

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA ÁREA URBANA DE FREDERICO WESTPHALEN, RS, ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DE Sr, Zr, Br, Cu E Zn EM AMOSTRAS DE LIQUENS

Mariele Fioreze^{1*}, Eliane Pereira dos Santos¹

¹Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.

*E-mail: mariele.fioreze@gmail.com

Recebido em 12/10/2013
Aceito em 31/12/2013

RESUMO

A utilização de organismos vivos como indicadores da qualidade do ar atmosférico é uma alternativa que vem crescendo e ganhando destaque em diversos trabalhos pelo mundo. Dentre os organismos mais utilizados, estão os líquens, que se destacam pela alta capacidade de acumulação de elementos metálicos e do íon sulfato, gerando respostas significativas quando expostos a ambientes sob influência de agentes contaminantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do ar atmosférico da cidade de Frederico Westphalen, RS, através da determinação de Sr, Zr, Br, Cu e Zn em amostras de líquens do gênero *Parmotrema*. Para tanto, foram comparadas as concentrações das espécies em estudo presentes em líquens que naturalmente se desenvolveram no perímetro urbano do município com as concentrações encontradas em amostras de líquens retiradas de área rural preservada da ação de poluentes urbanos. O uso do gênero *Parmotrema* como bioindicador da qualidade do ar atmosférico permitiu visualizar o aumento dos níveis de acumulação dos elementos em estudo em líquens da área urbana do município, o que comprova a existência de fontes de poluição que influenciam na qualidade do ar atmosférico nesse local.

Palavras-chave: Poluição Atmosférica. Líquens. *Parmotrema*.

1 Introdução

A atmosfera urbana é constituída por uma complexa mistura de gases e materiais particulados, dentre os quais se encontram vários agentes poluentes que colocam em risco a vida e a integridade dos componentes bióticos e abióticos. Os principais poluentes atmosféricos em ascensão são os compostos de enxofre (SO₂, SO₃, H₂S), compostos orgânicos de carbono (álcoois, aldeídos, cetonas, óxidos orgânicos), compostos de nitrogênio (NO, NO₂, NH₃, NO₃⁻), monóxido e dióxido de carbono (CO, CO₂), compostos halogenados (HCl, HF, cloretos, fluoretos), materiais particulados (mistura de compostos, onde se incluem os metais pesados), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O₃) e o nitrato de peroxiacetila (PAN) [1-2]. Vários são os estudos que visam encontrar alternativas para o acompanhamento desses poluentes, baseados na importância de se ter um sistema constante de monitoramento, que resultem em dados confiáveis a respeito da qualidade do ar atmosférico.

Nesse cenário, cresce a utilização de organismos cosmopolitas para fins de avaliar a poluição no meio ambiente, com destaque para cascas e folhas de plantas superiores, musgos e líquens [3-4]. Devido à sua maior capacidade de acumulação de metais, as plantas inferiores, como musgos e líquens, são as mais

frequentemente utilizadas para monitorar a poluição de metais em ambientes urbanos [3]. Esses organismos, que absorvem contaminantes ambientais, podem ser utilizados como indicadores da biodisponibilidade de um determinado contaminante durante certo período de tempo, permitindo, inclusive, a comparação entre níveis de contaminantes em áreas geograficamente diferentes [5].

Os líquens, organismos formados pela simbiose entre um fungo e uma ou mais algas ou cianobactérias, se destacam por sua ampla distribuição geográfica, estendendo-se de regiões polares às tropicais, onde, na condição de organismos de vida livre, seriam raros ou talvez nem existissem [6]. São organismos com nutrição higroscópica, não apresentam sistema radicular de absorção, possuem cutícula reduzida ou inexistente, incorporando, com facilidade, os poluentes circulantes [7-8]. Os líquens possuem características que os qualificam como biomonitores ideais, dentre os quais podem ser citadas a morfologia, que não sofre significativas modificações ao longo das estações, sua longevidade e a rápida absorção e acumulação de íons metálicos [9-10].

Vários estudos apontam os líquens como um dos melhores indicadores da qualidade do ar, principalmente para o acompanhamento das concentrações do íon sulfato (SO₄⁻²) e de metais pesados. Isso se deve ao fato de esses organismos

apresentarem uma capacidade de retenção de componentes poluentes até cinquenta vezes superior a outros bioindicadores [3, 11]. A maior parte dos trabalhos que utiliza os líquens como indicadores de poluição atmosférica, através da acumulação de metais, incide sobre estradas movimentadas e áreas urbanas, apesar de serem, muitas vezes, considerados apenas como um complemento para as medições instrumentais da poluição [10].

