



Monitoramento quali-quantitativo de sedimentos urbanos acumulados em sarjetas públicas localizadas no município de Campos dos Goytacazes - RJ. Um estudo com enfoque na contaminação por zinco e cobre

Orientador: Diego Magalhães Borges Santanna

Bolsista: Ana Karolina Almeida Reis

Instituto Federal Fluminense Campus Campos Guarus

2026



SUMÁRIO

RESUMO	3
INTRODUÇÃO	4
REVISÃO DA LITERATURA	5
MATERIAIS E MÉTODOS	6
RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
REFERÊNCIAS	20

RESUMO

Este projeto investigou o impacto da urbanização e do tráfego veicular na poluição difusa do município de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro. A pesquisa focou em quantificar a acumulação de metais pesados, especificamente Cobre e Zinco, nos sedimentos retidos nas sarjetas de duas vias de alto fluxo. A metodologia aplicada integrou amostragem espacial em 50 pontos de coleta, análises físico-químicas laboratoriais, modelagem da taxa de acúmulo de sedimentos, mapeamento em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados revelaram que a infraestrutura atua como um reservatório crônico, com as sarjetas retendo cargas extremas de sedimentos que atingem médias de 2.900 g/m². As análises estatísticas confirmaram que o Zinco possui uma contaminação sistêmica e uma forte afinidade de adsorção com a matéria orgânica leve da poeira. Essa característica confere ao Zinco uma altíssima mobilidade, resultando em seu rápido carreamento pelas chuvas diretamente para as galerias do sistema de drenagem. Em contrapartida, o Cobre apresentou picos agudos e isolados, diretamente associados ao intenso desgaste de pastilhas de freio do tráfego pesado de veículos. O volume massivo dessa poeira fina arrastada induz à biomagnificação aquática, ameaçando ecossistemas sensíveis como o Rio Paraíba do Sul e a Lagoa do Vigário.

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada tem exacerbado desafios ambientais críticos, especialmente em regiões com relevante atividade industrial e tráfego veicular, como Campos dos Goytacazes (RJ) e áreas em seu entorno. A poluição difusa, caracterizada pelo transporte de contaminantes via escoamento superficial, representa uma ameaça significativa aos ecossistemas aquáticos e à saúde pública, devido à acumulação de sedimentos carregados de metais em sarjetas urbanas (Taylor; Owens, 2009). Nesse contexto, o município de Campos dos Goytacazes-RJ e sua região enfrentam pressões ambientais críticas, impulsionadas por atividades como a exploração petrolífera, agricultura intensiva e expansão urbana desregulada. Tais dinâmicas ampliam áreas de risco socioambiental, com destaque para a degradação de recursos hídricos – elemento vital para a segurança ambiental, a saúde pública e a economia local (Torres et al., 2025).

Em pesquisas anteriores na região, Santanna et al. (2014) identificaram cargas elevadas de sedimentos (até 714,96 g/m²) e concentrações preocupantes de cobre (Cu) e zinco (Zn), 81 mg/Kg e 53 mg/Kg, além de relacionarem dados pluviométricos à avaliação do acúmulo de sedimentos, evidenciando a influência da precipitação nas variações da massa de sedimentos acumulados. Entretanto, ainda são escassos estudos na cidade de Campos dos Goytacazes que investigam o comportamento espacial e temporal dos sedimentos ao longo de vias urbanas, bem como sua relação com a distribuição de Cu e Zn.

Esta pesquisa teve como objetivos específicos: (1) avaliar a distribuição espacial de Cu e Zn em sedimentos de duas avenidas na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ; (2) analisar as variações temporais entre as campanhas de coleta; (3) investigar correlações entre os metais e parâmetros físico-químicos dos sedimentos; e (4) avaliar o risco ambiental com base nos critérios da Resolução CONAMA 420/2009. Espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam não apenas para preencher lacunas científicas, mas também para subsidiar políticas públicas em sintonia com a Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente, cujas metas incluem a redução de assoreamento em corpos hídricos e a mitigação de riscos à saúde.

REVISÃO DA LITERATURA

Os sedimentos urbanos advêm de duas fontes principais: fontes naturais, como a erosão de solos, restos de vegetação (galhos e folhas) e dejetos de animais, e fontes antrópicas, como obras de construção civil, derramamento de óleo e combustíveis provenientes do tráfego de veículos, o desgaste de pneus e da superfície asfáltica, além do descarte inadequado de lixo urbano (Charlesworth et al., 2003; Dotto, 2006; Silveira et al., 2016)

Após serem gerados, esses sedimentos podem ser transportados pela ação do vento, da movimentação dos veículos e da chuva, que lava as superfícies e transporta essas partículas. Alguns fatores favorecem a acumulação desses sedimentos, como a declividade da via, que, segundo (Junior et al., 2014; Silveira et al., 2016), influencia sua deposição, sendo que áreas mais planas favorecem o acúmulo de sedimentos, enquanto áreas mais íngremes favorecem sua lavagem e transporte pela chuva. Além da declividade, a intensidade do tráfego de veículos pode impedir o deslocamento natural das partículas. A presença de vegetação e a falta de limpeza urbana também são fatores determinantes para o acúmulo de sedimentos nas vias.

