

## **Poluição atmosférica relacionada às atividades portuárias em Paranaguá: Impactos nas áreas naturais protegidas da Mata Atlântica Paranaense.**

Rodrigo Arantes Reis

Ricardo Henrique Moreton Godoi

Luciano Fernandes Huergo

Emerson Joucoski

### **Resumo**

O litoral paranaense abriga um mosaico de Unidades de Conservação (UC), parte delas inseridas no sistema estuarino Lagamar. A região compõe a maior área contínua de Mata Atlântica do Brasil, bioma inserido entre os maiores hotspots de biodiversidade do mundo. Paranaguá abriga o principal porto escoador de grãos da América Latina e um conjunto de indústrias de fertilizantes agrícolas. O cenário para a conservação da natureza no Litoral Paranaense tem se mostrado preocupante, tendo em vista a implantação de inúmeros projetos industriais, como a ampliação e a criação de terminais portuários, vias de acesso, industrialização de cidades balneárias como Pontal do Paraná, além da ampliação do setor industrial de Paranaguá e Antonina. Tais atividades representam importantes fontes de poluentes atmosféricos, especialmente pelo uso de combustíveis fósseis com altas concentrações de enxofre e metais pesados tais como Cádmio, Chumbo, Mercúrio e Níquel, esses representam uns dos maiores fatores de risco. A poluição atmosférica proveniente de tais atividades pode trazer impactos aos ecossistemas florestais, causando alterações nos ciclos biogeoquímicos da região, reduzindo a absorção de água e nutrientes, entre outros efeitos nos organismos vegetais. Microrganismos aéreos ou bioaerossóis, entre outras fontes são originados: do solo, vegetação e superfícies aquáticas como rios, baías, oceanos e têm a atmosfera como seu habitat. Essa possui alta complexidade e variação entre os ambientes, onde alguns fatores são essenciais para o transporte, presença e desenvolvimento de comunidades microbiológicas, como radiação solar, umidade, concentração de nutrientes e capacidade

de dispersão (ZHAI et al., 2018). Espécies dominantes de bactérias são um conteúdo valioso de pesquisa, eficaz em fornecer mais informações sobre suas características, relações com as dinâmicas ecossistêmicas e explorar a biodiversidade da atmosfera. Esta proposta em síntese visa quantificar e caracterizar os principais aerossóis, partículas de origem antropogênicas e bioaerossóis, presentes em sete Unidades Conservação do litoral do Paraná e um estudo comparativo com bioindicadores, utilizando líquens. Serão realizadas amostragens de aerossóis e bioindicadores in loco. Espera-se munir a Gestão das UCs com informações qualificadas, auxiliando a compreensão dos fenômenos relativos à biodiversidade aeromicrobiológica, degradação florestal, alterações em ciclos químicos, físicos e biológicos, estimando também o impacto que futuros empreendimentos podem trazer para os últimos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil.

## 1.Introdução

### 1.1 Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica consiste na presença de uma substância em valores diferentes aos encontrados na natureza, na maioria das vezes, resultante de atividades humanas, capazes de causar dano ao ser humano, animais, vegetais ou materiais. Segundo Kampa e Castanas (2008) os principais poluentes atmosféricos podem ser divididos entre gasosos, poluentes orgânicos persistentes (POP), metais pesados e materiais particulados (MP).

Os materiais particulados são misturas de partículas sólidas ou líquidas presentes na atmosfera, com tamanho e densidade suficientemente pequenos para que permaneça por determinado tempo em suspensão. Enquanto os outros poluentes são classificados devido a sua origem química, o material particulado é uma classificação física de partículas encontradas no ar, como poeira, fuligem, fumaça e gotículas líquidas, sendo assim, não são uma substância, mas uma mistura de vários componentes. São comumente divididas em PTS (Totais), PM10 ou “inaláveis” (menor ou igual a 10 µm de diâmetro) e PM 2,5 ou “finas” (menor ou igual a 2,5 µm de diâmetro) (BRAGA et al., 2001; POLEZER, 2015). A composição destes particulados também pode indicar fontes de emissão. Metais como o Cromo, Cobre, Zinco, Arsênio, Cádmio e Chumbo são emitidos majoritariamente por veículos de transporte terrestre, sendo o Cádmio também relacionado a atividades da indústria de fertilizantes (HJORTENKRANS et al., 2006; KAMPA; CASTANAS, 2008; ROBERTS, 2014; ZHANG et al., 2015).

O NO<sub>2</sub> é um poluente altamente relacionado a emissões veiculares, constituindo assim um bom indicador destas atividades (KATSOUYANNI, 2003; KAMPA; CASTANAS, 2008) sendo que a concentração deste poluente varia linearmente em relação à distância de uma rodovia (GILBERT et al., 2003; PLEIJEL et al., 2004). Devido a estrita relação com o tráfego, este é um poluente importante para avaliação em países em desenvolvimento, principalmente devido ao acréscimo no número de veículos e a baixa manutenção de parte da frota (HAN; NAEHER, 2006).

