

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA  
CAMPUS CHAPECÓ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DA EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR AMBULÂNCIAS  
DIANTE DO CENÁRIO PANDÊMICO EM CHAPECÓ-SC**

ACADÊMICO: Sival Francisco de Oliveira Junior

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marlon Luiz Neves da Silva

Outubro - 2021

**SIVAL FRANCISCO DE OLIVEIRA JUNIOR**

**ANÁLISE DA EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR  
AMBULÂNCIAS DIANTE DO CENÁRIO PANDÊMICO EM  
CHAPECÓ-SC**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: **Prof. Marlon Luiz Neves da Silva**

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e  
aprovado pela banca em: 15/10/2021

**BANCA EXAMINADORA**

Diego José  
Nogueira

Assinado de forma  
digital por Diego José  
Nogueira  
Dados: 2021.10.15  
18:42:24 -03'00'

---

**Prof. Dr. Diego José Nogueira**



---

**Prof. Dr. Leandro Bordin - UFFS**

Marlon Luiz  
Neves da Silva

Digitally signed by Marlon Luiz Neves da Silva  
DN: OU=Engenharia Ambiental e Sanitária,  
O=Universidade Federal da Fronteira Sul,  
CN=Marlon Luiz Neves da Silva,  
E=marlon.neves@uffrs.edu.br  
Reason: I am approving this document  
Location: your signing location here  
Date: 2021.10.15 20:27:07-03'00'  
Foxit PDF Reader Version: 11.0.1

---

**Prof. Dr. Marlon Luiz Neves da Silva – UFFS**

# ANÁLISE DA EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS POR AMBULÂNCIAS DIANTE DO CENÁRIO PANDÊMICO EM CHAPECÓ-SC

## Resumo

A poluição atmosférica vem atingindo patamares alarmantes, gerando preocupação pelos seus efeitos, e as emissões veiculares são parte deste problema. Na pandemia, tivemos um aumento do uso de veículos relacionados à saúde pública. Nesse sentido, o objetivo deste artigo é analisar a potencialidade de incremento na emissão de poluentes atmosféricos pela frota de ambulâncias sob responsabilidade da Secretaria de Saúde do Município de Chapecó-SC em decorrência da pandemia de COVID-19. Em seguida, realizou-se uma análise da mudança de combustível para a alternativa mais sustentável, o biodiesel. A metodologia aplicada para quantificar os poluentes foi a *Bottom-up*, e os dados necessários foram obtidos com a própria Secretaria de Saúde. O período analisado foi o primeiro quadrimestre dos anos de 2019, 2020 e 2021, e os poluentes quantificados foram dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), compostos NO<sub>x</sub>, material particulado (MP) e hidrocarbonetos (HC). Os resultados mostraram um aumento nas emissões de aproximadamente 30% para 2020 e 90% para 2021, quando comparados com o período de 2019. A comparação do padrão de emissões entre diesel e biodiesel mostrou uma redução significativa na emissão de poluentes quando utiliza-se o biodiesel, apesar de haver uma barreira econômica que torna o diesel mais acessível. Entretanto, sob um contexto mais abrangente, o biodiesel mostra-se como uma boa alternativa para alcançar um patamar mais sustentável. Assim, nota-se que o incremento nas emissões configura um agravante no problema de poluição, ressaltando a importância de uma busca por alternativas mais sustentáveis.

**Palavras-chave:** emissões veiculares; metodologia bottom-up; COVID-19; poluição atmosférica; biodiesel.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, observa-se um crescimento populacional mundial bastante significativo e, conseqüentemente, uma expansão urbana intensiva. A civilização humana

busca melhores condições de vida e ferramentas que facilitem suas atividades. A qualidade de vida tem evoluído com o advento de descobertas científicas, porém este processo traz também certas desvantagens, como a poluição gerada e suas consequências para o meio ambiente.

A lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, trata sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Dentre as definições, tem-se que poluição é a consequência direta ou indireta de atividades que causem alguma degradação ambiental, como atividades que prejudiquem o bem-estar geral de uma população, entrem em desarmonia com atividades socioeconômicas, sejam prejudiciais à biota, desregulem condições sanitárias e estéticas do ambiente ou fujam dos padrões legislativos de emissão de matéria e energia (BRASIL, 1981).

Segundo Meller *et. al.*(2017), a poluição atmosférica é o problema mais maléfico em áreas urbanas. Ela ocorre através da inserção de elementos na atmosfera, como gases, material biológico ou partículas em suspensão. Estes poluentes são provenientes de várias origens, e no ambiente urbano se destacam as emissões pela queima de carvão ou derivados do petróleo no setor industrial e pela queima de combustíveis fósseis pelos veículos. Dentre os principais poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis em veículos, pode-se citar o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), compostos nitrogenados (NO<sub>x</sub>), oxidantes fotoquímicos, hidrocarbonetos (HC) e material particulado (MP) (STEIN *et. al.*, 2018).

Nesse contexto, a poluição atmosférica torna-se extremamente danosa ao meio ambiente devido às toneladas de poluentes que são emitidas anualmente, pelas mais diversas fontes. As maiores adversidades a nível global em se tratando de problemas atmosféricos são a destruição da camada de ozônio e o aquecimento global. (BARSANO e BARBOSA, 2014). Além disso, Meller *et. al.* (2017) afirma que a poluição atmosférica, a nível local, pode causar danos materiais às edificações devido às características corrosivas de certos poluentes e da chuva ácida, gerar ilhas de calor, alterar o processo natural de inversão térmica, causar episódios de smog, entre outros. Também pode ocasionar danos severos à saúde humana, causando doenças agudas e crônicas, e afetando diretamente a qualidade de vida das pessoas.

De acordo com Meller *et. al.* (2017), a exposição a ambientes com níveis elevados de poluentes atmosféricos podem ocasionar doenças graves não apenas no sistema respiratório, podendo gerar problemas neurológicos crônicos. Stein *et al.* (2018) complementa que a

maioria da população é afetada de alguma forma pela poluição do ar, que em suas manifestações mais leves pode ocasionar irritações na garganta, alergias e coceira nos olhos, aumentando a chance de a mesma ter contato com olhos, boca e nariz. No atual cenário mundial, estamos lidando com uma pandemia de Coronavírus Disease (Doença do Coronavírus, ou simplesmente “COVID-19”), com uma alta gravidade clínica e alta taxa de transmissibilidade, que pode ser potencializada pelos hábitos de encostar no rosto a todo momento (FREITAS, NAPIMOGA e DONALISIO, 2020).

Souto (2020) informa que “a COVID-19 é causada pelo coronavírus 2 relacionado à síndrome respiratória aguda grave”. A doença surgiu no final de dezembro de 2019, em uma província na China, e em menos de seis meses atingiu mais de 180 países. Entre as principais formas de contágio, estão as pequenas gotículas de saliva expelidas durante conversas e espirros e o contato próximo entre pessoas, e as vias respiratórias são a parte do corpo mais comprometida pela doença.