Com a ocorrência das chuvas, esses sedimentos acumulados são carregados para os sistemas de escoamento pluvial e, posteriormente, chegam aos corpos hídricos. Com isso, podem gerar consequências negativas e preocupantes, como o assoreamento dos rios e a contaminação por metais pesados.

Estudos apontam que as principais fontes de metais pesados são a poluição proveniente da queima de combustíveis fósseis e das atividades industriais, com destaque para zinco e cobre. As principais fontes de zinco são o desgaste de pneus, vazamentos de óleo e processos industriais (Charlesworth et al., 2003; Silveira et al., 2016). Já as principais fontes de cobre são o desgaste de pastilhas de freio e a combustão de combustíveis fósseis. Essas também são as principais fontes responsáveis pela formação dos sedimentos urbanos e pela contaminação desses sedimentos por metais pesados, que podem ser incorporados diretamente ou chegar por meio da deposição atmosférica (Charlesworth et al., 2003; Silveira et al., 2016).

Os sedimentos contaminados, ao chegarem aos corpos hídricos, podem desencadear um processo de bioacumulação nos organismos aquáticos, especialmente em peixes, onde os metais podem se concentrar em tecidos e órgãos (Yi; Yang; Zhang, 2011).

Essa acumulação é amplificada ao longo da cadeia alimentar (biomagnificação), atingindo níveis críticos em espécies no topo da teia trófica. Quando consumidos por humanos, esses peixes contaminados tornam-se uma via de exposição direta, permitindo que metais tóxicos se depositem no organismo humano e desencadeiem efeitos crônicos, como danos neurológicos, disfunções renais e aumento do risco de câncer. Esses estudos comprovam que mesmo concentrações baixas nos corpos hídricos, quando persistentes, representam ameaça à saúde pública, principalmente para comunidades que dependem desses recursos para subsistência (Rakib *et al.*, 2022).

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo



Fig. 1 Mapa mostrando a área de estudo. As linhas vermelhas representam a Av. Sen. José Carlos Pereira Pinto e a Av. Mário Manhães de Andrade, em Campos dos Goytacazes – RJ.

As coletas de sedimento ocorreram na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ em duas avenidas que apresentam intenso tráfego de veículos. A Avenida José Carlos Pereira Pinto (AV.1) foi escolhida devido ao sistema de drenagem recente implantado que escoar para Lagoa do Vigário e Rio Paraíba do Sul, e a Avenida Mário Manhães de Andrade (AV.2) se destaca pelo intenso tráfego de caminhões que transportam cargas para o Porto do Açu.

3.2 Coleta de dados

Foram estabelecidos 30 pontos amostrais ao longo das duas avenidas e foram nomeados de acordo com a avenida e o ponto exemplo: (P.17 AV.1) e (P.1 AV2). Os pontos foram sorteados aleatoriamente em cada coleta com 5 pontos de cada avenida, totalizando 10 pontos amostrais, para garantir a representatividade e redução de viés, as coletas foram realizadas em dias secos com intervalos mensais. Realizou-se 5 coletas ao longo do segundo semestre de 2025 e primeiro semestre de 2026.

A primeira coleta ocorreu no dia 27/08/2025, a segunda no dia 08/10/2025, a terceira no dia 17/12/2025, a quarta no dia 18/03/2026 e a quinta no dia 15/04/2026.

Vale ressaltar que, devido a restrições logísticas e à ocorrência frequente de chuvas intensas no segundo semestre de 2025, alguns eventos amostrais foram cancelados e para o prosseguimento da pesquisa a realização de coletas mensais foi retomada no primeiro semestre de 2026.

Cada ponto amostral foi delimitado com uma moldura de 0,5 m² e aspirada utilizando um aspirador de pó acoplado conforme (Dotto, 2006; Gomes, 2008) (Fig. 2), mas em algumas coletas o aspirador de pó ficou indisponível devido a problemas técnicos e fez-se necessário um método alternativo em alguns pontos utilizando o método de varrição com uma pá de plástico e escova com cerdas de nylon validado por (Charlesworth *et al.*, 2003). O método de varrição foi utilizado na coleta do dia 18/03/2026 nos pontos (P.15 AV.1 e P.26 AV.1) e no dia 15/04/2026 nos pontos (P.24 AV.2 e DUPLICATA P.24).