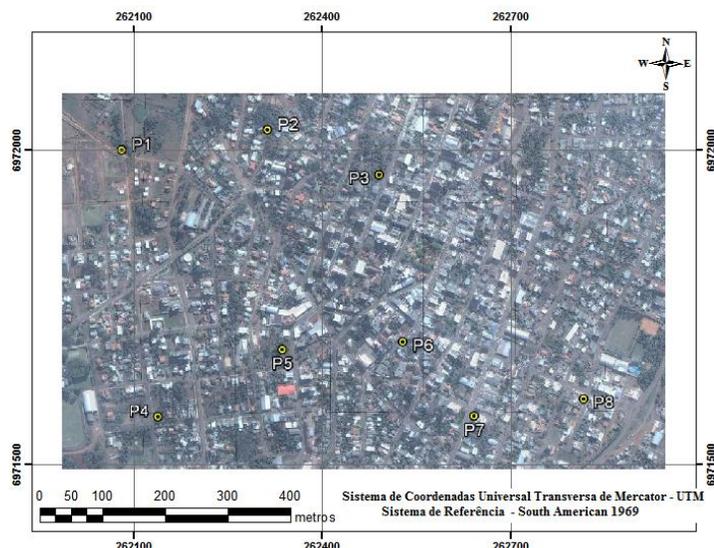
Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade do ar atmosférico na área urbana de Frederico Westphalen, RS, através das determinações dos elementos químicos estrôncio (Sr), zircônio (Zr), bromo (Br), cobre (Cu) e zinco (Zn) em amostras de líquens do gênero *Parmotrema*.

A realização deste estudo em Frederico Westphalen se justifica, primeiramente, pela inexistência de qualquer estudo acerca da qualidade do ar nesse município. Também pela presença de indústrias com potencial poluidor, situadas dentro ou próximas da área urbana, como é o caso de metalúrgicas e fábricas de produtos à base de fibra de vidro. Além disso, é verificado um intenso tráfego de veículos, que ocorre, principalmente, na área central e próximo às universidades.

2 Parte Experimental

2.1 Caracterização da área em estudo

Para a realização deste estudo, foram definidos oito pontos de amostragem a partir de uma imagem de satélite da área urbana de maior fluxo veicular do município de Frederico Westphalen, conforme observado na Figura 1.



Fonte: adaptado de Google Earth.

Figura 1 - Imagem de satélite representativa da área de maior concentração urbana e fluxo de veículos de Frederico Westphalen, onde foram definidos os oito pontos de amostragem.

O município de Frederico Westphalen possui por volta de 28.843 habitantes e, aproximadamente, 14.000 veículos automotores, dentre os quais se destacam os automóveis, motonetas e caminhonetes [12]. Está localizado nas coordenadas 27°21'33" Sul e longitude 53°23'40" Oeste, a uma altitude média de 566 metros. É uma das principais cidades da região norte do Rio Grande do Sul, destacando-se pela presença de indústrias, agroindústrias e universidades.

2.2 Bioindicadores utilizados no trabalho

Os bioindicadores utilizados foram os líquens do gênero *Parmotrema*, epifíticos do tipo folhoso, comuns na região de estudo e de fácil identificação. O gênero *Parmotrema* é caracterizado por apresentar lobos relativamente largos (superiores a cinco milímetros), de ápice arredondado, não possuir pseudocifelas e, frequentemente, apresentar cílios marginais, talo amarelo esverdeado e córtex com alta concentração de ácido úsnico [13].

2.3 Coleta e preparo das amostras

Amostras de líquens do gênero *Parmotrema* foram coletadas de uma área rural, preservada da intervenção de poluentes atmosféricos urbanos devido ao baixo tráfego de veículos e distância relativamente grande de indústrias e agroindústrias. Para a realização da coleta, foram utilizados luvas e material inerte para raspagem. Foram retiradas do tronco de diferentes espécies arbóreas amostras de líquens que se encontravam a uma altura média de dois metros do solo. As amostras foram armazenadas em envelopes de papel até encaminhamento ao Laboratório de Análises Químicas (LAPAQ) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen.

