

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS ATRAVÉS DE AMOSTRADORES PASSIVOS

Luciana Ramos Edinger

Tecnóloga em Gestão Ambiental pela Universidade Feevale.

Daniela Montanari Migliavacca Osorio

Professora do Curso Tecnólogo em Gestão Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale.

Email: lu.edinger@hotmail.com

RESUMO

A industrialização paralela ao crescimento acelerado de grandes centros urbanos está contribuindo significativamente para o aumento da poluição atmosférica e, em consequência, para uma piora da qualidade de vida. Em meio a este contexto, o projeto de pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade do ar da região da Bacia Hidrográfica do Rio do Sinos através da utilização de amostradores passivos para poluentes atmosféricos. A metodologia aplicada ao projeto envolve o desenvolvimento de amostradores passivos para SO_3 . O amostrador é composto por placa de PEAD - Polietileno de Alta Densidade - de 49 mm de diâmetro, com filtro de fibra de vidro impregnado com 1ml de solução de Carbonato de Potássio 30%, com um suporte plástico para prender o filtro. As amostragens são realizadas mensalmente, por um período mínimo de doze meses. A determinação da taxa de sulfatação é realizada através da análise espectrofotométrica ao comprimento de onda de 500 nm. Os resultados já obtidos: correlação de dados da estação meteorológica da Universidade Feevale com as estações do INMET de Campo Bom/RS e Porto Alegre/RS, obtendo a validação dos dados da estação que foi instalada em maio de 2011; execução de projeto piloto no campus da Universidade em 3 pontos de coleta, para adequação da metodologia de amostragem e análise. Os resultados da taxa de sulfatação para a campanha de junho/2012 apresentaram concentrações relativamente baixas, média de $0,023 \mu\text{gSO}_3 \text{ dm}^{-2}\text{dia}^{-1}$, sendo o maior valor encontrado no Ponto 3, localizado no estacionamento 5, próximo a um local de intenso tráfego de ônibus nos horários de pico de entrada e saída do Campus. Durante o período de amostragem 13/06/12 a 12/07/12, a umidade apresentou uma média de 63,4% e a temperatura média foi de $17,5^\circ\text{C}$. Os resultados ainda são preliminares, pois a metodologia de amostragem de análise está sendo otimizada. A partir dos resultados encontrados será possível identificar áreas mais saturadas relacionadas à poluição atmosférica da região de estudo; avaliar a correlação entre os tipos de amostragem de qualidade do ar, passiva e automática com as estações de qualidade do ar da FEPAM- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (em andamento); obter ferramentas para o diagnóstico de indicadores de qualidade ambiental de baixo custo. Assim, este tipo de monitoramento tentará suprir uma lacuna relacionada ao monitoramento da poluição atmosférica utilizando técnicas menos complexas do que as convencionalmente utilizadas e será possível obter ferramentas para auxiliar no diagnóstico de indicadores de qualidade ambiental na área de interesse.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Atmosférica, Amostrador Passivo, Qualidade do Ar.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de amostradores passivos são definidos como aqueles em que não se utiliza energia elétrica no momento da coleta, ou qualquer mecanismo que auxilie a coleta das substâncias de interesse. Para gases, seu princípio está baseado no fenômeno de difusão e/ou permeação molecular (Melcheret e Cardoso, 2006).

Sabe-se que a atmosfera é sistema constituído de gases e partículas, que mantém um equilíbrio entre processos químicos e físicos. O lançamento de poluentes na atmosfera pode afetar significativamente o equilíbrio deste sistema, pois sob condições meteorológicas, como pressão, umidade, temperatura e radiação solar, estes poluentes uma vez na atmosfera podem reagir formando outros grupos de poluentes, chamados de poluentes secundários, contribuindo para o desequilíbrio dos componentes naturais na troposfera (Ramos, 2000).

