



AValiação DA TAXA DE SULFATAÇÃO COM USO DE AMostradores PASSIVOS EM ÁREA URBANA E SEMIURBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

Mariana Cassel Meurer – mariana.cmeurer@gmail.com
Universidade Feevale, Engenharia Química
ERS-239, 2755
93525-075 – Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul

Ezequiele Backes – ezequielebackes@hotmail.com
Universidade Feevale, Engenharia Química

Daniela Montanari Migliavacca Osorio – danielaosorio@feevale.br
Universidade Feevale, Tecnologia em Gestão Ambiental

Darlan Daniel Alves – darlandaniel@gmail.com
Universidade Feevale, Qualidade Ambiental

Carlos Augusto do Nascimento – nascimento@feevale.br
Universidade Feevale, Tecnologia em Gestão Ambiental

Resumo: *A degradação da qualidade do ar é um potencial causador de problemas de saúde, e tem feito com que diversos estudos relativos ao monitoramento do ar tenham sido desenvolvidos recentemente. Um dos gases emitidos, principalmente por fontes industriais e queima de combustíveis, é o SO₂, causador de problemas à saúde do ser humano e ao meio ambiente. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de sulfatação em três cidades localizadas ao longo do trecho médio da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos: São Leopoldo, Canoas e Campo Bom. As coletas foram feitas entre julho de 2015 e março de 2016. A metodologia utilizada contou com o uso de amostradores passivos. Estes são filtros de fibra de vidro impregnados com solução de carbonato de potássio 30%. Os filtros foram fixados em placas de polietileno e expostos por 30 dias, para posterior análise na Central Analítica da Universidade Feevale. Após extração e preparo, as amostras foram analisadas em um espectrofotômetro UV-Vis, em 500nm. Observou-se uma média de 0,026 mgSO₃dm⁻²dia⁻¹ nas áreas urbanas e 0,018 mgSO₃dm⁻²dia⁻¹ na área rural, com valor máximo de 0,098 mgSO₃dm⁻²dia⁻¹ em Canoas. Observou-se assim que a taxa de sulfatação tem relação direta, principalmente com a emissão de poluentes por automóveis, uma vez que a mesma foi mais elevada em Canoas, onde há maior circulação de veículos. Ainda, as condições meteorológicas influenciam na quantidade da taxa de sulfatação, pois os maiores valores encontrados foram registrados em período de pouca chuva e maior temperatura.*

Palavras-chave: Poluição Atmosférica; Amostradores Passivos; Taxa de Sulfatação.



EVALUATION OF SULFATION RATE USING PASSIVE SAMPLERS IN URBAN AND SEMI-URBAN AREAS AT RIO DOS SINOS HYDROGRAPHIC BASIN

Abstract: *The air quality degradation has caused human health problems, and, therefore, a lot of studies about air monitoring have been developed recently. One of the issued gases, especially from industries and fuel burnings is SO₂, which causes a lot of issues to human health and to the environment. Therefore, this research aims to evaluate the sulfation rate in three different cities placed along Rio dos Sinos Hydrographic Basin's middle section: São Leopoldo, Canoas and Campo Bom. The tests were proceeded from June, 2015 to March, 2016. The methodology used relies on passive samplers. Fiberglass filters were impregnated with potassium carbonate 30%. The filters are fixed in polyethylene plates, exposed for 30 days, and after that, are analyzed at Feevale University's Analytical Center. After extraction and preparation, samples are analyzed in an UV-Vis spectrophotometer, in 500nm. It was observed an average of 0,026 mgSO₃dm⁻²day⁻¹ in urban areas and 0,018 mgSO₃dm⁻²day⁻¹ in rural area. The maximum value, of 0,098 mgSO₃dm⁻²day⁻¹, was found in Canoas. It was noticed, therefore, that sulfation rate is directly related to issued pollutants by vehicles, as the highest value found was in Canoas, where the vehicles flow is the highest. In addition, the sulfation rate is influenced by meteorological conditions, as the highest values were found in a period of low rain index and high temperature.*

Keywords: *Atmospheric Pollution; Passive Samplers; Sulfation Rate.*

1. INTRODUÇÃO

Tornou-se crescente a preocupação com o meio ambiente diante do aumento da poluição ambiental. Por esta razão, este assunto tem sido abordado na comunidade científica em âmbito internacional. Neste contexto, a qualidade do ar tem sido um potencial causador de problemas de saúde do ser humano, o que tem feito com que diversos estudos relativos ao monitoramento do ar tenham sido desenvolvidos recentemente. Uma das principais fontes causadoras deste problema, é o intenso crescimento de centros urbanos, o que gerou um aumento no número de meios de transporte. Além disso, pode-se citar a crescente industrialização e a queima de combustíveis fósseis para gerar energia. Como consequência, muitos poluentes são lançados na atmosfera, sendo que os principais incluem a presença de nitrogênio, enxofre e carbono, os quais são muitas vezes agregados ao material particulado do ar (MIGLIAVACCA, 2012).