Posteriormente, foram coletadas amostras de líquens *Parmotrema* que, naturalmente, se desenvolveram na área urbana do município, no local dos pontos de amostragem pré-definidos. Estes foram coletados seguindo a mesma metodologia utilizada para coleta dos líquens de área rural preservada e igualmente encaminhados ao LAPAQ.

Previamente às determinações analíticas, as amostras de líquens passaram por processo de lavagem com água deionizada, foram secas em estufa com circulação de ar à temperatura de 60°C por 24 horas e moídas manualmente para homogeneização granulométrica com a utilização de gral e pistilo.

2.4 Determinações analíticas

As determinações analíticas dos elementos em estudo foram realizadas a partir de um Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, modelo *Shimadzu* EDX-720. Para a calibração do equipamento, foi utilizado o padrão A-750, composto de alumínio, estanho, magnésio, ferro e cobre, para fins de correção dos efeitos de absorção e calibragem das linhas espectrais dos elementos analisados [14].

As amostras de líquens, devidamente secas e homogêneas, foram acondicionadas em porta-amostras padrão de polietileno, sobre um filme Mylar® de 6 µm de espessura, esticado ao fundo deste. Foram utilizadas 10 g de líquen (peso seco), sendo cada amostra submetida à triplicata de análises para maior confiabilidade dos resultados.

2.5 Variação espacial das concentrações de Sr, Zr, Br, Cu e Zn

Para a confecção dos cartogramas, foi utilizado o programa Surfer 9.0 e, como método de interpolação matemática, foi utilizada a krigagem [15]. Inicialmente, foram lançados os valores para cada ponto de amostragem (com o parâmetro a ser especializado) com as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), escolhendo-se a opção Countor Map e gerando-se um cartograma de contorno da superfície da área estudada. Logo após, foram espacializadas as informações de interesse com o uso da opção Post Map, sendo este sobreposto no modelo numérico do terreno [16].

3 Resultados e discussões

Na Tabela 1, são apresentados os resultados obtidos com as determinações analíticas dos elementos estrôncio (Sr), zircônio (Zr), bromo (Br), cobre (Cu) e zinco (Zn), acumulados em amostras de líquens *Parmotrema* que, naturalmente, se desenvolveram na área urbana de Frederico Westphalen, e de amostras de líquens *Parmotrema* retiradas de área rural preservada da interferência de poluentes atmosféricos urbanos, coletadas em agosto de 2010.

Conforme observado na Tabela 1, para os líquens oriundos da área urbana, as concentrações de Sr variaram de 87,10±13,76 mg Kg⁻¹, no ponto de amostragem 4, a concentrações não detectadas (ND) no ponto de amostragem 6. Para Zr, as concentrações variaram de 139,62±30,14 mg Kg⁻¹, no ponto de amostragem 4, à ND nos pontos 1, 2, 6 e 7. O elemento Br apresentou concentrações oscilando de 60,43±20,25 mg Kg⁻¹, no ponto de amostragem 6, à ND nos pontos 3, 4, 5, 7 e 8. As concentrações de Cu variaram de 88,92±12,70 mg Kg⁻¹, no ponto de amostragem 2, à ND nos pontos 1, 4, 5 e 7. E, para o elemento Zn, as concentrações apresentaram oscilações de 133,98±38,01 mg Kg⁻¹, no ponto de amostragem 6, à ND nos pontos 1, 4, 5 e 7. Vale ser destacado que a não detecção da presença de elementos em algumas análises não indica a ausência total destes nas amostras, uma vez que essas espécies podem estar presentes em concentrações inferiores ao limite de detecção (LD) do equipamento utilizado para a realização das determinações. O LD em fluorescência de raios-X é função da sensibilidade do analito, intensidade do *background* sob o pico do analito e do tempo de excitação/detecção, sendo de difícil estimativa.

Tabela 1 - Concentrações de Sr, Zr, Br, Cu e Zn em amostras de líquens *Parmotrema* retiradas da área urbana e da área rural de Frederico Westphalen, em agosto de 2010.