Após a coleta, as amostras foram pesadas para verificação da massa total dos sedimentos, depois foram peneiradas em malha de 180 µm e os sedimentos foram separados em Massa peneirada (m.2) e Massa retida na peneira (m.3), ambas foram novamente pesadas e devidamente identificadas com um número, todas análises foram feitas com o material peneirado (m.2), sendo armazenadas em sacos plásticos no freezer para preservação das amostras.



Fig. 2 Procedimentos realizados para a coleta de sedimentos urbanos

3.3 Análises Laboratoriais

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: pH (eletrodo de vidro), potencial de oxirredução (eletrodo de platina), condutividade elétrica (EC) e sólidos voláteis (% de perda na mufla à 550°C). Para pH seguiu-se a metodologia da EMBRAPA para solo, o mesmo procedimento foi realizado para as análises de condutividade elétrica e potencial de oxirredução (ORP). Para sólidos voláteis seguiu-se o método da EPA 1684 (METHOD 1684 Total, Fixed, and Volatile Solids in Water, Solids, and Biosolids, 2001). As análises de Zn e Cu total foram realizadas por Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) após digestão ácida das amostras com ácido nítrico em sistema de micro-ondas, seguindo o protocolo estabelecido pelo método 3051A da USEPA (METHOD 3051A MICROWAVE ASSISTED ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS, AND OILS, 2007). Ao total foram 51 amostras analisadas, sendo uma delas uma duplicata. Os dados obtidos passaram por mapeamento em sistemas GIS e calibração de taxa de acúmulo de sedimentos através do modelo exponencial proposto por Deletic et al. (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Carga de sedimento e modelagem de acúmulo

Para a comparação da quantidade de sedimentos acumulados por metro quadrado nas duas avenidas: Avenida José Carlos Pereira Pinto (AV.1) e Avenida Mário Manhães de Andrade (AV.2). Para isso, foi extrapolada a massa coletada na área de 0,5 m² para uma métrica padrão de 1 m² (Carga de Poeira Viária).

A Fig. 3 apresenta elevada carga de sedimentos acumulados nas sarjetas. Observa-se que ambas as avenidas possuem médias de acúmulo entre 2.600 e 2.900 g/m², com destaque a AV.1 que apresentou maior variabilidade nos valores ultrapassando a marca de 5.500 g/m² em alguns pontos.

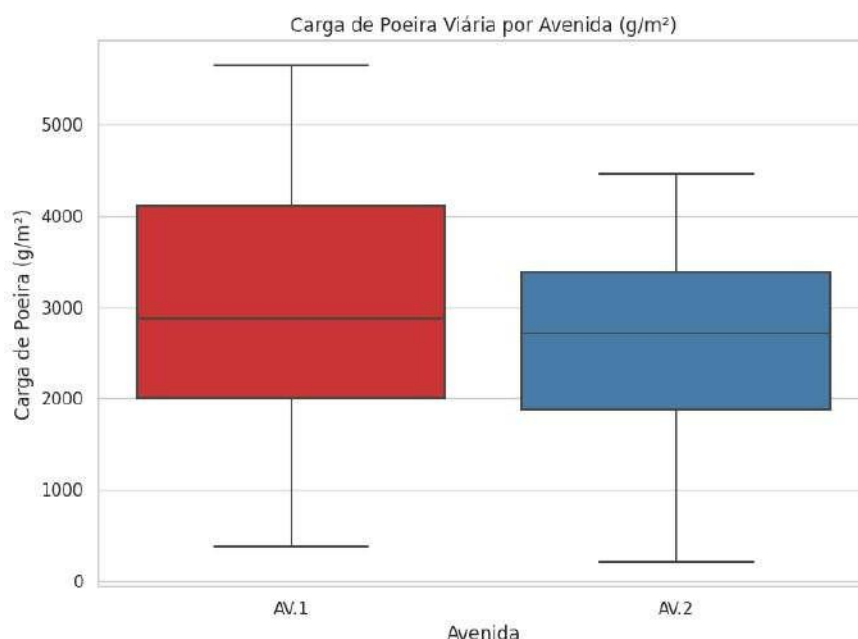


Fig. 3 Boxplot da Carga de Poeira Viária por Avenida (g/m^2).

Esse acúmulo massivo interfere no modelo de auto limpeza da via, pois segundo (Dotto, 2006) existem eventos de precipitação baixas não são suficientes para o transportar todo o sedimento acumulado nas vias, sendo necessários eventos de grande magnitude. O modelo exponencial de Deletic et al. (1998) foi aplicado aos dados obtidos em função do tempo seco antecedente (t_{dry}), permitindo avaliar o comportamento da acumulação de sedimentos nas duas avenidas (Fig. 4).