Um dos gases emitidos, principalmente por fontes industriais, queima de combustíveis e fontes naturais, como erupções vulcânicas, é o SO₂, causador de danos à saúde e ao meio ambiente (RODRIGUES, 2009). Este gás também está presente na atmosfera na forma de *smog*, que é uma mistura de água (nevoeiro) com SO (óxido de enxofre) lançado na queima de combustíveis como gasolina, diesel, provenientes não só de veículos móveis, como também de aquecimento residencial e industriais. O SO, ao reagir com o oxigênio do ar atmosférico forma o SO₂ (dióxido de enxofre), que por sua vez, é convertido a ácido sulfúrico na reação com a umidade do ar, prejudicando o meio ambiente. Este fenômeno é muito comum em cidades como Londres e Los Angeles, e no Brasil, tem causado maiores consequências em São Paulo, especialmente no inverno, em dias de sol intenso e pouco vento. (BUCCO, 2010).

Altas concentrações de SO₂ no ar estão associadas a problemas respiratórios crônicos, bronquite, enfisema, além de agravar problemas cardiovasculares. Mesmo concentrações mais baixas que as causadoras de danos à saúde humana, já podem fazer com que folhas de plantas acabem morrendo, acidificar corpos d'água, bem como acelerar a corrosão de monumentos, construções, condutores elétricos e metais (CAMPOS, 2006; RODRIGUES, 2009). Sabe-se, porém que a concentração e a dispersão de poluentes na atmosfera variam não só de acordo com as condições

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES

antrópicas, mas também com as condições naturais do ambiente, sendo a topografia, os obstáculos, a velocidade e direção do vento, a estabilidade e a altitude as mais influentes (BUCCO, 2010).

Diante disso, a determinação da concentração de SO₂ e de outros poluentes no ar através de um monitoramento durante certo tempo se faz muito importante e necessário, sendo os amostradores ativos, que fazem uso de energia elétrica para a utilização de bomba e controladores de fluxo, o método mais difundido e aplicado. Por ser esta uma metodologia muito complexa e de alto custo, amostradores passivos vem sendo muito estudados e utilizados recentemente (MACEDO *et al.*, 2015). Estes são capazes de reter, sem bombeamento artificial, gases e vapores atmosféricos, se tornando uma alternativa de baixo custo e muito simples: são leves, e de fácil operação, além de não dependerem de calibrações (CRUZ; CAMPOS, 2002; CAMPOS, 2006).

Amostradores passivos utilizam-se do processo de difusão molecular, que ocorre quando partículas são transferidas de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado, a fim de que chegue ao equilíbrio (BYANJU, 2012). Segundo Perry (2008) a lei que expressa o movimento das partículas de gás (A) em um gás estagnado (B) é a Lei de Fick, que mostra que o fluxo é proporcional à concentração do gradiente, conforme demonstra a Equação (1):

$$J_A = -D_{AB} \frac{d_{CA}}{dz} \quad (1)$$

Onde J_A é o fluxo do gás A pelo gás B por uma unidade de área na direção z , na unidade de massa por área e tempo. D_{AB} é o coeficiente de difusão do gás A no gás B, expresso em área por tempo e CA é a concentração de A em massa por volume.

No caso de amostradores passivos, para um cilindro de comprimento L e área a , a quantidade de gás absorvido no filtro (Q), no tempo t , onde C_1 e C_o são as concentrações do gás nas extremidades do filtro, está demonstrada na Equação (2):

$$Q = D_{AB} (C_1 - C_o) \frac{at}{L} \quad (2)$$

Uma vez que, tendo-se um absorvente eficiente, a concentração em uma das extremidades de um filtro será zero, e a concentração média do gás A no filtro será C_1 , pode-se demonstrar através da Equação (3) (BYANJU, 2012):

$$C = \frac{Q_A}{D_{AB} \cdot at} \quad (3)$$

Sendo esta equação na unidade de massa por volume. Para este trabalho, a Equação (4) foi utilizada, a qual é expressa na unidade de massa por área e tempo, neste caso, mgSO₃.dm⁻².dia⁻¹:

$$C = \frac{Q_A}{at} \quad (4)$$

Onde Q_A é a quantidade de sulfito presente no filtro que foi determinada na análise analisada, em mg.

Partindo-se dessas premissas, neste trabalho foram avaliados amostradores passivos para a análise de SO₂ em três cidades localizadas ao longo do trecho médio da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS), sendo elas São Leopoldo, Canoas (pontos caracterizados como áreas urbanas) e Campo Bom (ponto caracterizado como área semiurbana). Assim, pode-se avaliar a interferência da emissão de gases poluentes de veículos e de fontes industriais.



2. PONTOS DE AMOSTRAGEM

O trabalho foi realizado em três cidades distintas, avaliando-se zonas consideradas urbanas e semiurbanas na BHRS. A mesma possui uma área de 3.820km², envolvendo aproximadamente um milhão de habitantes (ALVEZ, 2014).