É notório que a composição natural da atmosfera não tenha sido alterada durante anos, mas com o crescimento industrial e populacional do último século, mudanças bruscas no meio ambiente podem ser observadas, gerando problemas ambientais. Isto levou a comunidade científica a se interessar pelo conhecimento da capacidade de dispersão dos poluentes e seus efeitos ao meio ambiente.

A poluição atmosférica engloba uma gama de atividades, fenômenos e substâncias que contribuem de forma significativa para o desequilíbrio e a deterioração da qualidade do ar (Dallarosa et al., 2007).

Estes constituintes químicos presentes no ar podem afetar a fauna, a flora e materiais, além de provocar alterações na qualidade de vida das pessoas, porém este último impacto encontra ainda muita resistência na sua comprovação como um possível fator de risco. Ezzati et al. (2002) citam que a poluição atmosférica encontra-se como um fator de risco de óbitos significativos, em que pode ser estimado uma mortalidade em torno de 0,8 milhões de óbitos.

O impacto da poluição atmosférica em receptores, principalmente na flora, tem levado a diversos estudos em regiões potencialmente comprometidas em relação à poluição do ar (Klumpp et al., 2004).

Os registros dos efeitos da qualidade do ar, imissões sobre a flora vêm sendo realizados desde o início da década de 50. Na década de 70, foi publicado o primeiro "Atlas em cores sobre o efeito de dióxido de enxofre sobre plantas" com base em experiência de campo e de laboratório (Arndt et al., 1995).

Na flora podemos avaliar o impacto da poluição atmosférica através de respostas fisiológicas, bioquímicas, morfológicas e através da acumulação de substâncias (Larcher, 2000). Mas muitas vezes, a falta de dados do monitoramento da qualidade do ar dificulta estes estudos. O monitoramento da qualidade do ar envolve a aplicação de diversas técnicas de amostragens ativas, automáticas e passivas, as duas primeiras são, na maioria das vezes, mais sofisticadas e caras.

A aplicação de tais técnicas muitas vezes é pouco efetiva, devido principalmente à natureza dos equipamentos envolvidos, à necessidade de suprimento contínuo de energia elétrica, pessoal capacitado para a operação dos equipamentos, etc.

Desta forma, a amostragem passiva pode ser uma alternativa que possibilite a coleta de amostras em regiões onde tais requisitos não estejam disponíveis, sendo possível avaliar poluentes específicos, como SO₂, O₃ e NO₂.

Os sistemas de amostradores passivos são definidos como aqueles em que não se utiliza energia elétrica no momento da coleta, ou qualquer mecanismo que auxilie a coleta das substâncias de interesse (Melcheret e Cardoso, 2006).

Em amostradores passivos para gases, seu princípio está baseado no fenômeno de difusão e/ou permeação molecular. Já os amostradores passivos para material particulado são, geralmente, baseados na combinação de

forças gravitacionais, inercial, eletrostática e difusão convectiva interna, sendo que a velocidade do ar afeta diretamente a coleta do material particulado (Brait e Antoniosi, 2010).

Com as crescentes exigências do monitoramento ambiental estabelecidas atualmente, os amostradores passivos podem ocupar um lugar de destaque, representando uma excelente possibilidade de monitoramento a baixo custo, especialmente para amostragens múltiplas em grandes áreas, remotas ou não, e na determinação da resolução espacial de um gás ou vapor, o que tem grande importância no alcance de diferentes objetivos, inclusive na validação de modelos atmosféricos (Cruz e Campos, 2002).

Assim, o projeto de pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade do ar da região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, em pontos previamente definidos em áreas rurais e urbanas, através da utilização de amostradores passivos para a quantificação da taxa de sulfatação. Inicialmente está sendo desenvolvido um projeto piloto em 3 pontos de amostragem localizados no campus II da Universidade Feevale, localizada no município de Novo Hamburgo, RS.

METODOLOGIA

Amostrador Passivo – Taxa de Sulfatação

O amostrador passivo para a quantificação da taxa de sulfatação é composto por placa de PEAD - Polietileno de Alta Densidade de 49 mm de diâmetro, com filtro de fibra de vidro impregnado com 1ml de solução de Carbonato de Potássio 30%, com um suporte de plástico para prender o filtro.

