (db)	0,5351	0,5299	0,2568	0,0948	-0,1422	0,0124	0,0548	1		
Veículos leves	0,2138	0,0335	0,1744	-0,4867	0,1268	-0,3275	-0,4280	0,4830	1	
Veículos pesados	0,1099	0,0870	-0,1757	-0,1232	0,1477	0,0231	-0,0272	0,1852	0,5538	1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Podem-se observar, no turno da manhã, correlações positivas entre as concentrações de NO e NO₂ com um valor de 0,6297, o que indica que à medida que a concentração de NO aumentava, a de NO₂ também aumentava. Essa mesma correlação foi apresentada no turno da tarde, de forma ainda mais representativa com um valor de 0,8734.

Segundo Martins e Andrade (2002), o NO é um poluente primário emitido em grandes quantidades pelas fontes móveis, por outro lado o NO₂ é emitido em quantidades menores. Entretanto, o NO pode ser convertido a NO₂ a partir de reações químicas na atmosfera quando em contato com O₂, O₃, dentre outros compostos. Assim, quanto maior a concentração de NO emitido, há mais NO sujeito a reações, e maior será a concentração de NO₂ na atmosfera.

De acordo com Barry e Chorley (2013, p. 82) há uma relação inversamente proporcional entre a temperatura e a umidade relativa do ar. Em temperaturas mais baixas a umidade do ar tende a aumentar, e assim os poluentes atmosféricos são dissipados pelo vapor d'água, porém essa correlação não foi apontada. Contudo, essa dinâmica envolvendo temperatura e concentração de poluentes, conforme Nodadori e Saldanha (2016), se deve ao fato de a temperatura influenciar sobre a intensidade e estrutura das turbulências do ar, as quais expandem as concentrações dos poluentes atmosféricos quando elevadas, ou os diluem quando inferiores.

Apesar de o estudo não ter apresentado relação significativa entre esses parâmetros, foi possível identificar uma relação inversamente proporcional, ou negativa, entre o aumento da umidade relativa do ar e a diminuição das concentrações de NO e NO₂. No turno da tarde houve maior expressividade, pois essa relação foi observada para os dois gases citados, sendo de -0,6263 para o NO e -0,7248 para o NO₂. Já no turno da manhã a correlação foi identificada apenas para o gás NO, com um valor de -0,5691.

As medições do ruído apresentaram correlações entre o número de veículos contabilizados, tanto leves quanto pesados, apenas no turno da manhã. Derísio (2017, p. 191) definiu as fontes de ruídos como móveis e estacionárias, sendo as estacionárias oriundas de processos e operações industriais, das construções e do comércio. Já as fontes móveis são aquelas que se movimentam, das quais os veículos automotores estão entre as principais. Assim, pode-se relacionar o aumento do nível do ruído com o aumento no número de veículos que trafegaram no local de medição.

Para veículos leves obteve-se uma correlação de 0,6896, e para veículos pesados o valor foi de 0,6015.

Também foi observada correlação entre o nível de ruído e o aumento das concentrações de NO e NO₂ no turno da tarde, com valores de 0,5351 e 0,5299, respectivamente. Apesar de não haver correlação nesse turno entre o aumento das concentrações de NO e NO₂ e o aumento do número de veículos. Segundo De Lacerda et al. (2005), o aumento no número de veículos motorizados tem levado ao aumento das reclamações da população, no Brasil e no mundo, relacionadas ao ruído gerado nas cidades. Por outro lado, o aumento da frota veicular também leva ao aumento das emissões de poluentes gasosos, pois os veículos automotores são as principais fontes poluidoras na categoria das fontes móveis (DERÍSIO, 2017, p.151).

O parâmetro vento não pode ser correlacionado devido a problemas técnicos, por esse motivo a análise de correlação não foi realizada, pois não havia medições para todos os pontos. Contudo, a partir dos pontos medidos, a velocidade do vento apresentou uma média de 4,4 m/s no turno da manhã e 8,4 m/s no turno da tarde, de acordo com as Tabelas 8 e 9, respectivamente. No entanto, o vento é um fenômeno responsável pelo transporte e diluição dos poluentes, ou seja, em condições de calmaria há um aumento na concentração dos poluentes, e em maiores velocidades a concentração dos poluentes tende a sofrer dispersão (NODADORI; SALDANHA, 2016).

A Tabela 13 apresenta o comparativo do valor médio obtido da concentração de NO₂ com os valores apresentados pela Resolução nº 003/90, que indica os máximos valores aceitáveis e que não acarretam em danos a saúde da população e ao meio ambiente, além de apresentar a classificação da qualidade do ar no município de Lages segundo o Índice de Qualidade do Ar do IAP.

