

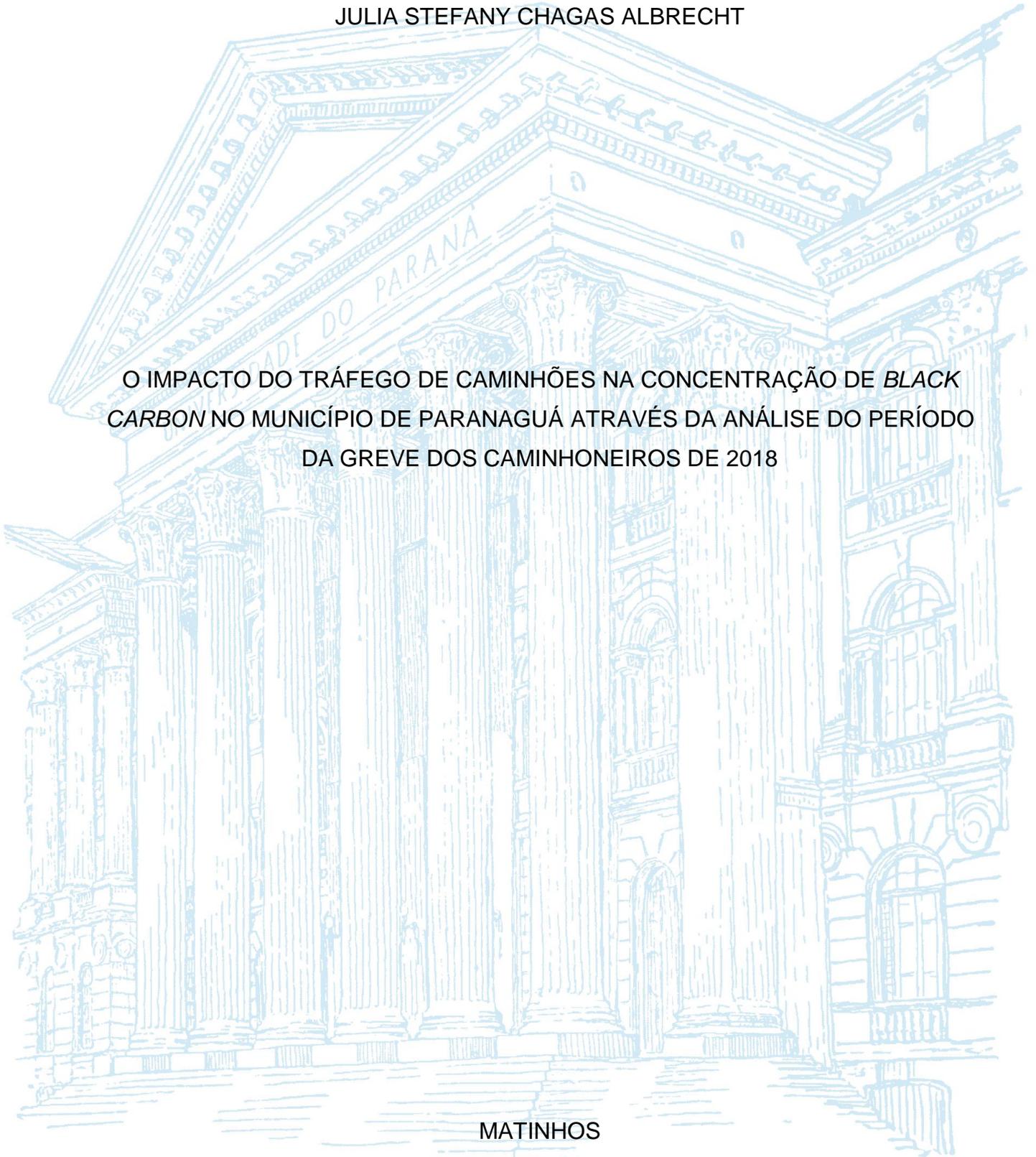
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIA STEFANY CHAGAS ALBRECHT

O IMPACTO DO TRÁFEGO DE CAMINHÕES NA CONCENTRAÇÃO DE *BLACK CARBON* NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ ATRAVÉS DA ANÁLISE DO PERÍODO DA GREVE DOS CAMINHONEIROS DE 2018

MATINHOS

2019



JULIA STEFANY CHAGAS ALBRECHT

O IMPACTO DO TRÁFEGO DE CAMINHÕES NA CONCENTRAÇÃO DE *BLACK CARBON* NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ ATRAVÉS DA ANÁLISE DO PERÍODO DA GREVE DOS CAMINHONEIROS DE 2018

Artigo apresentado como trabalho de conclusão do curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, da Universidade Federal do Paraná – Setor Litoral.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Arantes Reis
Co-orientadores: Prof. Dr. Emerson Joucoski e Me. Bruno Martins Gurgatz

MATINHOS

2019

ATA DE AVALIAÇÃO DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

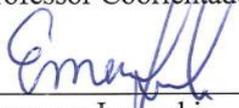
Aos vinte e dois dias do mês de novembro de dois mil e dezenove, às nove horas, no Setor Litoral da Universidade Federal do Paraná, reuniu-se a banca avaliadora do trabalho de conclusão de curso, constituída pelas professoras Camila Arielle Bufato Moreira e Andréa Maximo Espínola, sob a presidência do Orientador professor Rodrigo Arantes Reis e coorientadores professores Bruno Martins Gurgatz e Emerson Joucoski. O Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, da aluna **Julia Stefany Chagas Albrecht** sob o título: **“O impacto do tráfego de caminhões na concentração de black carbon no município de Paranaguá através da análise do período da greve dos caminhoneiros de 2018”**, obteve o conceito APL. A aluna deverá efetuar as correções solicitadas pela banca e entregar a versão final em formato digital, até o dia 22 do mês de novembro, do ano 2019, na assessoria da Câmara do curso de Gestão Ambiental.



Rodrigo Arantes Reis
Professor Orientador



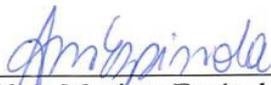
Bruno Martins Gurgatz
Professor Coorientador



Emerson Joucoski
Professor Coorientador



Camila Arielle Bufato Moreira
Membro da banca avaliadora



Andréa Maximo Espínola
Membro da banca avaliadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Papa, por iluminar o caminho da minha evolução e me dar oportunidade de todo dia poder tentar ser a melhor versão de mim nessa vida terrena. Papa, obrigada pela vida, pelas longas conversas durante a madrugada e pela constante chuva de amor e bençãos.

Agradeço as mulheres responsáveis pela minha criação, à minha avó Nirinha parnanguara, à minha tia Luciane e principalmente à minha mãe Cristiane, que me mostraram que a força e a resistência correm brutalmente em nossas veias. Agradeço ao meu pai, o qual me entregou as chaves da porta do conhecimento. Que nossas almas possam sempre se reencontrar. Minha gratidão a todos da minha família incluindo Aretha, gatinha bruxa que me adotou.

Minha gratidão também a todos os professores que participaram da minha formação acadêmica durante esses anos cursando Gestão Ambiental. Ao Iar UFPR Litoral que me acolheu e abraçou com tanto carinho.

Agradeço a todos do Laboratório Móvel de Educação Científica, amigos de pesquisa e professores Emerson Joucoski e Luciano Huergo, pelas oportunidades de aprendizado e crescimento intelectual proporcionados pelos trabalhos científicos e convivência. Em especial ao meu orientador Rodrigo Arantes Reis, que me acompanha desde 2016, quando cheguei no setor. Que viu meu potencial quando nem mesmo eu via e fez questão de iluminar o caminho do meu conhecimento, me incentivando em cada processo do meu crescimento intelectual durante a pesquisa. Obrigada por acreditar em mim, por todo conhecimento e companheirismo.

Agradeço aqui também ao Lacaut (Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos), onde aprendi vários processos laboratoriais que utilizei durante a pesquisa. Agradeço a todas as pessoas que me auxiliaram e enriqueceram essa experiência: professor Ricardo Godoi, Ariadina Maria Tonetti, Guilherme Borillo, Sérgio Gonçalves e Cybelli Barbosa.

Agradeço ao meu amigo e colega de pesquisa Bruno Gurgatz, que não foi somente meu co-orientador no presente estudo mas também em todos os anos desde que escolhi a pesquisa. Obrigada pela paciência e por partilhar todo seu conhecimento comigo, é uma honra.

Agradeço ao meu companheiro, amigo, colega de pesquisa e namorado, Felipe Foroni, que com toda sua compreensão, sensibilidade e amor segurou minha mão durante todo o processo deste ciclo. Eu amo aprender e sonhar com você.

Aos meus amigos, agradeço o companheirismo e companhia. Aqui registro minha gratidão a Charolinha e Ben, pelos abraços e confiança; ao meu irmão André Alves, com quem pude partilhar um lar e sonhos; a Renata Ferreira, amiga e parceira pras vidas. Aos meus companheiros e amigos do curso, com quem cresci, evolui e compartilhei momentos inesquecíveis, Ananda Graf Mourão, Geovana Vilharquide, Fernanda Campiolo, Caio da Silveira e Rogério Reis. A Marjorie, parceira de 11a, com quem convivi e compartilhei frustrações, sonhos e risadas nos momentos finais e cruciais desse ciclo. E a minha irmã de alma Thayná que sempre esteve ao meu lado, mesmo estando em outro continente.

Agradeço por ter a oportunidade de viver esse ciclo maravilhoso em Matinhos, um lugar mágico de cura, onde pude reavaliar o que eu era, o que eu estava me tornando e o que eu queria me tornar.

“provides no such evidence”

- R Cookbook

RESUMO

A poluição atmosférica é considerada um dos maiores riscos ambientais da atualidade e tem sido associada a efeitos neurológicos e aumentos da mortalidade vinculados principalmente a danos no sistema respiratório e cardiovascular. Estimativas da Organização Mundial da Saúde, identificaram que a poluição atmosférica é responsável por 7 milhões de mortes anualmente. Paranaguá, município do litoral do Paraná está localizado na maior área contínua preservada de Mata Atlântica, considerada *hotspot* de biodiversidade e abriga o maior porto graneleiro da América Latina. O ambiente portuário abrange um conjunto de modais e complexos industriais com potenciais poluidores. Essas características fazem com que essa região seja um modelo importante de estudos significativo em relação à poluição atmosférica. Dentre os poluentes nocivos à saúde humana, o *Black Carbon* (BC) que possui como principal característica a grande absorção da luz em todos os comprimentos de onda visíveis, no IR e UV, torna-se importante para a compreensão de fatores climáticos. Suas principais fontes são combustíveis fósseis para transporte, principalmente a partir de motores a diesel, combustíveis sólidos (biomassa) para uso industrial e residencial e queimadas de savanas e florestas. O tráfego é um dos principais contribuintes para a poluição atmosférica global e a queima incompleta de combustíveis fósseis proveniente do diesel é seu componente mais importante. Este trabalho teve como objetivo avaliar a concentração dos níveis de BC no município portuário de Paranaguá no período da greve dos caminhoneiros de 2018 além de compreender quais fatores antrópicos e climáticos influenciaram a dinâmica de BC nesse período. Para a amostragem foi utilizado o equipamento Aetalômetro conectado ao equipamento um separador de $PM_{2,5}$, (PM, do inglês, *Particulate Matter*). Esse tamanho de material particulado apresenta os maiores riscos à saúde, dado que, quanto menor seu tamanho, maior a possibilidade de deposição em áreas mais profundas do sistema respiratório. A amostragem ocorreu 30 dias antes, 10 dias durante e 30 dias da greve. A média encontrada durante o período de amostragem do período antes, durante e depois da greve para BC foi de 941.7 ng/m^3 , 611.1 ng/m^3 e 1830.1 ng/m^3 , respectivamente. A variação temporal do período total indica que as concentrações de BC tiveram um declínio significativo durante a greve e análises estatísticas correlacionando com modais pertencentes ao sistema portuário identificaram que possivelmente o tráfego rodoviário é a principal fonte de emissão de BC. A análise de dispersão de poluentes, identificou que as maiores concentrações de BC foram provenientes da região portuária (corredor de exportação, do estacionamento de caminhões e das vias de acesso) do município de Paranaguá, corroborando a hipótese da queima de combustíveis fósseis proveniente da atividade portuária com destaque para a atividade de tráfego rodoviário de cargas como fonte predominante.

Palavras-chave: Poluição Atmosférica. Região Portuária. *Black Carbon*. Tráfego Rodoviário.

ABSTRACT

The air pollution is considered one of the biggest environmental risks nowadays and it has been associated to neurological effects and rise of mortality rate linked mainly to damages on the respiratory and cardiovascular system. The World Health Organization estimates that atmospheric pollution is responsible for 7 million deaths annually. Paranaguá, Paraná's cost City is sited in the largest continued preserved area of Atlantic Forest, considered biodiversity hotspot and it shelters the largest bulk carrier Port of Latin America. The Port environment comprises a modal group and complex industrial with potential pollutants. These characteristics make this region out to be an important model of significant studies related to air pollution. Among the nocive pollutants to the human health, the Black Carbon (BC) has as main trait the light absorption in all lengths of visible waves, in IR and UV, it becomes important to the comprehension of climatic factors. Its main sources are fossil fuels for transportations, mostly from diesel engines, solid fuels (biomass) to industrial and residential and Savana and Forests burning. The traffic is one of the main contributors to the global air pollution and the incomplete fossil fuel burning from diesel is the most important component. This article had as object evaluate the concentration of BC levels in the Port City of Paranaguá during the truck drivers strike in 2018 beyond understanding which anthropics and climatics factors influenced the BC dynamics in this period. To the sampling it was used the equipment Aethalometer connected to the equipment a Separator of PM_{2.5}. The size of this particulate matter represents the biggest risks to health, given that the smaller the size, bigger the possibility of deposition in the deeper areas of the respiratory system. The sampling happened 30 days before, 10 days during and 30 days after the strike. The average found in the period before, during and after the strike for the BC was of 941.7 ng/m³, 611.1 ng/m³ e 1830.1 ng/m³, respectively. The temporal variation in the total period indicates that the BC concentrations significantly declined during the strike and the statistical analysis correlating with modals belonging to the port system identified that possibly the road traffic is the main source of BC emission. The analysis of pollutant dispersions, identified that the bigger BC concentrations came from the port region (exportation corridor, truck parking lots and access ways) of the City of Paranaguá, confirming the hypothesis of fossil fuels burning from the port activity highlighting the road carriers traffic as predominant source.