Os parâmetros ajustados apresentaram valores altos de M_0 variando de 2.601 a 2.900 g/m^2 e a constante de acumulação é igualmente alta. O estudo realizados por (Dotto, 2006) em Santa Maria/RS, foram obtidas curvas naturais de acumulação gradual com saturação máxima (M_0) entre 140 e 160 g/m^2 em vias sem varrição, valores que a autora já considerava maiores do que os encontrados na bibliografia internacional como os de (Deletic et al., 1998).

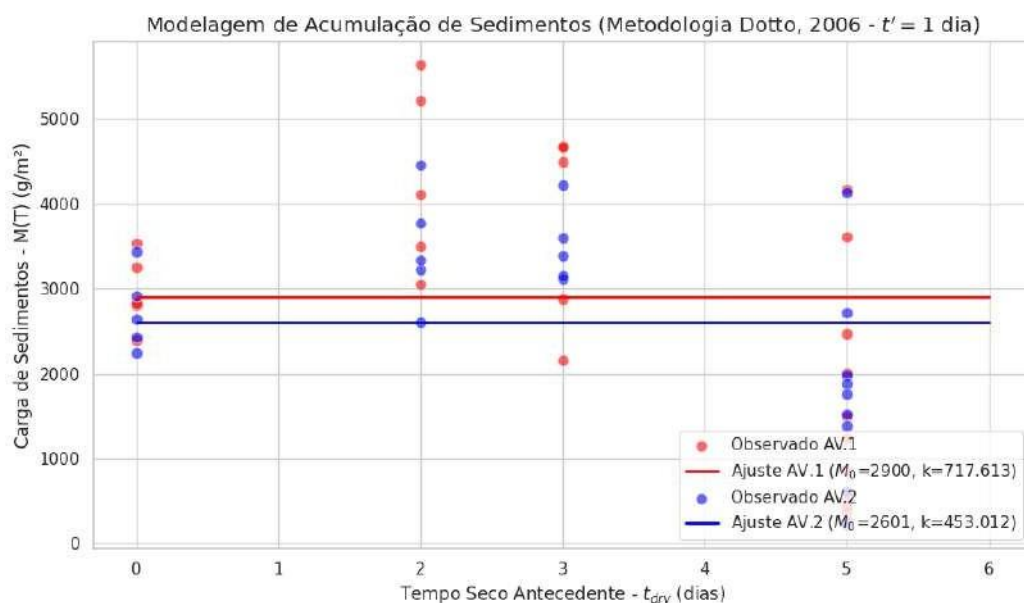


Fig. 4 Modelagem de Acumulação de Sedimentos ajustada aos dados coletados (Metodologia de Dotto, 2006).

A altíssima constante de acumulação (k) indica que a via já atingiu seu limite crítico de imediato. A ausência ou baixa frequência de limpeza urbana pode ser uma possível explicação para elevada capacidade de acumulação de sedimento nas sarjetas, o que pode favorecer o transporte de partículas contaminadas para o sistema de drenagem durante eventos de precipitação intensa.

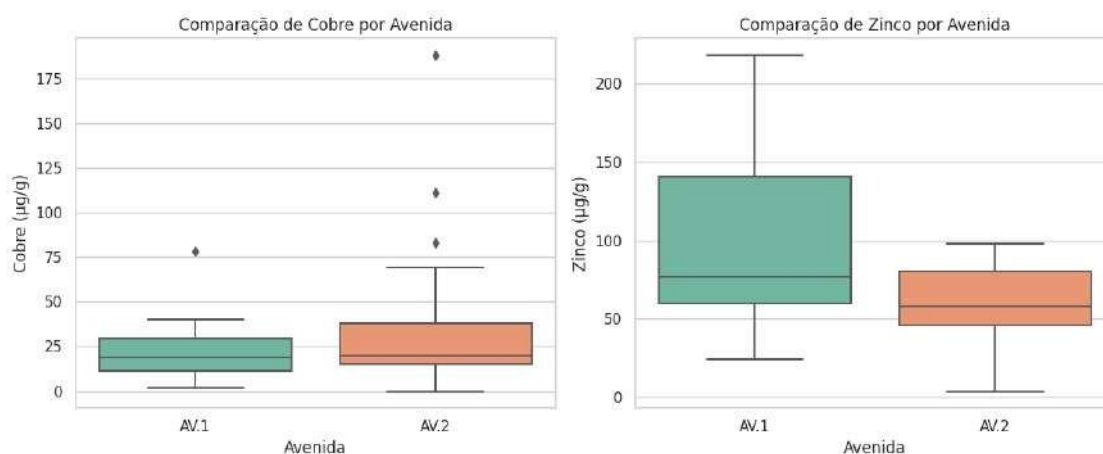


Fig. 5 Boxplots comparativos das concentrações de Cobre e Zinco por Avenida.

