

APLICAÇÃO DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA A AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DE OBRAS CIVIS

Gabriela Amorim Caixeta

Guilherme Henrique Duarte de Oliveira

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

gabriela_amorim@usp.br

Objetivos

O presente projeto buscou desenvolver um sistema de medição de material particulado (MP) atmosférico utilizando o sensor de baixo custo Nova SDS011, para o monitoramento das emissões de um canteiro de obras e avaliação de seus impactos na qualidade do ar.

Métodos e Procedimentos

Construiu-se um sistema de medição de MP de baixo custo utilizando um sensor Nova Fitness SDS011, capaz de medir as concentrações de MP2,5 (partículas menores que 2,5 μm) e MP10 (partículas menores que 10 μm), e módulos eletrônicos de código aberto. Foram empregados um módulo de relógio em tempo real, um módulo de cartão micro SD, capaz de armazenar informações e um Arduino Nano, responsável por estabelecer conexão entre todos os componentes. O sistema foi programado para que as concentrações de MP fossem medidas a cada cinco minutos e fossem armazenadas conjuntamente com a data e horário das medições.

Após a montagem, o desenvolvimento do software e a verificação do adequado funcionamento do sistema, duas unidades foram posicionadas em um canteiro de obras de uma construção de um supermercado no interior de Minas Gerais. Um dos medidores foi

mantido em campo por 50 dias consecutivos, enquanto o segundo funcionou por 37 dias.

Os sistemas de monitoramento foram visitados semanalmente, para a verificação do funcionamento e coleta de dados obtidos.

As séries temporais foram tratadas em Microsoft Excel para a eliminação de medições defeituosas e elaboração de gráficos para a interpretação dos resultados obtidos e correlação com o cronograma de atividades executadas no canteiro de obras e com o registro de precipitação no local.

Resultados

As concentrações de MP na obra foram, no geral, muito elevadas, sendo observadas quedas nos períodos e dias nos quais as atividades no canteiro eram inexistentes ou reduzidas. Foram observadas concentrações médias diárias máximas de $360 \pm 122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e de $188 \pm 94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para MP10 e MP2,5, respectivamente, nos dias com atividades e $154 \pm 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP10) e $68 \pm 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP2,5) nos dias sem atividades. Verificou-se, portanto, uma correlação entre as atividades desenvolvidas no canteiro e a emissão de MP.

A Figura 1 apresenta o perfil semanal médio de concentração de MP10 medido pelo sistema de monitoramento, bem como os valores máximos

e mínimos medidos para cada hora de cada dia.

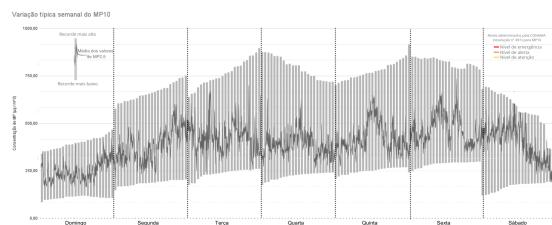


Figura 1: Perfil típico semanal de MP10

O acompanhamento da média de concentração de MP10 para período de referência de 24 horas, revelou que em 86% dos dias de monitoramento a qualidade do ar no local seria considerada péssima segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com MP10 acima de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o período de referência de 24h. A companhia indica que esse tipo de exposição pode desencadear doenças respiratórias e cardiovasculares por meio da inalação do particulado, aumentando também o risco de morte prematura em pessoas de grupos de risco (CETESB, 2023).

Foi possível associar as atividades realizadas na obra com os maiores picos de concentração de MP na atmosfera. A colocação do contrapiso, a serração das esquadrias e a colocação da argamassa no piso, foram, nesta ordem, as atividades que mais impactaram a qualidade do ar. A colocação do contrapiso resultou em concentrações médias de MP10 e MP2,5 de $782 \pm 82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $482 \pm 94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Esses valores reforçam a necessidade da implementação de medidas para reduzir a emissão de particulados no canteiro de obras, como a lavagem periódica de pisos e proteção de áreas de armazenamento, conforme sugerido por Resende (2007).

A avaliação das concentrações de MP em relação à ocorrência de precipitação na obra demonstra que a concentração de MP reduz consideravelmente após eventos chuvosos. Isso era esperado segundo a literatura, uma

vez que as gotículas de chuva podem absorver as partículas suspensas e causar deposição úmida (Elminir, 2005).

Conclusões

Foi desenvolvido um sistema de monitoramento de MP atmosférico de baixo custo e operação simples, baseado em módulos eletrônicos de código aberto e ampla disponibilidade. O sistema foi aplicado com sucesso no monitoramento da emissão de material particulado em um canteiro de obras. A aplicação permitiu concluir que o canteiro de obra analisado é responsável pela liberação de concentrações muito elevadas de particulados, impactando significativamente a qualidade do ar. Pode-se, também, avaliar quais as atividades da obra mais críticas: a colocação do contrapiso, serração de esquadrias e colocação de argamassa. Essas atividades são indicadas como as principais candidatas para a implementação futura de medidas mitigadoras para a emissão de MP.

Agradecimentos

Esse trabalho foi realizado com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq.

Referências

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2022**. São Paulo, 2023. Disponível em:
<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/> Acesso em: 03 mar. 2024.

ELMINIR, H.K. (2005). **Dependence of urban air pollutants on meteorology**. Science of the Total Environment, v. 350, n. 1-3.

RESENDE, Fernando. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obra de edifícios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.