Tabela 13 - Comparação da concentração média obtida de NO₂ com a Resolução CONAMA nº 003/90 e o Índice de Qualidade do Ar do IAP.

Parâmetro	Valor Médio Registrado (µg/m ³)	Valor da legislação				Índice de Qualidade IAP Classificação (24h)
		Padrão Primário (µg/m ³)		Padrão Secundário (µg/m ³)		
		Média aritmética anual	Média de 1 hora	Média aritmética anual	Média de 1 hora	
NO ₂	622,2	100	320	100	190	Inadequada

NO₂: Dióxido de Nitrogênio.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Não foi apresentado comparativo dos demais gases monitorados, pois tanto a Resolução CONAMA nº 003/90, quanto o Índice de Qualidade do Ar do IAP, apresentam regulamentação/classificação apenas para o composto NO₂. As legislações americana e europeia, representadas respectivamente pela lei *Clean Air Act* - Lei do Ar Limpo (EUA, 1975), e pela Diretiva 2008/50/CE (UNIÃO EUROPÉIA, 2008), também não apresentam parâmetros para os demais gases monitorados.

O valor médio registrado para o NO₂ foi de 622,2 µg/m³, sendo esse valor praticamente o dobro do valor máximo aceitável para o período de 1 hora, padrão primário, que é de 320 µg/m³. Utilizou-se apenas o padrão primário para comparação porque o mesmo está relacionado à saúde da população, que poderá ser afetada quando as concentrações estabelecidas forem ultrapassadas.

Também, conforme o Índice de Qualidade do Ar do IAP o ar apresenta-se inadequado em relação à concentração de NO₂. Para o ar ser classificado como inadequado, conforme esse índice, o mesmo deve apresentar concentrações >320-1130 µg/m³. Conforme esse mesmo Índice, a Qualidade do Ar é boa quando apresenta concentrações de NO₂ inferiores a 100 µg/m³.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia aplicada no presente estudo foi possível avaliar os níveis de emissões do NO, NO₂ e CO₂ na área urbana do município de Lages. E a partir da avaliação e análise estatística das concentrações obtidas pode-se constatar que as mesmas não se encontram de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação.

No município de Lages a concentração média registrada para o NO₂ está acima do valor máximo aceitável dentro da Resolução CONAMA nº003/90, tanto para o padrão primário quanto para o secundário, e a qualidade do ar foi classificada como inadequada, de acordo com o Índice de Qualidade do Ar do IAP. Entretanto, a legislação vigente e o índice de qualidade utilizados apresentam-se deficientes no que diz respeito aos parâmetros avaliados.

O CO₂ e o NO são parâmetros de extrema importância, mas não são abordados pela legislação. Visto que o CO₂ é considerado um intensificador do efeito estufa apesar de não ser tóxico ao ser humano, e o NO é apontado como um dos gases precursores do O₃, que por sua vez é responsável pelo aumento da temperatura na superfície. Não o bastante, há uma ineficácia na aplicação dessa legislação, pois não há monitoramento, logo não há fiscalização. Apesar de os níveis serem estabelecidos e padronizados, os mesmos não são verificados.

Pode-se constatar também, que é possível a potencialização dos poluentes emitidos pela influência de alguns fatores meteorológicos, favorecidos pelas condições climáticas locais e pela estação fria. E o nível de ruído pode ser associado ao aumento da poluição atmosférica levando em conta o aumento da frota veicular.

Por fim, o estudo pode ser aprofundado incluindo mais um horário de medição, às 13h, em que há diferentes condições climáticas, além de estender o monitoramento durante um ano inteiro, abrangendo as diferentes estações, para verificar de que forma os fatores meteorológicos podem influenciar no comportamento dos poluentes emitidos. É possível também incluir a avaliação de outros fatores que possam atuar no comportamento dos gases, como construções ou obstáculos, e as características topográficas do local de interesse. E, por fim, avaliar os níveis das emissões para diferentes tipos de combustíveis.