Já a Fig. 5 mostra a distribuição das concentrações de Cu e Zn nas duas avenidas. A AV.1 possui níveis sistêmicos e altos de Zinco, acompanhando a média da matéria orgânica. Por outro lado, a AV.2 apresenta níveis gerais menores, mas possui valores extremos (outliers) para o Cobre (como o ponto máximo na casa de 188 µg/g visível à esquerda).

Para identificar a localização desses picos de contaminação, os dados químicos foram cruzados com o mapeamento georreferenciado, gerando os mapas de calor a seguir (Fig. 6 e 7).

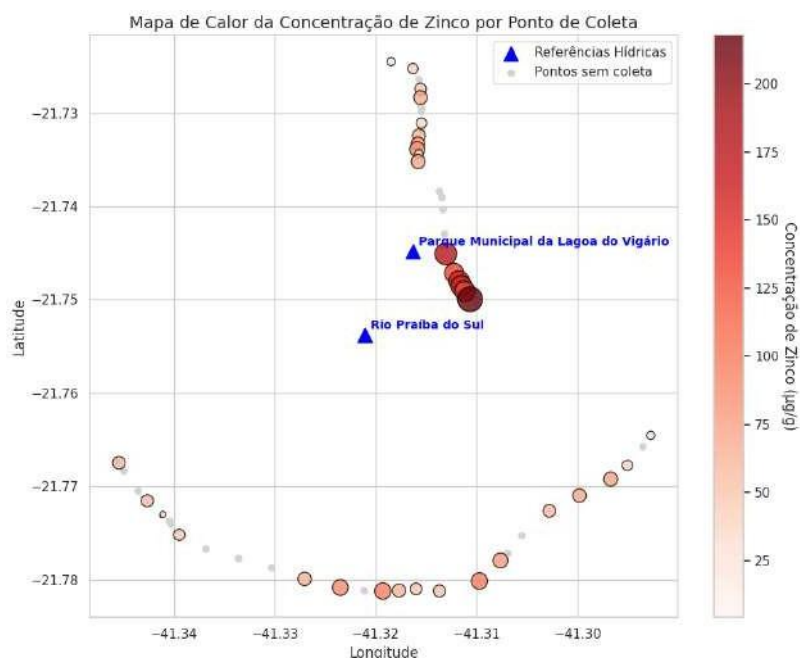


Fig. 6 Mapa de Calor (Scatter) da Concentração de Zinco por Ponto de Coleta.

Conforme podemos observar na Fig. 6, a contaminação de zinco se concentra no trecho sul da via. Essa distribuição é preocupante, pois esses sedimentos contaminados podem ser escoados nas proximidades diretas do Parque Municipal da Lagoa do Vigário e do Rio Paraíba do Sul.

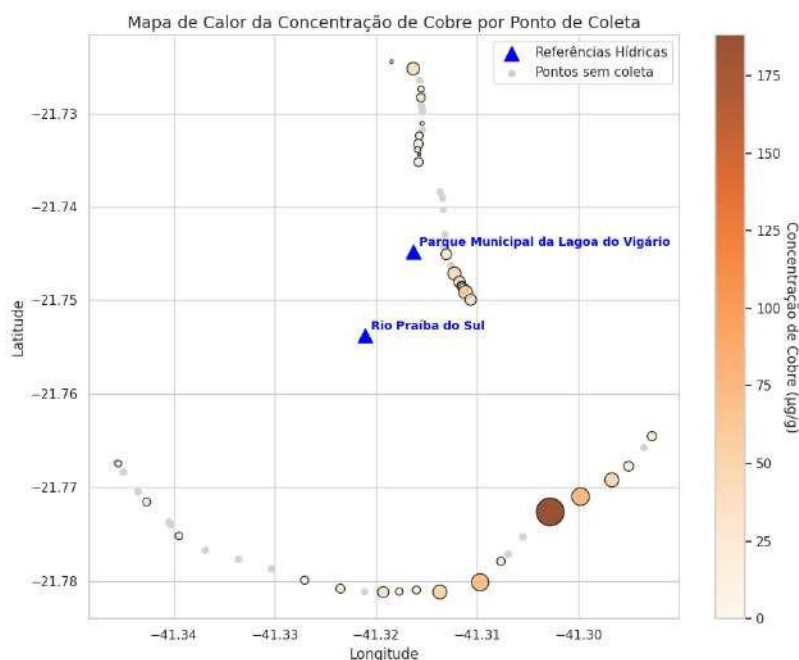


Fig. 7 Mapa de Calor (Scatter) da Concentração de Cobre por Ponto de Coleta.