Local de Amostragem	Concentrações (mg Kg ⁻¹)				
	Sr	Zr	Br	Cu	Zn
Ponto 1	39,2±3,3	ND*	15±9,1	ND*	ND*
Ponto 2	45,5±11,9	ND*	16,1±9,8	88,9±12,7	81,5±17,2
Ponto 3	30±16,7	13,1±7,7	ND*	60,9±21,1	88,4±9,9
Ponto 4	87,1±13,8	139,6±30,1	ND*	ND*	ND*
Ponto 5	16,6±10,2	23,8±8,5	ND*	ND*	ND*
Ponto 6	ND*	ND*	60,4±20,2	54,8±15	134±38
Ponto 7	29,1±14,4	ND*	ND*	ND*	ND*
Ponto 8	80±16,5	46,5±11,4	ND*	87,8±15,4	59,1±26,3
Área Rural	13,5±3,7	ND*	ND*	13,8±9,3	12,5±6,9

*Valor não detectado

Pode ser verificado que as concentrações dos elementos Sr, Zr, Br, Cu e Zn em líquens da área rural mostraram-se inferiores às concentrações encontradas em líquens oriundos da área urbana. Tal fato demonstra a existência e influência, no perímetro urbano, de agentes que geram materiais particulados que são absorvidos pelos líquens em seus processos de nutrição. Por mais que não se possa afirmar, com este estudo, que exista realmente um processo de poluição ocorrendo, a evidência de que são gerados gases e materiais particulados capazes de serem absorvidos pelos líquens já é indicativo de interferência na biota natural da área urbana.

As partículas inorgânicas presentes no ar atmosférico podem ser originadas de fontes naturais ou introduzidas pelas atividades humanas, como é o caso dos elementos Cu, Br e Zn [17], sendo os dois últimos gerados na queima de algumas vegetações [18]. Outra importante fonte é a ressuspensão de poeira por veículos automotores ou do solo pela ação dos ventos, que também constitui uma fonte importante de material particulado nas cidades [19]. Como o município de Frederico Westphalen não apresenta o setor industrial muito desenvolvido, as fontes mais prováveis de geração dos elementos em estudo são as ressuspensões do solo, queima de vegetação e as emissões dos veículos automotores.

A Tabela 2 [20] demonstra os grupos de fontes de emissão e os principais elementos emitidos para cada grupo. Segundo os dados apresentados, os elementos Zn, Cu e Br podem ser oriundos das atividades dos veículos à gasolina, com motores regulados, sendo Zn também proveniente de veículo a diesel. Já os solos são responsáveis pelas emissões de Zn, Cu e Sr. Ainda se observa que os elementos Sr, Zn, Zr, Cu e Br podem advir de atividades de termoeletricas, o que não se aplica ao caso em estudo, visto que não há a utilização dessa fonte de energia na região.

Tabela 2 - Principais elementos químicos emitidos pelas fontes de Brighton.

Grupo de Fontes	Principais Poluentes	
Diesel	EC, OC, SO ₄ ⁻ , S, NO ₃ ⁻ , Cl, Ca, Zn, Fe, K, Pb	
Veículos	Desregulado	OC, EC, NO ₃ ⁻ , S, SO ₄ ⁻ , Ca, Fe, Cl, Zn, K, Pb
	Gasolina Regulado (motor frio estabilizado) ^e	OC, EC, Fe, SO ₄ ⁻ , Si, S, Zn, Ca, Al, P, Cl, Mg, Na, NO ₃ ⁻ , Pb, K, Cr, Cu, Br
Combustão de materiais em lareiras e fogões	Madeira macia	OC, EC, K, SO ₄ ⁻ , Cl, NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , S, Si
	Madeira dura	OC, EC, K, SO ₄ ⁻ , S, NH ₄ ⁺ , Na, Cl, NO ₃ ⁻ , Mg, P, Fe, Al, Rb, Si
Cozimento de carne	OC, EC, K, S, Cl, Na, SO ₄ ⁻ , P, Zn, Fe, Si, NO ₃ ⁻ , Al, NH ₄ ⁺	
Solos	Si, OC, Al, Fe, Cl, Ca, K, Na, SO ₄ ⁻ , EC, Mg, S, NO ₃ ⁻ , Ti, Zn, NH ₄ ⁺ , Cu, Mn, Sr, P, Pb	
Sulfato de Amônio	SO ₄ ⁻ , NH ₄ ⁺ , S	
Nitrato de Amônio	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	
Termoelétricas	SO ₄ ⁻ , Si, Al, EC, Ca, S, Fe, P, K, Ti, NH ₄ ⁺ , Sr, Zn, Pb, Cl, Se, Mn, Zr, Cu, Cr, Br	

As Figuras 2, 3, 4, 5 e 6 ilustram as espacializações de Sr, Zr, Cu, Br e Zn na área urbana em estudo.

