

EFEITO DE BORDA NA CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO E CHUMBO EM LIQUENS EM ÁREA URBANA, RURAL E INDUSTRIAL

EDGE EFFECT IN LICHENS ALUMINUM AND LEAD CONCENTRATION WITHIN AN URBAN, RURAL AND INDUSTRIAL AREA

Bruna Raquel Assmann

Graduada em Ciências Biológicas – URI Erechim. Pós-Graduada em Educação Ambiental- UNINTER. Pós Graduada em Gestão Licenciamento e Auditoria Ambiental – UNOPAR. Mestre em Biodiversidade Animal- UFSM.

Elivane Salete Capellesso

Graduada em Ciências Biológicas – URI Erechim. Mestre em Ecologia- URI Erechim. Doutoranda em Ecologia e Conservação –UFPR.

Giamarco Dariva

Graduado em Ciências Biológicas – URI Erechim. Mestrando em Ecologia- URI Erechim.

RESUMO

Os líquens são reconhecidos por ser muito sensíveis à poluição atmosférica, podendo assim ser utilizados como indicadores biológicos da qualidade ambiental. Este estudo foi realizado em três fragmentos localizados respectivamente em área urbana, industrial e rural, no município de Erechim na região sul do Brasil. Os líquens da espécie *Parmotrema tinctorum* (Despr. ex Nyl.) Hale foram avaliados da borda para o interior, totalizando dez coletas por área. Os metais analisados: Chumbo (Pb) e Alumínio (Al), apresentaram valores significativos. Comparando as áreas, quanto à concentração de Al, houve diferença significativa entre a área industrial e rural ($F=9,66$; $df=17,66$; $p=0,006$). O Pb não se mostrou significativo quando comparado entre as áreas. O fato de apenas o Al ter apresentado valores elevados quando comparado com os outros elementos nos mostra uma possível associação com as emissões do distrito industrial do município. Avaliando o efeito de borda pela regressão linear o Al e o Pb apresentaram diferença da borda para o centro do fragmento na área industrial e urbana, mostrando que a borda sofre influência direta da poluição.

Palavras-chave: Indicador ambiental, Qualidade do ar e Efeito de Borda.

ABSTRACT

Lichens are known for being extremely sensitive to atmosphere pollution and they can be used as environmental quality biological reference. The following paper used three fragments located in one urban, one industrial and one rural area in the city of Erechin in the south of Brazil. Lichens from the *Parmotrema tinctorum* (Despr. ex Nyl.) Hale species were evaluated from outside to inside. There were ten samples from each area. The metals analyzed, Lead and Aluminum, show a considerable amount in the samples. When it comes to Aluminum concentration there was a significant difference between the industrial and the urban area ($F=9,66$; $df=17,66$; $p=0,006$), whereas Lead did not show any significance among the areas. Since only Aluminum had a significant amount when compared to other elements, there is a possible connection with the city industrial area emissions. Considering the linear regression edge effect, Aluminum and Lead showed an edge difference regarding the inner part of the industrial and urban area fragment, which demonstrates that the edge is affected by pollution.

Keywords: Environmental index, Edge Effect and Air Quality.

INTRODUÇÃO

Líquen é uma associação simbiótica mutualista entre um fungo e uma população de algas unicelulares ou filamentosas, ou ainda de cianobactérias (RAVEN 2007). Eles são amplamente distribuídos, pois conseguem sobreviver nos ambientes mais inóspitos da terra (RAVEN 2007), desde o nível do mar até as montanhas mais altas, em desertos e em regiões polares, mas são raros em matas com baixa luminosidade (KAPPEN 1973). Os líquens são bioindicadores ampla e tradicionalmente usados no monitoramento ativo e passivo da poluição atmosférica no mundo inteiro, tanto em áreas urbanas como em florestas tropicais, graças à sensibilidade diferenciada de diversas espécies a vários tipos de poluição (LIMA et al. 1997). O crescimento e metabolismo dos líquens dependem da nutrição mineral fornecida por elementos por vias secas e úmidas na forma de sais solúveis e partículas (RAPOSO Jr. et al. 2007). Muitos elementos são acumulados em concentrações maiores que as necessárias para o seu metabolismo (HALE et al. 1983).

Os líquens são particularmente sensíveis às mudanças microclimáticas, pois retiram nutrientes diretamente da atmosfera e apresentam pequena capacidade de regulação de perda e ganho de água (NASH e OLAFSEN 1995; GAIO-OLIVEIRA et al. 2004). Assim, a capacidade de absorção e dessecação dos líquens está intimamente relacionada com suas características ecofisiológicas e dependentes das alterações na incidência luminosa, temperatura e umidade do ar (LAKATOS et al. 2006), principalmente relacionadas a quantidades de poluentes da atmosfera.