A poluição atmosférica em áreas urbanas aparece como um elemento que contribui para o aumento de casos de doenças crônicas respiratórias e internações em UTI pelo COVID-19. Silva (2020) exemplifica com estudos desenvolvidos por pesquisadores italianos, que conseguiram relacionar a alta taxa de contágio e mortalidade por COVID-19 com a exposição a longo prazo a poluentes presentes na atmosfera. Estes poluentes causam danos pulmonares, que favorecem a infecção e catalisam os efeitos do COVID-19 no corpo humano. Assim, “os pesquisadores concluíram que os altos níveis de poluição do norte de Itália podem ter sido um cofator na alta letalidade do vírus nesta região.” (SILVA, 2020).

Com esse cenário pandêmico, os serviços de saúde tiveram um aumento exorbitante de atendimentos. Inúmeras reportagens e notícias divulgadas em veículos renomados do jornalismo brasileiro mostram que o sistema de saúde aproxima-se do colapso, com UTIs lotadas com pacientes da COVID-19 e demais comorbidades. O serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU) aparece como uma ferramenta de vital importância para possibilitar o atendimento médico a todos que necessitam.

Assim, uma alternativa para suprir esse aumento exacerbado de atendimentos foi a compra de novas ambulâncias para o SAMU com o objetivo de aumentar a frota disponível para dar conta das chamadas efetuadas (LEHNEMANN, 2020). Apesar de este aumento trazer uma melhoria no número de atendimentos e rapidez em atender os chamados, deve ser

implantada com certo cuidado, pois o aumento da frota veicular também aumenta a emissão dos poluentes provenientes da queima do combustível da mesma.

Conforme Decreto nº 5.055, de 27 de abril de 2004, a disponibilidade de ambulâncias para atendimentos de urgência é de responsabilidade do Poder Público e é vista como ferramenta para garantir o direito constitucional à saúde a toda população (BRASIL, 2004; BATTISTI, 2019). O Serviço de Atendimento Móvel de Urgência é um serviço essencial, de forma que não há possibilidade de extinguir essa fonte de emissão de poluentes, sendo necessário pensar em medidas mitigadoras.

O primeiro caso da COVID-19 no município de Chapecó foi confirmado no dia 20 de março de 2020 (CHAPECÓ, 2020). A partir daí, os casos já começaram a afetar toda a dinâmica de atendimentos da região. O boletim epidemiológico divulgado em 13 de maio de 2021 mostra que o ápice da doença foi entre fevereiro e março de 2021, quando atingiu-se um índice de 608 casos novos por dia, e normalizou em abril do mesmo ano. Assim, percebe-se que o período entre janeiro e abril, tanto para 2020 quanto para 2021, apresentaram contextos diferentes que afetaram diretamente a intensidade de uso das ambulâncias no município. (CHAPECÓ, 2020).

Portanto, a fim de destacar a importância da substituição do combustível atual por um combustível sustentável, este trabalho vai quantificar a emissão de poluentes da frota de ambulâncias sob responsabilidade da Secretaria de Saúde do Município de Chapecó-SC no primeiro quadrimestre dos anos de 2019, 2020 e 2021, visando comparar ambientalmente e economicamente os resultados obtidos para o atual combustível e um combustível sustentável.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Poluição Atmosférica**

Segundo Davis e Masten (2016), a poluição atmosférica está relacionada à saúde pública, e seus problemas podem ser classificados em micro, meso e macro escala. A micro escala ocorre em ambientes internos, devido a problemas em má ventilação ou fontes pontuais. A meso escala são as indústrias (fonte estacionária) e os veículos (fonte móvel), e tem impactos regionais. A macro escala causam efeitos a nível global, e grandes impactos ambientais como o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio.

A emissão de poluentes atmosféricos pode levar a graves problemas de proporções globais. O mais preocupante deles é o aquecimento global, que influencia na ascensão de fatores agravantes de problemas ambientais que impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas, como mudanças climáticas, qualidade do ar e alteração de ecossistemas. Esta questão começou a ser discutida na década de 50, quando relações entre estudos de climatologistas e químicos acerca das substâncias presentes no ar demonstraram que a concentração de gás carbônico poderia ser responsável por alterar o clima a nível mundial. (CORTESE, NATALINI, 2014).

Foi apenas na década de 80 que o aquecimento global foi pautado em reuniões internacionais como um problema real e preocupante. Marengo e Valverde (2007) afirmam que já existem relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (International Panel on Climate Change - IPCC) desde os anos 2000 que relacionam grandes catástrofes naturais e extremos climáticos com o aumento da temperatura a nível mundial. Situações de desastres, como estas, impactam negativamente na qualidade de vida das pessoas, principalmente em aglomerados urbanos, onde a densidade populacional é maior e há mais fatores para agravar os problemas.

Em camadas inferiores da atmosfera, o ozônio também é um problema. Sua formação ocorre através da fotólise de outros compostos. Estes compostos são provenientes da queima dos combustíveis fósseis dos automóveis, que em contato com a luz solar formam  $O_3$  e outros compostos agressivos ao meio ambiente. O fenômeno gerado neste processo é o smog, uma espécie de neblina de fumaça, muito densa e com altas concentrações de poluentes (HAAGEN-SMIT, 1952).

Este efeito é potencializado por episódios de inversão térmica, que apesar de ser um processo natural, pode ocasionar problemas ao dificultar a dispersão de poluentes na atmosfera. Com isso, poluentes emitidos pela queima de combustíveis como compostos  $NO_x$  e  $SO_x$  permanecem em camadas mais baixas, reagindo com outras substâncias e gerando o smog. O resultado é uma névoa densa de cor avermelhada repleta de poluentes muito prejudiciais à saúde humana, e o pico de ocorrência deste fenômeno é nos horários de maior fluxo de veículos pela cidade (MARZLUFF, 2008).

Meller *et.al.* (2017) ainda cita os problemas de saúde humana causados pela poluição atmosférica, que variam de acordo com o poluente e sua concentração. Em situações mais

graves, os problemas podem alcançar o sistema nervoso, causando lesões severas e irreversíveis. Já desenvolveram-se inúmeros trabalhos relacionando o aumento de problemas respiratórios com a poluição atmosférica, inclusive em cidades brasileiras como Curitiba-PR, Itabira-MG e São Paulo-SP (BAKONYI, 2004; BRAGA, 2007; MARTINS, 2002).

## **2.2 Emissões Veiculares**

O desenvolvimento da sociedade contribui para uma expansão demográfica acelerada. Com o aumento da população, é natural que as pessoas formem aglomerados e construam novas cidades, ou partam para cidades já existentes, em busca de melhores condições de vida. De acordo com séries históricas de dados do IBGE (2010), a taxa de urbanização no Brasil segue crescendo a cada censo divulgado. No ano de 1940, a taxa de urbanização era de 31,24%, e foi crescendo gradativamente, até atingir um patamar de 84,36% no ano de 2010.

Como consequência, há uma constante preocupação com a mobilidade como aspecto de qualidade de vida dos moradores. Assim, o aumento de automóveis nos grandes centros urbanos também torna-se inevitável. De acordo com pesquisas do IBGE (2018), os dados mostram que o número de veículos em circulação por ano no Brasil aumentou de pouco mais de 40 milhões em 2006 para mais de 100 milhões em 2018. Consequentemente, as emissões veiculares também aumentaram. A Environmental Protection Agency (EPA) reuniu estudos que discriminam as diferentes origens dos principais poluentes atmosféricos. As emissões veiculares representam uma parcela alta nas emissões de CO e compostos NO<sub>x</sub> (EPA, 2020).