Os maiores valores de Sr são observados nas extremidades Sudoeste e Sudeste da Figura 2, nos pontos de amostragem 4, situado próximo a um campus universitário, e 8, próximo ao trevo de acesso ao município de Frederico Westphalen, às margens da BR-386. Para Zr, as maiores concentrações estão situadas a Sudoeste da Figura 3, no ponto de amostragem 4.

Figura 2 - Espacialização das concentrações de estrôncio no perímetro urbano de Frederico Westphalen.

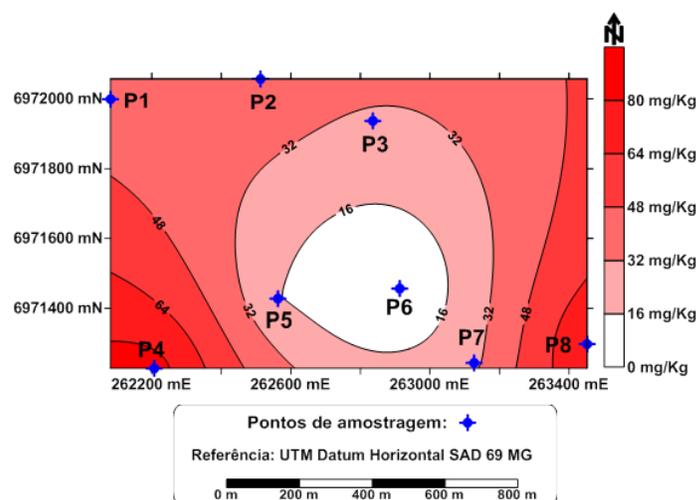
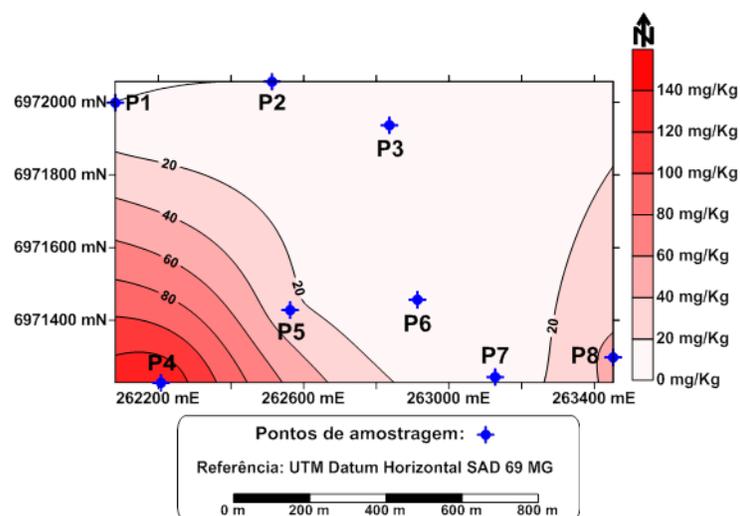
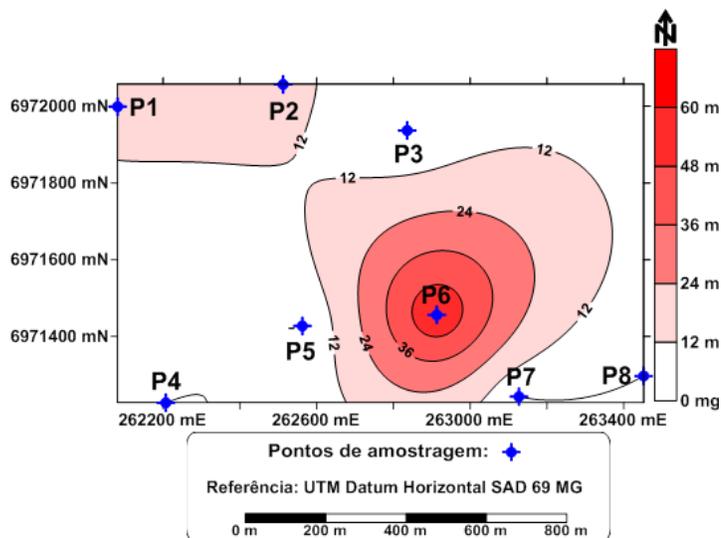


Figura 3 - Espacialização das concentrações de zircônio no perímetro urbano de Frederico Westphalen.



