



RELATÓRIO TÉCNICO DO MONITORAMENTO DE MATERIAL PARTICULADO
EM CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

Monitoramento de MP_{2.5} e MP₁₀

Desenvolvimento:

Laboratório de Computação e Tecnologia em
Engenharia Ambiental (LACTEA)
Departamento de Engenharia Ambiental (DEA)
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Projeto de Extensão:
Curitiba, o ar que você respira



Maio de 2020

1 Introdução

O monitoramento de material particulado em Curitiba e região metropolitana é desenvolvido pelo Laboratório de Computação e Tecnologia em Engenharia Ambiental (LACTEA). O grupo de alunos e professores do LACTEA e do Departamento de Engenharia Ambiental (DEA) é responsável pela instalação dos sensores, transmissão e armazenamento dos dados em um servidor, análise dos resultados e produção deste relatório.

A elaboração deste produto técnico integra as atividades projeto de extensão universitária intitulado “Curitiba, o ar que você respira”. Esse projeto de Extensão está ligado ao projeto pesquisa da UFPR/CNPq intitulado “Monitoramento e estudo de relações entre material particulado e variáveis meteorológicas em Curitiba”, que tem como objetivo criar uma rede de monitoramento da qualidade do ar na capital do estado do Paraná.

Os boletins do monitoramento estão disponíveis na página do laboratório (<http://www.lactea.ufpr.br/pesquisa/quali-ar/mp>) e são publicados mensalmente. O LACTEA está vinculado ao Departamento de Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Para qualquer dúvida referente a este relatório favor entrar em contato pelo e-mail: lactea@ufpr.br.

1.1 Legislação federal

Considerando como referência os padrões de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a Resolução CONAMA Nº 491 de 19/11/2018. Esta Resolução estabelece padrões de qualidade do ar e tem as seguintes definições:

- Material Particulado $MP_{2,5}$: partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros;
- Material Particulado MP_{10} : partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;

A Resolução CONAMA Nº 491 estabeleceu Padrões de Qualidade do Ar Intermediários – PI, com valores temporários a serem cumpridos em etapas, e Padrões de Qualidade do Ar Final – PF. Adotaremos neste relatório os seguintes Padrões de Qualidade do Ar Final – PF:

- O limite de Material Particulado $MP_{2,5}$ para o período de referência de 24 horas é a média de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- O limite de Material Particulado MP₁₀ para o período de referência de 24 horas é a média de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.2 Rede de monitoramento

O monitoramento distribuído de material particulado pode ser direcionado a diferentes objetivos. O monitoramento das agências estaduais do meio ambiente tem como objetivo a conformidade regulamentar, ou seja, a verificação se as concentrações estão dentro dos limites da legislação. Entretanto, os requisitos de precisão e estabilidade para uma rede com muitos pontos de amostragem são muito altos, além do custo elevado.

Complementar aos monitoramentos oficiais nós criamos uma rede com sensores óticos de baixo custo. Esses sensores são capazes de medir MP₁₀ e MP_{2,5} com precisão razoável e podem fornecer aos municípios informações importantes, desde a detecção de fonte até a possibilidade de selecionar áreas nas quais as medições com equipamentos de medição mais precisos parecem prudentes. O objetivo não é fornecer um dado extremamente preciso, mas a identificação de *hot-spots* para o combate à poluição por MP.

O projeto se baseia no conceito Internet das coisas (IoT, *Internet of Things*). A metodologia consiste em utilizar os sensores de baixo custo SDS011 acoplados no computador Raspberry Pi. O Raspberry funciona como um data logger local que transmite as informações para um servidor na UFPR que armazena os dados.

1.2.1 Pontos amostrais

Atualmente o projeto conta com 8 estações em Curitiba e região metropolitana:

1. Estação Araucária
2. Estação Batel
3. Estação Boa Vista
4. Estação Campo Largo
5. Estação Jardim Botânico
6. Estação Jardim das Américas
7. Estação Mercês
8. Estação Orleans

A localização de cada estação com seu respectivo número conforme a lista acima é ilustrada na Figura 1.1.