A emissão de poluentes provém da queima do combustível utilizado nos motores dos veículos. O que varia é a substância combustível, alterando a quantidade de átomos de carbono e, consequentemente, os produtos gerados e o balanceamento da equação química. Em um processo de combustão completa, os produtos formados na reação química são CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>. Porém isso não ocorre nos motores do carro, que em um processo de combustão incompleta, também gera compostos como CO, NO<sub>x</sub>, outros hidrocarbonetos e carbono livre (MANZOLI, 2009).

De acordo com Carvalho (2011), os principais combustíveis utilizados nos veículos atualmente são gasolina, etanol e diesel. Dentro de cada um destes ainda existem subdivisões. A gasolina mais comum comercializada no Brasil contém uma fração de 27% de etanol com 73% de gasolina pura e o etanol comercializado tem uma fração de 7% de água. Quanto ao diesel, no Brasil são oferecidas comercialmente dois tipos distintos, sendo o diesel comum

(S500) e o diesel S10. O que muda neles é a concentração de enxofre, com o número da sigla indicando o número de ppm's presentes na formulação (PERIN *et al.*, 2015).

### **2.3 Metodologias de quantificação de poluentes atmosféricos**

Para que sejam desenvolvidas técnicas de controle e redução de poluição atmosférica mais eficientes, torna-se necessário realizar um inventário de emissões, identificando as fontes, os poluentes, a concentração e seu comportamento na atmosfera. Quando se trata de fontes móveis, há uma dificuldade na obtenção de alguns parâmetros, justamente por ser uma fonte que está se movimentando ao longo do tempo. Sendo assim, os modelos matemáticos aparecem como alternativa viável e eficaz para a determinação dos mesmos (MEOTTI, 2019).

No contexto da quantificação de emissões veiculares de poluentes atmosféricos existem duas metodologias já consolidadas e muito utilizadas: a Top-Down e a Bottom-Up. A metodologia Top-Down é uma metodologia mais abrangente, normalmente utilizada em censos de grandes áreas, utilizando-se de estatísticas já publicadas e poucos dados de entrada. É muito utilizado para contextualizar o cenário regional, mas por não ser muito específico, acaba gerando um erro mais grosseiro na estimativa (MEOTTI, 2019).

Já a metodologia Bottom-Up utiliza muitas variáveis, a fim de obter um resultado mais preciso e, portanto, mais aplicado para uma região específica. Normalmente utilizada para estimativas locais, o método é muito utilizado tanto no Brasil quanto a nível global. As variáveis dependem desde especificações dos veículos que compõem a frota circulante até características das vias. O principal obstáculo está na obtenção dos dados necessários, que pode ser contornado assumindo algumas particularidades que se encaixem no contexto da estimativa. (LOPES, 2018; MEOTTI, 2019).

A metodologia Bottom-Up é uma das mais aceitas pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) para a estimativa de emissões de poluentes atmosféricos. O IPCC é uma organização mundial que organiza o conhecimento produzido por cientistas acerca das mudanças climáticas, e mantém guias para a realização de inventários de emissões, citando a metodologia Bottom-Up como um método matemático capaz de avaliar setorialmente as emissões das principais substâncias presentes no processo de combustão. (IPCC, 2006).

## **2.4 COVID-19 e os Serviços de Saúde**

No quesito ambiental, a COVID-19 propiciou uma diminuição acentuada na concentração de poluentes atmosféricos nos grandes centros urbanos. Silva *et al.* (2020) trazem que inúmeros estudos ilustram esta queda, a começar pela própria China, que foi onde surgiu pela primeira vez a doença e onde foi implantado pela primeira vez no mundo o *lockdown* como forma de contenção da doença. Além disso, devido às proporções que a doença atingiu, os sistemas de saúde colapsaram em inúmeros países, trazendo diversos outros problemas que afetam diretamente a qualidade de vida da população.

Assim, a primeira medida tomada por inúmeros locais onde o sistema de saúde encontra-se colapsado é o aumento de leitos e aumento de unidades de atendimento. Os serviços de saúde aparecem como protagonistas no combate à doença, desde que estejam sob uma boa gestão. Com o objetivo de atender mais pacientes, que são orientados a ficar em casa em casos de sintomas da COVID-19, a frota de veículos dos serviços de saúde também aumentou em diversas localidades, como apresentam Rodrigues *et al.* (2020).

Com a sobrecarga dos leitos nos hospitais, surgiu a necessidade de transladar pacientes para outros hospitais, inclusive em outras cidades. Sendo assim, a SES informou que os serviços prestados pelo SAMU também serviriam para esta finalidade nos municípios onde o sistema de saúde beirasse o colapso. Como consequência disso, temos um aumento de 28% no número de transferências de pacientes quando comparados os meses de janeiro e fevereiro de 2020 e 2021 (LEHNEMANN, 2021).

## **2.5 A problemática dos veículos diante de um cenário sustentável**

A pandemia da COVID-19 mostrou para o mundo o quanto os países estão despreparados para lidar com grandes crises, mas também mostrou que, no contexto ambiental, ainda há tempo de adotar novas posturas quanto ao modo de vida a fim de reduzir os danos causados ao meio ambiente. Os níveis de poluentes atmosféricos foram rapidamente reduzidos durante o período de *lockdown*, deixando o ambiente mais próximo do ideal sustentável. É nítido que grande parte da redução foi em decorrência da diminuição drástica de veículos nas ruas, retirando parte significativa da parcela de emissões de poluentes atmosféricos (SILVA *et al.*, 2020).

No entanto, com o estilo de vida dos grandes centros urbanos, torna-se inviável abolir o uso dos veículos automotores devido a toda praticidade que os mesmos fornecem às pessoas, tornando-os uma necessidade social (SCHOR, 1999). A presença dos automóveis já está intrínseca na rotina da população, de forma que medidas mitigadoras precisam ser tomadas com o objetivo de amenizar os impactos negativos causados ao meio ambiente, principalmente nas fontes móveis essenciais, como o caso do SAMU.

As ambulâncias são abastecidas com combustível do tipo diesel. A combustão dos combustíveis em geral é uma problemática ambiental devido aos poluentes gerados durante o processo, e uma alternativa viável é a substituição do combustível por outro semelhante e sustentável. No caso do diesel, a substituição ocorreria pelo biodiesel, que tem uma composição muito semelhante à do diesel e reduziria a emissão de poluentes numa taxa de 40 a 100% (OLIVEIRA, SUAREZ e SANTOS, 2008).

No Brasil, a adição do biodiesel ao óleo diesel destinado final já é obrigatória, e seu percentual segue aumentando gradualmente ao longo dos anos, de acordo com a Resolução nº 16/2018 do Conselho Nacional de Política Energética. O objetivo é que aos poucos o diesel seja substituído por matrizes energéticas sustentáveis, a fim de atingir um melhor cenário sustentável de forma mais natural (BRASIL, 2018).