O Cobre demonstra um risco pontual e agudo. O mapeamento mostra o outlier detectado anteriormente (Fig. 7) como um imenso círculo de concentração na Avenida Mário Manhães de Andrade (AV.2). Segundo (Silva; Siqueira; Leandro, 2015), as maiores concentrações de zinco e cobre foram encontradas em locais com maior fluxo de veículos. E considerando que a Avenida Mário Manhães de Andrade (AV.2) é uma rota de veículos de carga pesada com destino ao Porto do Açu, este pico isolado aponta para um desgaste intenso de pastilhas de freio de veículos pesados, reconhecido como uma das principais fontes de cobre em sedimentos urbanos, resultando na formação de um hotspot de contaminação nessa área.

Para avaliar a correlação entre Zinco e matéria orgânica, ajustou-se um modelo de regressão linear entre as concentrações de Zn e os Sólidos Voláteis (Fig. 8).

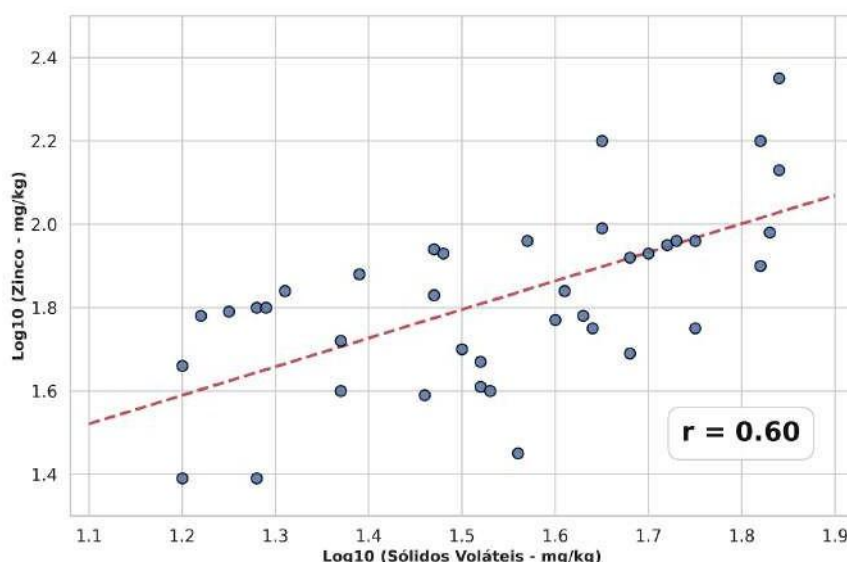


Fig. 8 Regressão linear entre as concentrações de Zinco e Sólidos Voláteis.

O gráfico de dispersão ilustra uma correlação positiva ($r = 0,60$) entre os níveis de zinco (eixo Y) e a matéria orgânica presente na poeira viária, representada pelos sólidos voláteis (eixo X). Ambas as variáveis foram transformadas em base logarítmica (Log_{10}) para a normalização dos dados estatísticos. O gráfico indica a correlação que pode estar relacionada à fonte de origem principal do zinco ser no desgaste contínuo de pneus (rico em óxido de zinco) tende a associar-se aos detritos orgânicos da rua (folhas, óleos e lixo particulado). Possuindo assim uma forte tendência à complexação e adsorção junto a essa fração orgânica dos sedimentos (Robertson; Taylor; Hoon, 2003; Taylor; Owens, 2009).

Durante eventos de precipitação, a matéria orgânica é a primeira a ser transportada em suspensão (wash-off), pois ela constitui uma fração particulada leve e de baixíssima densidade, (Taylor; Owens, 2009; Zanders, 2005). Por os níveis de zinco estarem intimamente ligados a fração orgânica, seu transporte também é favorecido, aumentando seu potencial de mobilidade e disponibilidade nos ambientes aquáticos. Buscando avaliar o risco ambiental das concentrações apontadas, confrontamos os dados de Cobre e Zinco com o Limite de Prevenção da Resolução CONAMA 420/2009 (CONAMA, 2009).