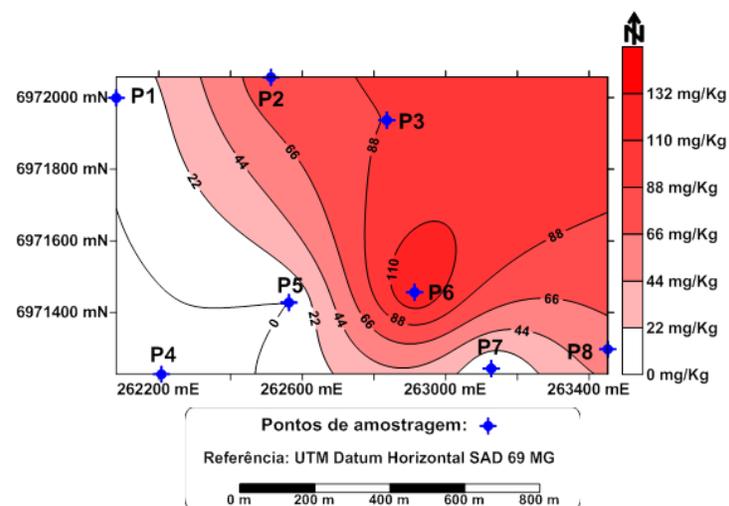
Para o elemento Br, as maiores concentrações encontram-se ao centro da Figura 4, no ponto de amostragem 6, situado no centro comercial do município em estudo.

Figura 4 - Espacialização das concentrações de bromo no perímetro urbano de Frederico Westphalen.



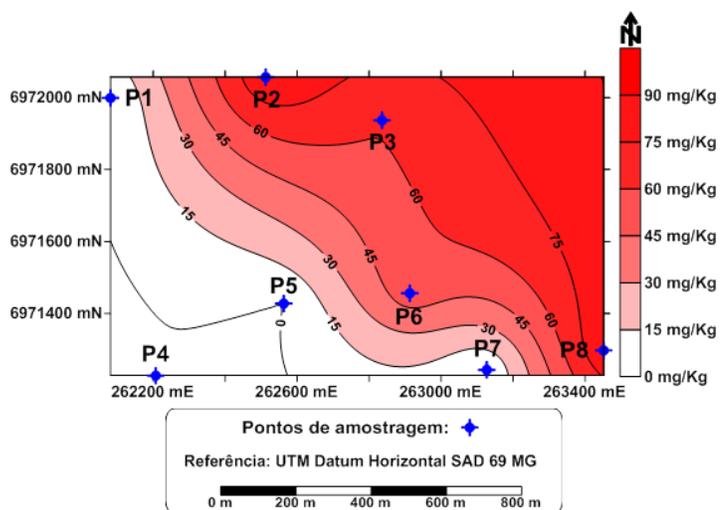
destaque para o ponto de amostragem 6, na região central de Frederico Westphalen.

Figura 6 - Espacialização das concentrações de zinco no perímetro urbano de Frederico Westphalen.



As maiores concentrações de Cu estão apresentadas na metade Nordeste da Figura 5, abrangendo os pontos de amostragem 2 e 3, próximos ao centro comercial do município, e o ponto de amostragem 8.

Figura 5 - Espacialização das concentrações de cobre no perímetro urbano de Frederico Westphalen.



As áreas em que as maiores concentrações dos elementos em estudo foram encontradas, com destaque para os locais onde estão situados os pontos de amostragem 4, 6 e 8, apresentam intenso tráfego veicular durante a maior parte do dia. Dessa forma, fica evidenciada a influência dos veículos automotivos na composição do ar atmosférico do município.