A metodologia para preparação das placas e análise da taxa de sulfatação segue o modelo proposto por (AIHL, 1971) que compreende impregnar um filtro de fibra de vidro com solução de carbonato de potássio 30%, deixar em estufa por 24 horas a 60 °C.

O amostrador é exposto juntamente com mais dois, formando um conjunto de três placas, caso alguma seja perdida, conforme figura 1. O período de exposição para o parâmetro de SO_3 é de 30 a 45 dias (AIHL, 1971).



Figura 1- Modelo do amostrador. Fonte: Autor do Trabalho.

Pontos de amostragem

Os pontos de amostragem escolhidos para o Projeto Piloto dos amostradores passivos foram 3: Ponto 1: Telhado do Prédio Cinza, juntamente com as plantas de exposição do Laboratório de Tecnologia Vegetal da Feevale (Figura 2); Ponto 2: Próximo a Estação de Tratamento de Efluentes da FEEVALE (ETE) (Figura 3) e Ponto 3: Pátio do estacionamento 5, próximo a parada de ônibus do Campus (Figura 4).



Figura 2 - Projeto piloto- Ponto 1. Fonte: Autor do Trabalho.



Figura 3 - Projeto piloto- Ponto 2. Fonte: Autor do Trabalho.



Figura 4- Projeto piloto- Ponto 3. Fonte: Autor do Trabalho.

A Tabela 1 apresenta o modelo de folha de campo que é utilizado para a organização dos dados das amostragens. Com informações de dia, horário, e dados de meteorologia, que auxiliam inclusive, na interpretação do resultado final.

Tabela 1- Dados de amostragem Projeto Piloto – Campus II Feevale. Fonte: Autor do Trabalho.

Pontos de Amostragem	Início Data/hora	Fim Data/hora	Temp. Início (°C)	Temp. Fim (°C)	Umidade Início (%)	Umidade Fim (%)
Ponto 1 – Prédio Cinza 1	13/06/12 14:50	12/07/12 15:45	29	14,2	25	24
Ponto 2 – ETE	13/06/12 14:45	12/07/12 15:35	29,6	13,8	24	22
Ponto 3 – Estacionamento 5	13/06/12 14:30	12/07/12 15:25	28,9	14	26	22
Média			29,2	14	25	22,7

Análise Química – Taxa de Sulfatação

A análise da taxa de sulfatação é realizada através de um amostrador de superfície ativa, este procedimento se aplica a determinação de compostos ácidos de enxofre presentes na atmosfera na forma de SO_3 que estejam na faixa de concentração de 0,01 a 5,0 $\text{mgSO}_3 \text{ dm}^2 \text{ dia}^{-1}$.

A análise química é realizada através do método colorimétrico, sendo necessário a construção de uma curva de calibração com concentrações conhecidas de padrão de sulfato. As análises foram realizadas em um espectrofotômetro modelo UV - 1650PC UV - VISIBLE SPECTROPHOTOMETER Marca: SHIMADZU em um comprimento de onda de 500 nm.

A curva de calibração foi realizada com concentrações conhecidas de sulfato de 0,0; 0,1; 0,3; 0,6; 0,9 $\text{mgSO}_4 \cdot \text{L}^{-1}$, que pode ser visualizada na Figura 5. A partir da curva de calibração será possível relacionar a absorbância com a μgSO_4 na amostra. Esta curva deve ser feita a cada vez que se refaz as soluções para determinação da taxa de sulfatação, em que o coeficiente de correlação da curva deve ser maior que 0,9, para termos uma boa representatividade da análise.