Keys words: Air Pollution. Ports. Black Carbon. Road Traffic

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FRAÇÕES DO MATERIAL PARTICULADO EM COMPARAÇÃO AO TAMANHO DE GRÃOS DE AREIA E FIO DE CABELO.	Error!
Bookmark not defined.	14
FIGURA 2 – PROVÁVEIS ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO NO SISTEMA RESPIRATÓRIO HUMANO	14
FIGURA 3 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA DE AMOSTRA DE AGREGADOS DE BC.....	16
FIGURA 4 – FIMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO PORTUÁRIA DE PARANAGUÁ COM SUAS PRINCIPAIS VIAS E ACESSO..	21
FIGURA 5 – MAPA DE ZONEAMENTO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO DO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ..	23
FIGURA 6 – PONTO DE AMOSTRAGEM DE BC, NA RECEITA FEDERAL DE PARANAGUÁ, PRÓXIMO AO PORTO D. PEDRO II.....	26
FIGURA 7 – AETALOMETRO AE42, IGUAL AO MODELO UTILIZADO NESTA PESQUISA PARA MENSURAÇÃO CONTÍNUA DE FULIGEM.....	27
FIGURA 8 – FLUXOGRAMA SOBRE A FUNCIONALIDADE DO SCRIPT.....	29
FIGURA 9 – INTENSIDADE DOS VENTOS (M/S1) POR DIREÇÃO PARA PARANAGUÁ DE 21 DE MAIO ATÉ 29 DE JUNHO DE 2019.....	31
FIGURA 10 – FREQUÊNCIA DE INTENSIDADE DOS VENTOS (M/S1) POR DIREÇÃO PARA PARANAGUÁ NOS PERÍODOS ANTES, DURANTE E DEPOIS DA GREVE DOS CAMINHONEIROS DE 2018.....	32
FIGURA 11 – CALENDÁRIO REPRESENTATIVO DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA O MONITORAMENTO DE FULIGEM EM PARANAGUÁ.....	33
FIGURA 12 – CALENDÁRIO REPRESENTATIVO DAS MÉDIAS DIÁRIAS OBTIDAS PARA O MONITORAMENTO DE FULIGEM EM PARANAGUÁ.....	33
FIGURA 13 – BOXPLOT GERADO A PARTIR DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA.....	36
FIGURA 14 – SÉRIE TEMPORAL DOS RESULTADOS OBTIDOS COM O MONITORAMENTO	37
FIGURA 15 – FREQUÊNCIAS DE DIREÇÃO DO VENTO EM PARANAGUÁ A PARTIR DOS NÍVEIS DE BC ENCONTRADOS.....	38

FIGURA 16 – VISUALIZAÇÃO BI-VARIADA DE FULIGEM POR VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO.....	38
FIGURA 17 – VISUALIZAÇÃO BI-VARIADA DE FULIGEM POR VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO NOS PERÍODOS ANTES, DURANTE E DEPOIS DA GREVE..	39
FIGURA 18 – FREQUÊNCIAS DE DIREÇÃO DO VENTO EM PARANAGUÁ A PARTIR DOS NÍVEIS DE BC ENCONTRADOS NOS PERÍODOS ANTES, DURANTE E DEPOIS DA GREVE.....	39
FIGURA 19 – RELAÇÃO LINEAR ENTRE AS CONCENTRAÇÕES DE BC E A. NAVIOS; B. CAMINHÕES.....	41
FIGURA 20 – DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE BC EM PARANAGUÁ EM COMPARAÇÃO COM A MOVIMENTAÇÃO MARÍTIMA E MOVIMENTAÇÃO DE TRÁFEGO.	42
FIGURA 21 – DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE BC DURANTE O PERÍODOS ANTES DURANTE E DEPOIS DA GREVE.....	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES MÍNIMOS, MÉDIOS, MÁXIMOS PARA O PERÍODO ESTUDADO.	34
TABELA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE AVALIAÇÕES DE BLACK CARBON MUNDIALMENTE	35
TABELA 3 – MÉDIAS SEMANAIS DE CONCENTRAÇÃO DE BC; NÚMERO DE CAMINHÕES E NÚMERO DE NAVIOS.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

APPA	- Associação de Portos de Paranaguá e Antonina
BC	- <i>Black Carbon</i>
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNT	- Confederação Nacional do Transporte
ECOVIA	- Concessionária Ecovia Caminho do Mar S/A
IPEA	- Instituto de Pesquisa Básica e Aplicada
MP	- Material particulado
PAS	- Pesquisa Anual de Serviços
PTS	- Partículas Totais em Suspensão
SIMEPAR	- Sistema Meteorológico do Paraná
WHO	- Organização Mundial da Saúde

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	13
1.1.1 BLACK CARBON	15
1.2 ÁREAS PORTUÁRIAS E POLUIÇÃO	18
1.2.1 PORTOS E TRANSPORTE	18
1.3 PLANEJAMENTO TERRITORIAL E PARANAGUÁ	20
1.4 ESTUDO DE CASO: GREVE DOS CAMINHONEIROS DE 2018.....	23
2 OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GERAL	244
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3 METODOLOGIA	25
3.1 LOCAL DE ESTUDO.....	26
3.2 PROCEDIMENTO ANALÍTICO	28
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE PARANAGUÁ NO PERÍODO ESTUDADO	30
4.2 MONITORAMENTO FULIGEM	32
4.2.1 CONCENTRAÇÕES.....	32
4.2.2 DISPERSÃO	37
4.2.3 VARIÁVEIS DE TRÁFEGO	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46
ANEXO I – MEMORIAIS	51

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi redigido no formato de artigo científico. Neste primeiro tópico são apresentados os temas base que favorecem a compreensão do tema central bem como sua importância.

1.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição atmosférica compreende substâncias em valores diferentes aos encontrados na atmosfera em ambientes naturais, sendo prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente (CONAMA, 2018). Poluentes atmosféricos são considerados um dos maiores riscos ambientais da atualidade, sendo comprovadamente relacionados a impactos na saúde. Estimativas da Organização Mundial da Saúde (WHO), identificaram que a poluição atmosférica é responsável por 7 milhões de mortes anualmente (WHO, 2012). Estudos recentes identificaram que as doenças causadas pela poluição atmosférica foram responsáveis por cerca de 9 milhões de mortes prematuras em 2015, 16% de todas as mortes do mundo (LANDRUGAN et al, 2018).

Há uma grande variedade de poluentes atmosféricos, sendo caracterizados principalmente entre material particulado (MP ou aerossóis) e compostos gasosos. São emitidos a partir de diferentes fontes e constituídos por compostos, tamanhos e estruturas químicas diversificados.

O material particulado (PM, do inglês, *Particulate Matter*), conhecido também como aerossóis, consiste em uma classificação física de partículas em suspensão e respiráveis compostas de sulfato, nitratos, amônia, cloreto de sódio, poeira, fuligem, fumaça e gotículas líquidas. Possuem tamanho e densidade pequenos o suficiente para permanecer em suspensão por determinado tempo, sendo divididos em PTS (Partículas Totais em Suspensão), PM₁₀ (menor ou igual a 10 µm de diâmetro), PM_{2,5} ou “finas” (menor ou igual a 2,5 µm de diâmetro) e ultrafinas (PM_{0,1}), como ilustrado na FIGURA 1. (BRAGA et al., 2001; POLEZER, 2015).

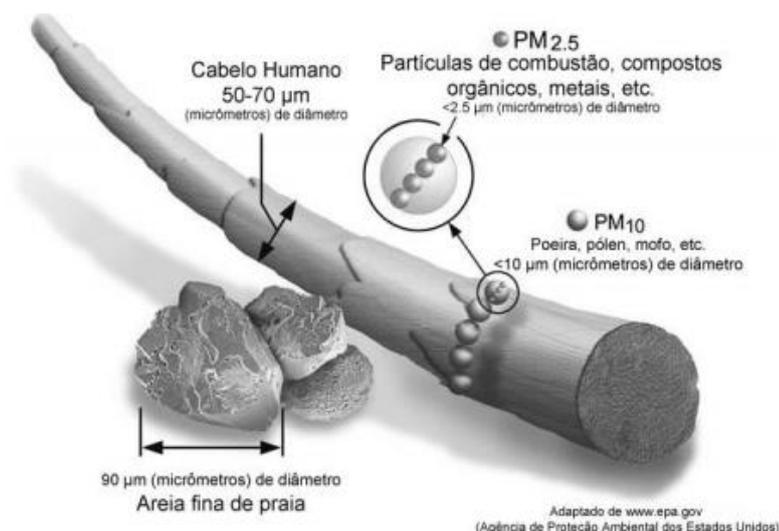


Figura 1: Frações do material particulado em comparação ao tamanho de grãos de areia e fio de cabelo. Traduzido de US Environmental Protection Agency, disponível em <http://www.epa.gov>.

O $PM_{2,5}$ ou “finas” apresentam os maiores riscos à saúde, dado que, quanto menor seu tamanho, maior a possibilidade de deposição em áreas mais profundas do sistema respiratório, como ilustrado na FIGURA 2 (BRAGA et al., 2001; BROOK et al., 2010; US EPA, 2016). Destaca-se que o $PM_{2,5}$ é classificado como uma das principais causas de mortes prematuras mundialmente, sendo considerado um dos poluentes com maiores efeitos na saúde. Estudos identificaram que o aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração atmosférica deste poluente resulta em acréscimo de 6% de mortalidade geral e 11% para mortalidade por problemas cardiovasculares (HOEK et al., 2013; LIM et al., 2012).

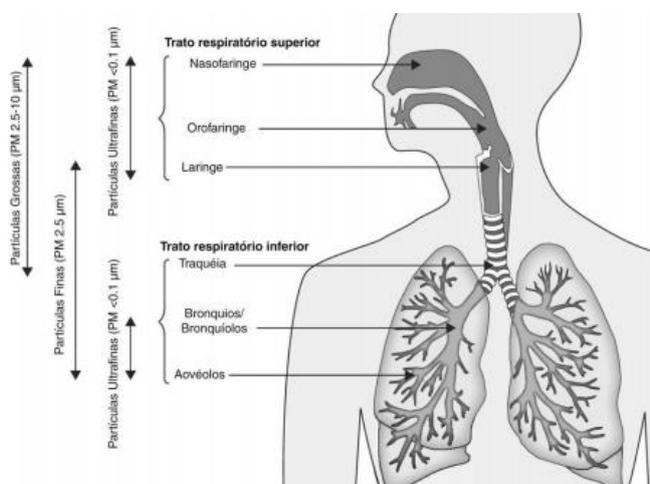


Figura 2: áreas de deposição das diferentes frações de material particulado no sistema respiratório humano. Traduzido de Guarneri e Balmes (2014).

As fontes do MP podem ser naturais ou antropogênicas. Dentre as naturais, destaca-se o *spray* marinho proveniente da formação de bolhas no oceano por atividade biológica e a suspensão de poeira dos desertos. Quanto às antropogênicas, incluem motores de combustão (diesel e gasolina), queima de biomassa, combustão de combustível sólido para produção de energia em residências e na indústria, além de outras atividades industriais (GURGATZ, 2018).

O tráfego é um dos principais contribuintes para a poluição atmosférica global e a queima incompleta de combustíveis fósseis proveniente do diesel é seu componente mais importante (GHIO et al, 2012). A queima do diesel contém mais de 40 poluentes tóxicos para atmosfera e é um dos principais contribuintes para o MP ambiental, particularmente o MP fino (PM_{2,5}) e o ultrafino (US EPA, 2016). Os motores a diesel fornecem energia a uma ampla gama de veículos, equipamentos pesados e outras máquinas utilizadas em diversos setores, incluindo transporte, agricultura, ferrovia, transporte marítimo e mineração.

A exposição a poluentes tem sido associada a aumentos da mortalidade vinculados principalmente a danos no sistema respiratório e cardiovascular (BRAGA et al., 2001). Apesar disso, estudos referentes aos poluentes relacionados à saúde humana vem encontrando diversos efeitos distintos. Estudos recentes apontam efeitos neurológicos, identificando partículas provenientes de poluição atmosférica urbana em autópsias cerebrais (CHEN et al., 2015; MAHER et al., 2016).

1.1.1 BLACK CARBON

Em 1861, o cientista Michael Faraday reconheceu que a fuligem era composta de carbono e que era produzida pela combustão incompleta de combustíveis que continham carbono (FARADAY, 1861). O termo *Black Carbon* foi apresentado na década de 1980 pelo pesquisador Tihomir Novakov, chamado de “padrinho dos estudos sobre *Black Carbon*” pelo pesquisador climático James Hansen (NOVAKOV, 1982).

O *Black Carbon* (BC ou Fuligem) é um poluente composto por partículas de carbono e é emitido em uma variedade de processos de combustão, sendo produto da queima incompleta de combustíveis fósseis e biomassa. Seu tempo de permanência na atmosfera é de aproximadamente uma semana, sendo sua remoção principalmente por deposição seca ou úmida. A formação dessas partículas se dá quando há oxigênio insuficiente para a combustão completa, ou mesmo em

espaços da queima onde surgem zonas de pouca oxigenação devido à má mistura dos compostos (BOND et al., 2013; WANG et al., 2015).

Além disso, o BC é distinguível de outras formas de carbono e compostos de carbono contidos no aerossol atmosférico, pois possui uma combinação exclusiva de propriedades físicas: sua principal característica é a alta absorção da luz em comprimentos de onda visíveis, no infravermelho próximo (IR) e no ultravioleta (UV); É refratário, mantendo sua forma básica em temperaturas altíssimas, com uma temperatura de vaporização próxima a 4000K; e é insolúvel em água e em solventes orgânicos comuns, o que diminui sua remoção por processos de precipitação.

Por fim, pode existir como agregados devido a sua forma gráfica microcristalina (BOND et al., 2013), como ilustrado na FIGURA 3.

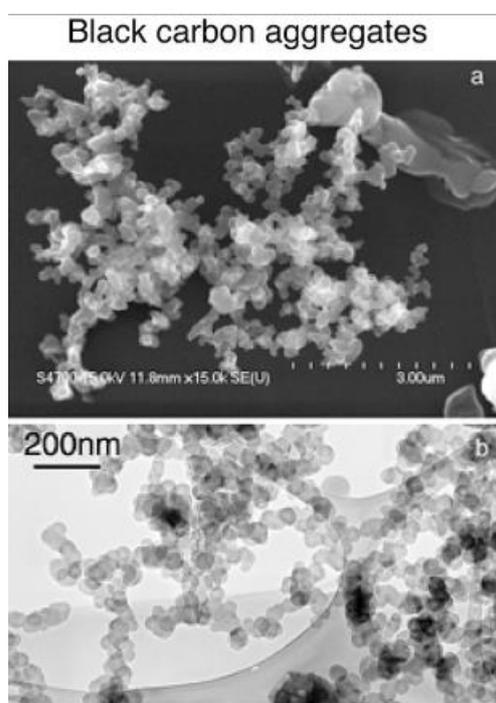


Figura 3: Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura de amostra de agregados de BC. Retirado de Bond et al. (2013)

Após o CO₂, o BC é o segundo maior contribuinte para o aquecimento global, tendo, assim, um papel único e importante para a compreensão de fatores climáticos.

O BC absorve a radiação solar, neutralizando o resfriamento causado por partículas como sulfatos que dispersam predominantemente a luz e assim aquece a atmosfera e influencia as micro propriedades das nuvens devido à alteração do

núcleo de condensação. Além disso, potencializa aquecimento quando sua deposição ocorre no gelo ou na neve, pois diminui a refletividade dessas superfícies, causando maior absorção de radiação solar, diminuindo assim o albedo do gelo e contribuindo para o derretimento da calota polar e da neve (ARNOTT et al., 2005; BOND, 2006; WELLER et al., 2013). Esses efeitos fazem do BC um potente impulsor das mudanças climáticas, em escala local e global.

Devido ao seu tamanho microscópico esse tipo de partícula pode ser transportada por longas distâncias. Alguns autores indicam que a América do Sul, com destaque para o Brasil, e a África podem ser considerados como as maiores fontes emissoras de particulados para Antártica. Nesse sentido, a redução das emissões desse poluente apresenta grande potencial para propósitos mitigatórios (LAN et al., 2013; PEREIRA et al., 2006).

O BC tem como principais fontes, os combustíveis fósseis para transporte, principalmente o uso de motores a diesel, combustíveis sólidos (biomassa) para uso industrial e residencial (aquecimento e preparo de alimentos) e queimadas de savanas e florestas (HANSEN et al., 1990).