Quanto ao SO<sub>2</sub>, sua emissão em geral ocorre devido à queima de combustíveis que contém enxofre em sua composição, como óleos pesados ou carvão. O fato de ser altamente solúvel em água e um composto acidificante faz deste um poluente de grande importância tanto para o ambiente natural quanto para o patrimônio cultural. Embora os níveis continentais deste poluente estejam decaindo, principalmente pelo fato de ser

amplamente legislado por todo o mundo, sua emissão por tráfego marinho vem aumentando nos últimos anos (ENDRESEN et al., 2005; KAMPA; CASTANAS, 2008). O O<sub>3</sub> também surge como um dos principais poluentes relacionados ao transporte, de forma indireta, pois é formado principalmente a partir de NO<sub>x</sub> em reações com compostos orgânicos voláteis (VOC) e luz solar (CHAI et al., 2014).

A chuva ácida é um dos impactos ambientais decorrente das emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis e poluentes industriais. A emissão de dióxido de enxofre e dos óxidos de nitrogênio (SO<sub>x</sub> e NO<sub>x</sub>) são os principais precursores deste fenômeno. Quando na atmosfera, estes compostos, em presença de água liberam íons H<sup>+</sup> acidificando assim a água da chuva. A presença de ácidos orgânicos, emitidos diretamente ou formados na atmosfera também contribuem para a deposição, o que pode causar influências no patrimônio histórico e natural (FINLAYSON-PITTS; PITTS JR., 2000).

## 1.2. Poluição Atmosférica e Ambientes Florestais

Além dos impactos na saúde, a poluição atmosférica também traz danos aos ecossistemas florestais. O ozônio, por exemplo, é um poluente fitotóxico e agente das mudanças climáticas. Altera ainda a regulação dos estômatos das folhas e por consequência a evapotranspiração das plantas (GRULKE, 2010). O aumento da concentração deste poluente pode afetar a disponibilidade de água (SITCH et al., 2007). Estudos ainda procuram avaliar sua influência na redução do crescimento e produção de biomassa (CHAPPELKA; SAMUELSON, 1998; HOLMES, 2014).

Holmes (2014) observou o ozônio e o CO<sub>2</sub> como fatores que alteram a dinâmica da provisão de água por florestas. Achard (2009) identifica a chuva ácida, os VOCs, o O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub> como principais impactadores dos ambientes florestais. Considerando as florestas são responsáveis pelo manutenção das reservas aquíferas, pode-se concluir que a poluição atmosférica apresenta um risco considerável para a sustentabilidade da disponibilidade de água pela humanidade (PODOLAK et al., 2015).

Os NO<sub>x</sub> podem interagir com outros poluentes atmosféricos em certos fatores climáticos e induzir a diversos efeitos no ambiente como a acidificação da atmosfera e da chuva, eutrofização dos rios e redução da biodiversidade (CLARK; TILMAN, 2008). Tanto o Nitrogênio quanto o Enxofre fazem parte da bioquímica florestal, sendo essenciais para as reações celulares, porém, o acréscimo de tais componentes pode ser prejudicial aos ecossistemas (KRAVITZ et al., 2009; HÚNOVÁ et al., 2014). Como exemplo, o

enxofre influencia o crescimento de árvores (SAVVA; BERNINGER, 2010) e o nitrogênio causa a diminuição da riqueza de espécies (MASKELL et al., 2010).

Exalta-se que a formação de chuvas nas florestas tem intrínseca relação com a emissão de partículas e gases provenientes da vida vegetal. Para a Amazônia, recentemente foi descrito o fenômeno de nucleação de gotas de chuva devido a emissão de gases orgânicos voláteis emitidos pela floresta, o que regula e alimenta a formação de chuva na região (WANG et al., 2016). Neste sentido, urge a necessidade de compreensão de como as partículas antrópicas influenciam no ciclo biogeoquímico e hídrico dos diversos ecossistemas florestais, sendo compostos emitidos por atividades humanas podem reagir com os compostos emitidos por atividades naturais, ou agir diretamente na concentração de gotículas das nuvens, afetando o regime hídrico em questão.

No Brasil, estudos relacionados a poluição atmosférica e florestas foram realizados no polo industrial de Cubatão, no estado de São Paulo. Este município ficou conhecido como “mais poluído do mundo” e “Vale da Morte”, devido a nascimento de crianças anencéfalas e outros problemas de saúde causados pela industrialização massiva na região (SPEKTOR et al., 1991; VIEIRA-FILHO et al., 2015). O local é circundado pela Serra do Mar, predominantemente apresentando ecossistema de Floresta Atlântica. A vegetação do local foi gravemente impactada devido a emissões de fluoretos provenientes da produção de fertilizantes (KLUMPP et al., 1994, 1996). Visando avaliar tais efeitos, foi realizado um convênio Brasil/Alemanha para um estudo de longo prazo dos efeitos da poluição na floresta atlântica, resultando na publicação “*Air Pollution and Vegetation Damage in the Tropics: The Serra Do Mar as an Example*” (KLOCKOW et al., 1997), trazendo diversas informações de várias áreas do conhecimento sobre a região.

Muitas regiões não realizam uma análise sistemática da poluição atmosférica, devido ao alto custo das redes de monitoramento. Uma alternativa surge a partir do biomonitoramento: organismos que acumulem poluentes em seus tecidos, e que após serem expostos ao ambiente, possibilitem a quantificação laboratorial de seus poluentes (MARCÉ et al., 2015).

### **1.3. O Litoral Paranaense e a Problemática Portuária**

O litoral paranaense abriga a maior área contínua de Floresta Pluvial Atlântica ainda preservada no país, bioma este que está na lista dos *hotspots* de conservação da biodiversidade, devido as suas altas taxas de endemismo e fragmentação de ecossistemas, aonde restam somente 7% de sua cobertura original (MYERS et al., 2000;

RYLANDS; BRANDON, 2005; PIERRI et al., 2006). Tal devastação ocorre historicamente devido ao uso irracional dos recursos através dos ciclos econômicos que atingiram o país, atualmente calcado na produção de soja, a qual o Brasil é o segundo maior produtor mundial, e o Paraná, o segundo maior produtor nacional (DEAN, 1997; EMBRAPA, 2015). Isto se dá principalmente devido à presença do porto Dom Pedro II, no município de Paranaguá. Este porto apresenta um contexto de extrema importância para a economia nacional, sendo que 23 unidades da federação utilizam este porto para transações internacionais (CAMPOS NETO et al., 2009). Apesar disso, 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 (TIEPOLO, 2016; GURGATZ et al., 2016). A presença deste empreendimento, os conflitos socioambientais, problemas de saúde e poluição que podem estar correlacionados à sua atividade, fazem de Paranaguá e seu entorno um local prioritário para a realização de programas de monitoramento e avaliação quanto aos possíveis impactos que os ambientes próximos estão submetidos.

Devido a importância socioeconômica do estuário para a região, caracterizada por atividades de pesca, turísticas e industriais estudos ambientais são encontrados na literatura. Porém, estas pesquisas correntemente investigam parâmetros relativos a água ou sedimentos, não focando em qualidade do ar Martins et al. (2010) identificaram esteroides de matéria orgânica fecal antropogênica em diversos pontos ao longo dos rios e do estuário, em alguns pontos em níveis que caracterizam despejo de esgoto. Experimentos referentes a derramamento de óleo também foram realizados (EGRES et al., 2012; MARQUES et al., 2014). Nas florestas da região, são encontrados estudos referentes a fitofisionomia, fauna, flora e comunidades presentes.

As produções que mais se aproximam do âmbito da poluição atmosférica foram realizadas pelo grupo proponente: Moreira (2011), utilizou líquens fruticosos como bioindicador da poluição atmosférica, identificando as vias de acesso utilizadas por caminhões e o porto como possíveis fontes de poluição atmosférica; Antoniaconi e Muniz (2013) encontraram prevalências de asma e rinite próximas as de grandes cidades brasileiras e municípios portuários; Tagliatella (2014) acompanhou a variação do material particulado total durante dois anos em um colégio próximo a zona portuária, identificando casos de altos níveis de poluição; Gurgatz et al. (2016) encontrou uma situação de injustiça ambiental na região, aonde os locais mais poluídos são habitados por populações de menor renda, utilizando indicadores biológicos. Além dos trabalhos locais,

o grupo proponente apresenta experiência com poluição atmosférica em florestas, tendo atuado em áreas públicas florestadas em Curitiba (GODOI et al., 2010); na Amazônia, participando do projeto ATTO (*The Amazon Tall Tower Observatory*) (ANDREAE et al., 2015) e em locais não florestais, como museus e escolas (GODOI; CARNEIRO; et al., 2013; GODOI; GODOI; et al., 2013).

Dentre os principais poluentes que devem ser investigados no município de Paranaguá estão os compostos gasosos, metais e material particulado devido ao alto fluxo de caminhões (SILVA, 2011). Esses representam uns dos maiores fatores de risco ambiental e podem estar provocando severos danos ao bioma Mata Atlântica em nível regional (CETESB, 2015). Trata-se de uma problemática multidimensional e transfronteiriça, que expõe a maior área contínua de Mata Atlântica aos riscos relacionados às atividades industriais e portuárias.

Além de identificar e responsabilizar as fontes, através de parcerias com o poder público e com os tomadores de decisão, o projeto produzirá informações inéditas em uma área de conhecimento pouco convencional nos estudos de conservação da natureza, subsidiando tanto os planos de manejo das unidades de conservação selecionadas, como propostas de monitoramento ambiental, e a proposição de ações e termos de ajustes de conduta aos infratores identificados.

Uma das importantes indústrias associadas ao Porto de Paranaguá é a de fertilizantes, com a presença de grandes empresas de escala global (ABRAHÃO, 2011). Alguns contaminantes não comumente associados à poluição atmosférica são relacionados às atividades industriais do gênero, como o Fosfato, Nitrogênio e Amônia (ASMAN et al., 1998; HE et al., 2011). Outro risco é a contaminação por Cádmio (Cd), naturalmente encontrado em rochas de produção de fertilizantes fosfatados (ROBERTS, 2014). Desta maneira estudos que ampliem a determinação da composição dos poluentes e a dispersão dos mesmos para os ecossistemas do entorno se mostra essencial para a região.

A navegação oceânica é responsável pela emissão de 1.2 a 1.6 milhões de toneladas de PM10, 4.7 - 6.5 toneladas de SOx e 5 - 6.9 toneladas de NOx. Isso corresponde a 15 % do total de NOx no planeta, e 5 a 8% do total de SOx. Além disso, 70% de toda emissão dos navios ocorre em até 400 km dos continentes. As emissões de material particulado relacionadas ao transporte marítimo são responsáveis por cerca de 60.000 mortes anuais mundialmente, principalmente nas principais rotas de comércio, como Ásia e Europa (CORBETT et al., 2007).

Entretanto é importante destacar que o transporte marítimo não se limita a

navegação. A atividade portuária traz consigo uma série de equipamentos que podem trazer impactos ambientais, tais como: caminhões a diesel, trens, complexos industriais próximos, entre outros (BAILEY; SOLOMON, 2004). Com isso, a recorrente preocupação entre as emissões de particulados provenientes de grandes complexos industriais e portuários tem se tornando cada vez mais urgente. Quantificar e qualificar as possíveis relações entre a poluição atmosférica e sua nocividade para a saúde humana é ponto chave para gerir medidas mitigadoras. Neste sentido, a poluição atmosférica vem se consolidando como prioridade ambiental nos portos europeus, alcançando o topo da lista no ano de 2013 (ESPO, 2013).

Berechman e Tseng (2012) estimaram os custos ambientais das emissões provenientes do porto de Kaohsiung, em Taiwan, utilizando principalmente as emissões de material particulado e VOCs a partir de navios e caminhões, chegando ao expressivo número de 123 milhões de dólares por ano. Utilizando NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e PM<sub>2.5</sub>, a estimativa para os principais portos da grécia estava entre 12.4 a 24.3 milhões de euros em 2013, com 2742.7 toneladas totais emitidas (MARAGKOGIANNI; PAPAETHIMIOU, 2015).

#### **1.4. Unidades de Conservação do Litoral Paranaense e a Qualidade do Ar**

Atualmente, 947.664,82 hectares no litoral do Paraná são protegidos pelo Sistema de Unidades de Conservação, sendo 14 unidades estaduais, 8 unidades federais e 11 privadas, num total de 33 áreas protegidas. Há uma noção generalizada de que o litoral paranaense é preservado. No entanto, a presença de três APAs (Áreas de Proteção Ambiental) de grande magnitude, categoria que apresenta restrições ínfimas a seu uso, pode significar uma falsa noção de preservação, a partir do momento que são permitidas vastas áreas agriculturáveis, pulverização de venenos, turismo de massa e outras ameaças consideráveis (TIEPOLO, 2016).

## **2. Justificativa**

A problemática da qualidade do ar é negligenciada na região. Somente em 2016 iniciou-se o monitoramento estatal das variáveis legisladas. Além, disso, as unidades de conservação desta região não contemplam de maneira extensiva as problemáticas da poluição atmosférica em seus planos de manejo. Desta forma, esta proposta visa trazer

luz a uma área praticamente desconhecida na região, e que pode trazer interferências na vegetação florestal de maneira imprevisível.

A partir dos resultados esperados, políticas públicas podem ser desenvolvidas visando fomentar mecanismos de mitigação, programas tipo “poluidor-pagador”, entre outros, que façam com que as instituições poluidoras se responsabilizem pelas práticas realizadas. A proposta atual se deu devido à localização e diversidade dos ambientes proporcionados por tais UCs. Considerando que as fontes de poluição atmosférica estão estritamente ligadas ao crescimento econômico, a produção de informação relativa a poluição atmosférica é um requisito básico para que autoridades locais resolvam conflitos entre o modelo de desenvolvimento vigente e a saúde ambiental (FAJERSZTAJN et al., 2013). Neste sentido, urge a necessidade de se compreender os impactos das emissões provenientes de projetos desenvolvimentistas sobre os ambientes que eles acabam pressionando, para assim, compensar, mitigar e resolver conflitos relativos aos impactos sobre comunidades humanas, fauna, flora e as diversas teias ecológicas que estão ameaçadas pela poluição atmosférica. Desta maneira estudos que ampliem a determinação da composição dos poluentes e a dispersão dos mesmos para os ecossistemas do entorno se mostra essencial para a região.

### **3.Objetivos**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Caracterizar e compreender a dinâmica de dispersão de aerossóis em Unidades de Conservação de que compõem o Lagamar, na Baía de Paranaguá, região costeira paranaense. Os resultados desta pesquisa podem ser considerados estratégicos e inéditos para a conservação da natureza na região, pois possibilitarão avaliar se as concentrações encontradas estão de acordo com os padrões internacionais e nacionais, os quais definem que os Parques Nacionais, Reservas e Estações Ecológicas deverão ter mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica. O presente estudo pretende também identificar a biodiversidade de bioaerossóis bacterianos em UC's da região. Contribuindo para a elaboração e atualização dos planos de manejo das UCs estudadas, fomentando ações de mitigação e compensação para as UC's impactadas.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a existência de impactos da poluição atmosférica nas UCs estudadas;
- Realizar a comparação dos resultados obtidos com normativas vigentes;
- Modelar a dispersão de poluentes;
- Construir cenários de modelagem de dispersão de poluentes a partir dos empreendimentos previstos;
- Mapear risco/impactos em áreas prioritárias;
- Elaborar subsídio técnico-científico para ações de gestão e jurídicas.

#### 4. Material e Métodos

Visando abarcar as diversas fitofisionomias presentes no bioma, assim como diferentes distâncias e direções em relação às prováveis fontes de emissão, as seguintes Unidades de Conservação foram previamente selecionadas:

- Parque Nacional Guaricana
- Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange
- APA Estadual de Guaraqueçaba
- Estação Ecológica da Ilha do Mel
- Estação Ecológica do Guaraguaçu
- Parque Estadual do Palmito
- Parque Estadual da Ilha do Mel
- Parque Estadual Ilha das Cobras
- Reserva Biológica Bom Jesus
- RPPN Salto Morato

Para a realização do estudo, estão planejadas três frentes de ação, a primeira, que se dá na amostragem de indicadores ambientais in loco, a segunda se baseia na análise das amostras e a terceira refere-se a produzir subsídios técnicos para planejamento e gestão de UC a partir dos resultados encontrados:

- Aerossóis:

Para avaliação de PM<sub>2.5</sub> (material particulado menor que 2.5 µm) será utilizado um amostrador tipo Harvard, que consiste em um coletor de ar de baixo volume. É composto por um impactador, uma bomba a vácuo, um sistema de regulagem de vazão do ar, e um

coletor de partículas. A matéria particulada tende a ser retida em filtros específicos, e assim é realizada a análise gravimétrica utilizando balança de precisão, pesando (após retirada de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em peso. Serão realizadas campanhas sazonais, com previsão de três dias de coleta em cada Unidade de Conservação selecionada. Para determinação da composição relativa aos metais pesados nos filtros amostrados de material particulado, será utilizado um Espectômetro de Absorção Atômica, equipamento do Laboratório de Química Analítica da UFPR, Setor Litoral. Este método utiliza o princípio da absorção da radiação emitida por átomos, quando excitados. São utilizadas lâmpadas específicas de cada elemento e padrões de comparação para se obter valores de poluentes ambientais como Ca (Cálcio), Na (Sódio), K (Potássio), Mn (Manganês), Fe (Ferro), Zn (Zinco), Se (Selênio), Cd (Cádmio), Pb (Chumbo), V (Vanádio), Ni (Níquel) e Cu (Cobre).

- **Bioaerossóis:**

Serão utilizados dois amostradores do tipo Impactador Inercial Harvard para coleta de bioaerossóis, com pontos de corte diferentes PTS, PM<sub>10</sub> (<10 µm) e PM<sub>2,5</sub> (<2,5 µm) respectivamente, os dois serão instalados lado a lado, para a comparação das amostras. Os bioaerossóis serão coletados utilizando filtros de policarbonato, dos quais será extraído DNA total e analisado por duas abordagens metagenômicas: 1) Sequenciamento global de DNA; 2) Análises de biodiversidade de microrganismos utilizando sequenciamento global de genes marcadores como rRNA 16S. A equipe multidisciplinar envolvida no projeto tem grande experiência na área de Sequenciamento de nova geração e análises de bioinformática. Serão utilizadas as plataformas de seqüenciamento de DNA de última geração, disponíveis no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFPR. As análises de Bioinformática como identificação de microrganismos, montagem e anotação de seqüências metagenômicas serão realizadas por pesquisadores vinculados ao programa de pós-graduação de Bioinformática da UFPR utilizando pipelines de anotação disponíveis. Será feito também a análise de espectrofotometria de massa das colônias viáveis pela técnica MALDI (matrix assisted laser desorption/ionization). Essa técnica permite a transformação de biomoléculas para a fase gasosa sem que elas sejam destruídas, passando a ser uma importante ferramenta analítica na identificação e classificação de microrganismos por meio da análise de proteínas específicas (CUNHA, CASTRO, FONTES, 2006). A espectrometria de massas mede a relação entre massa/carga, um espectrômetro de massas consiste em uma fonte de ionização para a obtenção de íons, um analisador de massas, o qual separa os íons formados, um detector desses íons e um sistema de aquisição dos dados (ASSIS;

JULIANO; JULIANO, 2011). Essa técnica pode ser considerada a principal ferramenta analítica no campo da proteômica devido a sua elevada sensibilidade, exatidão e precisão (BARREIRO, 2010).

- Bioindicadores:

Para a avaliação da dispersão dos contaminantes no ecossistema florestal, serão utilizados líquens das espécies *Teloschistes flavicans*, gênero *Ramalina* e família *Caldoniaceae* amplamente encontrados nos ecossistemas costeiros do litoral paraense e de uso já conhecido como bioindicador (CORTÉS, 2004; ELIASARO et al., 2011; GARTY, 1985; KÄFFER et al., 2012). O biomonitoramento tem sido frequentemente explorado para avaliar a contaminação atmosférica industrial através da bioacumulação (Y. AGNAN, 2015). Para melhor entendimento da relação entre agentes poluidores e ambiente buscar-se-á fazer uma análise temporal da presença de elementos contaminantes utilizando tais bioindicadores. Para tanto, serão retiradas do Herbário Municipal de Curitiba, amostras de coletas de espécimes liquênicos, realizadas no litoral do Paraná em períodos passados (entre década de 50 e 90). Para avaliação das concentrações de metais nos tecidos liquênicos, será utilizado um Espectômetro de Absorção Atômica, obtendo-se valores relativos aos seguintes elementos: Ca, Na, K, Mn, Fe, Zn, Se, Cd, Pb, V, Ni e Cu. Os espécimes serão coletados em todas as unidades de conservação previstas no projeto, em campanhas de campo sazonais, cobrindo todas as estações do ano.

A produção de informação relativa a poluição atmosférica e biodiversidade de bioarossóis nas unidades de conservação, integrada às outras iniciativas proporcionará os seguintes resultados:

- Integração de dados: Padronização e Análise por dados provenientes da Estação Meteorológica do IAP

O IAP (Instituto Ambiental do Paraná) conta com uma estação de monitoramento da qualidade do ar no município de Paranaguá em funcionamento desde maio de 2016, aonde são analisados continuamente todos os poluentes legislados (partículas totais, fumaça, partículas inaláveis, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono, Ozônio e Dióxido de Nitrogênio), oferecendo assim um ponto de amostragem referência no centro do município. A amostragem proposta será padronizada através desta estação, que também fornecerá dados úteis para a quantificação dos poluentes emitidos. Os resultados obtidos qualificarão as análises já realizadas, identificando padrões de dispersão “porto-floresta”, possibilitando a identificação de responsabilidades quanto aos impactos existentes.

- Quantificação dos poluentes emitidos:

A partir das análises realizadas, estarão disponíveis diversos tipos de informações temporais e espaciais dos poluentes. Tais dados podem ser comparados com bases de dados de outras fontes, visando quantificar a emissão de diferentes atividades poluidoras. Neste sentido, serão utilizadas fontes de dados provenientes da concessionária EcoVia, relativa aos caminhões que passam pelo pedágio do acesso ao porto; dados de atracagem e espera de navios cedidos pela APPA (Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina); emissões fixas de indústrias, cedidas pelo IAP; além da frota de carros do município, disponível pelo DETRAN/PR (Departamento de Trânsito do Paraná). Exalta-se que com tal modelo de trabalho, são possíveis quantificações de custos relativos aos poluentes emitidos e seus impactos.

- Modelagem Da Dispersão De Poluentes e Identificação do Impacto Modelado

A modelagem a ser realizada utiliza informações de variáveis meteorológicas provenientes de sistema de monitoramento do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) em diversos pontos do litoral paranaense para verificação da modelagem utilizada. A dispersão dos poluentes será realizada com o modelo público Weather Research Forecast and Chemistry (WRF/Chem), utilizando dados da estação de monitoramento de Paranaguá, assim como, obtidos na amostragem dos diversos poluentes estudados. A modelagem da qualidade do ar necessita da identificação das fontes de emissão, posição geográfica e das taxas de emissão dos poluentes, que serão obtidos a partir de bases de dados do IAP e APPA. Serão realizadas simulações com grade de 3 km centrada em Paranaguá, utilizando análises do National Center for Environmental Prediction (NCEP) e as taxas de emissão dos poluentes presentes na área de estudo. Com a representação das concentrações de poluentes atmosféricos diagnosticados com a modelagem, poderá ser estimado o impacto das fontes nos ecossistemas florestais estudados.

Subsídio à Gestão de Unidades de Conservação:

- Espacialização e sistema de informações geográficas sobre os resultados obtidos:

A partir da integração dos resultados utilizando geotecnologias espaciais por meio de um sistema de informações geográficas, serão desenvolvidos mapas síntese das informações obtida. A partir do software QGIS, serão criados mapas de concentração da

poluição atmosférica na região; áreas prioritárias para monitoramento ambiental atmosférico; áreas de maior exposição aos riscos ambientais atmosféricos; áreas de fontes de emissão de poluentes atmosféricos; mapas de cenários futuros. Estas informações poderão subsidiar desde planos de manejo das Unidades de Conservação, bem como pedidos de adequação ambiental por meio de Termos de Ajuste de Conduta das empresas que estiverem operando fora das normativas legais.

## 5. Custos do Projeto

Elementos de Despesa	R\$
Materiais de Consumo	36.000,00
Serviços de Terceiros	12.210,00
Materiais Permanentes e Equipamentos	7.000,00
Bolsas	77.400,00
<b>Total</b>	<b>132.610,00</b>

### 5.1 Materiais de Consumo

Especificação	Qtde	Custo unitário	Custo total
Filtro de fibra de vidro	2	R\$ 1.000,00	R\$ 2.000,00
Filtro de policarbonato	2	R\$ 2.500,00	R\$ 5.000,00
Kit para extração de DNA	2	R\$ 3.500,00	R\$ 7.000,00
Placa para análise MALDI-TOF	2	R\$ 4.500,00	R\$ 9.000,00
Gases para análises laboratoriais	12	R\$ 500,00	R\$ 6.000,00
Reagentes químicos diversos	35	R\$ 200,00	R\$ 7.000,00

### 5.2 Serviços de Terceiros

Especificação	Custo total
Serviços de manutenção de Equipamentos	R\$ 10.000,00
Serviços de Impressão de Materiais	R\$ 2.210,00

### 5.3 Materiais Permanentes e Equipamentos

Especificação	Qtde	Custo unitário	Custo total
Fluxômetro	2	R\$ 3.000,00	R\$ 6.000,00
Gasômetro	1	R\$1.000,00	R\$ 1.000,00

## 5.4 Bolsas

Modalidade	Qtde	Duração (meses)	Custo unitário	Custo total	Área de atuação
Iniciação científica	1	36	R\$400,00	R\$14.400,00	Coleta e análise das amostras químicas
Iniciação científica	1	36	R\$400,00	R\$14.400,00	Coleta e análise das amostras biológicas (bioindicadores e microbiologia)
Apoio Técnico à pesquisa	1	36	R\$1.350,00	R\$48.600,00	Acompanhamento de campo e laboratorial dos estudantes nas análises químicas, microbiológicas e de bioindicadores

## 6. Cronograma

MÊS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
A2									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

MÊS	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
A3						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
A4						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

**A1- Atividade 1: Coleta de aerossóis de origem antropogênica e biogênica e de líquens nos pontos selecionados. A2 - Atividade:** Análises laboratoriais das amostras coletadas em campo. **A3 - Atividade 3:** Avaliar a existência de impactos da poluição atmosférica nas UC's estudadas. **A4 - Atividade:** Elaborar subsídio técnico-científico para ações de gestão e jurídicas.