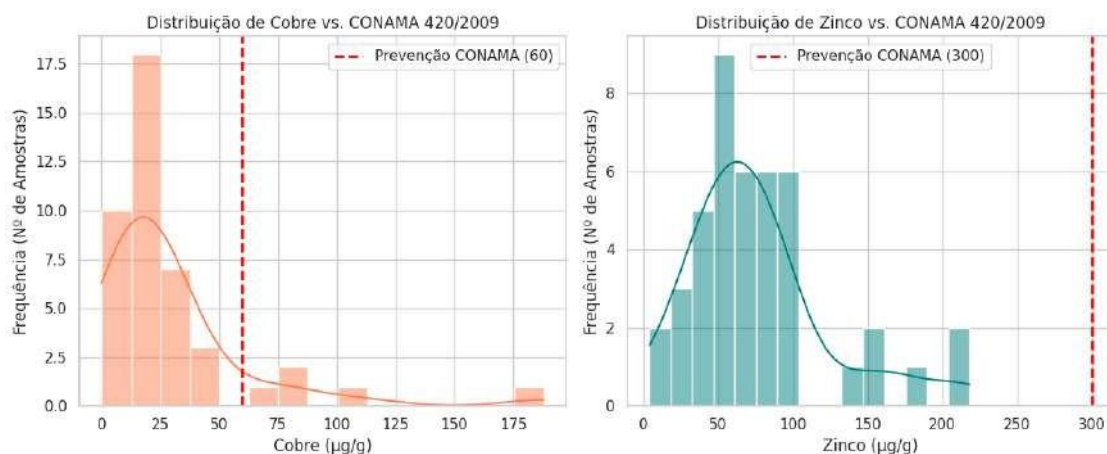


Fig. 9 Distribuição de Cobre e Zinco em relação aos Limites de Prevenção estabelecidos pelo CONAMA 420/2009.

Enquanto o Zinco permanece completamente abaixo da linha de alerta do CONAMA (300 µg/g), o Cobre indica potencial risco ambiental do hotspot mapeado na AV.2. Mais de 11% das amostras extrapolam o Limite de Prevenção (60 µg/g), confirmando episódios agudos de contaminação que demandam atenção legal.

Como complemento à comparação com a Resolução CONAMA nº 420/2009, foi calculado o Quociente Mediano da Faixa de Efeitos Médios (MERMQ), calculado conforme (Carrillo *et al.*, 2022; Long *et al.*, 1995).

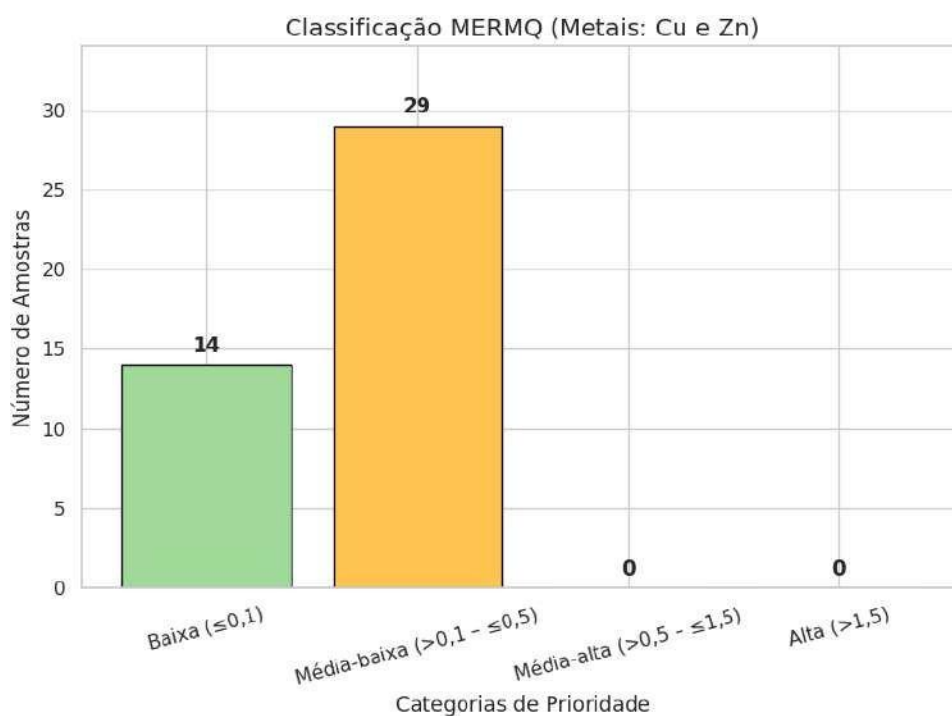


Fig.10 Classificação de Risco Baseada no Quociente Mediano da Faixa de Efeitos Médio (MERMQ).

O cálculo do índice MERMQ consolidou as amostras predominantemente nas categorias "Média-baixa" e "Baixa". Entretanto, o despejo contínuo de sedimentos de classe "Média-baixa" no ecossistema pode resultar na biomagnificação nos organismos presentes nos ambientes aquáticos. Essa bioacumulação, quando transferida a populações locais que dependem da pesca nos corpos hídricos analisados, representa ameaça silenciosa à saúde, podendo gerar disfunções renais e neurológicas associadas à longa exposição aos metais pesados (Rakib *et al.*, 2022; Yi; Yang; Zhang, 2011)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento das sarjetas de Campos dos Goytacazes evidenciou que a infraestrutura viária atua como um perigoso reservatório crônico de poluição difusa urbana. Com cargas de poeira atingindo médias preocupantes de até 2.900 g/m².