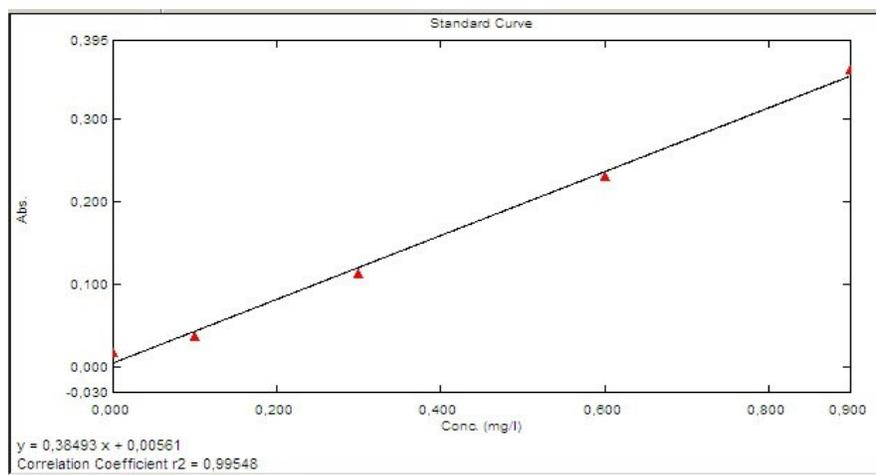


Figura 5: Curva de Calibração Sulfato – maio/2012. Fonte: Autor do Trabalho.

RESULTADOS

Execução do projeto Piloto no Campus da Universidade Feevale

O objetivo do projeto piloto, além da obtenção de resultados da qualidade do ar do campus, é também um procedimento de teste para a otimização da metodologia de coleta e análise da taxa de sulfatação.

Resultados – Campanha junho/2012

A Tabela 2 apresenta a massa de SO_4^{2-} , em μg , para a amostragem do mês de junho/2012, onde o resultado médio da taxa de sulfatação foi de $0,023 \mu\text{gSO}_3 \text{ dm}^2\text{dia}^{-1}$. O maior valor da taxa de sulfatação foi encontrado no Ponto 3, localizado no estacionamento 5, próximo a um local de intenso tráfego de ônibus nos horários de pico de entrada e saída do Campus.

Tabela 2: Taxa de sulfatação de uma campanha de amostragem do projeto piloto realizada no campus da Universidade Feevale. Junho/2011. Fonte: Autor do Trabalho.

Pontos de Amostragem	Taxa de Sulfatação ($\mu\text{gSO}_3 \text{ dm}^2\text{dia}^{-1}$)
Ponto 1 – Prédio Cinza 1	0,022
Ponto 2 – ETE	0,016
Ponto 3 – Estacionamento 5	0,031
Média	0,023

Apesar dos resultados da taxa de sulfatação nos pontos escolhidos do Projeto Piloto apresentarem concentrações relativamente baixas, acredita-se que isto possa estar relacionado ao período de amostragem ter ocorrido no inverno, onde as condições climáticas não favorecem muito o sistema de absorção dos gases na placa de amostragem.

A amostragem foi realizada no período de 13/06/12 a 12/07/12. A umidade média registrada foi de 63,4% e a temperatura na média, $17,5^\circ\text{C}$. Embora no ato da exposição e da coleta dos amostradores a umidade indicada pela estação meteorológica tenha sido baixa, a média de toda a campanha de amostragem foi relativamente alta, sendo que a estação chegou a registrar um pico de até 98% no período indicado.

No período de amostragem houve chuva constante, inclusive os filtros estavam úmidos no ato da coleta, o que leva a fazer um ajuste da metodologia a fim de reduzir a influência da umidade nos resultados.

Correlação e monitoramento dos dados meteorológicos da Universidade Feevale

A correlação dos dados meteorológicos da Feevale foi realizada com dados meteorológicos fornecidos pelas estações meteorológicas do INMET nos municípios de Campo Bom e Porto Alegre, localizados na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS.

Os dados da estação meteorológica da Feevale são gerados a cada 5 minutos, desta forma faz-se necessário a realização de uma média horária dos parâmetros que foram escolhidos para realizar a correlação, são eles: temperatura do ar e umidade relativa.