Dentre as técnicas existentes para a medição de BC, a mais eficiente é a atenuação (absorção óptica) de uma fonte de luz. Em constante fluxo de ar, o material particulado contendo fuligem é depositada em fitas de fibra de quartzo. A fuligem apresenta maior atenuação no comprimento de onda de 880 nm, onde outras partículas e compostos praticamente não são identificados e é portanto, comumente usado para medição.

Estudos indicam que o BC representa um dos componentes de MP mais relevantes para a saúde, especialmente para efeitos cardiovasculares, também foram encontradas relações entre este poluente e ocorrência de câncer pulmonar e efeitos no sistema nervoso (GRAHAME et al., 2014; JANSSEN et al., 2011; SEGERSSON et al., 2017). Estudos recentes relatam a presença de partículas de BC como parte de material particulado derivado da combustão em placentas humanas, sugerindo que há efeitos prejudiciais à saúde desde o início da vida (BOVÉ et al., 2019).

O aumento da exposição ao BC de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ está relacionado a maiores impactos adversos à saúde em comparação com o mesmo aumento no $\text{PM}_{2,5}$ ou PM_{10} , indicando o BC como um importante indicador adicional da qualidade do ar, útil para avaliar os riscos à saúde relacionados à poluição atmosférica relacionadas

às emissões de combustão, bem como beneficiar as medidas de redução de tráfego (JANSSEN, et al., 2011).

É recomendado pela OMS limites no ambiente de no máximo 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ de média anual, e de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média diária (WHO, 2006). No Brasil, até 2017 apenas o PTS e o PM_{10} eram regulamentadas quanto a seus limites no ambiente, conforme Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 3 de 28/06/1990. Somente no ano de 2018 o monitoramento para $\text{PM}_{2,5}$ foi regulamentado segundo resolução do CONAMA nº 491/2018, propondo uma redução gradual deste poluente e a concentração final a ser atingida é 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2,5}$ de média anual, e de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a média diária (CONAMA, 2018). Com relação especificamente ao *Black Carbon*, ainda não há padrões nacionais ou internacionais estabelecidos, tão pouco recomendações da OMS.

1.2 ÁREAS PORTUÁRIAS E POLUIÇÃO

1.2.1 PORTOS E TRANSPORTE

Apesar da grande lacuna científica sobre BC em regiões portuárias, essas áreas são potenciais emissores deste tipo de poluente. O transporte marítimo é um dos modais mais utilizados pela indústria no Brasil, modal em destaque desde o século XV, inicialmente movido a carvão e que modificou gradualmente sua matriz energética passando a ser movido à óleo combustível devido ao ganho de performance e custo reduzido. Tal combustível é composto pela fração pesada da destilação do petróleo, sendo um óleo viscoso e com altos níveis de contaminantes (CORBETT; WINEBRAKE, 2008; ENDRESEN et al., 2005; PETROBRÁS, 2013).

O último levantamento realizado pela Organização Marítima Internacional das emissões de gases de efeito estufa relacionadas ao transporte marítimo estima que, em 2012, foram emitidos 938 toneladas de CO_2 para atmosfera, o que corresponde 2,6% de toda emissão (SMITH et al., 2014). Já em relação às emissões de material particulado, o transporte marítimo é responsável pela emissão de 1.2 a 1.6 milhões de toneladas de PM_{10} (CORBETT et al., 2007).

Atualmente o Brasil abriga 37 portos públicos organizados marítimos (BRASIL, 2015). De acordo com a classificação do Ranking dos portos brasileiros do Instituto de Pesquisa Básica e Aplicada (IPEA), que leva em consideração critérios de área geográfica de influência; porte; participação do porto no comércio internacional do Brasil; número de setores de atividade econômica atendidos; âmbito

de atuação; e valor agregado médio dos produtos transacionados, os maiores portos do Brasil são o Porto de Santos, de Paranaguá, do Rio de Janeiro, de Itajaí e Vitória (CAMPOS NETO et al., 2009; GURGATZ, 2018).

Em relação ao monitoramento da qualidade do ar nos portos supracitados, Santos, Paranaguá, Rio de Janeiro e Vitória seguem a legislação federal; apenas Santos, Rio de Janeiro e Vitória fazem monitoramento para $PM_{2,5}$ e Itajaí não possui monitoramento algum (GURGATZ, 2018). É importante ressaltar que esses estudos são de suma importância para o planejamento de medidas mitigatórias bem como para o planejamento de expansão dos modais de transportes no território nacional.

A atividade portuária, além da frota marítima, traz consigo diversos outros modais e estruturas que favorecem a sua funcionalidade, tais como: trens, complexos industriais próximos e principalmente transporte rodoviário (BAILEY; SOLOMON, 2004).

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT), as rodovias oferecem a estrutura física que permite a realização do transporte rodoviário de pessoas e de mercadorias. Assim, em relação à sua atividade econômica, o modal rodoviário pode ser segmentado em duas categorias: o transporte de passageiros e o transporte de cargas (CNT, 2017). O transporte rodoviário de cargas é central para os objetivos deste trabalho.

O Brasil possui 1.720.756 km de rodovias, destes apenas 211.468 km são pavimentados, ou seja, 12,3% da extensão total. Levando em consideração a densidade de infraestrutura rodoviária por área territorial, essa quilometragem representa 24,8 Km por 1.000 Km², o que é um valor baixo quando comparado com países de extensão territorial semelhante. Uma análise realizada no começo de 2019, a partir de dados obtidos pela CNT mostrou que a cada 100 quilômetros de rodovia pavimentada no Brasil, 59 têm problemas no seu estado de conservação e a cada mil quilômetros avaliados, há 7 trechos em condições muito ruins, com buracos, erosões ou barreiras caídas. É uma alta de 73% em relação ao ano de 2018 (MAZZA et al, 2019). De acordo com os dados da Pesquisa Anual de Serviços (PAS), o transporte rodoviário de cargas foi o principal segmento do setor de transportes em 2014, sendo responsável por 36,2% do PIB do setor (MALACARNE, 2019; CNT, 2017).

1.3 PLANEJAMENTO TERRITORIAL E PARANAGUÁ

Embora o debate sobre a acessibilidade dos portos se concentre na logística e no escoamento rodoviário de longa distância, é preciso lembrar que ao final de boa parte das rodovias, há uma área urbana. Portanto, desconsiderar, sob a perspectiva da política pública, os acessos aos portos secundariza um importante debate que remete às importantes artérias urbanas que participam de forma destacada da circulação dos habitantes das cidades e também se constituem em portas de entrada para os terminais. Nesse sentido, é importante compreender como se organiza o sistema viário do Município de Paranaguá, uma vez que é ele que dá suporte a estrutura de mobilidade não somente da região portuária mas também de toda cidade.

Paranaguá, município do litoral paranaense está circundada pela Serra do Mar, com vegetação predominante de Floresta Atlântica, a maior área contínua preservada deste bioma, considerado um *hotspot* de biodiversidade (MYERS et al., 2000; PIERRI et al., 2006).

Além disso, o seu patrimônio histórico possui grande relevância, composto por sua riqueza de patrimônio imaterial através de práticas culturais das comunidades tradicionais caiçaras e também material, com suas construções históricas, as quais vão ao encontro com as demandas provenientes do fluxo global de comércio, típicas das áreas portuárias. Os vários fluxos econômicos que utilizaram as instalações portuárias até os dias atuais ficaram expressos na arquitetura dos prédios históricos espalhados pelo centro do município (ABRAHÃO; BAHL, 2011; GURGATZ, 2018).

Abriga o maior porto graneleiro da América Latina e um grande complexo industrial de fertilizantes que o circunda. O Porto Dom Pedro II é utilizado por 23 estados da federação para transações internacionais, apresentando um contexto de extrema importância para a economia nacional (CAMPOS NETO et al., 2009).

No ano 2017 o Porto de Paranaguá celebrou recorde de mais de 50 milhões de toneladas transportadas com o total de 51.510.701 t, maior movimentação de toda sua história, e acima da média dos portos brasileiros. Dentre as cargas mais movimentadas no Porto de Paranaguá, estão, para o ano de 2017, a soja (11.409.189 t), o adubo (8.847.059 t), e a carga geral (3.285.046 t) (APPA, 2017). T tamanha movimentação exerce pressão no sistema viário, o que faz com que urja a necessidade da compressão da funcionalidade do mesmo.

As vias do Sistema Viário Básico são classificadas de forma a compor um sistema viário hierarquicamente definido, atendendo ao papel que desempenham ou venham a desempenhar na cidade, em consonância com a Lei de Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo. A rede viária do município de Paranaguá é composta por vias existentes e diretrizes de vias a serem implantadas e são classificadas de acordo com suas características funcionais que imprimem diferentes categorias: vias estruturais, arteriais, coletoras, locais, municipais e portuárias, via parque, via panorâmica e via de pedestres (PARANAGUÁ, 2007).

O sistema viário que dá suporte ao sistema de mobilidade urbana de acesso à região portuária do município é constituída por duas vias estruturais (Avenida Bento Rocha e Avenida Ayrton Senna da Silva) e uma via marginal (Avenida Coronel Lobo) que abrigam todo o transporte rodoviário de caminhões.

As faixas de rolagem dessas vias são projetadas com dimensionamento e adequações físicas para o fluxo de caminhões e nas suas desembocaduras existem áreas de estacionamento para espera de coleta e entrega de produtos provenientes do Porto. Na confluência dessas vias, em que se localiza o edifício da Receita Federal, foi escolhido para fixação do equipamento que realiza a coleta e análise do BC (FIGURA 4).

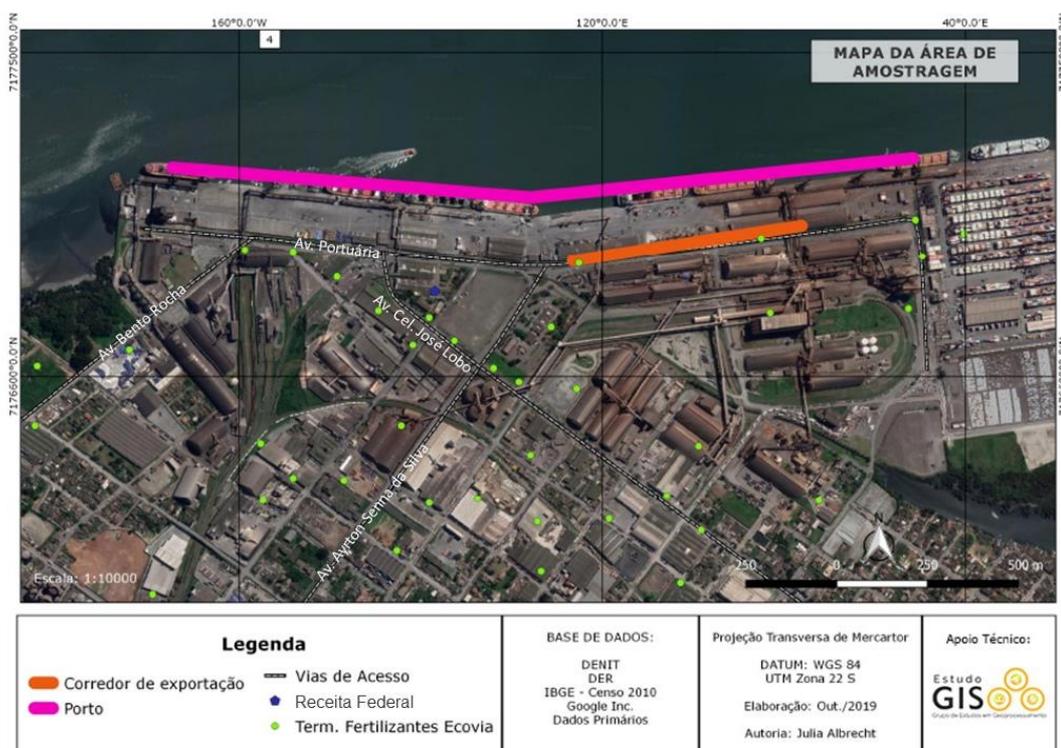


Figura 4: Imagem de satélite da região portuária de Paranaguá com suas principais vias e acesso.

Partindo para análise da forma de ocupação ao longo dessas vias sugere-se o entendimento sobre determinações urbanas relativas ao zoneamento, uso e ocupação do Solo. Zoneamento é a divisão do território do município que visa dar a cada região melhor utilização em função das condições ambientais, da topografia, do sistema viário e da infraestrutura existente, através da criação de zonas e setores de uso e ocupação do solo e adensamentos diferenciados, tanto para a área rural quanto para área urbana. Os critérios de Uso e Ocupação do Solo que devem atender à Política Urbana e à Política de Uso e Ocupação do Solo, estão contidas na Lei do Plano Diretor, que é o instrumento básico da política de desenvolvimento previsto pela Constituição Federal de 1988, nos artigos 182 e 183, reforçada pelo Estatuto da Cidade aprovado em 2001 (OLIVEIRA, 2001).

O Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Paranaguá estabelece a Macrozona Urbana, que correspondente à área urbana do município, nos termos da Lei do Perímetro Urbano, e apresenta diferentes graus de consolidação e infraestrutura básica instalada e destina-se a concentrar o desenvolvimento e adensamento urbano.

Os parâmetros urbanísticos ou construtivos e os usos funcionais admitidos constam na Lei municipal nº 62, de 27 de agosto de 2007 que institui o Zoneamento de Uso e Ocupação do solo do município de Paranaguá, que relaciona os setores territoriais urbanos, estão demarcados graficamente no mapa de que trata o inciso III do artigo 2º desta Lei (FIGURA 5). A macrozona urbana subdivide-se em diversas zonas com características diferenciadas e a que interessa a esse trabalho é aquela prioritariamente ao uso residencial próxima as estruturas portuárias de Paranaguá sujeita aos impactos da poluição do ar advindos do transporte rodoviário de cargas.

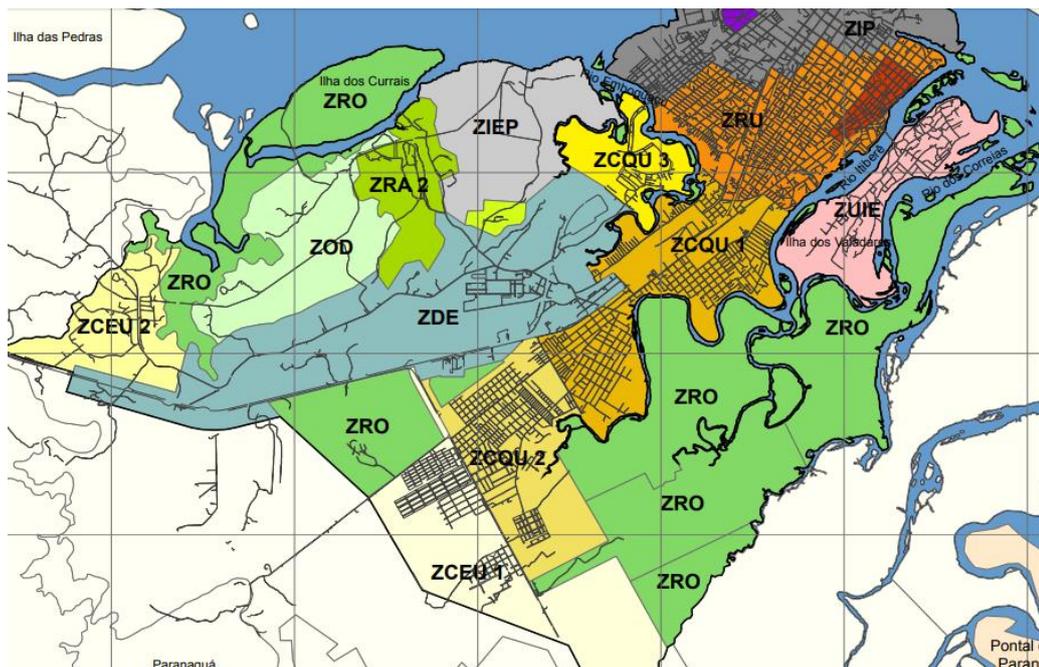


Figura 5: Mapa de Zoneamento Uso e Ocupação do Solo Urbano do município de Paranaguá.

Por fim, a região do litoral paranaense apresenta uma condição de fragilidade das comunidades ali presentes, caracterizado por uma política do abandono propositalmente instalada para permitir a exploração de seus recursos naturais e de sua população, o que gerou um contexto de injustiça ambiental no município (GURGATZ et al., 2016; TIEPOLO, 2015), revelando que o município de Paranaguá apresenta uma gestão ambiental territorial desordenada e um tanto quanto ineficiente.

1.4 ESTUDO DE CASO: GREVE DOS CAMINHONEIROS DE 2018

O transporte rodoviário é o principal modal utilizado para transporte de cargas no Brasil e fornece serviços para praticamente todos os setores econômicos, por meio do deslocamento de insumos e mercadorias.

O setor de transportes foi impactado negativamente pela crise atual do país. Com a baixa demanda, foi inevitável o decréscimo do preço dos serviços por parte dos transportadores e de maneira conseguinte, a margem de lucro também baixou. Além desse cenário, o aumento do combustível está associado ao aumento do dólar e do petróleo no mercado internacional, que passaram a servir de base para a política de preços da Petrobras a partir de 2016 e que, em 2017, levaram a estatal a decidir aumentar a frequência nos ajustes de um mês para "a qualquer momento",

inclusive diariamente. Essas foram as motivações que levaram os caminhoneiros a mobilizarem uma greve, bloqueando parcialmente as rodovias por todo território nacional. Os caminhões parados paralisaram serviços como fornecimento e distribuição de combustíveis, alimentos e insumos médicos (BBC, 2018).

A greve dos caminhoneiros durou 11 dias, tendo início na segunda-feira, 21 de maio de 2018. O movimento começou a perder força durante o fim de semana, após um acordo entre alguns representantes da categoria e o governo, e a entrada em cena do exército para desbloquear vias e garantir o abastecimento aos diversos setores afetados (BENITES, 2018). Na quinta-feira, 31 de Maio, os caminhoneiros já voltavam as atividades, apesar de ter havido registros de atos em cinco estados, eles foram encerrados ao longo da manhã. Até o final do dia, um grupo de caminhoneiros mantinham protesto apenas no Porto de Santos (R7, 2018).

Dentro desse contexto, o período escolhido para análise no presente trabalho foi do dia 21 até dia 30 de Maio, visto que os caminhoneiros em Paranaguá já haviam retornado as atividades.

Não se sabe de maneira sistemática qual o impacto dos transportes terrestres para a qualidade do ar de Paranaguá, nesse sentido, esse trabalho visa contribuir para a compreensão da influência desta frota nas concentrações de fuligem em Paranaguá, utilizando a comparação entre períodos de diferentes níveis de tráfego, decorrentes da greve dos caminhoneiros de 2018.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aferir as concentrações de BC na atmosfera do município portuário de Paranaguá bem como suas dinâmicas de dispersão, utilizando a comparação entre períodos de diferentes níveis de tráfego, decorrente da greve dos caminhoneiros de 2018.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar as concentrações de BC em Paranaguá, antes, durante e depois da greve dos caminhoneiros de 2018;
- Identificar a influência do tráfego rodoviário nas concentrações de BC no município portuário de Paranaguá, através de cruzamento dos dados obtidos

com variáveis meteorológicas e de detalhamento diário da movimentação dos caminhões que vieram sentido Litoral do Paraná através da BR-277;

- Identificar a influência da atividade portuária nas concentrações de BC, através de cruzamento dos dados obtidos com variáveis meteorológicas e de movimentação portuária;
- Avaliar possíveis correlações com os níveis do poluente estudado e os dados meteorológicos, especificamente direção e velocidade do vento, bem como com movimentação dos navios e do tráfego rodoviário de cargas.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local escolhido para o monitoramento de BC foi a Delegacia da Receita Federal de Paranaguá, localizada próxima ao Porto Dom Pedro II. Ao redor, localizam-se as seguintes estruturas:

- O corredor de exportação: conjunto de silos e terminais de uso público, amplamente utilizados para a exportação de granéis sólidos.
- Vias de acesso: Duas vias que compõe as principais rotas de acesso dos veículos de grande porte ao porto de Paranaguá.
- Indústrias de fertilizantes: Aglomerado de indústrias de armazenagem e manufatura de fertilizantes.

É possível constatar o ponto de amostragem bem como as estruturas que o circundam na FIGURA 6.

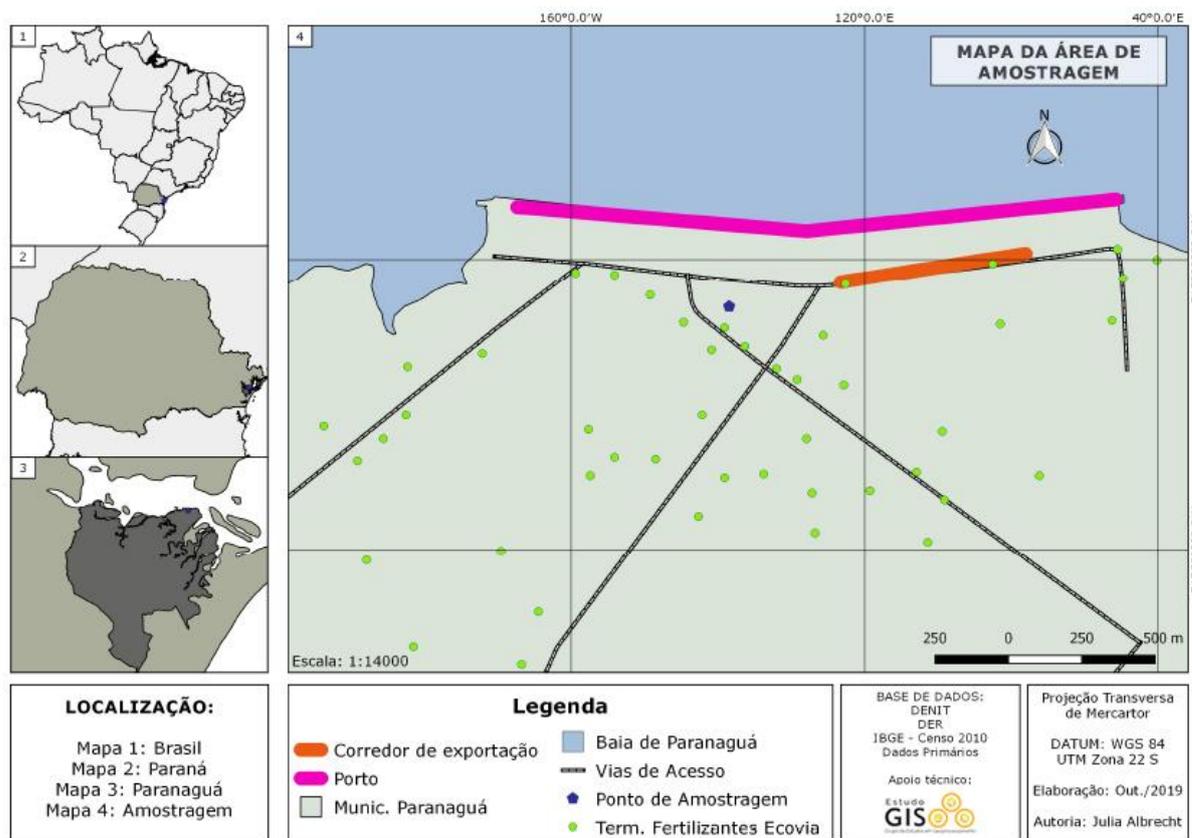


Figura 6: Ponto de amostragem de BC, na Receita Federal de Paranaguá, próximo ao Porto D. Pedro II. Destacam-se na imagem também os principais emissores de poluentes primários na região. Fonte: a autora.

Visando avaliar e quantificar as emissões durante o período da greve no município, realizou-se uma amostragem do dia 21 de abril de 2018 até o dia 29 de junho de 2018, abrangendo os seguintes períodos:

- Antes: 30 dias anteriores ao período da greve, de 21 de abril a 20 de maio de 2018;
- Durante: 10 dias durante o período da greve, de 21 a 30 de maio de 2018;
- Depois: 30 dias após o período de greve, de 31 de Maio a 29 de Junho de 2018.

3.2 PROCEDIMENTO ANALÍTICO

No local de amostragem foi instalado um Aetalômetro (modelo AE42 Magee Scientific® Berkeley, CA, USA - FIGURA 7), visando o monitoramento contínuo de fuligem durante a greve dos caminhoneiros em 2018.



Figura 7: Aetalometro AE42, igual ao modelo utilizado nesta pesquisa para mensuração contínua de fuligem. Retirado de mageesci.com.

O Aetalômetro (Magee Scientific Company) fornece leituras em tempo real da concentração de partículas de carbono de absorção óptica (atenuação) em uma corrente de ar, para assim, estimar a concentração de BC em ng/m³. Ele extrai a amostra de ar em uma vazão de litros por minuto, usando uma pequena bomba interna. A vazão é monitorada através do medidor de fluxo de massa interna e é estabilizado eletronicamente a partir do valor de *setpoint* inserido no software. O método óptico utilizado consiste na medida da atenuação de uma fonte de luz transmitida através da amostra coletada em fitas de fibra de quartzo, a taxa de deposição de fuligem no filtro é linearmente proporcional à sua concentração no aerossol atmosférico, aumentando proporcionalmente a atenuação óptica através do filtro analisado.

A técnica de ATN (absorção óptica) é definida como:

$$ATN = 100 * \ln (I_0 / I)$$

Onde I_0 é a intensidade da luz transmitida através do filtro, I é a intensidade da luz transmitida através da porção do filtro no qual a fuligem será depositada e o fator 100 é para conveniência numérica.

Essa técnica é feita a partir da absorção óptica de uma fonte de luz de lâmpadas LED do equipamento, as quais emitem 7 comprimentos de onda: 370, 470, 520, 590, 660, 880 e 950 nm. As lâmpadas são responsáveis pela diferenciação do material coletado de acordo com a sua proveniência, uma vez que,

as partículas de aerossóis de várias fontes possuem espectros distintos e, assim, transmitem diferentes intensidades conforme o comprimento de onda da luz (HANSEN, 2005). Em geral, o BC absorve uniformemente em todo o espectro visível, no IR (infravermelho) e UV (ultravioleta), resultando em um traçador para partículas oriundas de combustível, enquanto que as partículas provenientes da queima de biomassa possui uma absorção óptica que aumenta fortemente em comprimentos de onda mais curtos (ultravioleta, UV) (SANDRADEWI et al., 2008). O BC é especificamente o componente do aerossol quantificado pelo comprimento de 880 nm (OLSON et al., 2015), o qual foi o comprimento de onda avaliado no monitoramento realizado.

Nesse estudo utilizou-se uma vazão de 5 litros por minuto (LPM), com resolução de 5 minutos, com o equipamento instalado a uma altura de ~5 metros acima do solo. Além disso, um separador de $PM_{2.5}$ foi conectado a mangueira do equipamento, fazendo com que apenas o *Black Carbon* de partículas menores que 2.5 μm de diâmetro fossem coletadas.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise dos resultados foi utilizado o programa estatístico R (R TEAM, 2019). A equipe que compôs a presente pesquisa desenvolveu um script a fim de sistematizar a correção dos dados segundo literatura já existente (SCHMID et al., 2006). No fluxograma abaixo (FIGURA 8), é mostrado de forma simplificada a funcionalidade do script.

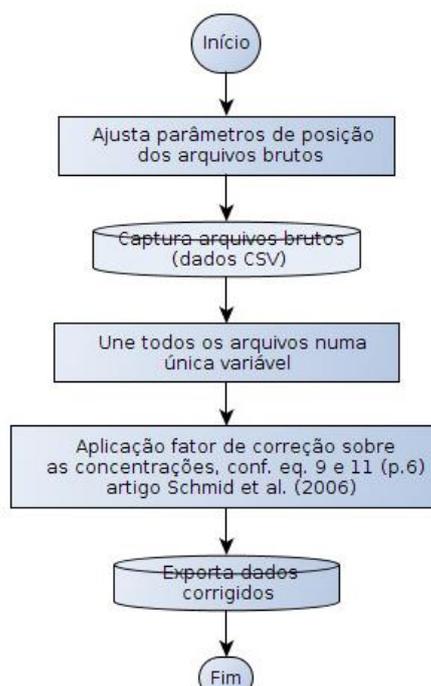


Figura 8: Fluxograma sobre a funcionalidade do script. Fonte: a autora.

Para a produção de gráficos e análises referentes à dinâmica de dispersão dos poluentes espacial e temporalmente, foi utilizado o pacote *OpenAir* da plataforma R (CARSLAW; ROPKINS, 2012). Dentre as funções utilizadas estão:

windRose – Rosa dos ventos tradicional;

timePlot – Plotagem de séries temporais;

PollutionRose – Frequência de direção dos ventos por nível do poluente;

polarPlot – Plotagem bivariada de concentrações. Mostra como um poluente varia em função da direção e velocidade do vento. Seu uso já foi validado como ferramenta útil para identificação de fontes de emissão (URIA-TELLAETXE; CARSLAW, 2014);

calendarPlot – Calendário de médias do poluente;

scatterPlot - Significância Estatística (Regressão Linear – uma variável)

Shapiro-Wilk normality test – teste de normalidade estatístico para determinar se a amostra de dados é normalmente distribuída;

ANOVA – Após o teste de normalidade, indica se os grupos de dados têm médias significativamente diferentes.

lm – Significância estatística (Regressão múltipla - duas variáveis)

Dentre as funções nativas do R, foi utilizado o boxplot em conjunto com o pacote *ggplot2* (WICKHAM, 2016) para produção de boxplots para anova. O

software Qgis foi utilizado em colaboração com o grupo Estudo GIS (grupo de estudos em geoprocessamento) para elaboração dos mapas.

Em conjunto com os dados de poluentes obtidos, foram analisadas variáveis meteorológicas obtidas através do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Neste trabalho foram utilizadas as variáveis de direção e velocidade do vento.

Por fim, número de caminhões que passaram pela BR-277 em direção ao Litoral do Paraná foram obtidos com a Concessionária Ecovia Caminho do Mar S/A (ECOVIA). Valores de movimentação mensais de cargas no porto de Paranaguá foram obtidas com a Associação de Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) através de relatórios oficiais. Os dados obtidos foram utilizados para avaliar possíveis correlações do tráfego de navios e caminhões com os níveis do poluente estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE PARANAGUÁ NO PERÍODO ESTUDADO

A FIGURA 9 apresenta a rosa dos ventos com médias de vento para Paranaguá em relação ao período total de amostragem, do dia 21 de Abril até dia 29 de Junho de 2018, identificando uma predominância de ventos fortes sul, sudeste e nordeste. Para oeste, noroeste e sudoeste é identificado predominância de brisas leves.

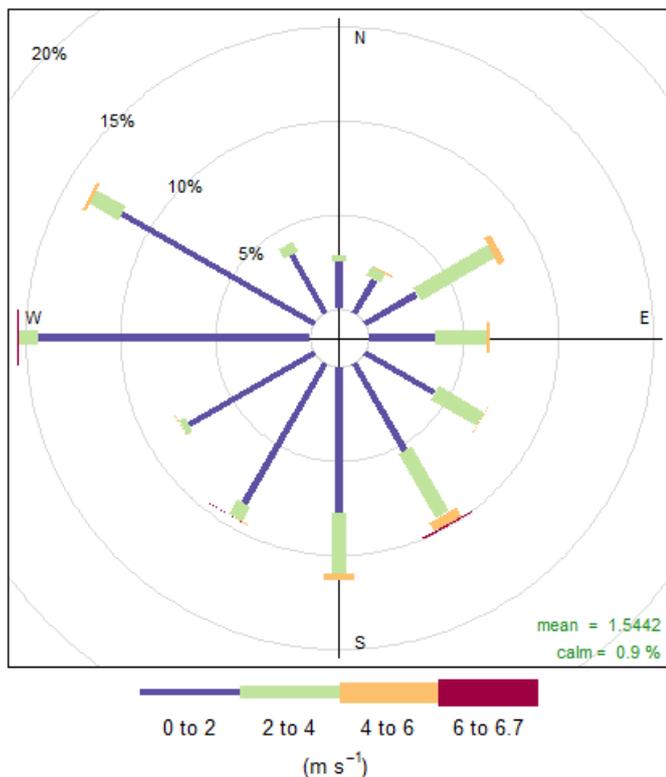


Figura 9: Intensidade dos ventos (m/s¹) por direção para Paranaguá de 21 de Maio até 29 de Junho de 2019. Média para o período total. Produzido a partir de dados com intervalos de 15 minutos fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná. Mean: média, calm: percentual de ventos calmos (não dentro do limite de detecção). Fonte: a autora.

O resultado é similar ao encontrado para a região, em avaliação do período de 2013 a 2017. É importante destacar que este perfil tende a contribuir para a dispersão no sentido porto-cidade, mostrando que a região dos terminais portuários pode ser considerada uma das principais fontes deste poluente (GURGATZ, 2018).

A FIGURA 10 apresenta a rosa dos ventos com as médias de ventos para Paranaguá conforme cada período (antes, durante e depois da greve).

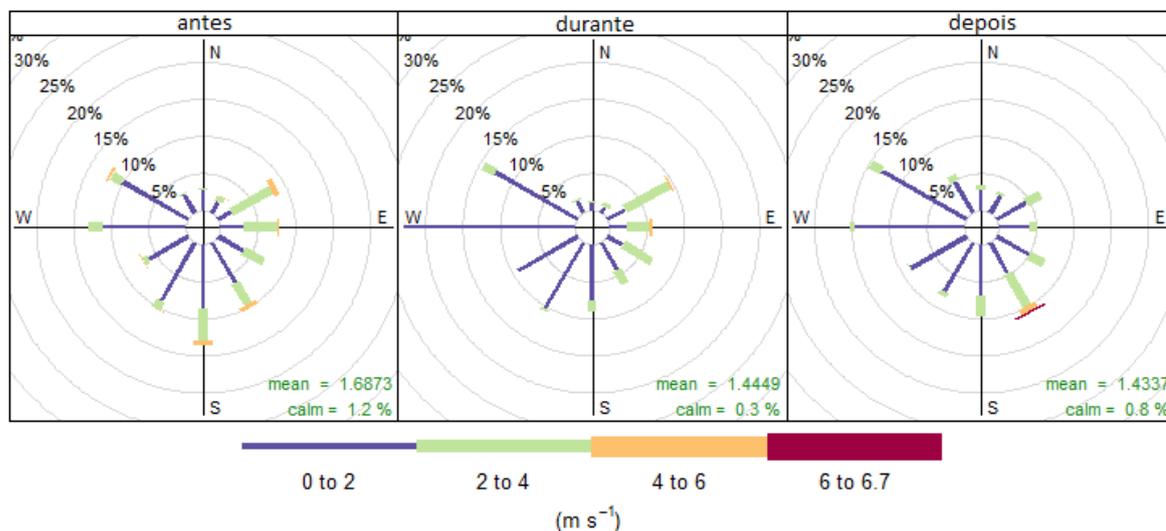


Figura 10: Frequência de intensidade dos ventos (m/s¹) por direção para Paranaguá nos períodos antes, durante e depois da greve dos caminhoneiros de 2018. Média por período. Produzido a partir de dados com intervalos de 15 minutos fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná. Mean: média, calm: percentual de ventos calmos (não dentro do limite de detecção). Fonte: a autora.

No período anterior a greve os ventos fortes apresentaram prevalência noroeste, leste e sudeste, com predominância de brisas leves de nordeste, oeste e sudoeste. Para o período durante a greve, a intensidade de brisas leves precede de oeste, noroeste e sudoeste e para ventos fortes, a prevalência vem de nordeste, leste e sudeste. Por fim, o período após a greve apresenta predominância de ventos fortes de sul e principalmente sudeste com prevalência de brisas leves de oeste, noroeste sudoeste. Apesar da intensidade dos ventos ser diferente entre os três períodos, pouco se altera em relação às direções, proporcionalmente.

4.2 MONITORAMENTO FULIGEM

4.2.1 CONCENTRAÇÕES

O período de monitoramento obtido com fluxo de 5 litros por minuto (LPM), bem como as médias diárias das concentrações de BC estão apresentados nas FIGURAS 11 e 12, respectivamente.

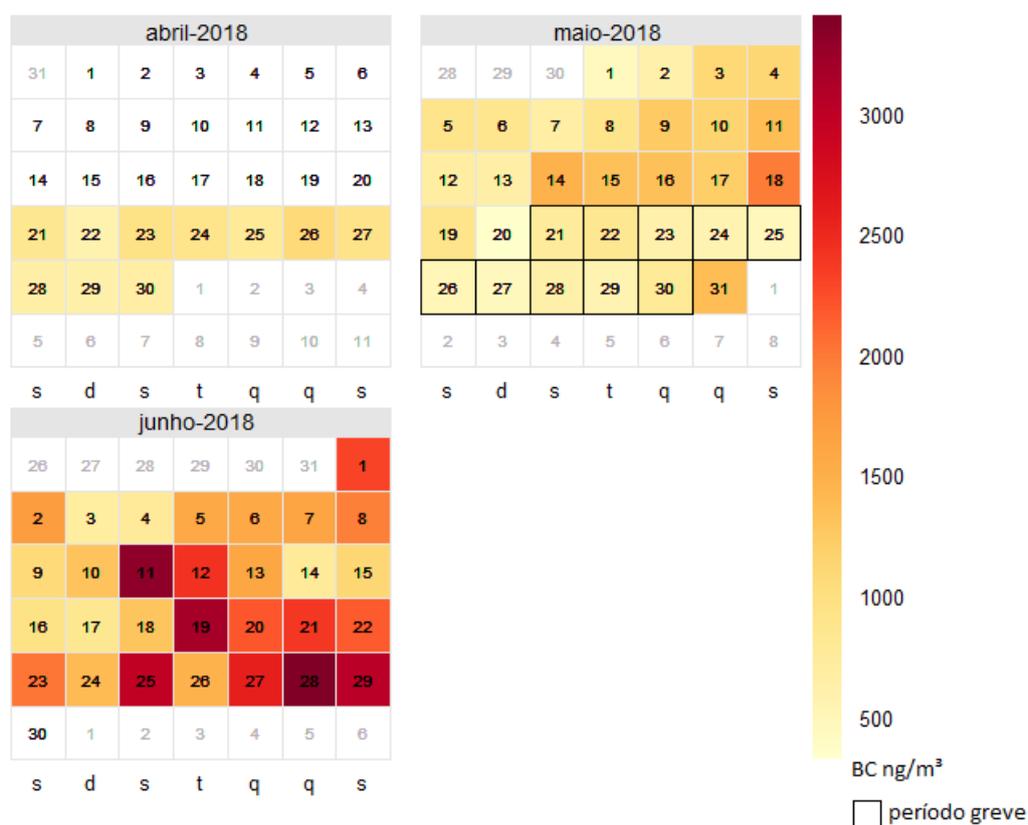


Figura 11: Calendário representativo dos resultados obtidos para o monitoramento de fuligem em Paranaguá. Fonte: a autora.

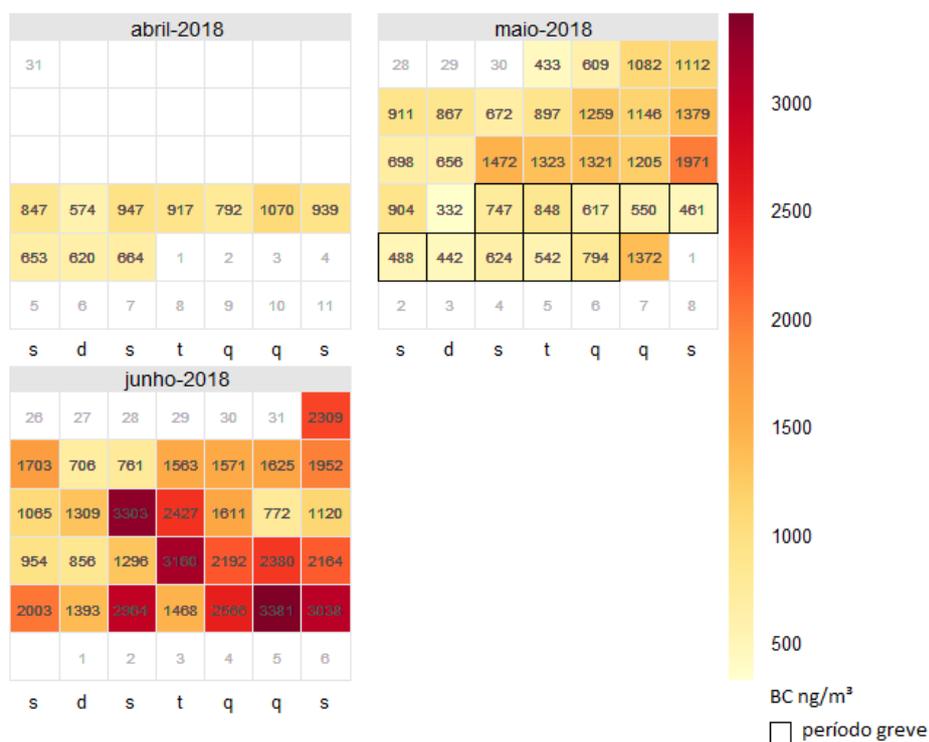


Figura 12: Calendário representativo das médias diárias obtidas para o monitoramento de fuligem em Paranaguá. Fonte: a autora.

É possível observar que nos sábados e domingos há um declínio nas concentrações de BC como já apontado por Gurgatz (2018). No período anterior à greve foram observadas concentrações baixas de BC dos dias 28 de Abril a 1 de Maio. Esse declínio pode ser associado ao final de semana e à segunda-feira que precedeu o feriado de 1 de Maio, que ocorreu numa terça-feira, influenciando o tráfego e movimentação de carga nesses dias e conseqüentemente a concentração deste poluente na atmosfera.

As médias das concentrações de BC encontradas para os períodos antes, durante e depois da greve foram de 941.7 ng/m³, 611.1 ng/m³ e 1830.1 ng/m³ respectivamente. Para o período total de amostragem a média encontrada foi de 1273.8 ng/m³.

Tabela 1: Valores mínimos, médios, máximos para o período estudado, em ng/m³. * Média de 15 minutos.

	Total	Antes	Durante	Após
	BC	BC	BC	BC
<i>Menor Valor encontrado*</i>	0.0**	43.8	0.0**	110.3
<i>Média</i>	1273.8	941.7	611.1	1830.1
<i>(desvio padrão)</i>	(+1284.8)	(+750.3)	(+653.2)	(+1608.9)
<i>Maior Valor encontrado*</i>	29075.0	7056.2	8118.1	29075.0

O maior valor de concentração de BC encontrado no período foi de 29075 ng/m³, o qual remete ao período pós greve.. Também é importante destacar que no período durante a greve, a emissão chegou a valores próximos a 0 ng/m³, muito provavelmente porque este poluente está ligado diretamente com o transporte de carga rodoviário.

As médias de concentração de BC encontradas neste estudo são relativamente menores quando comparadas com estudos desenvolvidos em outros locais, o que provavelmente está relacionado com o desvio causado devido à greve. Apesar disso, analisando somente os níveis médios encontrados para BC no período sem greve, os dados de Paranaguá indicam valores superiores aos de outras cidades portuárias brasileiras, como Fortaleza, e instalações portuárias europeias de grande porte, como Rotterdam na Holanda, e valores similares aos de Barcelona, na Espanha, conforme tabela abaixo.

Tabela 2: Comparação entre avaliações de *Black Carbon* mundialmente, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

<i>Local</i>	<i>Densidade demográfica</i>	<i>Mínima</i>	<i>Média</i>	<i>Máxima</i>	<i>Período</i>	<i>Artigo</i>
<i>Paranaguá, Brasil</i>	169,92**	0,04*	0,94*	7,05*	21 de abril – 20 de maio 2018	Presente Estudo
<i>Paranaguá, Brasil</i>	169,92**	0*	0,61*	8,1*	21 - 30 de maio 2018	Presente Estudo
<i>Paranaguá, Brasil</i>	169,92**	0,11*	1,8*	29*	31 de maio - 29 de junho 2018	Presente Estudo
<i>Paranaguá, Brasil</i>	169,92**	0,13	1,89	8,48	Janeiro 2017	(GURGATZ et al, 2017)
<i>Paranaguá, Brasil</i>	169,92**	0,08	1,72	9,60	Abril 2017	(GURGATZ et al, 2017)
<i>Paranaguá, Brasil</i>	169,92**	0	1,6	5,4	Janeiro – Junho 2017	(GURGATZ, 2018)
<i>Fortaleza, Brasil</i>	7.786,44	0,31	0,71	1,2	Entre Abril e Outubro 2014	(DE LIMA et al, 2015)
<i>Barcelona, Espanha</i>	-	0,7	1,7	3,8	2009	(RECHE et al. 2011)
<i>Rotterdam, Holanda</i>	- (994.000 hab. em 2016 ***)	0,4	1,1	2,2	2013	(KLOMPMAKER et al., 2015)
<i>Ontário, Canadá</i>	-	0,51	-	1,74	Junho 2015 – Maio 2016	(HEALY et al., 2017)
<i>Karachi, Paquistão</i>	-	2,9	-	10,5	Janeiro – Dezembro 2008	(BIBI et al., 2017)

*Valores obtidos em amostragem com resolução de 15 minutos.**(IBGE Censo, 2010) ***(World City Populations, 2019)

Dentre os estudos inclusos na tabela, Paranaguá possui a máxima mais elevada durante o período após a greve do presente estudo, mesmo sendo uma das cidades de menor porte. Também é possível observar que durante o período da greve houve um declínio considerável nas concentrações de BC.

Quanto a distribuição ao longo do período total amostrado, os resultados da Análise de Variância (ANOVA) indicam que há diferença significativa entre os períodos antes, durante e depois da greve ($p = <0.001$), como apresentado na FIGURA 13.

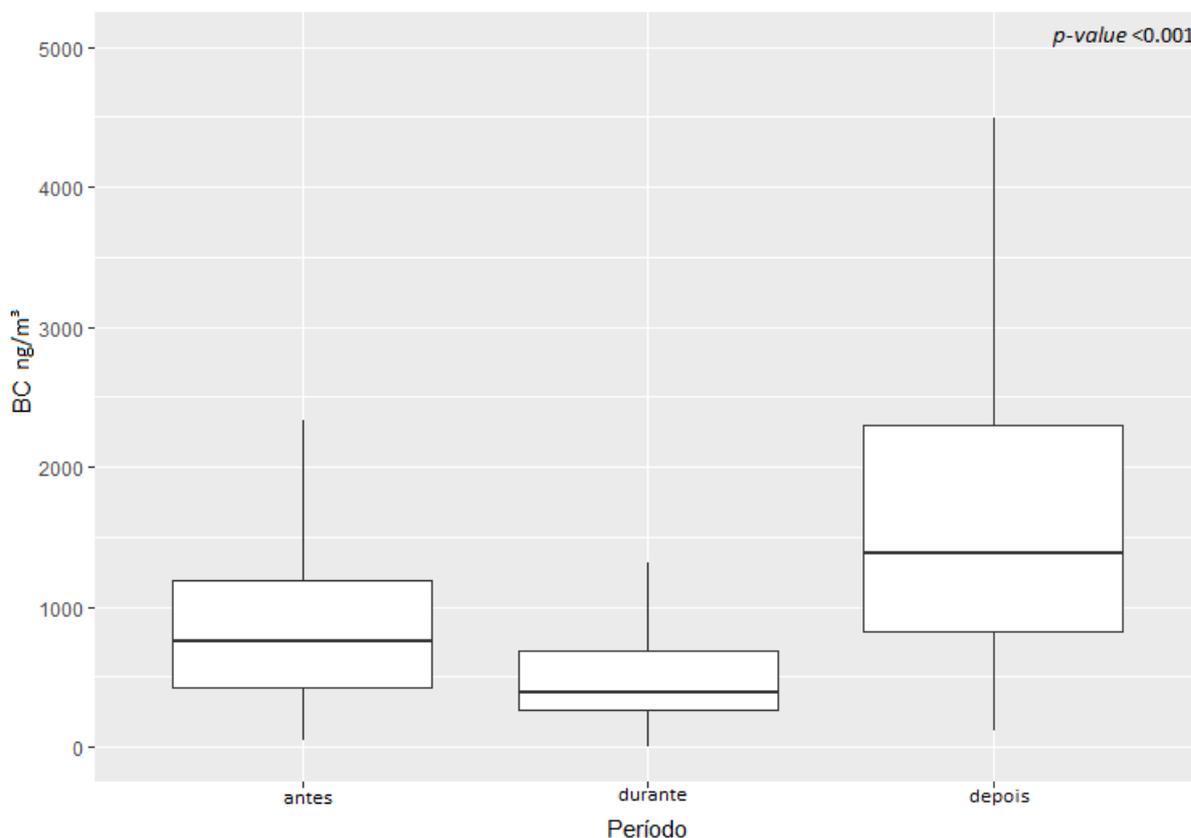
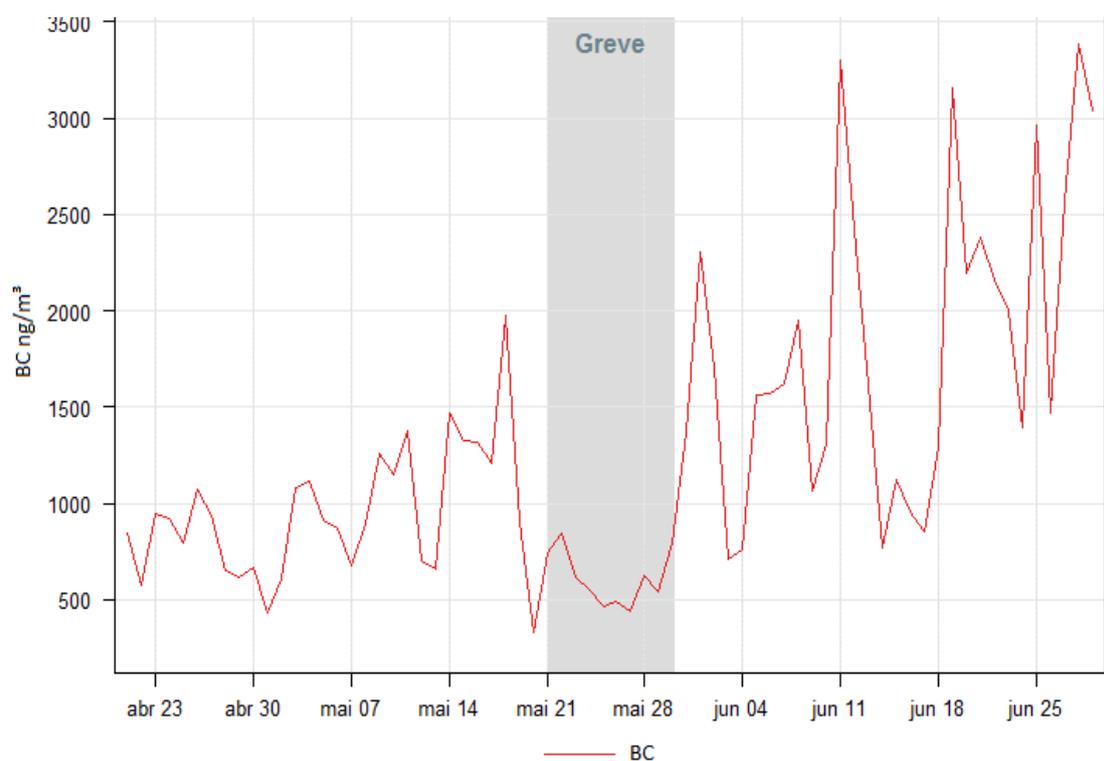


Figura 13: Boxplot gerado a partir da Análise de Variância. Fonte: a autora.

Nota-se uma diminuição considerável nos valores médios obtidos na fração “durante” a greve, assim como um estreitamento na distribuição, o que aponta uma emissão mais uniforme durante este período.

A série temporal com médias diárias está apresentada na FIGURA 14, indicando que houve concentrações de BC moderadas no período anterior à greve, um declínio considerável durante e um aumento significativo no período posterior, muito provavelmente por causa do acúmulo de demandas do tráfego rodoviário durante a greve que precisaram ser cumpridas posteriormente.

Figura 14: Série temporal dos resultados obtidos com o monitoramento. Fonte: a autora.



4.2.2 DISPERSÃO

A média da direção do vento do período mostra que a principal direção de dispersão do poluente está a nordeste, relacionada ao estacionamento e ao corredor de exportação. Apesar disso, há contribuições significativas ao sul, provavelmente devido às vias de acesso e à área urbana, conforme FIGURAS 15 e 16.

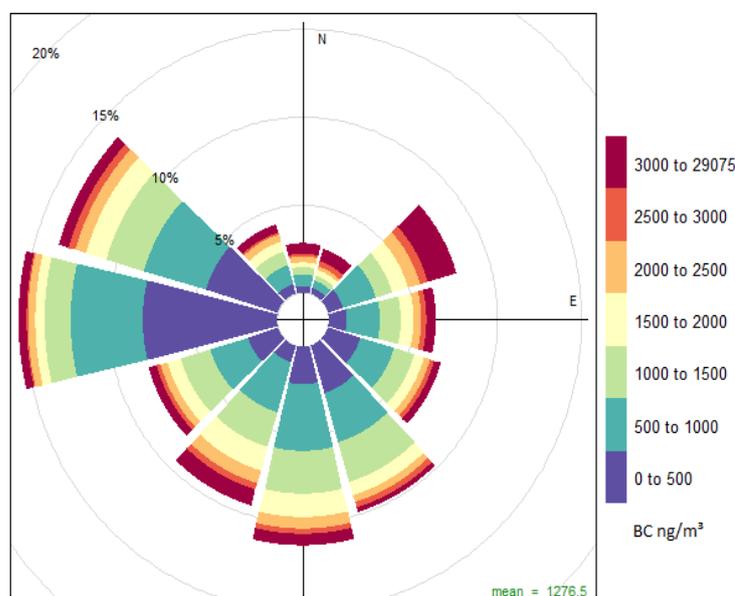


Figura 15: Frequências de direção do vento em Paranaguá a partir dos níveis de BC encontrados. Este tipo de gráfico permite visualizar a concentração média de BC no material particulado fino em cada uma das direções do vento observadas para o período amostrado. Fonte: a autora.

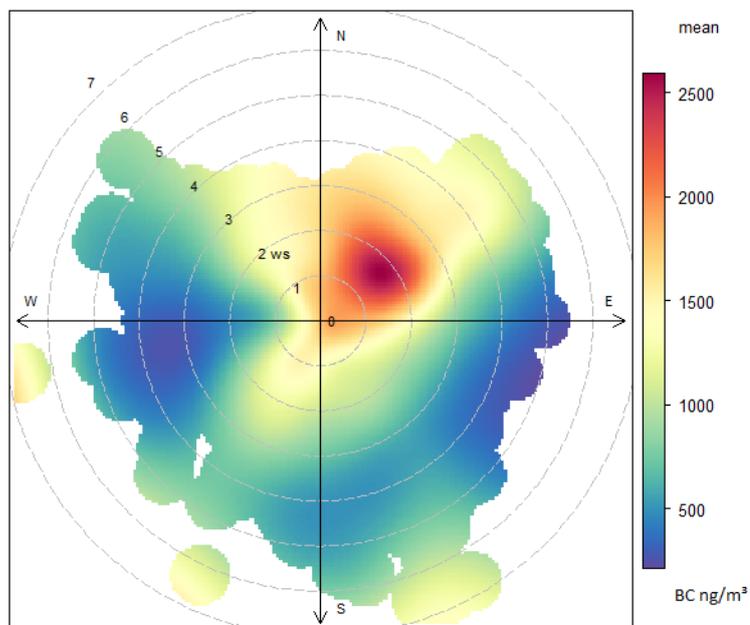


Figura 116: PolarPlot - Visualização bi-variada de Fuligem por velocidade e direção do vento. Neste gráfico, os valores encontrados para poluentes são relacionados com as condições de velocidade e direção do vento, permitindo o diagnóstico das fontes potenciais de poluição. Fonte: a autora.

Nas FIGURAS 17 e 18, percebe-se que no período da greve, há uma diminuição, mesmo que não muito drástica, na contribuição dos ventos de nordeste e um acentuamento das emissões provenientes das vias de acesso à sudoeste, principalmente a via de acesso Avenida Coronel José Lobo. É importante frisar que os caminhões ficaram estacionados ao longo destas vias durante a greve. Há de se ressaltar também que neste contexto, a via se torna a principal região com emissões, devido a ainda estar sendo utilizada pela frota de carros e caminhões locais, enquanto a área do porto provavelmente sofre com a baixa atividade de transporte de carga.

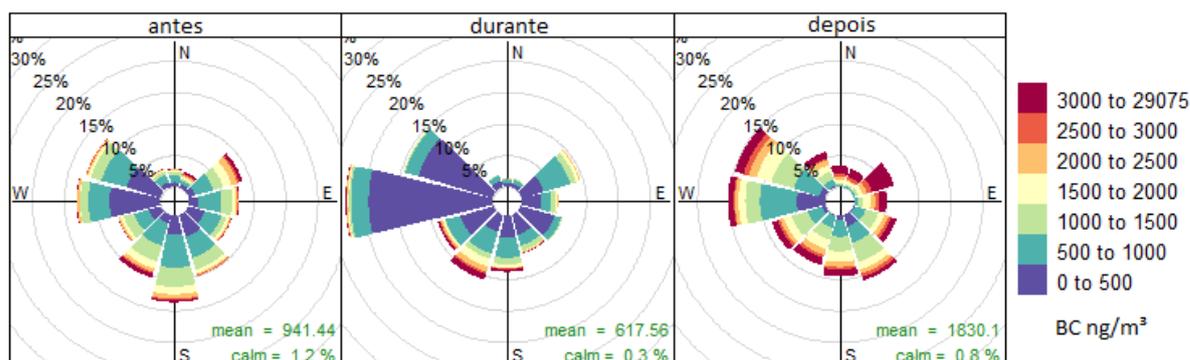


Figura 12: Frequências de direção do vento em Paranaguá a partir dos níveis de BC encontrados nos períodos antes, durante e depois da greve. Fonte: a autora.

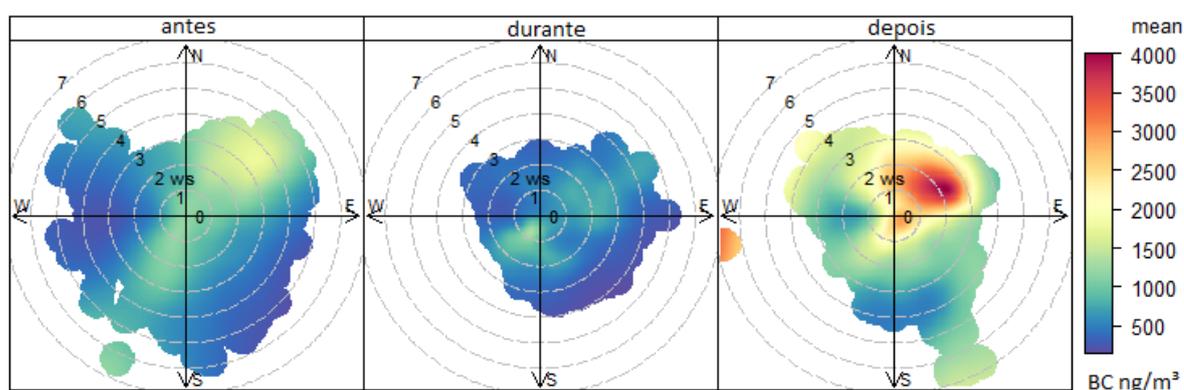


Figura 138: Visualização bi-variada de Fuligem por velocidade e direção do vento nos períodos antes, durante e depois da greve. Fonte: a autora.

No período anterior à greve é possível observar que as maiores concentrações de BC são provenientes tanto a nordeste, onde se encontra a atividade portuária quanto a sudoeste, onde fica a Avenida Coronel José Lobo, uma das principais vias de acesso utilizadas pelo tráfego rodoviário.

A análise de direção dos ventos em relação aos níveis de fuligem antes e depois da greve sugere que a atividade portuária próxima consiste em uma das principais fontes de fuligem na região de Paranaguá como já apresentado por Gurgatz et. al (2018). É importante ressaltar que a atividade portuária não se limita a navegação, sendo que, a Avenida Portuária que faz limite com o Porto Dom Pedro II, apresenta tráfego de caminhões pesados a diesel que acessam os terminais, além de servir de estacionamento do corredor de exportação.

Dados de direção dos ventos evidenciam a predominância da direção nordeste – sudeste que possivelmente pronunciaríamos os índices de poluentes

emitidos na região portuária em direção aos bairros Vila Alboitt, Vila Guarani, Vila Cruzeiro e Vila Paranaguá, caracterizados sobretudo por população de baixa renda. Essas regiões estão inseridas na ZRU- Zona de Requalificação Urbana que caracteriza-se pelo uso misto, nela permitido, e pela existência de infraestrutura consolidada e com características de centralidade. Um dos objetivos dessa zona é permitir o adensamento populacional onde este ainda for possível, como forma de aproveitar a infraestrutura disponível (PDDI - Paranaguá, 2007).

4.2.3 VARIÁVEIS DE TRÁFEGO

Em relação às médias semanais percebe-se que na primeira semana da greve (21/05/2018) houve declínio dos valores tanto de concentração de BC, como também de número de caminhões e navios, conforme tabela 2.

Tabela 3: Médias semanais de concentração de BC; número de caminhões e número de navios. Produzida a partir de dados diários fornecidos pela ECOVIA e APPA.

Médias semanais

SEMANAS*	BC ng/m ³	Nº Caminhões	Nº Navios
24/04/2018	848,21	25.248	101
30/04/2018	810,59	22.375	100
07/05/2018	957,33	24.276	91
14/05/2018	1218,17	24.704	101
21/05/2018**	592,91	1.511	76
28/05/2018	1148,92	11.809	64
04/06/2018	1406,54	27.725	86
11/06/2018	1573,96	24.747	87
18/06/2018	2080,81	29.528	111

*segundas-feiras **primeira semana da greve

Apesar disso, a redução do tráfego de caminhões foi mais significativa do que do que a do transporte marítimo, como é possível verificar nas análises estatísticas seguintes.

A FIGURA 19.a compara o BC com a movimentação de navios, que apresentou a correlação linear com o poluente em questão ($R^2 = 0.024$). A 19.b compara com a movimentação de caminhões, que apresentou a melhor correlação linear com o BC ($R^2 = 0.28$), quando defrontada com a correlação em relação aos navios.

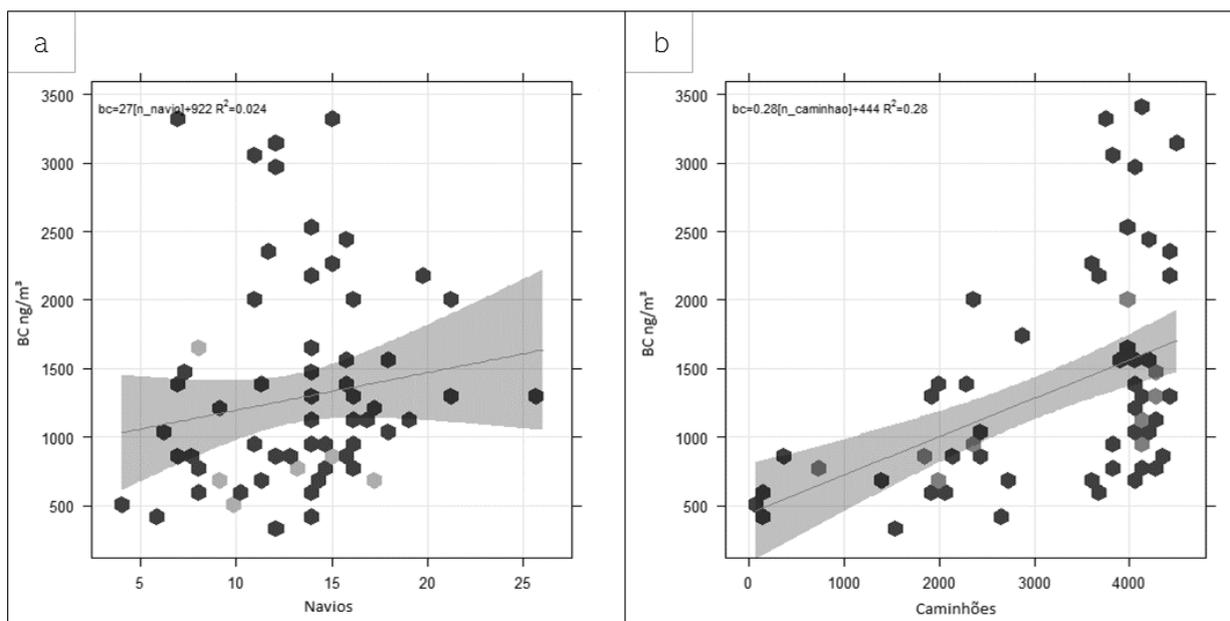


Figura 14: - Relação linear entre as concentrações de BC e a. Navios; b. Caminhões. Fonte: a autora

O R^2 também chamado de coeficiente de determinação, é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear, em relação aos valores observados. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em porcentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra.

Nessa análise é possível observar que aproximadamente 28% da variável (BC) consegue ser explicada pelo número de caminhões durante o período amostrado. Enquanto apenas 2,4% da variável BC pode ser explicado pelo número de navios. Além da regressão linear também foi feita a regressão múltipla, a qual apontou que não houve significância para navios, sendo que os caminhões apresentaram $p < 0.001$, indicando que a contribuição mais significativa para BC é do tráfego rodoviário.

Os resultados obtidos são comparáveis ao estudo de Gurgatz et al. (2017), realizado no mesmo local, que indicou que as concentrações de BC provavelmente estão principalmente vinculadas a atividade portuária ligada ao fluxo de veículos a diesel. De Lima et al. (2015) também identificou concentrações de BC provenientes de emissões veiculares em sua pesquisa no município portuário de Fortaleza. Corroborando as análises estatísticas, na análise dos gráficos presentes na FIGURA 20 é possível observar que durante o período da greve houve uma redução

considerável nas concentrações de BC e da atividade de tráfego rodoviário. Entretanto, concentrações de BC ainda que baixas podem ser observadas, o que reforça que há uma menor contribuição de poluentes provenientes de queima de combustível de navios.

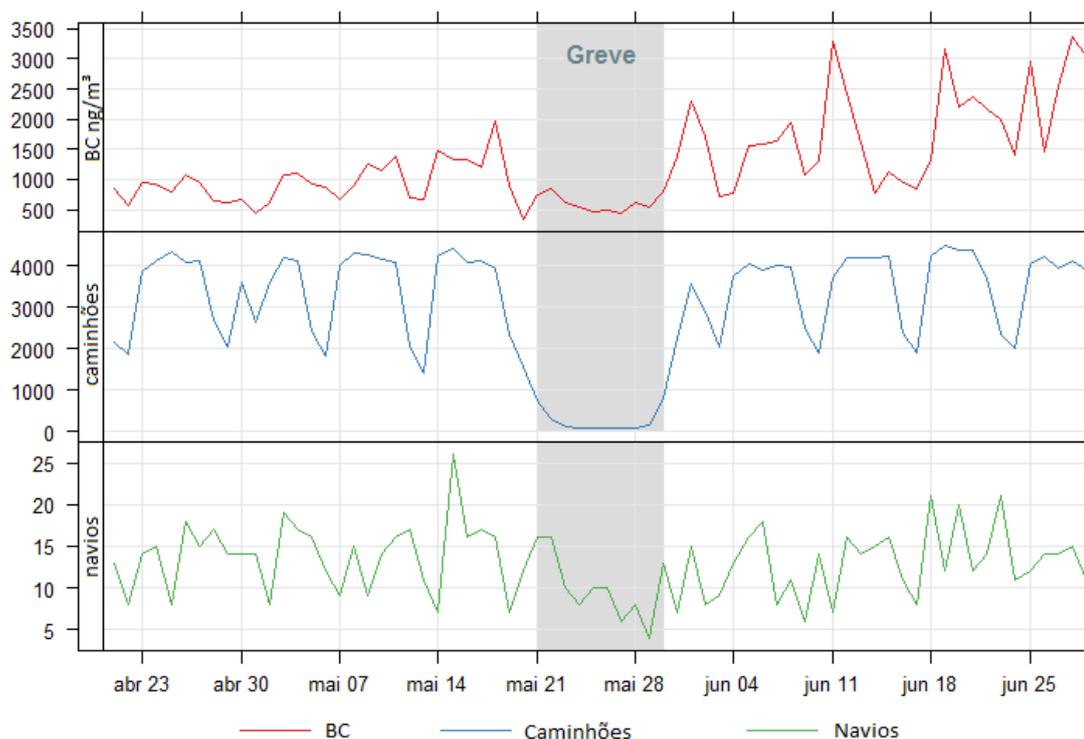


Figura 15: Distribuição temporal de BC em Paranaguá em comparação com a movimentação marítima e movimentação de tráfego. Fonte: a autora.

A partir dos dados observados, podemos sugerir que o tráfego rodoviário é principal componente que contribui na concentração de BC em Paranaguá. Entretanto, a presença de picos de BC ainda no período da greve, indica que ocorreu uma contribuição mais ocasional, provavelmente relacionada a movimentação de navios, conforme FIGURA 21.

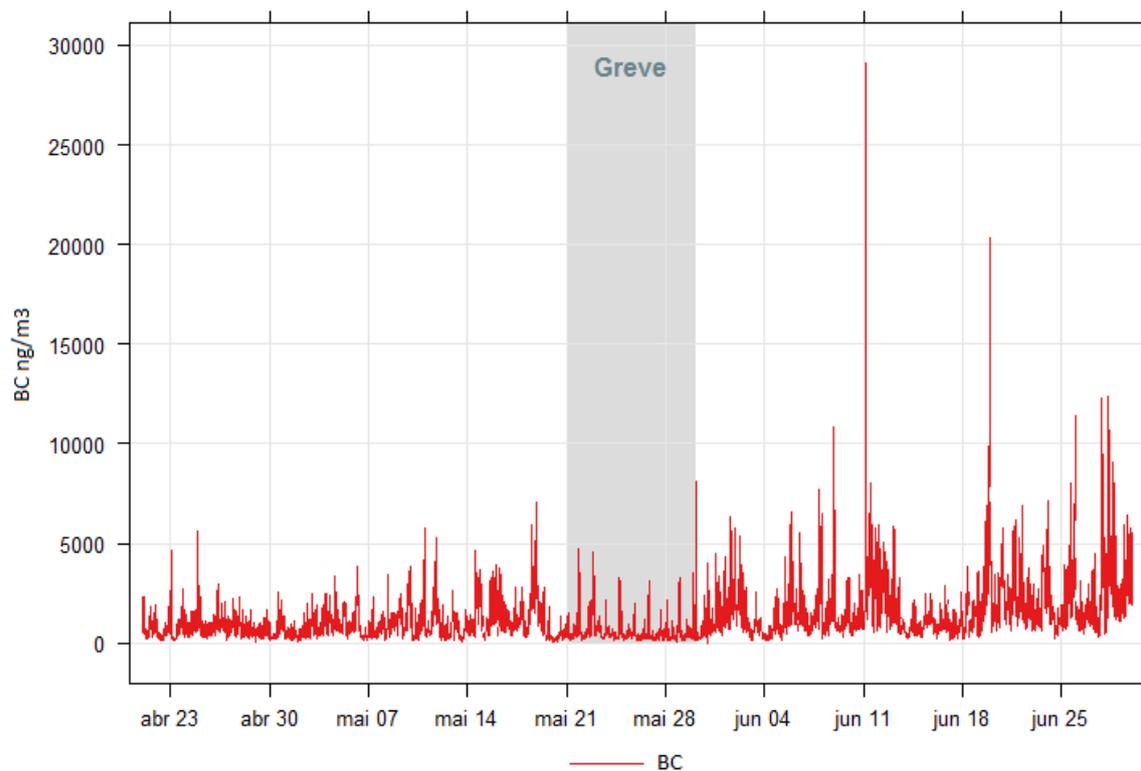


Figura 21: Série temporal de todo período estudado. Fonte a autora.

Essa análise apresenta discordância quando contraposta com outros estudos que indicaram que a atividade de navegação próxima aos terminais portuários consiste na principal fonte móvel de BC na região de Paranaguá (GURGATZ, 2018).

Apesar de alguns picos de concentrações elevadas serem encontradas em determinados momentos do período estudado, estudos recentes indicam uma menor contribuição da queima de combustível fóssil na composição do material particulado fino, sendo 18% o percentual médio de BC encontrado em $PM_{2,5}$ em Paranaguá, valor menor que o identificado no Rio de Janeiro (20%), Manaus (21%), Recife (26%), Curitiba (30%) e São Paulo (38%). O mesmo estudo indica que a principal fonte de emissão relacionada ao $PM_{2,5}$ é a movimentação de fertilizantes pelo porto de Paranaguá e que os baixos níveis das frações de BC no $PM_{2,5}$, indicam que a contribuição da movimentação de carga apresenta maior contribuição que a da queima de combustível fóssil para as concentrações deste poluente (GURGATZ, 2018).

Um estudo da Universidade de Toronto indicou que caminhões grandes são uma das principais fontes de contribuição para as emissões de BC e que morar

perto de ambientes próximo à estradas bem como onde há fontes de emissão relacionadas ao tráfego pode ter efeitos negativos na saúde (WANG et al., 2018).

Adicionalmente, um estudo recente no Porto de Oakland, um dos portos de containers mais movimentados dos Estados Unidos apontou que as concentrações de BC foram mais altas ao longo da via localizada nos limites do porto, onde passam os caminhões pesados a diesel que acessam os terminais portuários. Concentrações mais elevadas foram identificadas mais ao longo da via onde caminhões foram observados estacionando do que em outros setores da mesma rua onde os caminhões não podem estacionar (CAUBEL et al., 2019).

Apesar de não existirem indicações de limites para BC, a divisão europeia da Organização Mundial da Saúde já apontou em relatório que este poluente apresenta múltiplos efeitos na saúde, e recomenda a criação de limites deste poluente no ambiente (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo tornam possível apontar as principais fontes de emissão de BC no município de Paranaguá.

As concentrações de BC relacionadas com direção e velocidade do vento indicam que este poluente está fortemente relacionado com a atividade portuária, bem como os terminais que a abrange, como já identificado na literatura. Dentro do contexto da greve e com as análises realizadas no período estudado foi possível observar que apesar da atividade marítima influenciar nas concentrações de BC, é evidente que a atividade de tráfego rodoviário possui contribuição mais significativa.

Dados de direção dos ventos também evidenciam a predominância da direção nordeste – sudeste que possivelmente pronunciaram os índices de poluentes emitidos na região portuária em direção a bairros onde habitam população de baixa renda, reforçando o contexto de injustiça ambiental e uma gestão ambiental territorial desordenada no município, já apresentado por outros autores.

Os dados apontam que a principal fonte de emissão de BC no município portuário de Paranaguá é o tráfego rodoviário vinculado a atividade portuária. A partir dessa realidade é possível indicar que a atividade portuária, incluindo todos os seus componentes e principalmente o tráfego rodoviário causa redução na qualidade de vida e compromete a saúde da população. A ocorrência de episódios de altos

níveis de BC, com máxima de 29075 ng/m³ apontam que efeitos na saúde são esperados, principalmente pela toxicidade elevada deste tipo de partícula.

Paranaguá, é reconhecida por abrigar um complexo portuário que beneficia de maneira questionável a economia do país, contudo, está inserida na maior área contínua preservada de mata atlântica, com rico e amplo patrimônio material e imaterial, proveniente de diversas práticas culturais providas por múltiplas comunidades tradicionais caiçaras e suas construções históricas e ancestrais.

Assim, exalta-se a importância de políticas públicas que permitam a regulamentação deste poluente e que as redes de monitoramento do ar incluam esta variável em suas medições. Um plano de gerenciamento de emissões de poluentes a partir das estruturas industriais atuais e previstas para o litoral paranaense é urgente, visto os danos potenciais para a saúde da população.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, C. S.; BAHL, M. Turismo cultural e desenvolvimento incluyente: o caso de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Turismo em Análise**, v. 22, n. 1, p. 96–118, 1 abr. 2011.