Vários estudos mostram que o acúmulo de elementos aerotransportados está diretamente ligado a líquens a partir de uma fonte poluidora específica (SAWIDIS et al. 1995; LOPPI et al. 2002). São também encontrados estudos sobre a retenção localizada, liberação, tolerância e toxicidade de diferentes elementos (BRANQUINHO et al. 1997; KAUPPI et al. 1998). Existe uma correlação entre a distribuição das espécies com as fontes poluidoras e os efeitos ocasionados pelas emissões de poluentes (HONDA 2006), sendo que as concentrações de metais pesados encontradas estão relacionadas diretamente com o ambiente (HERZIG et al. 1989).

Na biologia da conservação, estimar a extensão do efeito de borda em manchas florestais é um dado vital para o planejamento, legislação e manejo de paisagens, pois este

amplia a destruição das florestas para além dos valores de cobertura florestal (PRIMACK et al. 2001). A borda é a região dos limites de elementos da paisagem onde as influências dos arredores impedem o desenvolvimento das condições ambientais interiores (FORMAM e GODRON 1986). O efeito de borda é causado pela fragmentação de habitats, resultando em uma comunidade mais heterogênea no limite do fragmento (HOLANDA et al. 2010). Essa comunidade é vulnerável devido a distúrbios decorrentes do uso não sustentável (SILVA et al. 2004), principalmente em ambientes urbanos no qual a paisagem é totalmente modificada por ações antrópicas.

As bordas podem ser reconhecidas como componentes funcionais da paisagem, devido a sua importância crucial nos processos ecológicos (HARRISON e BRUNA 1999; RIES et al. 2004). Segundo Murcia (1995) a criação de bordas pode afetar os organismos nos fragmentos florestais, por causar mudanças nas condições bióticas e abióticas. Se a exposição às bordas modifica as características da floresta, além de sua extensão de variação intrínseca natural, então a porção do fragmento sob a influência do efeito de borda será imprópria para o ecossistema original, e a área do fragmento será efetivamente reduzida para fins conservacionistas. Entre os ecossistemas adjacentes ocorre um fluxo constante de energia, nutrientes e espécies através da borda (CADENASSO e PICKET 2001).