As análises estatísticas aplicadas ao conjunto de dados foram: a análise descritiva, para determinar os valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão; a correlação de *Pearson*, o software utilizado foi o *SPSS for Windows V. 20.0*.

A Tabela 3 apresenta a análise descritiva básica (média e desvio padrão) da temperatura e umidade do ar nas estações meteorológicas da FEEVALE, Campo Bom e Porto Alegre, para o período de setembro a dezembro de 2011. A temperatura apresentou-se semelhante nas três estações meteorológicas avaliadas, porém este comportamento não foi semelhante para a umidade, pois na estação Feevale o valor mínimo registrado da umidade relativa (24%) foi bem menor que as demais estações.

Tabela 3: Análise descritiva dos dados de temperatura e umidade do ar das estações meteorológicas da FEEVALE, Campo Bom e Porto Alegre – setembro a dezembro/2011. Fonte: Autor do Trabalho.

Parâmetros	FEEVALE X (min-máx) n= 112	Campo Bom X (min-máx) n= 112	Porto Alegre X (min-máx) n= 112
Temperatura Mínima (°C)	16,3 (4,4-22,2)	14,3 (2,4-21,4)	15,5 (5,2-22,8)
Temperatura Máxima (°C)	26,9 (15,9-38,9)	28,9 (17,3-40,0)	26,3 (15,9-35,8)
Temperatura Média (°C)	20,6 (10,1-27,8)	22,0 (11,1-30,5)	20,0 (11,0-26,4)
Umidade Relativa Média (%)	56 (24-94)	71 (52-91)	71 (53-94)

n= numero de casos

A partir da análise de correlação de *Pearson* foi possível avaliar a correlação das variáveis estudadas e assim validar os dados da estação meteorológica da Universidade Feevale. Os resultados apresentaram-se significantes (nível de significância de 0,01), para temperatura média a correlação entre a estação Feevale e Campo Bom foi de 0,903, e Porto Alegre 0,851. Para umidade relativa do ar a correlação da estação Feevale com Campo Bom foi de 0,828 e 0,677 para Porto Alegre. Em ambos os dados a estação da Feevale apresentou resultados mais significativos com a estação Campo Bom, isto está relacionado a proximidade das duas estações meteorológicas.

As Figuras 6 e 7 mostram a dispersão dos resultados da temperatura média da estação Feevale comparada com as estações Campo Bom (Figura 6), e Porto Alegre (Figura 7).

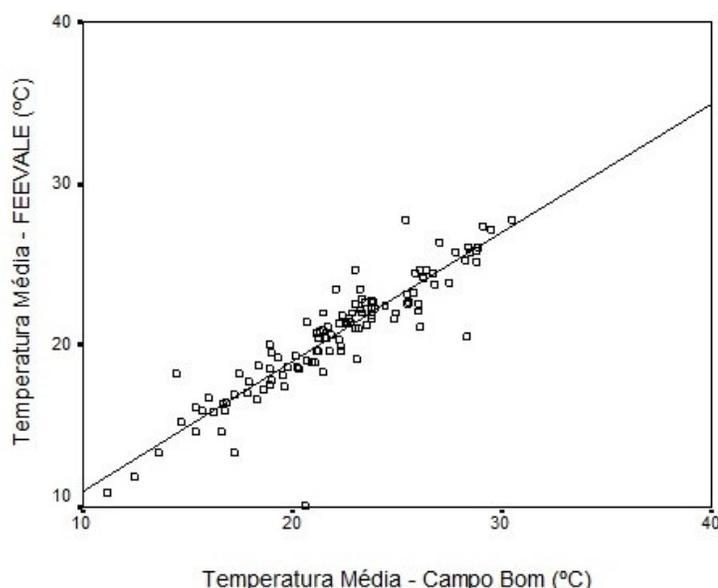


Figura 6: Dispersão dos resultados da temperatura média do ar das estações Feevale e Campo Bom. Fonte: Autor do Trabalho.