Aethalometer_book_2005.07.02.pdf. , [s.d.]. Disponível em: <https://www.psi.ch/sites/default/files/import/lac/ProjectAddonCatcosOperationsEN/Aethalometer_book_2005.07.02.pdf>. Acesso em: 2 out. 2019

ARNOTT, W. P. et al. Towards Aerosol Light-Absorption Measurements with a 7-Wavelength Aethalometer: Evaluation with a Photoacoustic Instrument and 3-Wavelength Nephelometer. **Aerosol Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 17–29, 1 jan. 2005.

BAILEY, D.; SOLOMON, G. Pollution prevention at ports: Clearing the air. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, p. 749–774, 1 out. 2004.

BENITES, A. **Greve dos caminhoneiros míngua e Governo age para encurralar radicais**. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2018/05/31/politica/1527725418_458407.html>. Acesso em: 30 out. 2019.

BIBI, S. et al. Temporal variation of Black Carbon concentration using Aethalometer observations and its relationships with meteorological variables in Karachi, Pakistan. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 157, p. 67–77, 1 maio 2017.

BOND, T. C. et al. Bounding the role of black carbon in the climate system: A Scientific assessment. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 118, p. 5380–5552, 1 jun. 2013.

BOND, T. C.; BERGSTROM, R. W. Light Absorption by Carbonaceous Particles: An Investigative Review. **Aerosol Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 27–67, 1 jan. 2006.

BOVÉ, H. et al. Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 1–7, 17 set. 2019.

BRAGA, A. et al. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, n. 51, p. 58–71, 30 nov. 2001.

BROOK, R. D. et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 121, n. 21, p. 2331–2378, 1 jun. 2010.

Caminhoneiros mantêm greve no Porto de Santos. Disponível em: <<https://noticias.r7.com/cidades/caminhoneiros-mantem-greve-no-porto-de-santos-31052018>>. Acesso em: 30 out. 2019.

CAMPOS NETO, C. A. DA S. et al. Portos brasileiros 2009: ranking, área de influência, porte e valor agregado médio dos produtos movimentados. www.ipea.gov.br, jun. 2009.

CARSLAW, D.; ROPKINS, K. openair --- An R package for air quality data analysis. **Environmental Modelling & Software**, v. 27--28, p. 52–61, 29 fev. 2012.

CAUBEL, J. J. et al. A Distributed Network of 100 Black Carbon Sensors for 100 Days of Air Quality Monitoring in West Oakland, California. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 13, p. 7564–7573, 2 jul. 2019.

CHEN, J.-C. et al. Ambient air pollution and neurotoxicity on brain structure: Evidence from women's health initiative memory study. **Annals of Neurology**, v. 78, n. 3, p. 466–476, set. 2015.

CORBETT, J. J. et al. Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 24, p. 8512–8518, 1 dez. 2007.

CORBETT, J. J.; WINEBRAKE, J. J. Emissions Tradeoffs among Alternative Marine Fuels: Total Fuel Cycle Analysis of Residual Oil, Marine Gas Oil, and Marine Diesel Oil. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 58, n. 4, p. 538–542, 1 abr. 2008.

DE LIMA, R. M.; POLICARPO, N. A.; CAVALCANTE, F. S. Á. CONCENTRAÇÕES DE MATERIAL PARTICULADO, FUMAÇA E BLACK CARBON SOB INFLUÊNCIA DO FLUXO VEICULAR EM UM TRECHO URBANO NA CIDADE DE FORTALEZA – CEARÁ. p. 9, [2015].

ENDRESEN, Ø. et al. Improved modelling of ship SO₂ emissions - A fuel-based approach. **Atmospheric Environment**, v. 39, p. 3621–3628, 1 jun. 2005.

Estatuto da Cidade para Compreender. Disponível em:

<<https://polis.org.br/publicacoes/estatuto-da-cidade-paracompreender/>>. Acesso em: 30 out. 2019.

EUROPE, W. H. O. R. O. FOR. Air quality guidelines global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2006.

FARADAY, M. **The Chemical History of a Candle: With an Introduction by Frank A.J.L. James**. [s.l.] OUP Oxford, 2011.

GHIO, A.; SMITH, C.; MADDEN, M. Diesel exhaust particles and airway inflammation. **Current Opinion in Pulmonary Medicine**, v. 18, n. 2, p. 144–150, mar. 2012.

GRAHAME, T. J.; KLEMM, R.; SCHLESINGER, R. B. Public health and components of particulate matter: The changing assessment of black carbon. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 64, n. 6, p. 620–660, 3 jun. 2014.

Greve dos caminhoneiros: a cronologia dos 10 dias que pararam o Brasil. **BBC News Brasil**, 30 maio 2018.

GUARNIERI, M.; BALMES, J. R. Outdoor air pollution and asthma. **Lancet (London, England)**, v. 383, n. 9928, p. 1581–1592, 3 maio 2014.

GURGATZ, B. M. et al. Atmospheric metal pollutants and environmental injustice: A methodological approach to environmental risk analysis using fuzzy logic and tree bark. **Ecological Indicators**, v. C, n. 71, p. 428–437, 2016.

GURGATZ, B. M. AVALIAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO FINO, FULIGEM E POLUENTES GASOSOS NA REGIÃO PORTUÁRIA DE PARANAGUÁ. p. 103, 2018.

HANSEN, A. D. A.; ROSEN, H. Individual Measurements of the Emission Factor of Aerosol Black Carbon in Automobile Plumes. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 40, n. 12, p. 1654–1657, 1 dez. 1990.

HEALY, R. M. et al. Ambient measurements and source apportionment of fossil fuel and biomass burning black carbon in Ontario. **Atmospheric Environment**, v. 161, p. 34–47, 1 jul. 2017.

HOEK, G. et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 12, n. 1, p. 43, 28 maio 2013.

IBGE Censo 2010. Disponível em:

<<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=23&dados=29>>. Acesso em: 31 out. 2019.

JANSSEN NICOLE A.H. et al. Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM10 and PM2.5. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 12, p. 1691–1699, 1 dez. 2011.

KLOMPMAKER, J. O. et al. Spatial variation of ultrafine particles and black carbon in two cities: results from a short-term measurement campaign. **The Science of the Total Environment**, v. 508, p. 266–275, 1 mar. 2015.

LAN, Z.-J. et al. Light absorption of black carbon aerosol and its enhancement by mixing state in an urban atmosphere in South China. **Atmospheric Environment**, v. 69, p. 118–123, 1 abr. 2013.

LIM, S. S. et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. **Lancet (London, England)**, v. 380, n. 9859, p. 2224–2260, 15 dez. 2012.

MAHER, B. A. et al. Magnetite pollution nanoparticles in the human brain. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 39, p. 10797–10801, 27 2016.

MALACARNE, T. Consequências da greve dos caminhoneiros de 2018 no transporte rodoviário de cargas brasileiro. 8 jul. 2019.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 24 fev. 2000.

NOVAKOV, T. Soot in the Atmosphere. In: WOLFF, G. T.; KLIMISCH, R. L. (Eds.). **Particulate Carbon: Atmospheric Life Cycle**. Boston, MA: Springer US, 1982. p. 19–41.

OLSON, M. R. et al. Investigation of black and brown carbon multiple-wavelength-dependent light absorption from biomass and fossil fuel combustion source emissions. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, p. n/a-n/a, 2015.

PDDI - Volume I- Análise e Diagnóstico.pdf, [s.d.]. Disponível em:

<http://www.paranagua.pr.gov.br/plano_diretor/PLANO%20DIRETOR/PDF/PDDI%20-%20Volume%20I-%20An%C3%A1lise%20e%20Diagn%C3%B3stico.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2019

PEREIRA, E. et al. Apportionment of black carbon in the South Shetland Islands, Antarctic Peninsula. **J. Geophys. Res.**, v. 111, 16 fev. 2006.

PH. D, M. L.; M.D, R. E. A. The Effect of Particle Size on the Regional Deposition of Inhaled Aerosols in the Human Respiratory Tract. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v. 30, n. 3, p. 257–275, 1 maio 1969.

PIERRI, N. et al. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, n. 0, 30 jun. 2006.

POLEZER, G. Materiais antropogênicos suspensos na atmosfera de Curitiba. 2015. **Porto de Paranaguá atinge a marca de 50 milhões de toneladas**. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/Noticia/Porto-de-Paranagua-atinge-marca-de-50-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 30 out. 2019.

Prefeitura de Paranaguá - Transparência - Plano Diretor. Disponível em:

<<http://www.paranagua.pr.gov.br/conteudo/transparencia/plano-diretor>>. Acesso em: 30 out. 2019.

RECHE, C. et al. New considerations for PM, Black Carbon and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 11, n. 13, p. 6207–6227, 1 jul. 2011.

RESOLUÇÃO Nº 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018 - Imprensa Nacional.

Disponível em: <<http://www.in.gov.br/materia>>. Acesso em: 29 out. 2019.

SANDRADEWI, J. et al. Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 9, p. 3316–3323, 1 maio 2008.

SCHMID, O. et al. Spectral light absorption by ambient aerosols influenced by biomass burning in the Amazon Basin. I: Comparison and field calibration of

absorption measurement techniques. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 6, n. 11, p. 3443–3462, 21 ago. 2006.

SEGERSSON, D. et al. Health Impact of PM₁₀, PM_{2.5} and Black Carbon Exposure Due to Different Source Sectors in Stockholm, Gothenburg and Umea, Sweden. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 7, 07 2017.

SINAY, M.; CARVALHO, S.; BRAGA, I. A importância da inclusão da variável ambiental na gestão portuária. **Revista de Administração, Sociedade e Inovação**, v. 3, p. 124, 12 dez. 2017.

Sistema Portuário. Disponível em: <<http://infraestrutura.gov.br/sistema-portu%C3%A1rio.html>>. Acesso em: 30 out. 2019.

TEAM, R. A language and environment for statistical computing. **Computing**, v. 1, 1 jan. 2006.

Tem um buraco no meio do caminho. revista piauí, [s.d.]. Disponível em: <<https://piaui.folha.uol.com.br/um-buraco-no-meio-caminho/>>. Acesso em: 30 out. 2019

TIEPOLO, L. M. A inquietude da mata atlântica: reflexões sobre a política do abandono em uma terra cobiçada. **Guaju**, v. 1, n. 2, p. 96–109, 2015.

TRANSPORTE (CNT), C. N. DO. Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos. 2017.

US EPA, O. **Particulate Matter (PM) Basics**. Overviews and Factsheets. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>>. Acesso em: 29 out. 2019.

WANG, H. et al. Physico-chemical characterization and source tracking of black carbon at a suburban site in Beijing. **Journal of Environmental Sciences**, v. 33, p. 188–194, 1 jul. 2015.

WELLER, R. et al. Characterization of long-term and seasonal variations of black carbon (BC) concentrations at Neumayer, Antarctica. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 13, 1 fev. 2013.

WHO | 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Disponível em: <<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>>. Acesso em: 29 out. 2019.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. [s.l.] Springer, 2016. **World City Populations 2019**. Disponível em: <<http://worldpopulationreview.com/world-cities/>>. Acesso em: 31 out. 2019.

ANEXO I – MEMORIAIS

INTERAÇÕES CULTURAIS E HUMANÍSTICAS

As ICH's me proporcionaram momentos e vivências distintos, que certamente completam o quadro de aprendizado adquirido ao decorrer do curso.

Construindo um modelo de cidade sustentável (Helena Midori Kashiwagi): Nessa ICH estudamos na teoria como funciona um modelo de cidade sustentável, o que possibilitou a obtenção conhecimento em relação à mobilidade sustentável, a dinâmica de desenvolvimento considerando os impactos socioambientais e padrões de consumo que respeitam e cuidam dos recursos naturais e das gerações futuras.

Práticas Circenses (Almir Carlos Andrade): Essa ICH foi de grande relevância para o enriquecimento do acervo cultural e motor, além aprender que o movimentar-se pode se constituir em manifestações expressivas.

Identificação de Plantas (Luiz Rogerio Oliveira da Silva): Através e saídas de campo e visitas ao laboratório pudemos ter acesso ao aprendizado teórico de botânica e ao prático. Aprendemos a reconhecer determinadas plantas e observar suas dinâmicas no laboratório utilizando microscópios. Além disso, cada estudante ficou responsável por identificar uma planta e fazer uma exsicata dela e ao final, fizemos um herbário da turma.

Astronomia (Luiz Fernando de Carli Lautert e Christiano Nogueira): Essa ICH pode proporcionar conhecimento relacionado a teoria dessa ciência natural que é uma das ciências mais antigas. Focando na evolução, física, química e no movimento de objetos celestes, bem como a formação e o desenvolvimento do universo. Além de material bibliográfico também vimos vídeos e séries sobre corpos celestes.

Sketchs: Desenhando as paisagens cotidianas (Helena Midori Kashiwagi): Sempre me interessei por desenhos e me inscrevi nessa ICH a fim de aperfeiçoar e aprender técnicas de sketch relacionadas a paisagem. Através de saídas de campos para diversos lugares da região, fomos desafiados a botar no papel a forma como vemos as paisagens, sem fugir da essência que ela própria carrega.

Prática de conjunto musical (Fernanda Fausto): Essa ICH possibilitou a aprendizagem não somente em relação à música, mas também sobre como funciona a música em conjunto. Aprendemos a entender qual a nossa função como componente de um grupo musical. Aprendemos a tocar diversos instrumentos, rítmicos, harmônicos, melódicos etc. Aprendi que a prática de conjunto revela que a dinâmica, que tem a ver com a intensidade do som, é um dos pontos mais importantes quando tocamos. A expressão, o sentimento, o *feelling* são muitas vezes demonstrados por uma boa dinâmica musical.

Laborich (Luciano Fernandes Huergo): Dado as demandas do projeto de pesquisa vinculado a iniciação científica, me inscrevi na ich Laborich a fim de aperfeiçoar e aprender mais sobre processos laboratoriais. Pude lembrar e por em prática conteúdos do módulo de Química Ambiental bem como sanar dúvidas em relação ao meu atual projeto.

Francês Instrumental (Fabio de Carvalho Messa): Sempre apreciei essa língua e através de vídeos, artigos, filmes, atividades e músicas pudemos ter contato com o francês. Aprendemos não somente sobre gramática e pronúncia, mas também sobre a cultura e história francesa.

PROJETOS DE APRENDIZAGEM

Ao longo do curso me interessei por vários temas que fizeram parte da minha caminhada dentro do projeto de aprendizagem.

No primeiro ano, junto com as colegas de turma Beatriz Domingues, Ananda Graf Mourão e Geovana Stella Vilharquide tive como tema o Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem que tinha como objetivo a análise no município de Matinhos e possíveis soluções para minimizar a quantidade de resíduos sólidos, destinar o dejetos para lugares adequados e auxiliar os catadores de recicláveis (únicos responsáveis pela separação dos resíduos na cidade de Matinhos). Infelizmente, a ideia permaneceu apenas nos estudos de referenciais teóricos e focamos em outros temas.

Quando entrei como aluna de iniciação científica no projeto Qualidade do Ar, vinculado ao Laboratório Móvel de Educação Científica da UFPR Litoral (LabMóvel), tive acesso à várias pesquisas com diferentes metodologias. Já nos primeiros

contatos percebi o que eu queria fazer da vida: pesquisa científica. De todas as pesquisas que participei dentro do projeto da qualidade do ar, a que mais me interessou foi sobre o poluente atmosférico *Black Carbon*, decidi que focaria nesse tema também como projeto de aprendizagem sob orientação do professor doutor Rodrigo Arantes Reis. O projeto de aprendizagem com esse tema foi desenvolvido desde 2017 e o meu trabalho de conclusão de curso tornou-se produto desse PA.