As cidades de Campo Bom, Canoas e São Leopoldo, se localizam no trecho inferior da Bacia, o qual é considerado de uma forma geral, de grande concentração populacional e industrial, com indústrias dos ramos metal mecânico, alimentício, petroquímico e serviços. Este trecho também é caracterizado pelo alto fluxo de tráfego sendo uma área com importantes rodovias, como a BR116, a RS239, e a BR448 (FEPAM, 2011; MEINCKE, 2014).

A Tabela 1 mostra a descrição dos pontos de coleta avaliados no presente trabalho.

Tabela 1 – Pontos de coleta para análise da taxa de sulfatação

Zona	Cidade	Localização	Coordenadas	Observação
Urbana	Canoas	Estacionamento à 60m da BR 116	-29°55'19,79"S -51°10'43,05"W	Fluxo veicular muito alto Próximo à refinaria
	São Leopoldo	Zona residencial à 200m da BR 116	-29°46'19,01"S -51°9'7,17"W	Fluxo veicular alto Próximo de sinaleira na via
Semiurbana	Campo Bom	Zona residencial à 10km da BR 116	-29°40'39,48"S -51°2'25,43"W	Vegetação próxima Baixo fluxo veicular Próxima a empresa de embalagens de grande porte

Um dos pontos de coleta foi na cidade de Canoas, a aproximadamente 60m da BR 116, em um estacionamento, próximo da refinaria Alberto Pasqualini. A cidade possui população de cerca de 341.343 habitantes e densidade demográfica de 2470,15 habitantes por km², sendo a frota veicular estimada em 185.565 veículos (IBGE, 2015). Dos pontos estudados, é a localização de maior taxa de urbanização da BHRS.

São Leopoldo, também considerada uma cidade urbana, possui população de aproximadamente 228.379 habitantes, densidade demográfica 2083,82 habitantes por km² e uma frota estimada em 109.578 automóveis (ALVEZ, 2014; IBGE, 2015). O ponto de coleta se encontra em uma zona residencial de alto fluxo veicular, a cerca de 200 m da BR 116, sendo de taxa de urbanização intermediária quando comparado aos outros locais avaliados.

Campo Bom é a cidade menos urbanizada das estudadas, sendo considerada semiurbana (ALVEZ, 2014), tendo população de cerca de 64.171 habitantes, densidade demográfica 992,5 habitantes por km² e 38.920 veículos estimados (IBGE, 2015). O ponto de coleta se encontra localizado a aproximadamente 10 km da BR 116, em uma zona residencial.

3. METODOLOGIA

3.1 Preparação, Coleta e Análise dos Amostradores Passivos

Os dados coletados foram obtidos através do uso de amostradores passivos, os quais foram constituídos de filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro impregnados com 1mL de solução de carbonato de potássio 30%. Os mesmos foram deixados em estufa a 60 °C por 24 horas, para então, serem fixados em placas de polietileno cilíndricas, as quais foram colocadas em suportes de PVC nos pontos de coleta para exposição por 30 dias, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Amostrador para coleta de SO₂



Fonte: Próprio autor

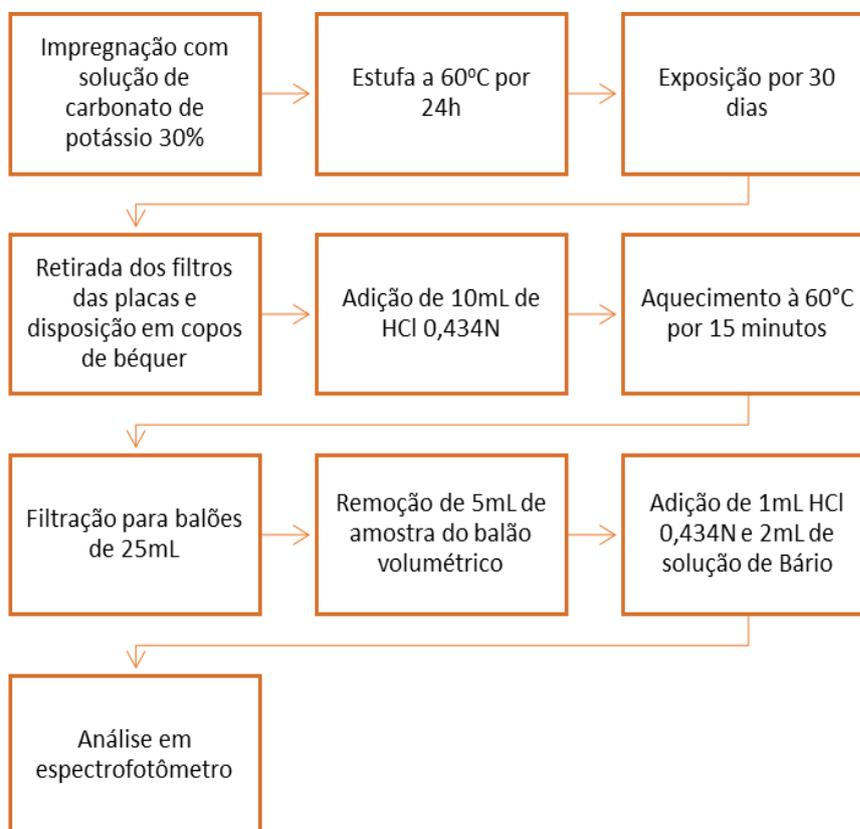
Após a retirada, as amostras foram analisadas na Central Analítica da Universidade Feevale. Foram realizadas coletas durante os meses de julho de 2015 a março de 2016.