## Referências

ABRAHÃO, C. S. **Porto de Paranaguá: transformações espaciais decorrentes do processo de modernização capitalista e integração territorial entre os anos 1970 e 2010, 2011.** Curitiba - PR: Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Paraná - Programa de Pós Graduação em Geografia.

ACHARD, F. **Vital forest graphics.** Kenya: UNEP Nairobi, 2009.

ANDREAE, M. O.; ACEVEDO, O. C.; ARAÚJO, A.; et al. The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols. **Atmos. Chem. Phys.**, v. 15, n. 18, p. 10723–10776, 2015.

ANTONIACONI, G.; MUNIZ, K. A. **Prevalência de Asma e Rinite em Estudantes de 13 e 14 anos no município de Paranaguá-PR,** TCC (Bacharelado em Saúde Coletiva) - Universidade Federal do Paraná Setor Litoral. 2013.

ASMAN, W. A. H.; SUTTON, M. A.; SCHJØRRING, J. K. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. **New Phytologist**, v. 139, n. 1, p. 27–48, 1998.

BERECHMAN, J.; TSENG, P.-H. Estimating the environmental costs of port related emissions: The case of Kaohsiung. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 17, n. 1, p. 35–38, 2012.

BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; BÖHM, G. M.; SALDIVA, P. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, v. 0, n. 51, p. 58, 2001.

CAMPOS NETO, C. A. DA S.; PÊGO FILHO, B.; ROMMINGER, A. E.; FERREIRA, I. M. **Portos brasileiros 2009: ranking, área de influência, porte e valor agregado médio dos produtos movimentados,** 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2606>>. Acesso em: 13/1/2017.

**CETESB.** BIOMONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO NA REGIÃO DE CUBATÃO. São Paulo - SP, 2015.

CHAI, F.; GAO, J.; CHEN, Z.; et al. Spatial and temporal variation of particulate matter and gaseous pollutants in 26 cities in China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 26, n. 1, p. 75–82, 2014.

CHAPPELKA, A. H.; SAMUELSON, L. J. Ambient ozone effects on forest trees of the eastern United States: a review. **New Phytologist**, v. 139, n. 1, p. 91–108, 1998.

CLARK, C. M.; TILMAN, D. Loss of plant species after chronic low-level nitrogen deposition to prairie grasslands. **Nature**, v. 451, n. 7179, p. 712–715, 2008.

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

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.** Sao Paulo - SP: Companhia das Letras, 1997.

EGRES, A. G.; MARTINS, C. C.; OLIVEIRA, V. M. DE; LANA, P. DA C. Effects of an experimental in situ diesel oil spill on the benthic community of unvegetated tidal flats in a subtropical estuary (Paranaguá Bay, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 12, p. 2681–2691, 2012.

**EMBRAPA.** Soja em números (safra 2014/2015). Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 24/11/2015.

ENDRESEN, Ø.; BAKKE, J.; SØRGÅRD, E.; BERGLEN, T. F.; HOLMVANG, P. Improved modelling of ship SO<sub>2</sub> emissions—a fuel-based approach. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 20, p. 3621–3628, 2005.

ESPO. TOP ENVIRONMENTAL PRIORITIES OF EUROPEAN PORTS FOR 2013. European Sea Ports Organisation, 2013.

FAJERSZTAJN, L.; VERAS, M.; BARROZO, L. V.; SALDIVA, P. Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer. **Nature Reviews Cancer**, v. 13, n. 9, p. 674–678, 2013.

FINLAYSON-PITTS, B. J.; PITTS JR., J. N. CHAPTER 8 - **Acid Deposition: Formation and Fates of Inorganic and Organic Acids in the Troposphere**. **Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere**. p.294–348, 2000. San Diego: Academic Press. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780122570605500101>>. Acesso em: 24/8/2016.

GILBERT, N. L.; WOODHOUSE, S.; STIEB, D. M.; BROOK, J. R. Ambient nitrogen dioxide and distance from a major highway. **Science of The Total Environment**, v. 312, n. 1–3, p. 43–46, 2003.

GODOI, R. H. M.; CARNEIRO, B. H. B.; PARALOVO, S. L.; et al. Indoor air quality of a museum in a subtropical climate: The Oscar Niemeyer museum in Curitiba, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 452–453, p. 314–320, 2013.

GODOI, R. H. M.; GODOI, A. F. L.; GONÇALVES JUNIOR, S. J.; et al. Healthy environment — indoor air quality of Brazilian elementary schools nearby petrochemical industry. **Science of The Total Environment**, v. 463–464, p. 639–646, 2013.

GRULKE, N. E. Plasticity in physiological traits in conifers: Implications for response to climate change in the western U.S. *Environmental Pollution, Advances of air pollution science: from forest decline to multiple-stress effects on forest ecosystem services.*, v. 158, n. 6, p. 2032–2042, 2010.

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

HAN, X.; NAEHER, L. P. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. **Environment International**, v. 32, n. 1, p. 106–120, 2006.

HE, J.; BALASUBRAMANIAN, R.; BURGER, D. F.; et al. Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen and phosphorus in Singapore. **Atmospheric Environment**, v. 45, n. 16, p. 2760–2768, 2011.

