

X-021 - INFLUÊNCIA DO MATERIAL PARTICULADO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA DO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS/SC

Otávio Nunes dos Santos ⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestrando em Engenharia Ambiental na UFSC.

Leonardo Hoinaski ⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC). Doutor em Engenharia Ambiental (UFSC). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Eduarda Coradini da Silva ⁽¹⁾

Graduanda de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Pedro Ferreira Arienti ⁽²⁾

Graduando de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Marcelo da Rosa Scandolara ⁽¹⁾

Graduando de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rua Delfino Conti - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88.040-970 - Brasil – Telefone: (48) 3721 – 4993. Email: leonardo.hoinaski@ufsc.br

Endereço⁽²⁾: Laboratório de Hidrologia - LabHidro. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rua Delfino Conti - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88.040-970 - Brasil – Telefone: (48) 3721 – 7749. Email: pedro.chaffe@ufsc.br

RESUMO

O principal objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência do Material Particulado (MP₁₀) sobre a qualidade das águas de chuva do município de Florianópolis. O período de amostragem ocorreu de outubro de 2017 a março de 2018. O ponto selecionado para o estudo fica situado no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado no bairro Trindade. Na UFSC transitam milhares de automóveis todos os dias, o que contribui para a degradação da qualidade do ar local pela intensa emissão de poluentes particulados pelos veículos. Quando o ar está desprovido de poluentes, o único ácido que influencia o pH das chuvas é o ácido carbônico. Este ácido, dissolvido na água pura, mantém seu pH em torno de 5,65. Considera-se ácida, somente as águas de chuva que apresentam pH inferior a 5,65. Os valores de pH registrados para as chuvas coletadas durante o período em estudo, variaram entre os 4,28 a 7,15. Isto revela a ocorrência de chuvas ácidas no município. Foi avaliada a influência do parâmetro meteorológico volume das precipitações, sobre o pH das amostras. Chuvas com maiores alturas pluviométricas apresentaram, no geral, caráter mais ácidos. Enquanto chuvas de menores alturas pluviométricas apresentaram grande oscilação nos valores de pH. Mediante teste de correlação de Spearman ($\rho = 0.5548$, $p = 0.0032$) observou-se, que o MP₁₀ presente na atmosfera da UFSC atua na neutralização das águas de chuva do município de Florianópolis.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Atmosférica, Chuva Ácida, Material Particulado, Parâmetros Meteorológicos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a caracterização das águas de chuva vem sendo largamente estudada devido ao aumento na emissão de poluentes de origem antrópica na atmosfera. Os impactos que as precipitações ácidas provocam nos ambientes naturais vão desde a deterioração das águas superficiais, do solo e da vegetação até monumentos antigos. Isto ocorre porque a chuva é um eficiente meio de remoção de poluentes gasosos e particulados da atmosfera (SANUSI et al., 1996).

As precipitações ácidas são um problema ambiental sério nos Estados Unidos (LAMB, 2000) e em países da Europa (KLEEMOLA, 1993). Diante da necessidade de amenizar os efeitos adversos causados pela chuva

ácida, estes países elaboraram programas eficientes de monitoramento das precipitações atmosféricas. Avaliações, tanto espaciais quanto temporais, da composição química das águas de chuva e seus efeitos em diferentes ecossistemas (lagos, florestas e solos) foram realizadas nestas regiões. No Brasil, os dados disponíveis sobre deposição úmida originam-se de iniciativas isoladas ou de grupos de pesquisas em algumas localidades e por períodos limitados. Há publicações sobre cidades da Amazônia (WILLIAMS et al., 1997; HONÓRIO et al., 2007), do estado de São Paulo (LARA et al., 2001; LEAL et al., 2004), do estado Rio de Janeiro (MELLO, 2001; SOUZA et al., 2006), do Rio Grande do Sul (MIGLIAVACCA et al., 2005) e de Santa Catarina (MARTINS, 2008; HOINASKI et al., 2014; KNIHS et al., 2017).