O sulfato foi captado no filtro pela solução de impregnação de acordo com a reação descrita na equação 5:



Para se proceder a análise, os filtros foram removidos da placa e colocados em frascos de béquer de 100 mL, onde foi adicionado HCl 0,434 N. Fez-se então, a fim de remover o gás carbônico presente, um aquecimento, e em seguida, o conteúdo foi filtrado em papel filtro Whatman 42, para balões volumétricos. Foi adicionado HCl 0,434 N e solução de bário aos balões volumétricos para, por fim, as amostras serem analisadas em espectrofotômetro da marca Shimadzu, modelo UV-1650, em 500 nm de comprimento de onda. A Figura 2 mostra as etapas utilizadas para determinação da taxa de sulfatação.

Figura 2 – Fluxograma para determinação da taxa de sulfatação



Fonte: Próprio autor

A absorvância das amostras foi comparada à absorvância de uma curva de calibração preparada com sulfato de sódio, a qual varia de 0,0 a 36,00 mg L⁻¹.

3.2 Dados Meteorológicos

Com intuito de avaliar o monitoramento da taxa de sulfatação, é de extrema importância que se faça uma avaliação dos dados meteorológicos dos locais de coleta. Assim, pode-se verificar a relação da variação dos resultados obtidos com as condições meteorológicas, uma vez que o mesmo interfere na dispersão da poluição do ar. Para isso, foram levantados os dados meteorológicos mensais da Estação Automática de Porto Alegre, no período de julho de 2015 a março de 2016. Os valores de precipitação total, temperatura média e umidade relativa, podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 2 – Dados meteorológicos da estação automática de Porto Alegre – 8° Distrito - RS

Mês/Ano	Precipitação Total (mm)	Temperatura Média (°C)	Umidade Média (%)	Velocidade do Vento (m/s)
Julho/2015	400,7	15,59	87,25	1,0790
Agosto/2015	172,6	20,37	74,07	1,3713
Setembro/2015	246,0	17,20	79,46	1,4488
Outubro/2015	407,6	18,56	82,46	1,5879
Novembro/2015	190,2	20,79	78,75	1,8928
Dezembro/2015	133,0	23,92	79,12	1,4594
Janeiro/2016	125,9	25,74	72,55	1,6900
Fevereiro/2016	107,8	26,20	75,25	1,4296
Março/2016	225,8	22,68	81,46	1,6739

Fonte: Próprio autor.

3.3 Análises Estatísticas

Para complementar a avaliação dos resultados o conjunto de dados foi submetido a análises estatísticas, através do teste de Kolmogorov-Smirnov, a fim de se verificar se os dados apresentam distribuição normal, e, constatando-se resultado positivo, aplicou-se o teste de correlação de Pearson. As variáveis avaliadas foram: temperatura (°C), umidade média (%), velocidade do vento ($m.s^{-1}$), precipitação total (mm), e as taxas de sulfatação dos pontos de amostragem Canoas, São Leopoldo e Campo Bom. O *software IBM SPSS Statistics 22* foi empregado para a realização das análises.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da taxa de sulfatação foram obtidos a partir de uma coleta em duplicata nos pontos de coleta, sendo que o resultado é expresso em $mgSO_3.dm^{-2} dia^{-1}$. Os resultados foram calculados a partir da Equação (4). A Tabela 3 mostra as médias dos resultados obtidos nas cidades de Canoas, São Leopoldo e Campo Bom.

Tabela 3 – Taxa de sulfatação média em $mgSO_3.dm^{-2} dia^{-1}$ nos pontos de coleta, Canoas, São Leopoldo e Campo Bom – julho/2015 a março/2016