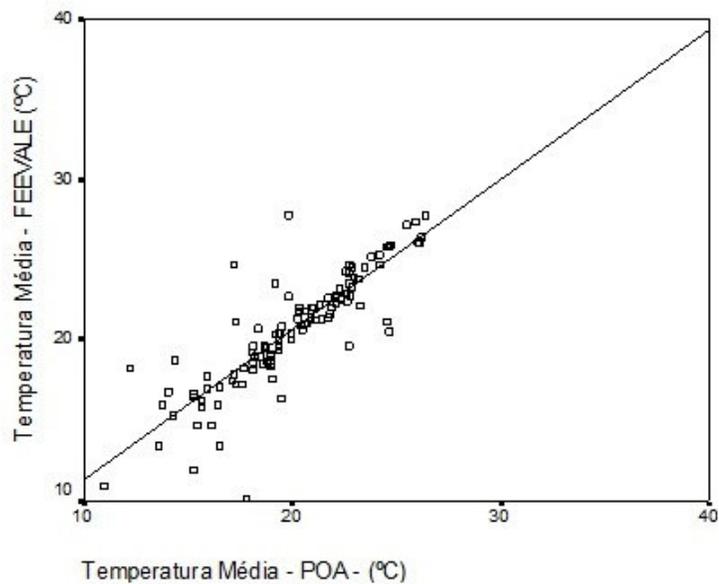


Figura 7: Dispersão dos resultados da temperatura média do ar das estações Feevale e Porto Alegre. Fonte: Autor do Trabalho.

Já as Figuras 8 e 9 mostram a dispersão dos resultados para a umidade relativa do ar nas estações Feevale comparados com Campo Bom (Figura 8) e Porto Alegre (Figura 9).

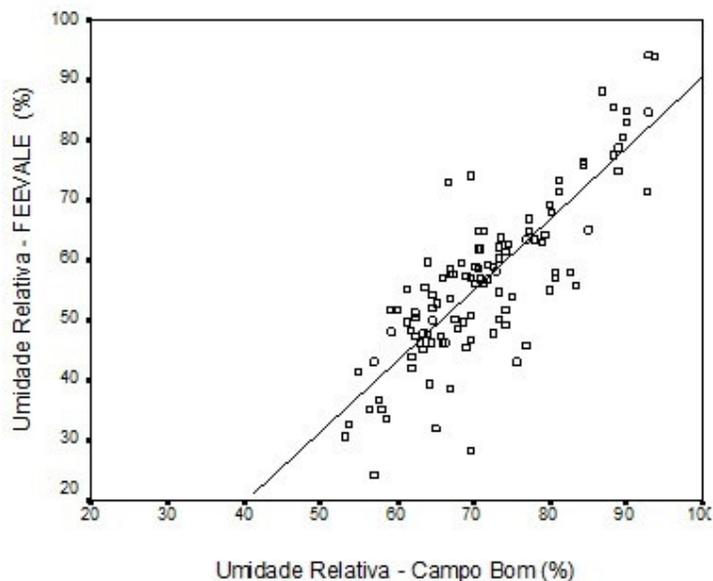


Figura 8: Dispersão dos resultados da umidade relativa do ar das estações Feevale e Campo Bom. Fonte: Autor do Trabalho.