EVALUATION OF AIR POLLUTION ORIGINATED BY MOTOR VEHICLES IN THE URBAN AREA OF THE MUNICIPALITY OF LAGES-SC

ABSTRACT

The urban planning system of Brazilian cities has led to an exponential increase in the fleet of motor vehicles, which represent the most significant source of air pollutants in the category of mobile sources. The municipality of Lages-SC had an increase in its vehicular fleet, between 2007 and 2017, in the order of 70.43%. The main objective of this study was to evaluate the emission levels of automotive vehicle gases in the urban area of the city of Lages, in order to verify if the nitrogen dioxide concentrations recorded in the atmosphere are presented according to the levels established by CONAMA Resolution No. 003/90, and also to classify air quality according to the Air Quality Index of the Instituto Ambiental do Paraná. The evaluation was performed with morning and afternoon samplings, and the results were analyzed by descriptive statistical analysis and data correlation. The influence of some meteorological factors on the behavior of the pollutants was verified, and that the levels of nitrogen dioxide present in the air of Lages are above the values standardized by the legislation, classifying it as inadequate, which can lead to impacts on the human health and on the environment.

Keywords: Motor vehicle. Gas emission. Pollution. Atmospheric pollutants. Nitrogen dioxide.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, Júlio Carlos; PEREIRA, Kátia da Silva. Análise de Compostos Sulfurados em Efluentes Gasosos de Refinaria de Petróleo. **Revista Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 4, p. 957-963, 2010.

BARRY, Roger Graham; CHORLEY, Richard John. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9^a. ed. Porto Alegre: Brookman, 2013, 512 p.

BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo. **Poluição do ar**. 2^a. ed. Curitiba: Moderna, 2010, 112 p.

BRASIL. Ministério das Cidades, Conselho Nacional de Trânsito, CONTRAN. Resolução nº 396, de 13 de dezembro de 2011. Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semirreboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial [da] União**, de 22 de dezembro de 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 18, de 06 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do

Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. **Diário Oficial [da] União**, de 17 de jun. 1986, Seção 1, p. 8792-8795.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 5, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. **Diário Oficial [da] União**, de 25 de agosto de 1989, Seção 1, p. 14713-14714.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial [da] União**, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, p. 15937-15939.

BUENO, Flávia Faria et al. Qualidade do ar e interações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Health Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 185-189, 2010.

CANÇADO, José Eduardo Delfini et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 5-11, 2006.

CANCELLI, Diana Maria; DIAS, Nelson Luíz. BRevê: uma metodologia objetiva de cálculo de emissões para a frota brasileira de veículos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Curitiba, edição especial, p. 13-20, 2014.

CERRI, Carlos Clemente et al. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola (Piracicaba, Brazil)**, v.67, n.1, p.102-116, jan./feb., 2010.

CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica: Monóxido de Carbono**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wpcontent/uploads/sites/24/2013/11/Monoxido-de-carbono.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar: Poluentes**. Disponível em:< <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 22, out. 2018.

CUNHA, Paolla Brandão et al. Sensibilização da população de usuários do transporte coletivo de Uberlândia, Minas Gerais, para a percepção dos impactos e riscos gerados pelas emissões veiculares. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, São Paulo, v.11, n.20, p. 45-52, jun./2015.

CUNHA, Rosa Maria Piccoli. **Transporte de Poluentes na Região do Polo Petroquímico de Triunfo-RS**. Porto Alegre, RS: CEPSRM, 2002. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

DE LACERDA, Adriana Bender Moreira. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 8, n. 2, jul./dez. 2005.

DERÍSIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 5ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, 230 p.

DETRAN-SC-DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA. **Frota de Veículos por Município (mensal)**. Disponível em:<http://consultas.detranet.sc.gov.br/Estatistica/Veiculos/winVeiculos.asp?lst_municipio=8183&nome_munic=LAGES&lst_ano=0&lst_mes=0>. Acesso em: 26, jun. 2018.

RAE Systems. **Guia do Usuário do MiniRAE 3000**. Honeywell. San Jose, USA ago. 2010.

EUA-Clean Air Act. Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act, Emergency Planning and Community Right-to Know Act and amendments to these acts including the Federal Facilities Compliance Act, 1970. Disponível em:<<http://www2.epa.gov/clean-air-act-overview>>. Acesso em: 10, ago. 2018.

FRONDIZI, Carlos Alberto. **Monitoramento da Qualidade do Ar**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2008, 275 p.

IAP-INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Fontes de Poluição Atmosférica**. Disponível em:<<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1415.html>>. Acesso em: 26, jun. 2018.

IAP-INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba Ano de 2011**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/Rel_Anuar_2011_Qualidade_Ar_V7_IAP.pdf>. Acesso em: 27, out. de 2018.

IBAMA-INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Portaria Normativa nº 348, de 14 de março de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar e as concentrações de poluentes atmosféricos. **Diário Oficial [da] União**, 22 de fevereiro de 1989.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **População Estimada**. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=4209300>>. Acesso em: 29, jun. 2018.