Os trabalhos realizados em Santa Catarina forneceram dados importantes quanto a composição química das águas de chuva do estado. Hoinaski et al., (2014), ao investigar as fontes de contaminação das precipitações atmosféricas do município de Florianópolis, observou que estas têm origem natural e antrópica (tráfego de veículos). Porém, devido ao fato de dispor de um número reduzido de amostras, não foi possível obter resultados mais conclusivos. Com objetivo distinto, tanto a pesquisa de Martins (2008) quanto a de Knihs et al., (2017) compararam as precipitações atmosféricas de diferentes cidades, caracterizando estudos em escala regional. Martins (2008) verificou que entre os municípios estudados (Criciúma, Florianópolis, São Martinho e Turbarão), a capital catarinense apresentou os menores valores de pH. Todavia, um parâmetro importante, não abordado em seu estudo, é quanto ao volume das precipitações. Sabe-se que a medida do volume das amostras de águas de chuva coletadas durante a pesquisa é essencial, já que pode influenciar diretamente na composição química das precipitações. Knihs et al., (2017), por sua vez, observou que os municípios de Florianópolis e Balneário Camboriú possuem, estatisticamente, os mesmos valores de pH das águas de chuva, e que quando comparados com Camboriú são mais ácidas. Porém, é importante ressaltar que seu estudo, além de contar com um número limitado de amostras e conter poucos pontos de coleta, foi realizado em períodos diferentes. O principal objetivo desta pesquisa é avaliar a influência do Material Particulado (MP_{10}) sobre a qualidade das águas de chuva do município de Florianópolis, a partir da investigação da variação da acidez nas precipitações atmosféricas. O intuito é contribuir para a compreensão do fenômeno de chuva ácida, em escala local, na capital do estado de Santa Catarina.

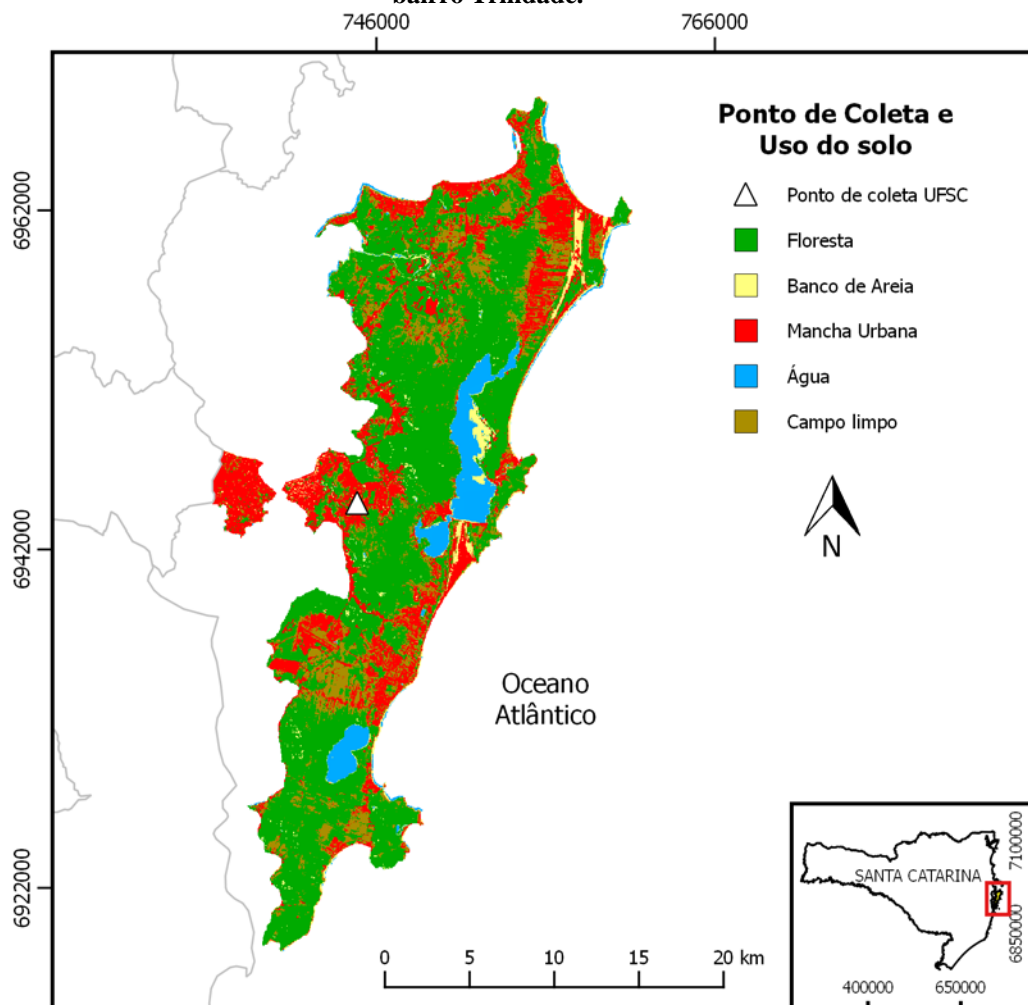
OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência do Material Particulado (MP_{10}) sobre o pH da água da chuva do município de Florianópolis, a partir de coletor instalado no campus da UFSC.

METODOLOGIA

A área em estudo está situada no município de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina. A partir da Figura 1, é possível observar a localização do ponto de coleta das amostras da água da chuva, bem como o uso do solo da região.

Figura 1 - Mapa de localização do ponto de coleta (PC) de água de chuva no *campus* da UFSC no bairro Trindade.



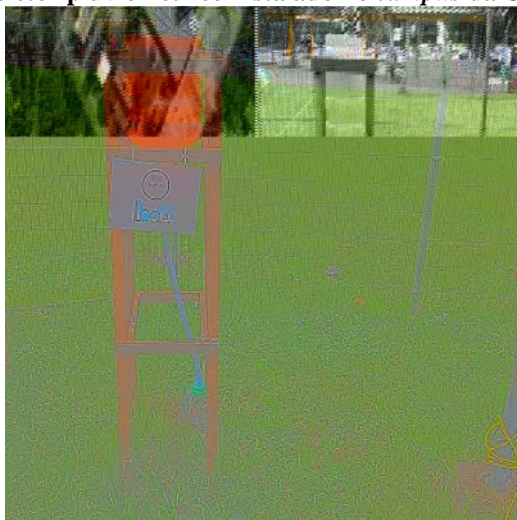
Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto de estudo está localizado na porção central de Florianópolis, no bairro Trindade ($27^{\circ}35'57.87''S$ $48^{\circ}31'9.39''O$). O local é conhecido por receber grandes quantidades de pessoas todos os anos e por possuir um fluxo intenso de veículos leves (carros) e pesados (ônibus), e isso se deve ao fato de estar situado em seu território a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que contribuiu profundamente para urbanização da região (FABIANO, 2012). De acordo com o Censo 2010, realizado pelo IBGE, há cerca de 18.812 habitantes na Trindade, o que faz do bairro o segundo mais populoso da cidade.

O sistema de coleta de água de chuva consiste em um coletor volumétrico artesanal. O coletor de água de chuva, instalado na estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Catarina, é formado por um recipiente de galão PET (20 litros) de polipropileno em forma de funil com 21,6 cm de diâmetro. O recipiente é apoiado sobre base de madeira, ficando a 1,5 metros do solo, para, assim, reduzir a deposição de partículas ressuspensas do solo (CASTRO e TARIFFA, 1999). As áreas adjacentes aos pontos de coleta são abertas, ou seja, sem a presença de obstáculos que pudessem influenciar na coleta da chuva e no regime de ventos.

Foi utilizado uma mangueira de silicone, inerte, para conectar o funil ao galão PET (5 litros), responsável pelo armazenamento da amostra, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Coletor pluviométrico instalado no *campus* da UFSC.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A metodologia é semelhante ao proposto por Mirlean et al. (2000), porém contendo apenas um recipiente coletor. O procedimento de limpeza dos coletores volumétricos e dos frascos foi realizado em cada evento de chuva. Efetuou-se a higienização dos coletores volumétricos e frascos com água comum (torneira) e água deionizada, através de várias lavagens (5 vezes). Foi utilizado o website <https://www.windguru.cz/105160> para auxiliar na previsão das condições climáticas. Assim, foi possível antever as precipitações e promover a limpeza dos equipamentos.

O período de amostragem foi de outubro de 2017 a março de 2018. A metodologia empregada para coleta das amostras, neste período, iniciou com medidas de pH logo após cada evento chuvoso. As frações foram coletadas em cada ponto de análise e encaminhadas para a sala de manipulação do LCQAr. Neste local, as amostras foram submetidas a temperatura, em torno, de 24°C para padronização e subsequente análise com o pHmetro da marca Digimed e modelo DM-23.

Determinou-se o volume da precipitação com o auxílio de uma proveta graduada de 500 ml. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno com etiquetas de identificação e posteriormente armazenadas na geladeira do próprio laboratório, a temperatura de aproximadamente 4°C.

RESULTADOS E ANÁLISE

As amostragens realizadas no presente estudo foram coletadas de outubro de 2017 a março de 2018, logo a estação climática predominante durante a pesquisa foi o verão. De acordo com o gráfico (a) da Figura 3, as precipitações predominantes em cada evento chuvoso foram entre 1 e 40 milímetros (mm). Segundo Silva (2006), quanto maior o volume e tempo de precipitação, maior a remoção de poluentes. Assim, para os eventos de máximas precipitações, foram registrados valores de pH baixos (pH UFSC = 5,45), embora não tenham sido os menores. Para avaliar a existência de correlação entre altura pluviométrica e pH, utilizou-se o teste de correlação de Spearman.

Neste estudo as alturas pluviométricas influenciam no pH das águas de chuva ($\rho = -0,3211$, $p = 0,0894$). Para precipitações de menor altura pluviométrica é possível observar uma grande variabilidade nos valores do pH, em relação as chuvas com grandes alturas pluviométricas. Acredita-se que em precipitações menores as gotas de chuva absorvem continuamente poluentes gasosos e material particulado simultaneamente, o que gera variações na acidez das amostras.

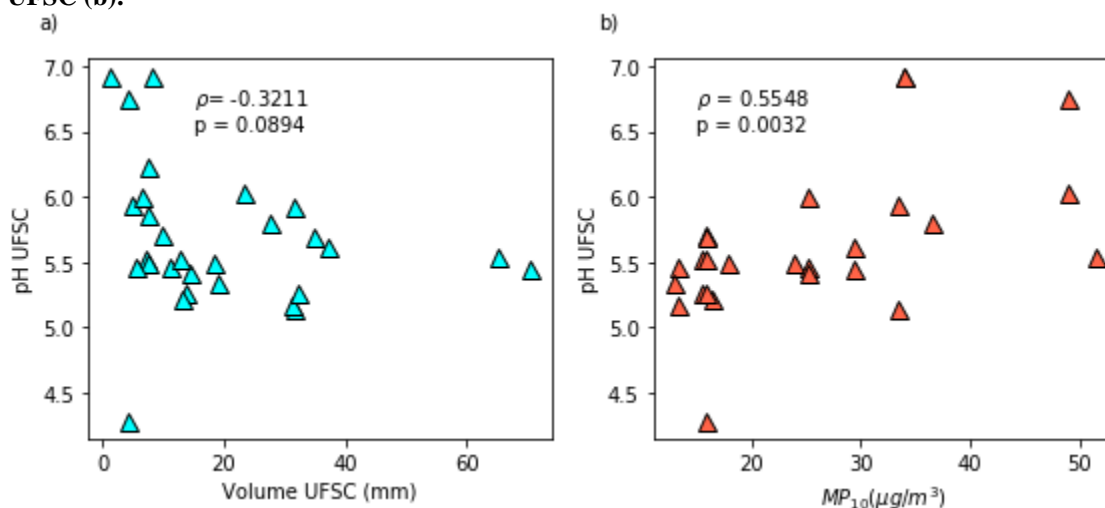
Supõe-se que o mesmo comportamento ocorre nas etapas iniciais da remoção de poluentes por chuvas maiores, onde tanto o material particulado quanto os gases são removidos da atmosfera simultaneamente. É possível que após remover o material particulado da atmosfera, apenas os gases permanecem sendo absorvidos pela

precipitação, devido a reposição ininterrupta de poluentes de origem natural, como o dióxido de carbono. Logo, isto acarreta em uma diluição do efeito do material particulado, causando menor variabilidade do pH e elevação da acidez das amostras. Esta hipótese é embasada ao analisar a acidez das precipitações de máxima altura pluviométrica do presente estudo.

Pelo fato de as águas da chuva retratarem as características da massa de ar, no que diz respeito ao conteúdo de partículas e gases solúveis em água durante a precipitação, é fundamental determinar as concentrações de MP₁₀ presentes na atmosfera, para melhor compreender os fenômenos que ocorrem durante a remoção de poluentes atmosféricos.

Sendo assim, julgou-se necessário analisar influência do MP₁₀ no pH das águas de chuva na cidade de Florianópolis. Embasado pelas informações fornecidas pelo gráfico (b) da Figura 3 e pelo teste de correlação de Spearman ($\rho = 0.5548$, $p = 0.0032$), é possível que o MP₁₀ presente na atmosfera do campus da UFSC apresente caráter alcalino. Logo, o MP₁₀ atua na neutralização do pH das águas de chuva. Supõem-se que as partículas alcalinas presentes no Material Particulado sejam provenientes de ressuspensão do solo e das emissões automotivas de amônia (NH₃). Substância esta, que em solução aquosa combina-se com um dos hidrogênios da água, formando o cátion amônio e o radical hidroxila ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$), possuindo, desta forma, propriedade capaz de neutralizar a acidez das águas de chuva.

Figura 3 – Correlação entre altura pluviométrica e pH no campus da UFSC (a), e MP₁₀ e pH UFSC (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise dos resultados, observou-se que chuvas de baixa altura pluviométrica apresentaram grande variação nos valores de pH, provavelmente associados a absorção simultânea de gases e aerossol. Chuvas de elevada altura pluviométrica demonstraram menor variabilidade no pH e, em média, menor pH. Analisou-se, também, a influência do MP₁₀ sobre a acidez das amostras, demonstrando que o Material Particulado atua na neutralização do pH da água da chuva. É possível que este MP₁₀ seja formado a partir das emissões veiculares de amônia e de partículas alcalinas que constituem o solo.

Recomendações podem ser feitas visando a melhoria da qualidade de trabalhos futuros. Entre estas, pode-se citar a análise da composição química das águas de chuva. Este reconhecimento é muito importante para compreender quais fontes de poluição exercem maior influência na formação de chuva ácida.

As coletas do presente trabalho foram realizadas entre os meses de outubro de 2017 e março de 2018. Ou seja, a acidez encontrada nas águas de chuva são características principalmente da atmosfera durante o verão. Como recomendação para futuras pesquisas, seria interessante analisar o comportamento da acidez das precipitações durante períodos mais longos, e assim verificar as variações do pH entre as estações do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, MG da S.; TARIFA, J. R. A acidez da chuva na cidade de São Paulo. São Paulo: GeoWeb, PUC, 1999.
2. FABIANO, André. Memória do bairro Trindade em Florianópolis. *ÁGORA: Revista do Curso de Arquivologia da UFSC*, v. 21, n. 43, p. 111-123, 2012.
3. HOINASKI, Leonardo et al. Investigation of rainwater contamination sources in the southern part of Brazil. *Environmental technology*, v. 35, n. 7, p. 868-881, 2014.
4. HONÓRIO, Benícia de Almeida Dias et al. Água da chuva na Amazônia Ocidental: química e composição isotópica. 2008.
5. KLEEMOLA, Sirpa; SÖDERMAN, Guy. Manual for Integrated Monitoring: Programme Phase 1993-1996. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Integrated Monitoring on Air Pollution Effects. Environment Data Centre, National Board of Waters and the Environment, 1993.
6. KNIHS V. W. Avaliação preliminar da qualidade da água da chuva no litoral catarinense: estudo de caso nas cidades de Balneário Camboriú, Camboriú e Florianópolis. XXII SBRH 2017.
7. LAMB, Dennis; BOWERSOX, Van. The national atmospheric deposition program: an overview. *Atmospheric Environment*, v. 34, n. 11, p. 1661-1663, 2000.
8. LARA, L. B. L. S.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; KRUSCHE, A.; AYERS, G. P.; FERRAZ, E. S. B.; BALLESTER, M. V.; *Atmospheric Environment*. 2001, 35, 4937.
9. LEAL, Tatiana FM et al. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. *Química Nova*, v. 27, n. 6, p. 855-861, 2004.
10. MARTINS, Renata Fátima *et al.* Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo hysplit. 2008.
11. MELLO, W. Z. Precipitation chemistry in the coast of the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental pollution*, v. 114, n. 2, p. 235-242, 2001.
12. MIGLIAVACCA, Daniela Montanari et al. Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil: estudo preliminar. *Química Nova*, v. 28, n. 3, p. 371-379, 2005.
13. MIRLEAN, Nicolai; VANZ, Argeu; BAISCH, Paulo Roberto Martins. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS. 2000.
14. SANUSI, Astrid et al. Chemical composition of rainwater in eastern France. *Atmospheric environment*, v. 30, n. 1, p. 59-71, 1996.
15. SOUZA, P.A.; de MELLO, W.Z.; MARIANI, R.L. & SELLA, S.M. Caracterização do material particulado fino e grosso e composição da fração inorgânica solúvel em água em São José dos Campos (SP). *Química Nova*, 2010.
16. SOUZA, Patricia Alexandre et al. Composição química da chuva e aporte atmosférico na Ilha Grande, RJ. *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 471-476, 2006.
17. WILLIAMS, M. R.; FISHER T. R.; MELACK J. M. 1997. Gemical Composition and Deposition of Rain in the Central Amazon, Brasil. *Atmospheric Environment*, 31(2), 207-217.