MAPA DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO

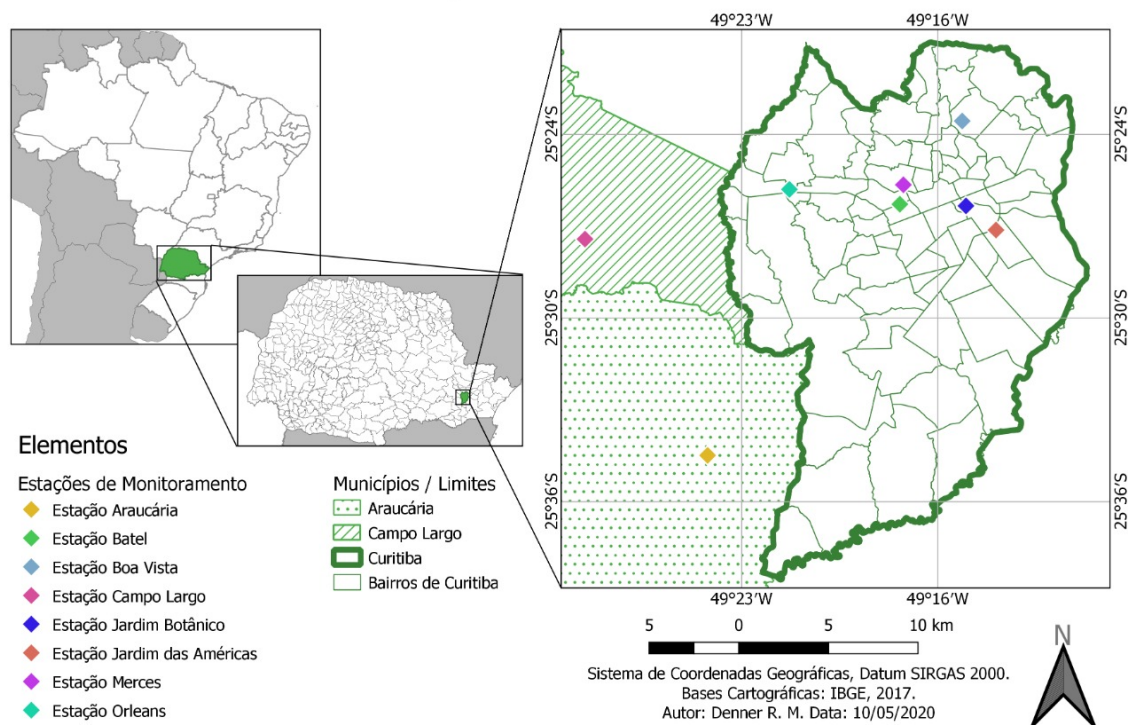


Figura 1.1: Pontos de amostragem com a numeração das estações

1.2.2 Análise de consistência dos dados

Os dados são coletados em uma frequência de 5 segundos e armazenados em arquivos de texto para cada hora de monitoramento. Para homogeneização e correção de falhas é realizada uma análise de consistência removendo valores espúrios, o que garante um controle de qualidade nos dados. Após o controle de qualidade os dados são reamostrados em médias por minuto. Estes dados são então reanalisados em médias horárias ou diárias conforme será detalhado nas próximas seções.

2 Monitoramento de Maio de 2020

2.1 Séries Temporais dos pontos amostrais

As médias diárias para o mês de interesse para os pontos de amostragem são apresentadas nas Figuras 2.1 e 2.2.