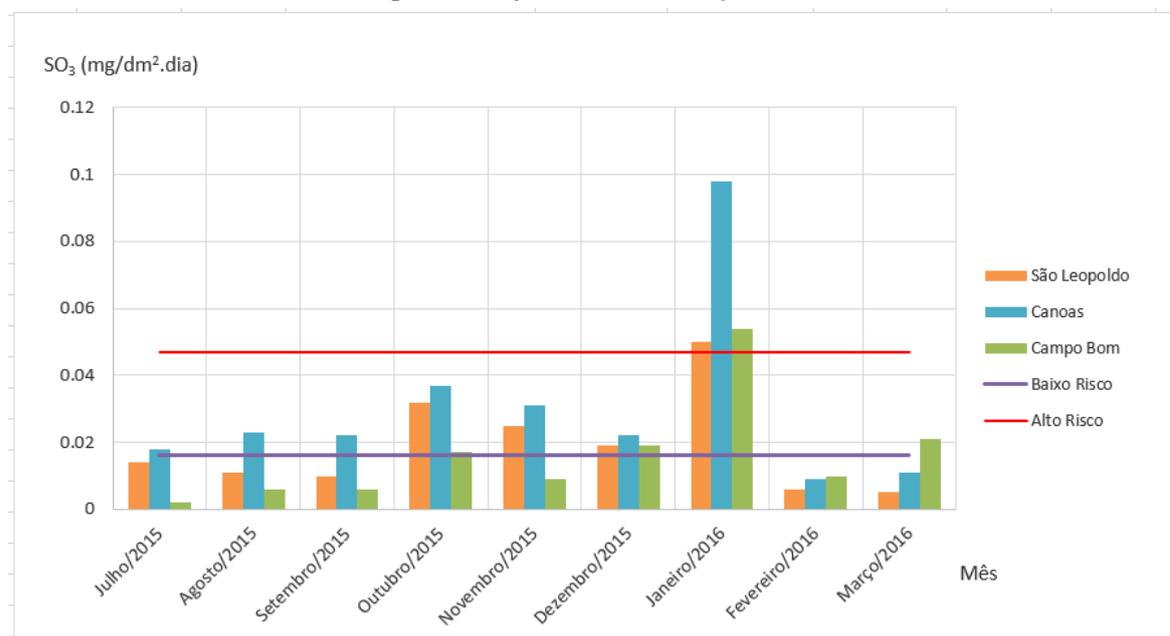
Mês/Ano	Canoas	São Leopoldo	Campo Bom
Julho/2015	0,018	0,014	0,002
Agosto/2015	0,023	0,011	0,006
Setembro/2015	0,022	0,010	0,006
Outubro/2015	0,037	0,032	0,017
Novembro/2015	0,031	0,025	0,009
Dezembro/2015	0,022	0,019	0,019
Janeiro/2016	0,098	0,050	0,054
Fevereiro/2016	0,009	0,006	0,010
Março/2016	0,011	0,005	0,021

Fonte: Próprio autor.

A partir destes resultados, para uma melhor visualização e comparação, apresentam-se os resultados relacionando a taxa de sulfatação e o período de coleta, como observado na Figura 3.



Figura 3 –Taxa de sulfatação média em $\text{mgSO}_3 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ nos pontos de coleta, Canoas, São Leopoldo e Campo Bom – julho/2015 a março/2016



Fonte: Próprio autor.

Pode-se observar que o maior resultado foi obtido em janeiro de 2016, no ponto de Canoas, o qual foi de $0,098 \text{ mgSO}_3 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, sendo este acima de $0,047 \text{ mgSO}_3 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, nível considerado de alto risco de poluição, conforme desenvolvido por Rodrigues (2009) através de uma análise de riscos. Neste mesmo ponto de coleta, foram obtidas as maiores taxas de sulfatação média, o que revela que o ponto de coleta está inserido em um local de maior fluxo de veículos e de indústrias, fontes de emissão de SO_2 . Também se verificou que os resultados do ponto de coleta de Canoas ficaram entre as faixas de baixo risco, $0,016 \text{ mgSO}_3 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ e de alto risco, salvos os meses de fevereiro e março de 2016.

No caso de São Leopoldo, verificou-se que os resultados, em sua maioria, variaram próximos ao valor de $0,016 \text{ mgSO}_3 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, considerado de baixo risco de poluição. Como esperado, todas as taxas de sulfatação se mantiveram abaixo dos resultados encontrados em Canoas, uma vez que o ponto de coleta em São Leopoldo se encontra em um local de fluxo veicular significativamente mais baixo que o de Canoas.

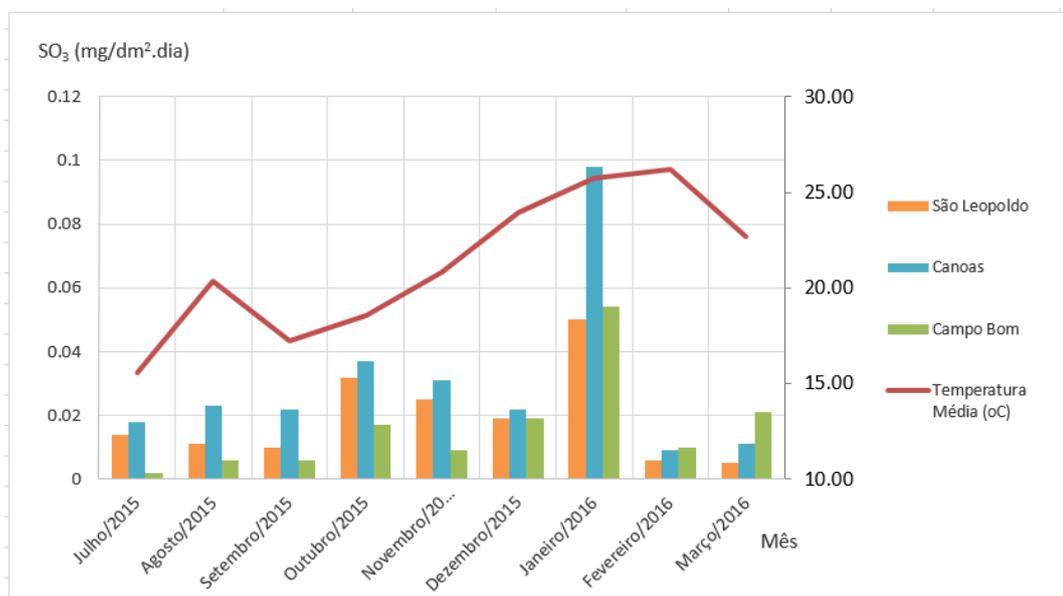
Quanto à Campo Bom, observou-se que a maioria dos seus resultados indicou ser esta uma zona de baixo risco de poluição. Além disso, a média das taxas de sulfatação foi a mais baixa dos três locais avaliadas, o que está de acordo com a expectativa, uma vez que o ponto de coleta se encontra em uma área menos urbanizada e de baixo fluxo veicular, e também próximo a uma área verde.