As análises físico-químicas e os modelos matemáticos revelam dinâmicas de contaminação distintas para os metais pesados avaliados. O Zinco demonstrou forte afinidade de adsorção com a matéria orgânica leve, o que garante sua alta mobilidade e rápido carreamento pluvial. Paralelamente, o Cobre apresentou picos agudos e perigosos (outliers), associados ao desgaste de freios no intenso tráfego de cargas.

Apesar de o índice MERMQ classificar a toxicidade por grama como média-baixa, o volume massivo de sedimentos arrastados agrava criticamente o cenário. Esse fluxo contínuo induz ao processo de biomagnificação, ameaçando silenciosa e diretamente a biota do Rio Paraíba do Sul, da Lagoa do Vigário e a saúde das populações pesqueiras. Fica comprovado que intervenções físicas e de gestão são essenciais para mitigar essa ameaça latente à segurança hídrica local.

Dessa forma os resultados obtidos contribuem para ampliar o conhecimento sobre a qualidade ambiental, e o comportamento espacial e temporal dos sedimentos urbanos em Campos dos Goytacazes e fornecem informações que podem subsidiar ações de monitoramento ambiental e planejamento de políticas públicas voltadas à redução da poluição difusa.

Participação em Eventos Científicos

Como parte das atividades previstas, houve a participação em três eventos de apresentação de banner relacionados ao desenvolvimento da pesquisa. O XVII Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica (CONFICT), no dia 10 de julho de 2025, na UENF, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ.

Nesta primeiramente foi apresentada a proposta inicial do projeto. A II Tec Summit Fluminense e II Mostra de Ciência e Tecnologia no dia 06 de novembro de 2025, foi realizada a apresentação dos resultados parciais do projeto (Fig. 11). E O XVIII Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica (CONFICT), no dia 27 de maio de 2026, onde foram apresentados os resultados finais do projeto.



Fig. 11 Apresentação de banner XVII CONFICT, II Tec Summit Fluminense e II Mostra de Ciência e Tecnologia

REFERÊNCIAS

CARRILLO, K. C. *et al.* Geochemical baseline establishment, contamination level and ecological risk assessment of metals and As in the Limoncocha lagoon sediments, Ecuadorian Amazon region. **Journal of Soils and Sediments**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 293–315, 2022.

CHARLESWORTH, S. *et al.* A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK. **Environment International**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 563–573, 2003.

DELETIC, A. *et al.* Modelling the management of street surface sediments in urban runoff. [s. l.], p. 415–422, 1998.

DOTTO, C. **ACUMULAÇÃO E BALANÇO DE SEDIMENTOS EM SUPERFÍCIES ASFÁLTICAS EM ÁREA URBANA DE SANTA MARIA - RS.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS, Brasil, 2006. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/535/2020/10/disserta_dotto.pdf.

GOMES, A. **ACUMULAÇÃO E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA MICRODRENAGEM: MONITORAMENTO E MODELAGEM.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS, Brasil, 2008. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b309/a533e323294b68bbfb7e7b2c010f7b42dd30.pdf>.

LONG, E. R. *et al.* Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. **Environmental Management**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 81–97, 1995.

METHOD 1684 TOTAL, FIXED, AND VOLATILE SOLIDS IN WATER, SOLIDS, AND BIOSOLIDS. U.S. Environmental Protection Agency. , 2001. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/method_1684_draft_2001.pdf.

METHOD 3051A MICROWAVE ASSISTED ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES, SOILS, AND OILS. U.S. Environmental Protection Agency. , 2007. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3051a.pdf>.

RAKIB, Md. R. J. *et al.* Assessment of trace element toxicity in surface water of a fish breeding river in Bangladesh: a novel approach for ecological and health risk evaluation. **Toxin Reviews**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 420–436, 2022.

ROBERTSON, D. J.; TAYLOR, K. G.; HOON, S. R. Geochemical and mineral magnetic characterisation of urban sediment particulates, Manchester, UK. **Applied Geochemistry**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 269–282, 2003.

SILVA, E.; SIQUEIRA, E.; LEANDRO, W. Metais Tóxicos em sedimentos urbanos de superfícies asfálticas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 226–236, 2015.

TAYLOR, K. G.; OWENS, P. N. Sediments in urban river basins: a review of sediment–contaminant dynamics in an environmental system conditioned by human activities. **Journal of Soils and Sediments**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 281–303, 2009.

YI, Y.; YANG, Z.; ZHANG, S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 159, n. 10, p. 2575–2585, 2011.

ZANDERS, J. M. Road sediment: characterization and implications for the performance of vegetated strips for treating road run-off. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 339, n. 1–3, p. 41–47, 2005.