Além disso, as partículas inorgânicas, compostas por elementos como Sr, Zn, Br, Zr, Cu, Al, K, I, Na, Si, Fe, Cl, Mn, Ba, Mg, Pb, Ca, V, Ti, Be, Sn, Se, Bi, Li, Cs, Cd, Co, Ni e Hg, são as mais preocupantes em termos de poluentes atmosféricos. Tais elementos, em contato com a atmosfera, através de processos fotoquímicos ou de catálises por metais, podem sofrer várias transformações químico-físicas, resultando na formação de radicais livres, comprometendo, dessa forma, seriamente, a qualidade de vida na Terra [17].

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos no Brasil com a utilização de líquens para monitoramento da qualidade do ar. Como exemplo, pode ser citado o monitoramento de Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni, Zn e Ca em Jaboatão dos Guararapes, PE [21], de Al, Br, Cs, Cl, Fe, K, Mg, Mn, Na, Rb e Zn em Belo Horizonte, MG [22] e Fe, Mn, Co, Cr, Zn e Cu no cerrado Sul-Mato-Grossense [23]. Juntamente com este trabalho, eles auxiliam a difundir e demonstrar as possibilidades da utilização do biomonitoramento através de líquens para avaliação da presença/ausência de metais no ar atmosférico.

Para o elemento Zn, as concentrações mais elevadas são apresentadas igualmente na metade Nordeste da Figura 6, com

4 Conclusões

O gênero de líquens *Parmotrema* apresentou resultados satisfatórios quanto ao seu uso como biomonitor da qualidade do ar da área urbana de Frederico Westphalen, permitindo a verificação do aumento de acumulação dos elementos estrôncio, zircônio, bromo, cobre e zinco em líquens de área urbana quando comparados com líquens de área rural. Assim, fica evidenciada a existência de fontes de poluição que influenciam na qualidade do ar atmosférico do município.

Porém, a qualidade do ar na área em estudo não demonstra índices preocupantes de poluição, devido ao fato de o gênero de líquens *Parmotrema* apenas se proliferar em áreas, no máximo, levemente poluídas. Visto que grandes quantidades de indivíduos desse gênero de líquens estão presentes em todo o perímetro urbano do município, não é alarmante a condição atual de qualidade do ar atmosférico, apesar da existência de fontes de poluição.

ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN URBAN AREA OF FREDERICO WESTPHALEN, RS, THROUGH THE DETERMINATION OF Sr, Zr, Br, Cu AND Zn IN SAMPLES OF LICHENS

ABSTRACT: The use of living organisms as indicators of the quality of atmospheric air is an alternative that is growing and gaining attention in several papers around the world. Among the most widely used organisms are lichens, which are characterized by high accumulation capacity of metallic elements and sulfate ion, generating significant responses when exposed to environments under the influence of contaminants. The objective of this study is to evaluate the air quality in Frederico Westphalen, RS, through the determination of Sr, Zr, Br, Zn and Cu in samples of lichen genus *Parmotrema*. Therefore, we compared the concentrations of the species in study present in lichens that naturally developed in the urban perimeter with the concentrations found in samples taken from lichens in the rural area preserved from the action of urban pollutants. The use of gender *Parmotrema* as a bioindicator of the quality of atmospheric air allowed visualizing the increasing levels of accumulation of elements in the study of lichens in urban area, which proves the existence of pollution sources that influence the quality of atmospheric air at this location.

Keywords: Air Pollution. Lichens. *Parmotrema*.