Diante do cenário de preocupação mundial a respeito da poluição atmosférica e o crescente aumento na frota de veículos, é essencial para uma correta gestão ambiental e melhoria dos parâmetros ambientais que os poluentes sejam quantificados e alternativas para redução dos impactos sejam implantadas em função da sustentabilidade. Os veículos utilizados nos serviços de saúde, como já explicitado, são unidades essenciais para garantia constitucional de acesso à saúde à população. A pandemia da COVID-19, juntamente com outros fatores, potencializou as emissões de poluentes por estes veículos, de forma que a quantificação das mesmas torna-se necessária para uma análise crítica da situação e, em consequência, uma otimização no processo de mitigação dos impactos causados. Neste sentido, este trabalho aparece como ferramenta de auxílio para tomada de decisões futuras em contextos semelhantes.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa deu-se através de uma revisão bibliográfica realizada em livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos, que serviu para justificar o problema e contextualizar o

escopo do trabalho. O levantamento de dados ocorreu através de contato com a Secretaria Municipal de Saúde, que detém os dados necessários para a aplicação da metodologia. O projeto passou pela Comissão de Análise de Projetos de Pesquisa em Saúde, de acordo com o Manual de Normatização para Atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão - Secretaria de Saúde de Chapecó/SC.

Os dados solicitados à Secretaria de Saúde dizem respeito às características da frota de ambulâncias do município de Chapecó/SC, tais como modelo e ano do veículo, tipo de combustível, quilometragem rodada e tamanho da frota. Estes dados foram utilizados diretamente na aplicação da metodologia Bottom-Up, utilizada para o cálculo das emissões de poluentes atmosféricos.

Essa metodologia amplamente difundida pelo IPCC já foi usada por diversos autores, aplicada nos mais diferentes contextos e localidades (JESUS, 2011; KOZERSKI e HESS, 2006; PIAN *et. al.*, 2009; DUTRA *et. al.*, 2019). Algumas instituições públicas, como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), também utilizam esta metodologia para o cálculo das emissões veiculares regionais. Por fim, a Bottom-Up foi utilizada na realização do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários do Brasil, tendo sua última edição completa lançada em 2014, corroborando para a importância da metodologia como método válido, seguro e muito difundido.

Para a estimativa da emissão de poluentes, a metodologia bottom-up utiliza a Equação 1, relacionando o tamanho da frota, a quantidade de quilômetros rodados (também chamado de “intensidade de uso”) e o fator de emissão. Pela ausência de características de emissão e informações de referência na região, utilizou-se relatórios emitidos pela CETESB. (CETESB, 2019; CETESB, 2013).

$$E = Iu * Fe * Fr \quad (1)$$

Onde:

E = Massa de poluente emitida (g/ano);

Iu = Intensidade de uso (quilometragem média anual) por veículo (km/ano);

Fe = Fator de Emissão, depende do veículo, do combustível e do poluente estimado (g/km);

Fr = Frota circulante, por tipo de veículo e por ano;

A intensidade de uso normalmente utilizada é calculada a partir de um valor de referência, levando em consideração também as mudanças no perfil de consumo do combustível pelo passar dos anos do uso do veículo. Pela falta de dados completos da quantidade de combustível utilizado, impossibilitando um cálculo preciso pela equação proposta pela CETESB, resolveu-se utilizar a intensidade de uso observada.

A frota circulante é equivalente ao número de veículos daquela categoria que está sendo analisada. Como o número de ambulâncias é pequeno, optou-se por suprimir este termo da Equação 1 e calcular a emissão para cada uma separadamente, somando os resultados no fim. O fator de emissão relaciona a massa de poluente emitido por uma unidade de distância percorrida, que pode ser encontrado também em fator da quantidade de trabalho mecânico realizado. O valor é tabelado através de estudos de referência, e os utilizados para os cálculos deste estudo são os apresentados no relatório da CETESB de Emissões Veiculares de 2019 (CETESB, 2019).

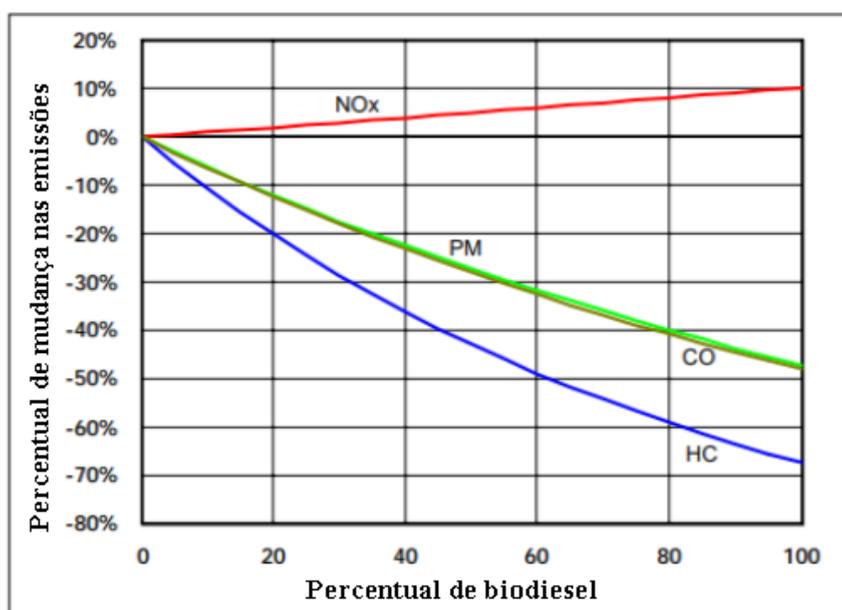
Os poluentes estimados por meio do modelo matemático proposto pela metodologia Bottom-Up são CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC e MP. Os cálculos foram realizados para o primeiro quadrimestre dos anos de 2019, 2020 e 2021, a fim de analisar as divergências nos valores entre o período pré-pandêmico e durante a pandemia da COVID-19. O software utilizado para a automatização dos cálculos, criação de gráficos ilustrativos e tabelas de resultados foi o Google Sheets.

Com os resultados obtidos, buscou-se em outros trabalhos e na literatura dados comparativos de rendimento e emissões de poluentes para o biodiesel, que é uma alternativa sustentável de combustível para substituir o diesel. Utilizou-se o gráfico divulgado pela EPA (Figura 1), que mostra o impacto do biodiesel na emissão de poluentes para fazer a comparação.

Ainda foi analisada economicamente a mudança do combustível, relacionando com a diferença nos níveis de emissão entre ambos os combustíveis. Para isso, acessou-se relatórios fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), onde

verificou-se os preços do litro do diesel e do biodiesel para o mês de agosto de 2021. Também utilizou-se outros trabalhos para complementar a análise.

Figura 1 - Impactos do biodiesel na emissão de poluentes em motores



Fonte: Adaptado de EPA (2002)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados característicos de cada ambulância foram obtidos em contato com a Secretaria de Saúde de Chapecó, em conjunto com o setor de transportes. Ao todo foram reunidos dados de nove ambulâncias quanto ao seu ano de fabricação, combustível e quilometragem rodada no primeiro quadrimestre dos anos de 2019, 2020 e 2021. A categoria dos veículos foi definida como “Caminhão leve” de acordo com a Portaria do DENATRAN nº65/2016 e as informações trazidas nos documentos de cada veículo. No Quadro 1 estão os dados recolhidos de cada ambulância.