INMET-INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Consulta Dados da Estação Automática: Lages (SC)**. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTg2NQ==>. Acesso em: 28, out. 2018.

JAFARINEJAD, Shahryar. Control and treatment of sulfur compounds specially sulfur oxides (SO_x) emissions from the petroleum industry: A review. **Chemistry International**, Karaj, v. 2, n. 4, p. 242-253, 2016.

KOTTEK, Markus et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LANDMANN, Marcelo Camilli; RIBEIRO, Helena; DEÁK, Csaba. Uma proposta metodológica para estimar o custo da poluição do ar nas análises de viabilidade de sistemas de transporte urbanos. **Revista Transportes**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 42-49, jun./2007.

LIMA, Ed Pinheiro; DEMARCHI Sérgio Henrique; GIMENES, Marcelino Luiz. O uso do modelo de dispersão CAL3QHC na estimação da dispersão de CO na região central de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 261-269, 2010.

LISBOA, Henrique de Melo. **Controle da Poluição Atmosférica**. Florianópolis: ENS/UFSC, 2014, cap. 3, 34 p.

MARTINS, Cláudia Rocha; ANDRADE, Jailson Bittencourt. Química Atmosférica do Enxofre (Iv): Emissões, Reações em Fase Aquosa e Impacto Ambiental. **Revista Química Nova**, Salvador, v. 25, n. 2, p. 259-272, 2002.

MCDONALD, Brian C. Long-term trends in nitrogen oxide emissions from motor vehicles at national, state, and air basin scales. **Journal of Geophysical Research**, Berkeley, v. 117, p. 1-11, 2012. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2012JD018304>>. Acesso em: 02 out. 2018.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**, 2013. Disponível em:< <http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/inventarionacional20110209.pdf>>. Acesso em: 18, jul. 2018.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 8, n. 1, p.149-182, jan/mar. 2019.

MOLINA, Mário José; MOLINA, Luisa. Megacities and Atmospheric Pollution. **Journal of the Air & Waste Management Association**, Cambridge, v. 54, p.644–680, jun./2004. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/10473289.2004.10470936>>. Acesso em: 17, jul. 2018.

MONTEIRO, Maurici Amantino. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v.16, n.31, p 69-78, jan./jun. 2001. Disponível em:< <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/14052/12896>>. Acesso em: 02, jul. 2018.

MS-MINISTÉRIO DA SAÚDE. Sistema de Informações Hospitalares do SUS. **Morbidade Hospitalar do SUS - Por Local De Residência - Santa Catarina**. Disponível em:<<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nrsc.def>>. Acesso em 19, jul. 2018.

NODADORI, Amaranta Sant'ana; SALDANHA, Claudinéia Brazil. Análise das condições meteorológicas durante episódios críticos de poluição atmosférica no município de Porto Alegre/Rs. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 10., 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2016.

PANDIAN, Suresh; GOKHALE, Sharad; GHOSHAL, Alope Kumar. Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. **Transportation Research Part D**, Guwahati, n. 14, p. 180-196, 2009.

PINHEIRO, Clairon Lima; DA ROCHA, Kevin Lucas Silva; DOS SANTOS, Dianna Grandal. Inventário de emissões veiculares do município de Manaus. **The Journal of Engineering and Exat Sciences**, Viçosa, v. 3, n. 4, p. 647-655, 2017.

AKSO. **Manual de Instruções AK786 Medidor de CO2 com termo-higrômetro AK786-02-0817**. AKSO Produtos Eletrônicos Ltda. São Leopoldo, RS. Disponível em: https://www.akso.com.br/admin/files/arquivos_produtos/15077324053589.pdf . Acesso em: 12 março 2019

ROCHA, Soraya de Carvalho; DOS SANTOS, Renata Gomes; FROTA, Silvana. Perfil audiométrico e de emissões otoacústicas evocadas por produto de distorção em gestores de trânsito, expostos a monóxido de carbono e ruído. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 287-296, mar./abr. 2013.

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado de Coordenação Geral e Planejamento-SEPLAN. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Florianópolis, 1986.

SILVA, Renan Freitas et al. Diagnóstico das emissões atmosféricas de origem veicular na área urbana de Campo Mourão-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBEQ, 2014.

SOCCOL, Olívio José; CARDOSO, Célio Orli; MIQUELUTTI, David José. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 569-574, 2010.

UNIÃO EUROPEIA-DIRECTIVA 2008/50/CE, Parlamento Europeu e do Conselho, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa 21 de Maio de 2008. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0050&from=PT>>. Acesso em: 10, ago. 2018.