HJORTENKRANS, D.; BERGBÄCK, B.; HÄGGERUD, A. New Metal Emission Patterns in Road Traffic Environments. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 117, n. 1–3, p. 85–98, 2006.

HOLMES, C. D. Air pollution and forest water use. **Nature**, v. 507, n. 7491, p. E1–E2, 2014.

KATSOUYANNI, K. Ambient air pollution and health. **British Medical Bulletin**, v. 68, n. 1, p. 143–156, 2003.

KLOCKOW, D.; TARGA, H. J.; VAUTZ, W. Air Pollution and Vegetation Damage in the

Tropics: The Serra Do Mar as an Example; Final Report 1990-1996. Germany: **GKSS**, 1997.

KRAVITZ, B.; ROBOCK, A.; OMAN, L.; STENCHIKOV, G.; MARQUARDT, A. B. Sulfuric acid deposition from stratospheric geoengineering with sulfate aerosols. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 114, n. D14, p. D14109, 2009.

MARAGKOGIANNI, A.; PAPAETHIMIOU, S. Evaluating the social cost of cruise ships air emissions in major ports of Greece. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 36, p. 10–17, 2015.

MARĆ, M.; TOBISZEWSKI, M.; ZABIEGAŁA, B.; GUARDIA, M. DE LA; NAMIEŚNIK, J. Current air quality analytics and monitoring: A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 853, p. 116–126, 2015.

MARQUES, J. A.; SILVA DE ASSIS, H. C.; GUILOSKI, I. C.; et al. Antioxidant defense responses in *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) exposed to an experimental diesel oil spill in Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 107, p. 269–275, 2014.

MARTINS, C. C.; BRAUN, J. A. F.; SEYFFERT, B. H.; MACHADO, E. C.; FILLMANN, G. Anthropogenic organic matter inputs indicated by sedimentary fecal steroids in a large South American tropical estuary (Paranaguá estuarine system, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 11, p. 2137–2143, 2010.

MASKELL, L. C.; SMART, S. M.; BULLOCK, J. M.; THOMPSON, K.; STEVENS, C. J. Nitrogen deposition causes widespread loss of species richness in British habitats. **Global Change Biology**, v. 16, n. 2, p. 671–679, 2010.

MOREIRA, C. A. B. **Avaliação da Qualidade do Ar no Município de Paranaguá Utilizando Indicadores Biológicos, 2011**. TCC(Bacharelado em Gestão Ambiental), Matinhos: Universidade Federal do Paraná Setor Litoral.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. DA; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.

PIERRI, N.; ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. DE; KIM, M. K. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, n. 0, 2006.

PLEIJEL, H.; KARLSSON, G. P.; GERDIN, E. B. On the logarithmic relationship between NO<sub>2</sub> concentration and the distance from a highroad. **Science of The Total Environment**, v. 332, n. 1–3, p. 261–264, 2004.

PODOLAK, K.; EDELSON, D.; KRUSE, S.; et al. Estimating the Water Supply Benefits from Forest Restoration in the Northern Sierra Nevada. An unpublished report of The Nature Conservancy prepared with **Ecosystem Economics**. San Francisco, CA, 2015.

POLEZER, G. **Materiais antropogênicos suspensos na atmosfera de Curitiba, 2015**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental), Curitiba - PR: UFPR. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/41382>>. Acesso em: 28/3/2017.

ROBERTS, T. L. Cadmium and Phosphorous Fertilizers: The Issues and the Science. **Procedia Engineering**, v. 83, p. 52–59, 2014.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27–35, 2005.

SAVVA, Y.; BERNINGER, F. Sulphur deposition causes a large-scale growth decline in boreal forests in Eurasia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 24, n. 3, p. GB3002, 2010.

SILVA, M. DE O. DA. **Intervenção, fiscalização do Poder Público no trânsito de caminhões na cidade de Paranaguá. BURACOS: CAUSAS E SOLUÇÕES, 2011.** Projeto Técnico (Especialização em Gestão Pública), Universidade Federal do Paraná.

SITCH, S.; COX, P. M.; COLLINS, W. J.; HUNTINGFORD, C. Indirect radiative forcing of climate change through ozone effects on the land-carbon sink. **Nature**, v. 448, n. 7155, p. 791–794, 2007.

SPEKTOR, D. M.; HOFMEISTER, V. A.; ARTAXO, P.; et al. Effects of heavy industrial pollution on respiratory function in the children of Cubatao, Brazil: a preliminary report. **Environmental Health Perspectives**, v. 94, p. 51–54, 1991.

TAGLIATELLA, E. V. DOS S., 2014b. TCC (Gestão Ambiental), Matinhos - PR: UFPR Litoral.

TIEPOLO, L. M. A inquietude da mata atlântica: reflexões sobre a política do abandono em uma terra cobijada. **Guaju**, v. 1, n. 2, p. 96–109, 2016.

VIEIRA-FILHO, M. S.; LEHMANN, C.; FORNARO, A. Influence of local sources and topography on air quality and rainwater composition in Cubatão and São Paulo, Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 101, p. 200–208, 2015.

ZHANG, H.; WANG, Z.; ZHANG, Y.; DING, M.; LI, L. Identification of traffic-related metals and the effects of different environments on their enrichment in roadside soils along the Qinghai–Tibet highway. **Science of The Total Environment**, v. 521–522, p. 160–172, 2015.