Os dados de quilometragem foram obtidos junto ao posto de combustível onde as ambulâncias abastecem na cidade, que mantêm registros de quilometragem a cada abastecida. O valor somado das quilometragens das ambulâncias no período estudado está no Quadro 2.

O período de janeiro a abril de 2019 equivale a um período onde o número de atendimentos foi próximo do habitual, de acordo com a Secretaria de Saúde de Chapecó. No ano de 2020, no mesmo período, a pandemia de COVID-19 chegou em Chapecó, tendo o

primeiro caso confirmado em 20 de março de 2020, e já impactando no número de atendimentos a partir daí, observado o aumento repentino da intensidade de uso. Já no período de 2021, ocorreu o maior ápice da doença até então. De acordo com representantes da Secretaria de Saúde de Chapecó, o primeiro quadrimestre deste ano foi o que apresentou maior número de infectados ativos desde o início da pandemia, o que também influenciou o número de atendimentos. Além disso, a intensidade de uso das ambulâncias foi diretamente afetada, visto que os translados para outras cidades ocorriam com mais frequência devido à falta de leitos em Chapecó.

Quadro 1 - Informações sobre as ambulâncias

Ambulância	Ano	Combustível	Categoria
1	2014	DIESEL	Caminhão Leve
2	2015		
3	2015		
4	2020		
5	2010		
6	2012		
7	2010		
8	2019		
9	2019		

Fonte: Próprio autor (2021)

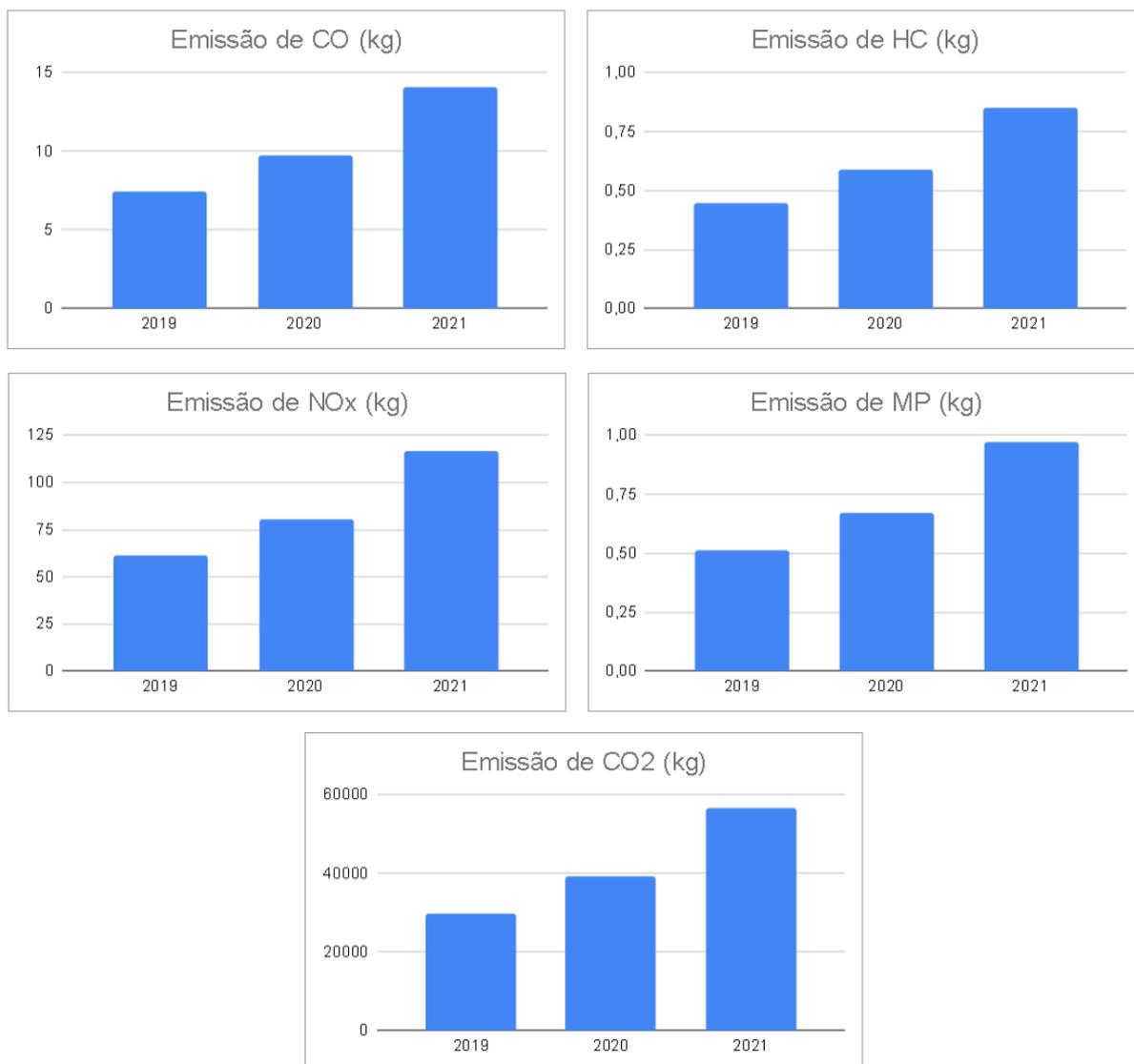
Quadro 2 - Intensidade de uso para o período estudado

	Intensidade de Uso (km)
2019	64164
2020	84231
2021	121669
TOTAL	270064

Fonte: Próprio autor (2021)

Com os dados divididos nos períodos desejados, aplicou-se a metodologia descrita, obtendo os resultados mostrados na Figura 2.

Figura 2 - Emissões de poluentes no primeiro quadrimestre de 2019, 2020 e 2021



Fonte: Próprio autor (2021)

Conforme pode-se observar, todos os poluentes estimados tiveram um aumento significativo. Para os poluentes analisados ( $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{CO}_2$ , HC e MP), o aumento de 2019 para 2020 no período analisado ficou em torno de 30%, enquanto o aumento de 2019 para 2021 no mesmo período ficou em torno de 90%. Considerando que os fatores de emissão utilizados são os mesmos para os três anos, o principal fator que impactou a mudança do resultado foi o aumento da intensidade de uso das ambulâncias, que pode ser justificado pelo advento da pandemia, consequentemente aumentando o número de atendimentos.

O aumento na emissão de poluentes atmosféricos pode levar a graves problemas de proporções globais. O mais preocupante deles é o aquecimento global, que influencia na ascensão de fatores agravantes de problemas ambientais que impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas, como mudanças climáticas, qualidade do ar e alteração de ecossistemas (CORTESE, NATALINI, 2014). Dentre estes problemas, em conglomerados urbanos pode-se citar o smog e o agravamento da inversão térmica, gerando uma névoa densa de cor avermelhada repleta de poluentes muito prejudiciais à saúde humana (MARZLUFF, 2008).