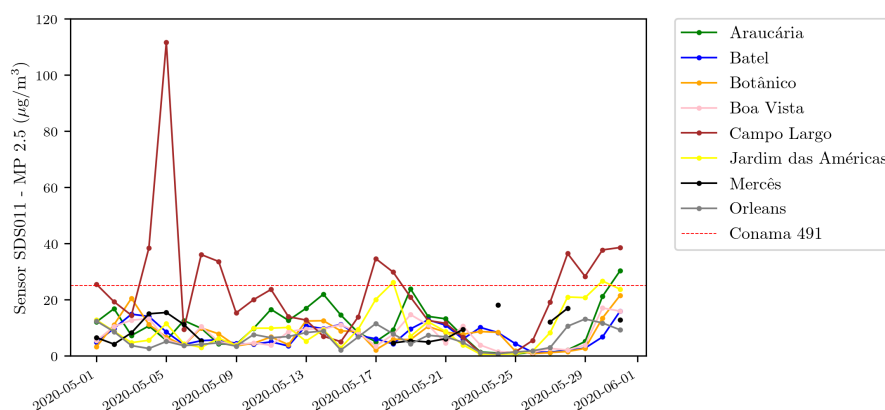


Figura 2.1: Médias diárias de $MP_{2,5}$ dos pontos de amostragem para maio de 2020

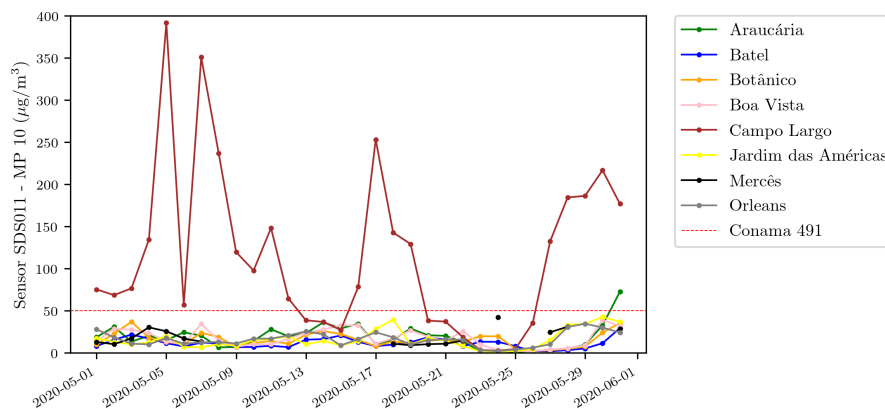


Figura 2.2: Médias diárias de MP_{10} dos pontos de amostragem para maio de 2020

2.2 Perfil diário das estações

Os perfis diários dos pontos de amostragem para o mês de interesse foram construídos com base em médias horárias.

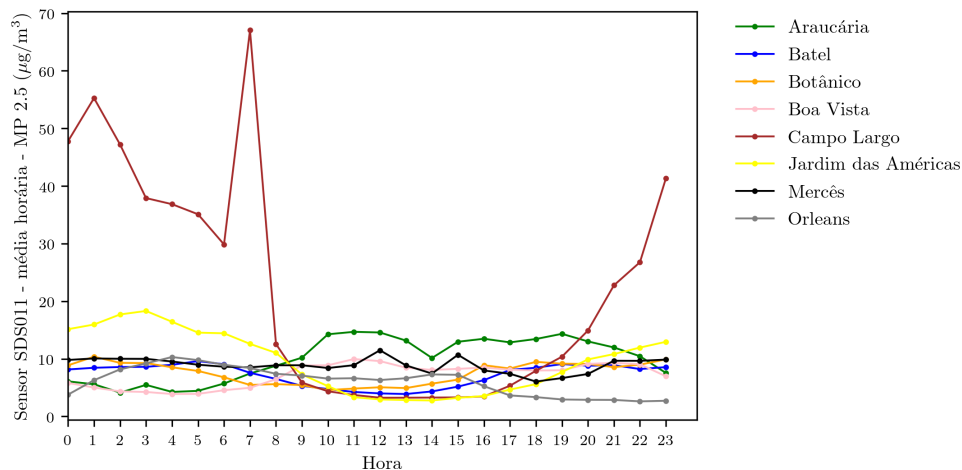


Figura 2.3: Perfis diários de $MP_{2,5}$ dos pontos de amostragem para maio de 2020