Referências

- [1] Canãs, M.S.; Pignata, M.L. Efecto de contaminantes atmosféricos urbano-industriales sobre el liquen *Parmotrema austrosinense* (Zahlbr.) Hale, *Ciência*, Vol. 1, n. 1, p. 87-99, dez. 2003.
- [2] Martins, S.M. de A.; Käffer, M.I.; Lemos, A. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termelétrica, *Hoehnea*, Vol. 35, n. 3, p. 425-433, 2008.
- [3] Aslan, A.; Budak, G.; Tıraşoğlu, E.; Karabulut, A. Determination of elements in some lichens in Giresun and Ordu province (Turkey) using energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, n. 97, p. 10-19, 2006.
- [4] Conti, M. E.; Cecchetti, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review, *Environmental Pollution*, n. 114, p. 471-492, 2001.
- [5] Fuga, A. Uso de líquens epifíticos no biomonitoramento da poluição atmosférica da Região Metropolitana de São Paulo. 2006. 125 p. Dissertação (Tecnologia Nuclear - Mestrado) – IPEN, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [6] Honda, N. K.; Vilegas, W. A química dos líquens. *Química Nova*, Vol. 21, n. 6, p. 110-125, 1998.
- [7] Cunha, M. H. A. da; Silva, J. M. da; Mota Filho, F. de O.; Silva, N. H. da; Pereira, E. C. G. *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., para diagnóstico da salubridade do ar decorrente da extração e beneficiamento de calcário em Vertente do Lério, Pernambuco (Brasil). *Caminhos da Geografia*, Vol. 8, n. 22, p. 49-65, 2007.
- [8] Pilegaard, K. Airborne metals and SO₂ monitored by epiphytic lichens in an industrial area. *Environ. Pollut*, Vol. 17, p. 81 – 91, 1978.
- [9] Garty, J. Lichens as Biomonitors for Heavy Metal Pollution. *Marker* (ed.), *Plants as Biomonitors*, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Publishers Inc., New York Germany, p. 193–263, 1997.
- [10] Pandey, V.; Upreti, D.K.; Pathak, R.; Pal, A. Heavy metal accumulation in lichens from the hetauda industrial area Narayani zone Makwanpur district, Nepal. *Environmental Monitoring and Assessment*, n. 73, p. 221-228, 2002.
- [11] Chant, L.A.; Andrews, H.R.; Cornett, R.J.; Koslowsky, V.; Milton, J.C.D.; Vandenberg, G.J.; Verburg, T.G.; Wolterbeek, H.T. I129 and Cl36 Concentrations in lichen collected in 1990 from three regions around Chemobyl. *Appl. Radiat. Isto.*, Vol. 47, p. 933-937, 1996.
- [12] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=430850#topo>>. Acesso em: 02/08/2013.
- [13] Vaz, R.P. Levantamento preliminar de líquens epifíticos comumente utilizados como bioindicadores da qualidade do ar na estação ecológica da UFMG, Brasil: gêneros *Parmotrema* e *Canoparmelia*. 2012. 60 p. Monografia (Microbiologia - Especialização) – ICB, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- [14] Wastowski, A. D.; Rosa, G. M. da; Cherubin, M. R.; Rigon, J. P. G. Caracterização de elementos químicos em solo, submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando Espectrometria de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva. *Química Nova*, Vol. 33, n. 7, 2010.
- [15] Landim, P. M. B.; Sturaro, J. R. Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. Rio Claro: DGA, IGA, UNESP: 2002. 253 p.

- [16] Kemerich, P. D. Da C.; Vasconcellos, N. J. S.; Mortari, S. R.; Morais Flores, E. E. DE. Biomonitoramento e variabilidade espacial do dióxido de enxofre em ar urbano. *Ambiente & Água*, Vol. 6, n. 3, p. 201-220, 2011.
- [17] Manahan, S. E. *Environmental chemistry*. 6.ed. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 843.
- [18] Echalar F.; Gaudichet A. Aerosol emission by tropical forest and savanna biomass burning: characteristic trace elements and fluxes. *Geophy. Res. Lett.*, Vol. 22, p. 3039-42, 1995.
- [19] Lima, E.A.P. de. Um estudo sobre a qualidade do ar de Uberlândia: material particulado em suspensão. 2007, 148f. Tese (Engenharia Química - Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- [20] Watson, J. G.; Fujita, E. M.; Chow, J. C.; Zielinska, B. Z.; Richards, L. W.; Neff, W.; Dietrich, D. Northern Front Range Air Quality Study Final Report. Desert Research Institute, Reno, NV, Prepared for Colorado State University, Fort Collins, CO, 1998.
- [21] Silva, R.A.; Pereira, E. C.; Mota-Filho, F. de O.; Silva, N. H. da. *Cladonia verticillaris* (Raddi) Rf. como biomonitor da concentração de metais pesados em área sob a influência de diferentes fontes de emissão de poluentes atmosféricos. *Acta bot.bras*, 2002.
- [22] Viana, C. de O. Uso de líquens como biomonitores na avaliação da contribuição de fontes poluidoras. 2010. 109 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais - Mestrado) – CNEN, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2010.
- [23] Raposo Jr., J. L.; Ré-Poppi, N.; Honda, N. K. Avaliação da concentração de alguns íons metálicos em diferentes espécies de líquens do cerrado Sul-Mato-Grossense. *Química Nova*, Vol. 30, n. 3, p. 582-587, 2007.