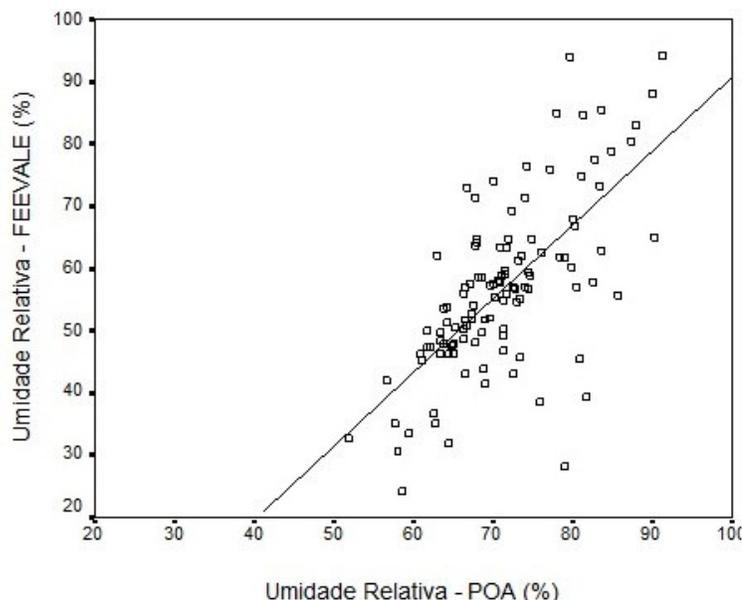


Figura 9: Dispersão dos resultados da umidade relativa do ar das estações Feevale e Porto Alegre. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir dos resultados apresentados neste item foi possível validar os dados da estação Feevale, que foi instalada em maio de 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos durante este estudo foram de grande importância para o andamento do projeto, pois foi possível relacionar a influência dos fatores do clima da região de estudo com os resultados encontrados na taxa de sulfatação. Estas constatações serviram de subsídio para a continuidade da pesquisa, pois levou à decisão de uma adequação da metodologia da confecção do amostrador para a obtenção de amostragens com resultados mais relevantes.

A partir dos dados de meteorológicos de Campo Boom e Porto Alegre, INMET, foi possível validar a estação meteorológica da Feevale, que servirá de subsídios para futuros trabalhos de diagnósticos ambiental da região do Vale dos Sinos, RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIHL – Air and Industrial Hygiene Laboratory. *The Alkaline Plate Method for Determination of Total Sulfation*. State of California, USA, 1971.
2. Braint, C.H. H. e Antosini Filho, N.R. 2010. Desenvolvimento e palicação de sistema passivo de coleta de poluentes atmosféricos para monitoramento de Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn e particulados totais. *Química Nova*, Vol. 33, No. 1, 7-13.
3. Cruz, L. P. S. e Campos, V. P. 2002. Amostragem passiva de poluentes atmosféricos. *Aplicação ao SO₂*. *Química Nova*, Vol. 25, No. 3, 406-411.
4. Dallarosa, J. B.; Teixeira, E.C.; Alves, R.C. 2007. Application of numerical models in the formation of ozone its precursors in areas of influence of coal-fired power station – Brazil. *Water Air Soil Pollution*, 178, 385-399.
5. Ezzati M.; Lopez, A.D.; Rodgers, A. 2002. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet*, 360, 1347-1360.
6. FEPAM. *Qualidade Ambiental: Monitoramento da Qualidade do Ar*. 2010. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqar.asp>. Acesso em: 29 out. 2010, 16:35.
7. Guedes-Bruni, R.R. et al. *Inventário Florístico*. In: SYLVESTRE, L. DA S.; ROSA, M.M.T DA, (Org.). *Manual Metodológico para Estudos Botânicos na Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002. p. 24-49.

8. Klumpp, A., Ansel, W., Klumpp, G. 2004. Urban Air Pollution, bioindication and environmental awareness. Cuvillier Verlag, Göttingen. Larcher, W., 2000. Ecofisiologia vegetal. RIMA, São Carlos, 349-461.
9. Melcheret, V.R.; Cardoso, A. A. 2006. Construção de amostrador passivo de baixo custo para determinação de nitrogênio. Química. Nova, Vol. 29, No. 2, 365-367.
10. Migliavacca, D.M. 2009. D.M. Estudo dos processos de remoção de poluentes atmosféricos e utilização de bioindicadores na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
11. Ramos, A. M., 2000. Análise dos processos de remoção de poluentes atmosféricos dentro e abaixo da nuvem na região de Cubatão. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo.