



Relatório técnico do Monitoramento de Material Particulado em Curitiba e região metropolitana

Monitoramento de $MP_{2.5}$ e MP_{10}

Desenvolvimento:

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

Janeiro 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 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 pesquisa da UFPR 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 MP₁₀: 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 $\mu \rm g/m^3$.
- O limite de Material Particulado MP $_{10}$ para o período de referência de 24 horas é a média de 50 $\mu \rm g/m^3$.

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 MP_{10} 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

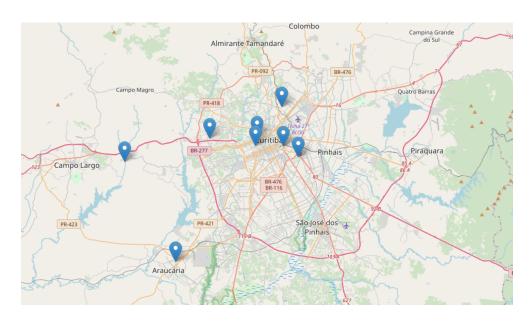


Figura 1.1: Pontos de amostragem

2 Monitoramento de janeiro de 2020

2.1 Séries Temporais dos pontos amostrais

As médias diárias para o mês de janeiro de 2020 para os 8 pontos de amostragem são apresentadas nas Figuras 2.1 e 2.2. A estação de Campo Largo apresentou falhas e portanto os dados não foram apresentados.

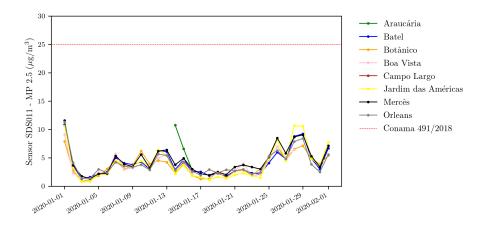


Figura 2.1: Médias diárias de $MP_{2,5}$ dos 8 pontos de amostragem para o mês de janeiro de 2020

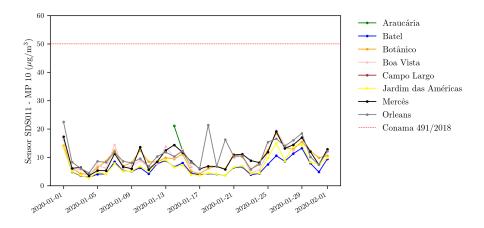


Figura 2.2: Médias diárias de MP_{10} dos 8 pontos de amostragem para o mês de janeiro de 2020

2.2 Perfil diário das estações

Os perfis diários para o mês de janeiro de 2020 de pontos de amostragem foram construídos com base em médias horárias. O monitoramento das estações de Campo Largo e Araucária continha muitas falhas e portanto os dados não foram apresentados.

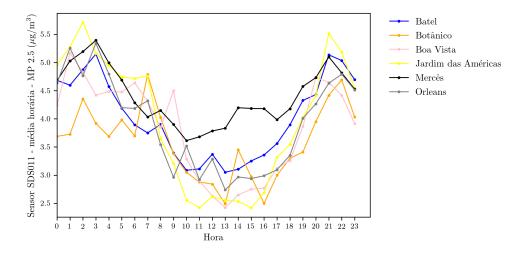


Figura 2.3: Perfis diários de $\mathrm{MP}_{2,5}$ dos 8 pontos de amostragem para o mês de janeiro de 2020

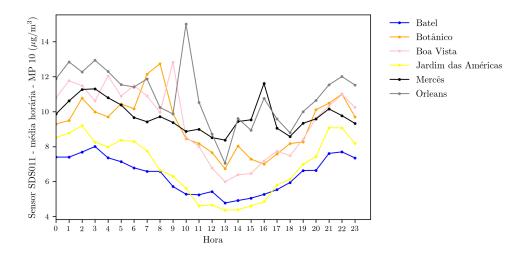


Figura 2.4: Perfis diários de MP₁₀ dos 8 pontos de amostragem para o mês de janeiro de 2020

2.3 Mapas

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

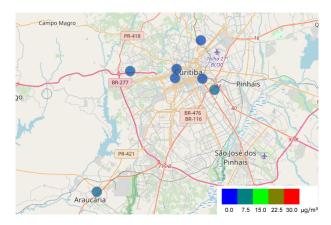


Figura 2.5: Médias mensais de $\mathrm{MP}_{2,5}$ dos 8 pontos de amostragem para o mês de janeiro de 2020

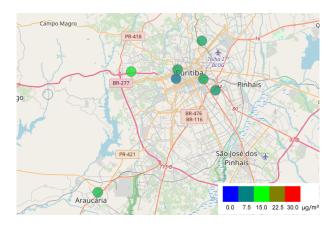


Figura 2.6: Médias mensais de MP_{10} dos 8 pontos de amostragem para o mês de janeiro de 2020

O sistema de aquisição dos dados (Raspberry Pi + SDS011) armazena dados a cada 5 segundos. Foram realizadas médias por minuto, para garantir que eventuais falhas sejam preenchidas pela média no minuto. As terceiras colunas das tabelas 2.1 e 2.2 são baseados nos dados com a frequência de minuto, ou seja, tratam-se de análises de porcentagens para as médias a cada minuto de medição.

A tabela 2.1 mostra as concentrações médias mensais, as concentrações máximas das médias diárias e a percentagem das medições que foram abaixo da recomendação estabelecida pela resolução CONAMA 491 para $\mathrm{MP}_{2,5}$ em cada ponto amostral.

Estação	Média mensal MP $_{2,5}~(\mu \mathrm{g/m^3})$	Máxima média diária MP $_{2,5}~(\mu { m g/m}^3)$	$ m \%~MP_{2,5} < 25~\mu g/m^3$
Araucária	5.57	10.75	99.91
Batel	4.36	10.87	99.45
Boa Vista	3.83	9.12	99.81
Campo Largo	-	-	-
Jardim Botânico	4.28	7.88	99.44
Jardim das Américas	6.04	10.66	98.85
Mercês	4.46	11.58	99.32
Orleans	4.65	11.30	99.17

Tabela 2.1: Concentrações médias mensais, as concentrações máximas das médias diárias e a percentagem das medições que foram abaixo da recomendação estabelecida pela resolução CONAMA 491 para MP_{2,5} em cada ponto amostral

A tabela 2.2 mostra as concentrações médias mensais, as concentrações máximas das médias diárias e a percentagem das medições que foram abaixo da recomendação estabelecida pela resolução CONAMA 491 para MP_{10} em cada ponto amostral.

Estação	Média mensal MP $_{10}~(\mu \text{g/m}^3)$	Máxima média diária MP $_{10}~(\mu { m g/m}^3)$	$\%~\mathrm{MP_{10}} <$ 50 $\mu\mathrm{g/m^3}$
Araucária	11.01	21.06	99.97
Batel	6.58	13.58	99.92
Boa Vista	9.43	19.49	99.83
Campo Largo	-	-	-
Jardim Botânico	9.71	18.56	99.56
Jardim das Américas	8.59	15.02	99.83
Mercês	9.47	19.08	99.57
Orleans	13.44	22.51	99.02

Tabela 2.2: Concentrações médias mensais, as concentrações máximas das médias diárias e a percentagem das medições que foram abaixo da recomendação estabelecida pela resolução CONAMA 491 para MP₁₀ em cada ponto amostral

3 Considerações Finais

Considerando os resultados do monitoramento de uma maneira geral pode-se afirmar que a qualidade do ar dos pontos amostrados em Curitiba e região metropolitana é boa. Considerando os dados de médias diárias, nenhum ponto de amostragem excedeu os limites da CONAMA 491/2018 - padrões de qualidade do ar final (PF). O Sensor SDS011 apresentou picos em todas as análises o que sugere uma elevada sensibilidade a alterações na concentração de MP.

Considerando os dados com frequência de 1 minuto (terceiras colunas das tabelas 2.1 e 2.2): em todos os pontos amostrais a percentagem do tempo em que os sensores mediram concentrações abaixo dos limites da resolução foi acima de 99%, com exceção para a concentração de MP_{2.5} da estação Jardim das Américas que teve qualidade do ar boa em 98.85% do tempo.

Em relação ao perfil diário, observou-se que os gráficos de $\mathrm{MP}_{2,5}$ e MP_{10} apresentam um formato de U, tendo as concentrações mais baixas entre as 10 horas e 17 horas. Esse comportamento pode estar associado às emissões associadas ao tráfego de veículos que é mais intenso no início do horário comercial (entre 7 horas e 10 horas) e no final da tarde (entre 17 horas e 21 horas). Outro fator importante é a influência da radiação solar que aquece a superfície terrestre e promove aumento da circulação por geração de fluxos turbulentos de MP ascendentes. No início de janeiro os horários do nascer do sol e pôr do sol em Curitiba são 05:30h e 19:11h, respectivamente. Esse padrão de insolação ajuda explicar o porquê da queda da concentração de MP entre meia noite e 6 horas da manhã uma vez que a atmosfera encontra-se mais estável durante esse período.

Com relação à identificação dos *hot-spots* destaca-se que as estações de Orleans 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.