Observou-se ainda uma discrepância nos resultados do mês de janeiro, quando todos ultrapassaram o limite de alto risco. Este fato tem como provável causa a alta temperatura no período e a baixa precipitação.

Os resultados da taxa de sulfatação foram comparados com os dados meteorológicos de temperatura do ar, precipitação total, umidade relativa e velocidade do vento (Tabela 2), a fim de observar a possível influência das condições meteorológicas com a variação dos resultados. A Figura 4 apresenta os resultados da taxa de sulfatação com a temperatura média.



Figura 4 – Taxa de sulfatação média em relação à temperatura, nos pontos de coleta, Canoas, São Leopoldo e Campo Bom – julho/2015 a março/2016

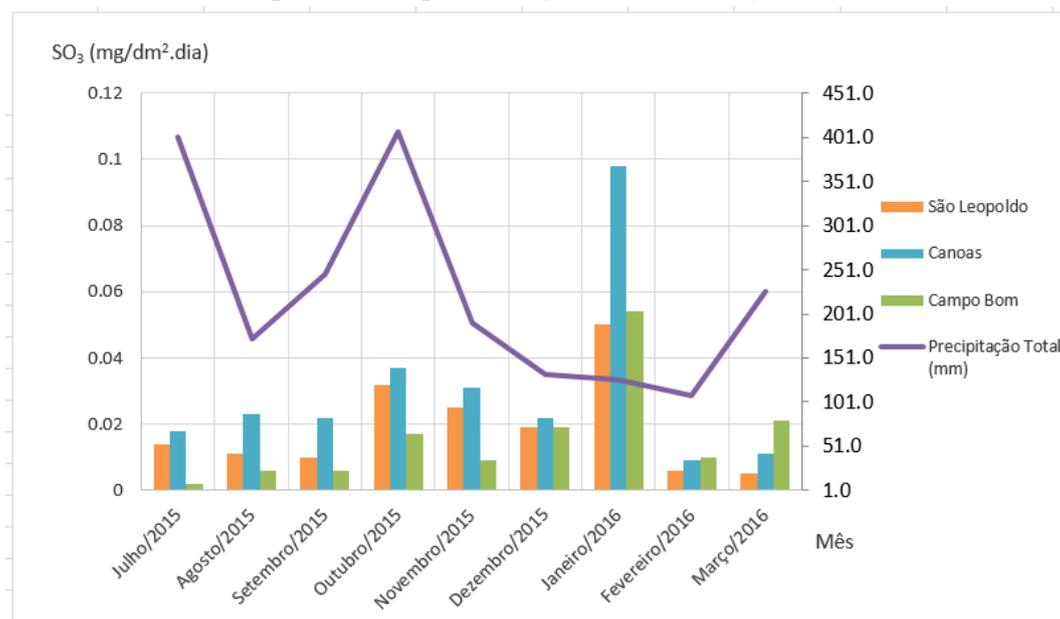


Fonte: Próprio autor.

Ao se analisar os resultados em relação à temperatura média, observou-se um aumento da taxa de sulfatação à medida que aumenta a temperatura, principalmente no mês de janeiro de 2016. O aumento da temperatura pode influenciar no processo de difusão molecular, proporcionado assim, uma maior absorção de SO₂ no amostrador passivo.

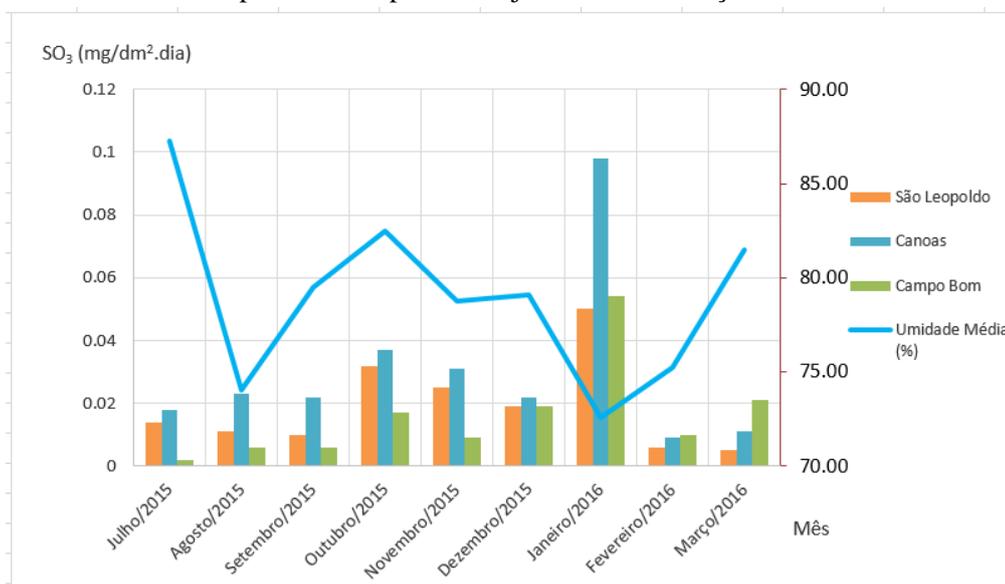
A Figura 5 apresenta a relação entre a taxa de sulfatação e a precipitação total mensal e a Figura 6 apresenta a relação com a umidade relativa.

Figura 5 – Taxa de sulfatação média em relação à precipitação total, nos pontos de coleta, Canoas, São Leopoldo e Campo Bom – julho/2015 a março/2016



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 – Taxa de sulfatação média em relação à umidade relativa, nos pontos de coleta, Canoas, São Leopoldo e Campo Bom – julho/2015 a março/2016

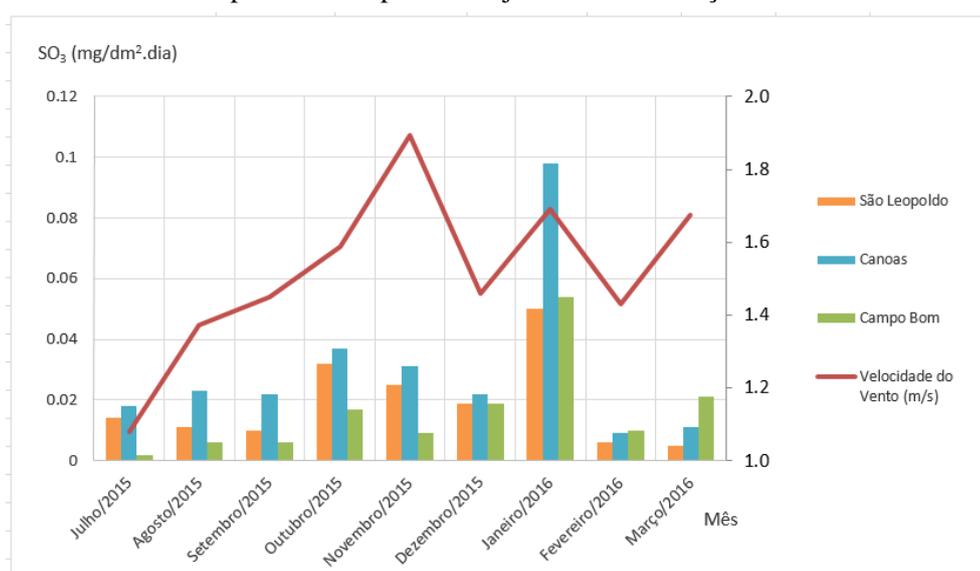


Fonte: Próprio autor.

Nestes casos, observou-se uma tendência a se aumentar a taxa de sulfatação à medida que diminui a precipitação acumulada, assim como a umidade relativa, a qual é consequência da precipitação. As concentrações mais altas foram encontradas no mês de janeiro de 2016, o qual teve o menor índice de umidade média e um dos menores valores de precipitação. Julho de 2015, mês quando houve a mais alta umidade média, foi um período que apresentou um dos resultados mais baixos na taxa de sulfatação. Isso pode ser explicado pelo fato de que a precipitação pluviométrica, uma vez que limpa e dilui a concentração do poluente do meio, reduz a quantidade de SO_2 do ar (FEAM, 2008).

A Figura 7 apresenta a relação entre a taxa de sulfatação e a velocidade do vento.

Figura 7 – Taxa de sulfatação média em relação à velocidade do vento, nos pontos de coleta, Canoas, São Leopoldo e Campo Bom – julho/2015 a março/2016



Fonte: Próprio autor.



Observando-se a relação da taxa de sulfatação com a velocidade do vento, percebe-se uma tendência de aumento da taxa à medida que aumenta a velocidade do vento, diferente do que sugere Bucco (2010), que diz que o vento auxilia na dispersão dos poluentes. Este resultado pode significar que variáveis como precipitação e umidade tem maior poder de influência sobre a taxa de sulfatação quando comparado a velocidade do vento.

O conjunto de dados foi submetido ao teste de Kolmogorov-Smirnov, e identificou-se a presença de uma distribuição normal, desta forma aplicou-se o teste de correlação de Pearson. Foram identificadas correlações negativas fortes entre as variáveis temperatura e umidade média, bem como entre temperatura e precipitação. Viu-se também correlações positivas fortes entre as variáveis umidade e precipitação, tal qual entre a taxa de sulfatação de Canoas e a taxa de sulfatação de Campo Bom. Confirmou-se também uma correlação fraca e predominantemente positiva entre as taxas de sulfatação e a temperatura, e negativa entre as taxas de sulfatação e as variáveis umidade e precipitação, o que também pode ser observado nas Figuras 4, 5 e 6. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos na correlação de Person.

Tabela 4 – Correlação de Person entre variáveis

	Temperatura	Umidade	Vento	Precipitação	Canoas	São Leopoldo
Umidade	-,716*					
Vento	0.426	-0.377				
Precipitação	-,833**	,838**	-0.348			
Canoas	0.3	-0.46	0.376	-0.175		
São Leopoldo	-0.252	0.354	0.215	0.443	-0.022	
Campo Bom	0.494	-0.406	0.468	-0.274	,880**	-0.117

*Correlação significativa ao nível de 0,05.

**Correlação significativa ao nível de 0,01.

Fonte: Próprio autor

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste trabalho, observou-se que o uso de amostradores passivos na determinação da taxa de sulfatação é um método efetivo, podendo ser utilizado para determinar o índice de poluição em diversos locais.

Concluiu-se que um maior fluxo de veículos gerou um aumento na taxa de sulfatação de um local, uma vez que o ponto de amostragem de Canoas, onde há maior fluxo de automóveis, apresentou os maiores resultados quando comparado aos outros pontos estudados, de São Leopoldo e Campo Bom.

Também se concluiu que fatores meteorológicos influenciaram no índice de poluição do ar de um local, pois os maiores valores na taxa de sulfatação puderam ser observados durante o período de verão, quando há menos chuvas e maior temperatura.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente à Universidade Feevale pelo incentivo à pesquisa e inovação, além de proporcionar recursos para a execução do presente trabalho. Também agradecemos à ex-aluna Thaís Macedo e à aluna Larissa Meincke, da Universidade Feevale, pelo apoio, suporte e direcionamento na elaboração e condução do projeto.



REFERÊNCIAS

ALVES, Darlan Daniel. **Avaliação do material particulado grosso e fino e quantificação de metais em áreas urbanas e semiurbanas da bacia hidrográfica do rio dos sinos.** 2014. 57f. (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2014.

BUCCO, Magali Vieira Santiago. **Construção e Testes de Validação de Amostradores Passivos para Dióxido de Nitrogênio e Ozônio.** 2010. 114f (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2010.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>> Acesso em: 28 abr. 2016.

BYANJU, Rejina Maskey; GEWALI, Mohan Bikram; MANANDHAR, Krishna. Passive Sampling of Ambient Nitrogen Dioxide Using Local Tubes. 2012. **Scientific Research.** v. 3, p. 177-186.

CAMPOS, Vania P., *et al.* Monitoramento Atmosférico Passivo de SO₂, NO₂ e O₃ em Áreas Urbanas e de Influência Industrial como Prática de Química Ambiental para Alunos de Graduação. 2006. **Química Nova.** v. 29, n. 4, p. 872-875.

CRUZ, L. P. S.; CAMPOS, V. P. Amostragem Passiva de Poluentes Atmosféricos: aplicação ao SO₂. 2002. **Química Nova.** v. 25, n. 3, p. 406-411.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Técnico: Plano de Controle da Poluição de Veículos em Uso em Minas Gerais – PCPV/MG.** Belo Horizonte, 2001, 82p.

FEPAM-RS. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Qualidade Ambiental: Região Hidrográfica do Guaíba. Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.** Porto Alegre, RS, 2011. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>. Acesso em: 20 abr. 2016.

GREEN, Don W.; PERRY, Robert. **Perry's Chemical Engineers' Handbook.** Londres: McGraw-Hill Professional, 2008. 5-45p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=43&search=rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

KLANOVA, Jana, *et al.* Passive Air Sampler as Tool for Long-term Air Pollution Monitoring: Part 1. Performance Assessment for Seasonal and Spatial Variations. 2005. **Science Direct.** v. 144, p. 393-405.

MACEDO, Thaís Helena, *et al.* **Níveis de Concentração de Dióxido de Nitrogênio ao Longo do Trecho Médio da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.** 2015. 4f. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre, RS, 2015.

MIGLIAVACCA, Daniela Montanari. Composição Química da Precipitação Úmida da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil, 2005-2007. **Química Nova.** v. 35, n. 6, p. 1057-1083.

MEINCKE, Larissa. **Avaliação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Matrizes Ambientais, Utilizando Biomonitoramento Ativo (*Lolium Multiflorum* – Azevém), Material**

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



Particulado e Fração Gasosa na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS. (Doutorado em Qualidade Ambiental) - Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2014.

RODRIGUES, Magali da Silva. **Modelo para Análise de Risco Ecológico Associado a Emissões Atmosféricas em Ambientes Industriais.** 2009. 123f. (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

REALIZAÇÃO



CORREALIZAÇÃO



INFORMAÇÕES

abes-rs@abes-rs.org.br
51 3212.1375