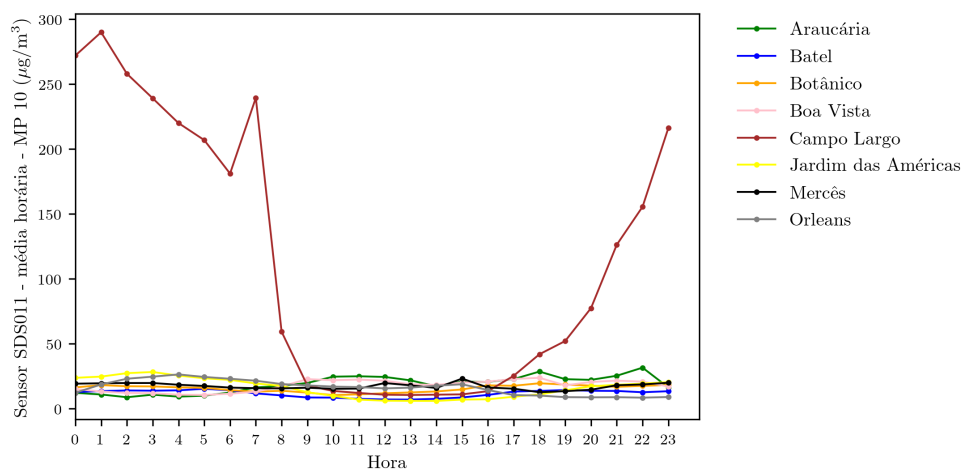


Figura 2.4: Perfis diários de MP_{10} dos pontos de amostragem para maio de 2020

2.3 Mapas

Os mapas abaixo ilustram a média mensal para cada estação de acordo com a escala de cores.

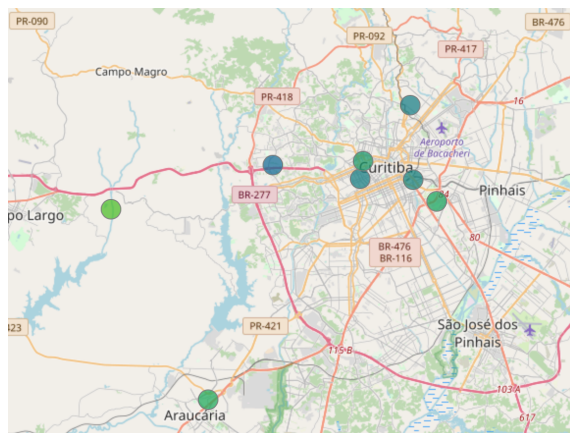


Figura 2.5: Distribuição espacial de MP_{2,5}.

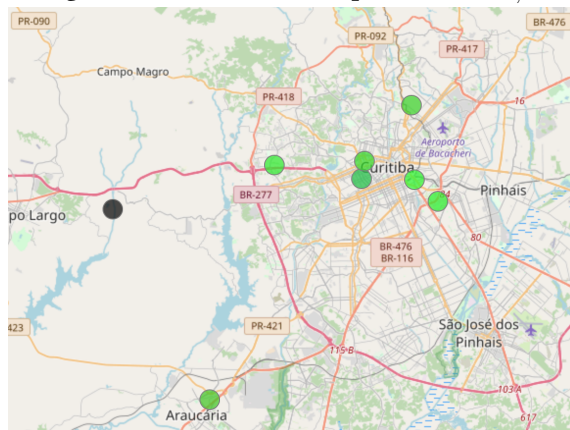


Figura 2.6: Distribuição espacial de MP₁₀.