A poluição atmosférica também pode causar danos materiais por meio da chuva ácida. Ela é formada também a partir das emissões veiculares. Girard (2016) informa que as reações fotoquímicas dos compostos NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>, além de formar ozônio, formam os ácidos nítrico (HNO<sub>3</sub>) e sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que se aglomeram em pequenas gotículas e acabam sendo inseridas no ciclo hidrológico. Com o tempo, precipitam junto com a chuva, diminuindo seu pH, e causando danos corrosivos a materiais feitos de elementos que reagem com a água ácida.

Por fim, Meller *et al.* (2017) complementam citando os problemas relacionados à saúde humana, e que eles variam de acordo com o poluente presente no ar e a concentração do mesmo. Normalmente estes problemas estão relacionados ao sistema respiratório, mas em estágios mais graves atingem até o sistema nervoso. Diante do exposto, o aumento da emissão dos poluentes pelas ambulâncias remete a um agravamento dos problemas ambientais que impactam diretamente na saúde pública.

Tendo em vista esse aumento nas emissões de poluentes, conjuntamente ao fato de se tratar de veículos de suma importância para o bem estar social, busca-se uma alternativa como forma de amenizar os impactos negativos causados por essas emissões. Assim, a substituição do combustível fóssil (diesel) por uma opção sustentável (biodiesel) mostra-se ambientalmente atrativa.

De fato, diversos trabalhos já realizados ilustram uma redução significativa na emissão de poluentes quando adicionado uma parcela de biodiesel ao diesel comercial. Teixeira (2012) mostra que conforme a porcentagem de biodiesel misturado ao diesel aumenta, maior é a redução na emissão dos poluentes, com exceção dos compostos NO<sub>x</sub>. O mesmo resultado pode ser observado na pesquisa de Ogunkunle e Ahmed (2021). Ademais,

importantes relatórios internacionais também já mostraram essa melhoria causada pelo biodiesel, a exemplo do relatório publicado pela EPA em 2002, que trouxe a Figura 1 como ilustrativo dos resultados.

Assumindo uma mudança completa de diesel para biodiesel 100%, através da Figura 1, podemos obter uma redução de quase 70% para hidrocarbonetos, de quase 50% para CO e material particulado, e um aumento de aproximadamente 10% nas emissões de NOx. Quanto às emissões de CO<sub>2</sub>, outros trabalhos mostram uma redução nas emissões em veículos que utilizam biodiesel, como na pesquisa de Dullius (2014) e o relatório emitido por Beltrão (2016). O aumento nas emissões de compostos NOx não caracteriza um problema, visto que no atual cenário, ainda é necessário preocupar-se com as emissões de todos os poluentes, e num cenário com combustíveis 100% biodiesel, apenas os NOx precisam de mecanismos de contenção de emissões ou ferramentas que mitiguem seus impactos, visto que os demais, por terem suas emissões reduzidas, encontram-se em um patamar aceitável do ponto de vista ambiental. Sendo assim, é notável a melhoria ambiental que a substituição do diesel por biodiesel causaria.

Entretanto, apesar do visível benefício ambiental, a principal barreira para que a mudança de combustível seja efetivada é a econômica. Isso ocorre devido aos vários fatores que precisam ser analisados, dentre eles o preço de revenda dos combustíveis, o custo total na cadeia de produção e as adaptações nos motores para maximizar o rendimento do novo combustível. Castellani *et. al.*(2008) traz em seu trabalho uma comparação de desempenho de um motor do ciclo diesel com diferentes misturas de biodiesel, onde, comparando o diesel puro e o biodiesel puro, mostra que para um mesmo rendimento é necessário uma quantidade maior de biodiesel. Já o estudo realizado por Udaeta *et. al.* (2004) apresenta uma comparação do custo total de produção do diesel e do biodiesel, trazendo como resultado uma viabilidade técnico-econômica melhor para o diesel, enquanto o biodiesel apresenta mais vantagens no âmbito ambiental e social.

Como forma de observar a diferença econômica que isso causaria, buscou-se os preços médios do litro de diesel e biodiesel para o mês de agosto de 2021, disponibilizados em relatórios da ANP. O resultado já é naturalmente desfavorável para o biodiesel, que ficou com preço médio por litro de R\$5,485 contra R\$4,670 do diesel (ANP, 2020; ANP, 2021). De fato, ao observado os estudos citados, nota-se, do ponto de vista técnico, um rendimento um

pouco melhor ao se utilizar diesel, sendo necessária um volume maior de biodiesel para atingir o mesmo desempenho, o que significa um gasto ainda maior.

Apesar da barreira econômica, quando se observa a mudança também inserida num contexto social, outros benefícios aparecem, e estes impactam diretamente no quesito econômico. Como já citado anteriormente, existem inúmeros estudos que relacionam o aumento de casos respiratórios nas unidades de saúde pública com a poluição atmosférica (BAKONYI, 2004; BRAGA, 2007; MARTINS, 2002). Do ponto de vista econômico, a poluição atmosférica custa muito dinheiro para o governo, como mostram os estudos de Corá, Leirião e Miraglia (2020) e Miraglia e Gouveia (2014). Com uma melhora no quadro de emissões de poluentes devido à mudança de combustível, os investimentos poderiam ser direcionados a outras áreas, para atender a outras demandas sociais.

Diante do exposto, percebe-se que a poluição atmosférica atinge toda uma dinâmica social que envolve as pessoas, as instituições governamentais e o meio ambiente. Por isso destaca-se a importância de procurar alternativas mais sustentáveis não apenas no que tange as emissões veiculares, mas também todas as atividades antrópicas capazes de gerar algum efeito colateral ao meio ambiente.

## **5. CONCLUSÃO**

A partir da pesquisa realizada, pode-se verificar o impacto que a pandemia de COVID-19 teve nas emissões de poluentes atmosféricos pelas ambulâncias sob responsabilidade da Secretaria de Saúde do município de Chapecó-SC. De fato, a chegada da doença na cidade e, conseqüentemente, o aumento no número de atendimentos realizados, causou um aumento na emissão dos poluentes analisados (NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HC e MP) de aproximadamente 30% no primeiro ano e 90% no segundo ano, em comparação com o primeiro quadrimestre de 2019, quando não havia COVID-19.

Além disso, a mudança de diesel para biodiesel como combustível utilizado traz vários impactos ambientais e sociais positivos, ainda que esbarre em algumas barreiras econômicas. Contudo, sob um ponto de vista mais abrangente, nota-se que, apesar da utilização do biodiesel ser mais custosa, outras áreas serão beneficiadas com a mudança, como a saúde pública, que poderá ter investimentos públicos direcionados a outras demandas sociais. Sendo assim, incita-se a busca por alternativas que tornem atividades do cotidiano da

população mais sustentáveis, e a utilização do biodiesel é um exemplo prático e aplicável, desde que feito de forma planejada.

Em suma, o problema da poluição atmosférica ainda é um assunto que precisa de uma atenção maior, visto que suas implicações tangem inúmeros outros setores, impactando diretamente na qualidade de vida de todos. Nessa percepção, existe a necessidade de um maior investimento em alternativas energéticas e pesquisas na área ambiental, com o intuito de melhorar o panorama brasileiro diante dos problemas expostos. Para isso, trabalhos como este servem como contextualizador do atual cenário ambiental, servindo de base para pesquisas de desenvolvimento tecnológico que podem, de fato, aproximar o país de um patamar mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Documentos e resultados dos leilões de biodiesel**. 2020. Disponível em:

<<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/leiloes-biodiesel/documentos-resultados-leiloes-biodiesel>>, Acesso em 21-09-2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **SLP - Sistema de Levantamento de Preços**. 2021. Disponível em: <[https://preco.anp.gov.br/include/Resumo\\_Ultimos\\_Meses\\_Index.asp](https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Ultimos_Meses_Index.asp)>, Acesso em 21-09-2021.

BAKONYI, S. M. C. *et. al.*, Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba-PR. **Revista Saúde Pública**. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/rsp/2004.v38n5/695-700/pt>>, Acesso em: 19-04-2021.

BARSANO, P. R., BARBOSA, R. P., **Gestão Ambiental**. [s.l.]: Editora Saraiva, 2014. ISBN 9788536521596.

BATTISTI, G. R. *et. al.* Perfil de atendimento e satisfação dos usuários do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU). **Revista Gaúcha de Enfermagem**. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rngen/v40/1983-1447-rngen-40-e20180431.pdf>>, Acesso em 27-04-2021.

BELTRÃO, S. **O papel do biodiesel no acordo sobre mudança do clima apresentado pelo Brasil na COP 21**. Brasília-DF: União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. 2016. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/oleaginosas-e-biodiesel/anos-anteriores/biodiesel-na-cop-21-ubrabilio.pdf>>, Acesso em 15-09-2021.

BRAGA, A. L. F. *et. al.*, Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. 2007. Disponível em:

<[https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource\\_ssm\\_path=/media/assets/csp/v23s4/09.pdf](https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csp/v23s4/09.pdf)>, Acesso em: 20-04-2021.

BRASIL. **Decreto nº 5.055** de 2004. Institui o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU. Brasília, 2004.

BRASIL. **Lei nº 6.938** de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Brasília, 1981.

BRASIL. **Resolução nº 16** de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final. Brasília, 2018.

CARVALHO, M. A. S., **Avaliação de um motor de combustão interna ciclo otto utilizando diferentes tipos de combustíveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia. Salvador - BA, 168p., 2011, Disponível em: <[https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Disserta%20a7%20a3o%20de%20Mestrado%20PEI\\_M%20a1rcio%20Carvalho.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Disserta%20a7%20a3o%20de%20Mestrado%20PEI_M%20a1rcio%20Carvalho.pdf)>, Acesso em 13-04-2021

CASTELLANELLI, M. *et. al.*, Desempenho de motor ciclo diesel em bancada dinâmométrica utilizando misturas diesel/biodiesel. **Revista Engenharia Agrícola Jaboticabal**. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/XwhqZMgZzQ6cJKX7LPgN34j/?format=pdf&lang=pt>>, Acesso em 21-09-2021.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor da frota da cidade de São Paulo**. 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/home/wp-content/uploads/sites/11/2015/02/curvas-intensidade-uso-veiculos-automotores-cidade-sao-paulo.pdf>>, Acesso em 04-05-2021.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo**. 2019. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>>, Acesso em 04-05-2021.

CHAPECÓ, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Saúde. **Registrado nesta sexta primeiro caso confirmado de coronavírus.** Chapecó, 2020.

CHAPECÓ, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Saúde. **Informativo Epidemiológico Coronavírus COVID-19.** Chapecó, 2020.

CORÁ, B., LEIRIÃO, L. F. L., MIRAGLIA, S. G. E. K., Impacto da poluição do ar na saúde pública em municípios com elevada industrialização no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais.** 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/342619531\\_Impacto\\_da\\_poluicao\\_do\\_ar\\_na\\_saud\\_e\\_publica\\_em\\_municipios\\_com\\_elevada\\_industrializacao\\_no\\_estado\\_de\\_Sao\\_Paulo](https://www.researchgate.net/publication/342619531_Impacto_da_poluicao_do_ar_na_saud_e_publica_em_municipios_com_elevada_industrializacao_no_estado_de_Sao_Paulo)>, Acesso em 21-09-2021.

CORTESE, T. T. P., NATALINI, G. **Mudanças Climáticas: Do Global ao Local.** Barueri-SP: Editora Manole, 2014. ISBN 9788520446607.

DAVIS, M. L., MASTEN, S. J., **Princípios de Engenharia Ambiental.** Porto Alegre: Grupo A, 2016. ISBN 9788589555912.

DENATRAN. **Portaria nº65** de 2016. Estabelece, na forma do disposto no art. 4º da Resolução CONTRAN nº 291/2008 com a redação dada pela Resolução CONTRAN nº 369/2010, a Tabela I - Classificação de Veículos conforme Tipo/Marca/Espécie e a Tabela II - Transformações de Veículos sujeitos a homologação compulsória. Brasília, 2016.

DULLIUS, A. **Emissões de gases de efeito estufa e poluentes por uso de combustíveis no transporte público de Curitiba-PR.** Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Programa de Pós-Graduação em Bioenergia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 88p., 2014, Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45064>>, Acesso em 15-09-2021.

DUTRA, J. *et. al.*, Estimativas de poluentes atmosféricos do Sistema de Transportes em Manaus a partir da abordagem Bottom-Up. **Revista Brasileira de Geografia Física.** 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/241411/34364>>, Acesso em 07-05-2021.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions.** USA: EPA, 2002. Disponível em:

<<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1001ZA0.PDF?Dockey=P1001ZA0.PDF>>, Acesso em 15-09-2021.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Our Nation's Air: EPA Celebrates 50 Years!**. USA: EPA, 2020. Disponível em: <[https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2020/#scenic\\_areas](https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2020/#scenic_areas)>, Acesso em 08-04-2021.

FREITAS, A. R. R, NAPIMOGA, M., DONALISIO, M. R. Análise da gravidade da pandemia de COVID-19. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. 2020. Disponível em <<https://www.scielo.org/pdf/ress/2020.v29n2/e2020119/pt>>, Acesso em 27/03/2021.

GIRARD, J. E., **Princípios de Química Ambiental**. Rio de Janeiro: LTC, 2016. ISBN 9788521635222.

HAAGEN-SMIT, A. J., Chemistry and Physiology of Los Angeles Smog. **Industrial and Engineering Chemistry**. 1952. Disponível em: <[https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie50510a045?casa\\_token=nWk0TW2k--MAAAA%3Aref6C-2Xrv48f\\_UfS\\_yyfn-ui25\\_17ZRKpAcEKA7GSrwWZJslVW2LJFg7vrdRVHVOdyNE\\_j5oNAPsLfprw&](https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie50510a045?casa_token=nWk0TW2k--MAAAA%3Aref6C-2Xrv48f_UfS_yyfn-ui25_17ZRKpAcEKA7GSrwWZJslVW2LJFg7vrdRVHVOdyNE_j5oNAPsLfprw&)>, Acesso em 08-04-2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Históricas e Estatísticas: Taxa de Urbanização**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>, Acesso em 08-04-2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Frota de Veículos: Série Histórica**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120>>, Acesso em 08-04-2021.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>, Acesso em 04-05-2021.

JESUS, C. R. **Estimativa da Emissão de Poluentes pelo Setor de Transporte e Análise das Ocorrências de Doenças Respiratórias na Área de Proteção Ambiental do Sistema Cantareira**. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 136p., 2011. Disponível em:

<[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265647/1/Jesus\\_CeriseRochade\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265647/1/Jesus_CeriseRochade_M.pdf)>, Acesso em 07-05-2021.

LEHNEMANN, A. Coronavírus em SC: Estado conta com novas ambulâncias para transporte inter-hospitalar. **Governo de Santa Catarina**. 2020. Disponível em <<https://www.sc.gov.br/noticias/temas/coronavirus/coronavirus-em-sc-estado-Conta-com-novas-ambulancias-para-transporte-inter-hospitalar>>, Acesso em 14-03-2021.

LEHNEMANN, A. Coronavírus em SC: Transferências de pacientes feitas pelo Samu aumentam em 28%. **Governo de Santa Catarina**. 2021. Disponível em <<https://www.sc.gov.br/noticias/temas/coronavirus/coronavirus-em-sc-transferencias-de-pacientes-feitas-pelo-samu-aumentam-em-28>>, Acesso em 27-04-2021.

LOPES, T. F. A., *et. al.*, Estimativas das emissões veiculares na região metropolitana de Fortaleza, CE, ano-base 2010. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v23n5/1809-4457-esa-s1413-41522018173312.pdf>>, Acesso em 25-04-2021.

KOZERSKI, G. R., HESS, S. C. Estimativa dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de campo grande/MS, empregando como combustível diesel, biodiesel ou gás natural. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v11n2/30470.pdf>>, Acesso em 07-05-2021.

MANZOLI, A., **Análise das Emissões Veiculares em Trajetos Urbanos Curtos com Localização por GPS**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos - SP, 175p., 2009. Disponível em: <[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP\\_e31a2842ab93f152fb8d0a089b93e0c6](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_e31a2842ab93f152fb8d0a089b93e0c6)>, Acesso em: 13-04-2021

MARENGO, J. A., VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**. 2007. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/marengo\\_valverde\\_caracterizacao\\_2007.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/marengo_valverde_caracterizacao_2007.pdf)>, Acesso em 03-04-2021.

MARTINS, L. C. *et. al.*, Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe me São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**. 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.org/pdf/rsp/2002.v36n1/88-94/pt>>, Acesso em: 20-04-2021.

MARZLUFF, J. M. **Urban Ecology: An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature**. New York: Springer, 2008. ISBN 9780387734118.

MELLER, G. S. *et. al.*, **Controle de Poluição**. Porto Alegre: Grupo A, 2017. ISBN 9788595021150.

MEOTTI, B. **Comparação entre métodos Top-Down e Bottom-Up na estimativa de emissões veiculares**. TCC (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 113p., 2019. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202781/TCC\\_BiancaMeotti.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/202781/TCC_BiancaMeotti.pdf?sequence=2&isAllowed=y)>, Acesso em: 25-04-2021.

MIRAGLIA, S. G. E. K., GOUVEIA, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**. 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csc/2014.v19n10/4141-4147/pt>>, Acesso em 21-09-2021.

OGUNKUNLE, O., AHMED, N. A. Overview of biodiesel combustion in mitigating the adverse impacts of engine emissions on the sustainable human-environment scenario. **Sustainability**. 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5465>>, Acesso em 15-09-2021.

OLIVEIRA, F. C. C., SUAREZ, P. A. Z., SANTOS, W. L. P. dos, Biodiesel: possibilidades e desafios. **Química Nova na Escola**. 2008. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4457536/mod\\_book/chapter/19475/textos/texto12\\_S7\\_EC05.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4457536/mod_book/chapter/19475/textos/texto12_S7_EC05.pdf)>, Acesso em 27-04-2021.

PERIN, G. F., *et. al.*, Emissões de motor agrícola com o uso de diferentes tipos de diesel e concentrações de biodiesel na mistura do combustível. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v50n12/1678-3921-pab-50-12-01168.pdf>>, Acesso em 19-04-2021.

PIAN, L. B. *et al.*, Determinação da linha de base e adicionalidade de um projeto de MDL a partir da emissão de poluentes utilizando diferentes combustíveis. **Revista Estudos Tecnológicos**. 2009. Disponível em: <[http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos\\_tecnologicos/article/view/4979/2225](http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/4979/2225)>, Acesso em 07-05-2021.

RODRIGUES, A. E. B. *et al.*, **Gestão de Transportes: Estudo de caso da frota de ambulâncias do Samu em Mauá**. TCC (Técnico em Logística) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Bernardo do Campo, 52p., 2020. Disponível em: <<http://www.etelg.com.br/paginaete/cursos/TCC/TCC%20-%203J%20-%20FROTA%20DE%20AMBUL%C3%82NCIAS.pdf>>, Acesso em 27-04-2021.

SCHOR, T. O Automóvel e o desgaste social. **São Paulo em Perspectiva**. 1999. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/spp/v13n3/v13n3a13.pdf>>, Acesso em 27-04-2021.

SILVA, C. M. *et al.*, A Pandemia de COVID-19: Vivendo no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**. 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Soares-26/publication/342898499\\_The\\_COVID-19\\_Pandemic\\_Living\\_in\\_the\\_Anthropocene/links/5f9cd31e92851c14bcf63fd8/The-COVID-19-Pandemic-Living-in-the-Anthropocene.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Soares-26/publication/342898499_The_COVID-19_Pandemic_Living_in_the_Anthropocene/links/5f9cd31e92851c14bcf63fd8/The-COVID-19-Pandemic-Living-in-the-Anthropocene.pdf)>, Acesso em 12-03-2021.

SOUTO, X. M. Covid-19: Aspectos Gerais e Implicações Globais. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**. 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Xenia-Souto/publication/341909843\\_Covid-19\\_aspectos\\_gerais\\_e\\_implicacoes\\_globais/links/5ed9010592851c9c5e7bc5ae/Covid-19-aspectos-gerais-e-implicacoes-globais.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Xenia-Souto/publication/341909843_Covid-19_aspectos_gerais_e_implicacoes_globais/links/5ed9010592851c9c5e7bc5ae/Covid-19-aspectos-gerais-e-implicacoes-globais.pdf)>, Acesso em 11-03-2021.

STEIN, R. T. *et al.*, **Avaliação de Impactos Ambientais**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. ISBN 9788595023451.

TEIXEIRA, E. C. *et al.* Estimated atmospheric emissions from biodiesel and characterization of pollutants in the metropolitan area of Porto Alegre-RS. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aabc/a/hZTQwn6Zvvq6JSsQ7qDSVLh/?format=pdf&lang=en>>, Acesso em 15-09-2021.

UDAETA, M. E. M. *et. al.*, Comparação da produção de energia com diesel e biodiesel analisando todos os custos envolvidos. **Anais do 5º Encontro de Energia no Meio Rural**. 2004. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100039&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100039&script=sci_arttext&tlng=pt)>, Acesso em 21-09-2021.