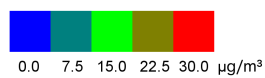


Figura 2.7: Escala numérica das concentrações de MP₁₀ e MP_{2,5}

2.4 Índice da Qualidade do Ar (IQAr)

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), em conjunto com os órgãos ambientais estaduais e distrital, lançou no final do ano de 2019 um Guia de Monitoramento e Avaliação da qualidade do ar. O guia contém os objetivos das redes de monitoramento do ar, as orientações para implantação desse monitoramento, a representatividade temporal dos dados, gestão de redes de monitoramento da qualidade do ar, documentação, métodos de referência e equivalentes e o índice de qualidade do ar (IQAr).

A Figura 2.8 ilustra as classes do índice de qualidade do ar (IQAr) definidas pelo MMA.

Qualidade do Ar	Índice	MP ₁₀ (µg/m³) 24h	MP _{2.5} (µg/m³) 24h
N1 - Boa	0 - 40	0 - 50	0 - 25
N2 - Moderada	41 - 80	>50 - 100	>25 - 50
N3 - Ruim	81 - 120	>100 - 150	>50 - 75
N4 - Muito Ruim	121 - 200	>150 - 250	>75 - 125
N5 - Péssima	201 - 400	>250 - 600	>125 - 300

Figura 2.8: Material Particulado e o Índice de qualidade do ar (IQAr)

A Tabela 2.1 apresenta as concentrações mensais médias de cada ponto de monitoramento.

Estação	MP _{2.5} (µg/m³)	MP ₁₀ (µg/m³)
Batel	7	11
Mercês	8	17
Jardim Botânico	7	15
Jardim das Américas	9	15
Orleans	6	16
Boa Vista	7	17
Campo Largo	18	68
Araucária	9	18

Tabela 2.1: Médias mensais das concentrações de MP₁₀ e MP_{2.5} para as estações de monitoramento e o Índice de qualidade do ar (IQAr)

As Figuras 2.9 e 2.11 ilustram a concentração média diária de material particulado em todos os pontos amostrais para MP_{2.5} e MP₁₀, respectivamente. As Figuras 2.10 e 2.12 ilustram o Índice de Qualidade do Ar diário em todos os pontos amostrais baseado na concentração média diária de material particulado para MP_{2.5} e MP₁₀, respectivamente. A estação Mercês teve 15 dias de falha, que estão ilustrados nas Figuras (2.9-2.12) como quadrados brancos.

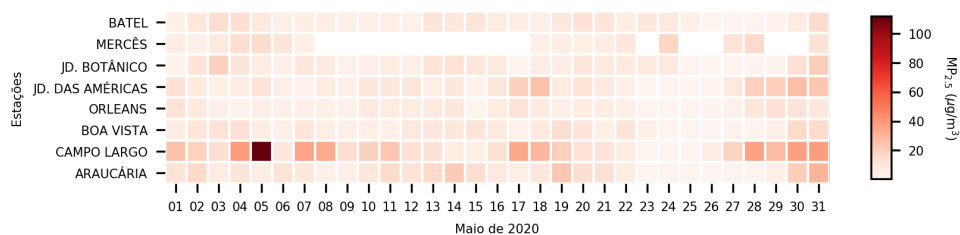


Figura 2.9: Concentração média diária de $MP_{2.5}$ em todos os pontos amostrais

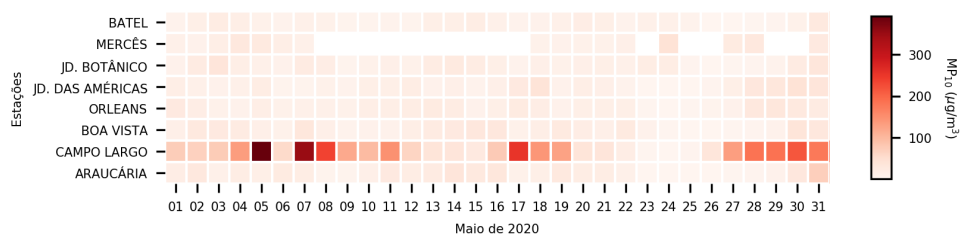


Figura 2.10: Concentração média diária de MP_{10} em todos os pontos amostrais

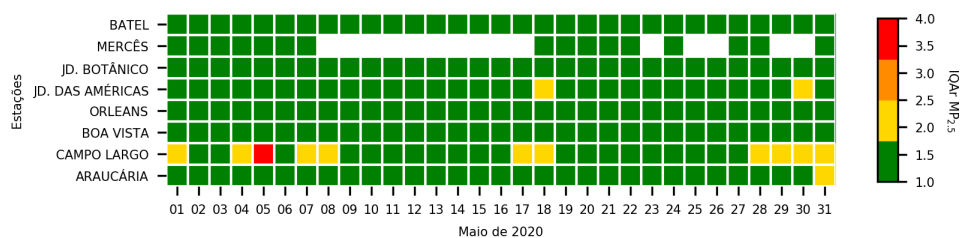


Figura 2.11: IQAr baseado na concentração diária de $MP_{2.5}$ em todos os pontos amostrais

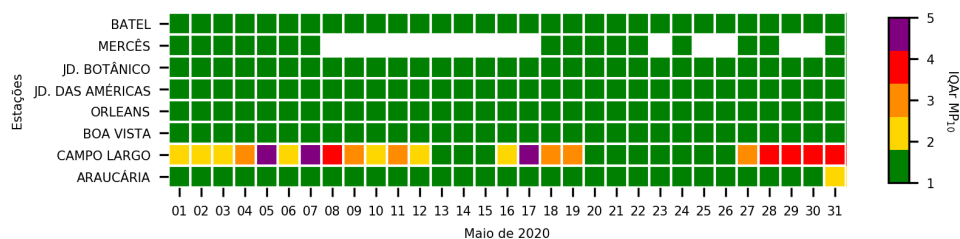


Figura 2.12: IQAr baseado na concentração diária de MP_{10} em todos os pontos amostrais

O IQAr mensal de cada estação foi determinado com base no IQAr diário mais elevado, independentemente do indicador, seja MP_{10} ou $MP_{2.5}$.

A Tabela 2.2 apresenta o Índice de Qualidade do Ar para cada estação de monitoramento durante o mês de interesse.

Estação	IQAr (Maio/2020)
Batel	N1 - Boa
Mercês	N1 - Boa
Jardim Botânico	N1 - Boa
Jardim das Américas	N2 - Moderada
Orleans	N1 - Boa
Boa Vista	N1 - Boa
Campo Largo	N5 - Péssima
Araucária	N2 - Moderada

Tabela 2.2: IQAr para as estações de monitoramento

3 Considerações Finais

Considerando os resultados do monitoramento de maio de 2020 pode-se afirmar que a qualidade do ar dos pontos amostrados em Curitiba é relativamente boa (IQAr = N1). Na região metropolitana a estação de Campo Largo apresentou altas concentrações e a qualidade foi classificada como péssima (IQAr = N4), já o ponto amostrado em Araucária tem uma qualidade do Ar moderada (IQAr = N2). Considerando os dados de médias diárias, houveram 21 dias que a concentração MP_{10} da estação Campo Largo excedeu os limites da CONAMA 491/2018 - padrões de qualidade do ar final (PF). A concentração de $MP_{2,5}$ da estação Araucária excedeu os limites da resolução em um dia. Em dois dias a Estações Jardim das Américas teve a concentração de $MP_{2,5}$ ultrapassando os limites da resolução CONAMA 491/2018.

Com relação à identificação dos *hot-spots* destaca-se que as estações de Campo Largo e Araucária tiveram os piores resultados. Ainda é necessário ampliar os pontos de medição e realizar análises durante mais meses para se obter um panorama mais detalhado dos pontos críticos.