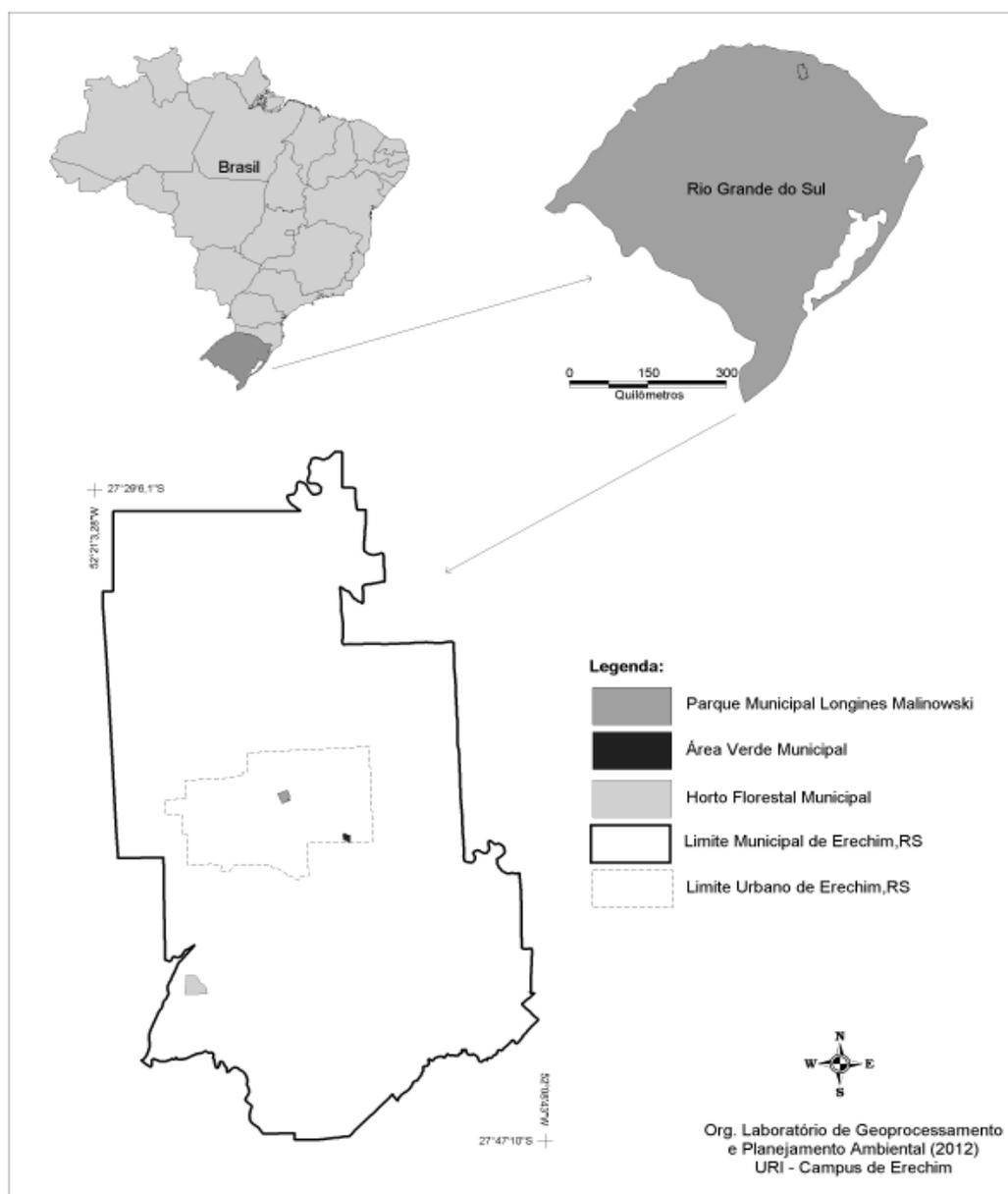
O objetivo do estudo foi determinar a concentração dos seguintes metais: Alumínio (Al) e Chumbo (Pb) pela espectrometria de absorção atômica de chama em líquens, em três áreas (urbana, industrial e rural) no município de Erechim-RS, verificando os níveis de contaminação ambiental e relacionando com as atividades antropogênicas mais frequentes na região. A escolha destes metais se deve ao fato de serem indicadores de poluição. Além disso, buscamos avaliar se existe diferença na concentração destes metais a partir da borda até o interior dos fragmentos, área na qual os fragmentos sofrem maior influência antrópica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Erechim, ao norte do Rio Grande do Sul, onde foram selecionadas três áreas para a coleta de dados (Figura 1). A primeira é uma

área verde com aproximadamente 10 hectares, inserida no pólo industrial da cidade (27°39'29' S; 52°14'17' W). A segunda área corresponde ao Parque Municipal Longines Malinowski, com 24 hectares, localizado no centro do município (27°37'55' S; 52°15'39' W), correspondendo à área urbana. A terceira área está localizada na zona rural do município, sendo conhecida como Horto Florestal Municipal, uma unidade de conservação de categoria estadual com cerca de 65 hectares (27°42'43' S; 52°28'40'W). Estas áreas foram escolhidas pelo seu isolamento em relação a outras manchas de vegetação, bem como pela sua localização em relação aos ambientes propostos.

Figura 1. Localização das três áreas amostradas, no município de Erechim/RS.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental.

Foram selecionadas dez árvores em cada área de estudo, sendo todas da mesma família (Lauraceae) e as espécies utilizadas foram *Nectandra lanceolata* Nees, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees, *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez e *Ocotea pulchella* (Nees) Mez. Isto se justifica pelo fato de os líquens serem suscetíveis às características físico-químicas da casca das árvores em que se fixam. Em cada área, a coleta foi realizada no sentido borda-interior do fragmento, onde foi escolhida aleatoriamente uma árvore a cada 10 metros, totalizando 100 m de distância a partir da borda (primeira árvore) até o interior do fragmento (última árvore). A área de raspagem do líquen foi de 8 x 8 cm (valor escolhido devido a variação de tamanho dos mesmos). Foi utilizada apenas uma espécie de líquen identificada, a partir de características morfológicas, como *Parmotrema tinctorum* (Despr. ex Nyl.) Hale (KÄFFER 2011). Logo após a coleta foi realizada a primeira pesagem dos líquens; após foram colocados em estufa a 35°C por 24 horas; e posteriormente foi realizada nova pesagem para quantificar a biomassa. O material foi acondicionado em cadinhos e levados para uma chapa de aquecimento (Fisatom) à 350°C, por 4 horas. Após as amostras foram levadas para forno mufla de incineração por 4 horas à 550°C, realizando uma nova pesagem.

Para a análise de metais pesados, o material incinerado foi diluído em ácido nítrico (1 mol/L). As análises foram feitas por meio de Espectrofotometria de Absorção Atômica. Os elementos analisados foram Alumínio (Al) e Chumbo (Pb). Para avaliar o alumínio nas amostras foi necessário fazer mais uma diluição de 5 mL em 45 mL de ácido nítrico, pois as curvas de absorção ultrapassaram os limites. As curvas são: para alumínio: 396.2 nm e chumbo: 217,0 nm. O cálculo para obtenção dos dados foi: $\text{mg}/100\text{g} = [(\text{leitura do aparelho} \times 25) \times 100] / \text{peso} \times 1000$

Foi utilizada uma análise de variância (ANOVA) para avaliar a diferença de concentração para cada elemento entre cada área. Para avaliar o efeito de borda em cada fragmento, para cada elemento, foram utilizadas Regressões Lineares Simples. Todas as análises foram realizadas no programa PAST® (HAMMER et al. 2001).

RESULTADOS

Os íons inorgânicos de alumínio (Al) e chumbo (Pb), foram encontrados em todas as amostras de líquens (Tabela 1), mostrando que os líquens são bons acumuladores de metais pesados como o alumínio e o chumbo.

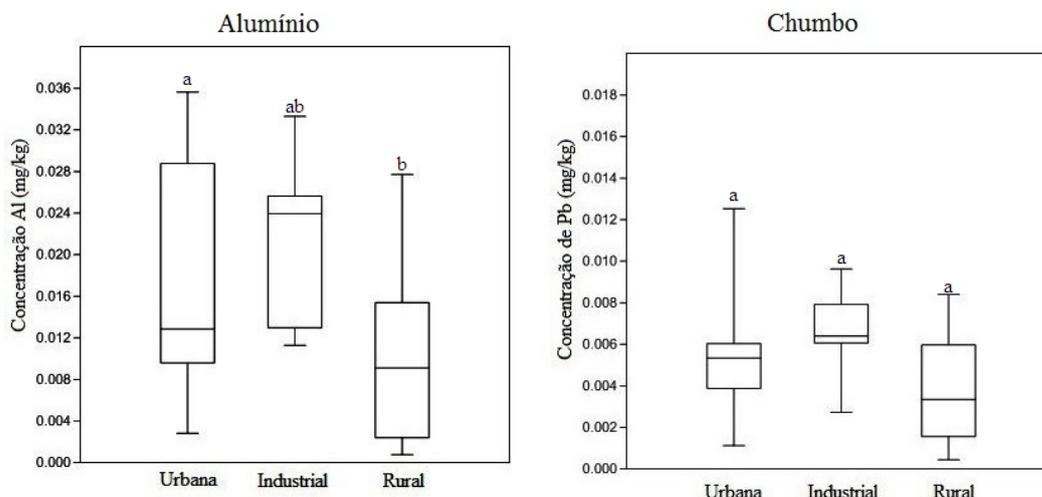
Tabela 1. Valores de concentração (mg/kg) para os íons metálicos Al e Pb nas três áreas amostradas juntamente com a distância da borda (Db) em metros de cada amostra, no município de Erechim/RS, no período de março a abril de 2012.

	Db	Área Urbana		Área Industrial		Área Rural	
		Al	Pb	Al	Pb	Al	Pb
Amostra 1	10	0.028771	0.003792	0.023929	0.006153	0.009094	0.001494
Amostra 2	20	0.013747	0.003882	0.029866	0.003681	0.017618	0.002278
Amostra 3	30	0.009490	0.004877	0.018876	0.007916	0.011465	0.004903
Amostra 4	40	0.035628	0.005967	0.024509	0.006814	0.003281	0.008399
Amostra 5	50	0.012863	0.012533	0.025639	0.009623	0.001213	0.001572
Amostra 6	60	0.031444	0.008342	0.012984	0.006395	0.027726	0.005969
Amostra 7	70	0.009591	0.004834	0.014684	0.008482	0.002408	0.001564
Amostra 8	80	0.002817	0.001120	0.012733	0.002726	0.000773	0.000448
Amostra 9	91	0.012360	0.005342	0.011282	0.006377	0.015388	0.008111
Amostra 10	100	0.011079	0.006039	0.033304	0.006070	0.002410	0.003340

Encontramos diferença significativa na concentração de alumínio entre as áreas ($F=4,686$; $df=17,67$; $p<0,05$). Porém o Pb não se mostrou significativo entre as áreas ($F=2,633$; $df=17,4$; $p>0,05$). Comparando as áreas, quanto à concentração de alumínio, houve diferença significativa entre a área industrial e rural ($F=9,66$; $df=17,66$; $p<0,05$), sendo as maiores concentrações registradas na área industrial (Figura 2).

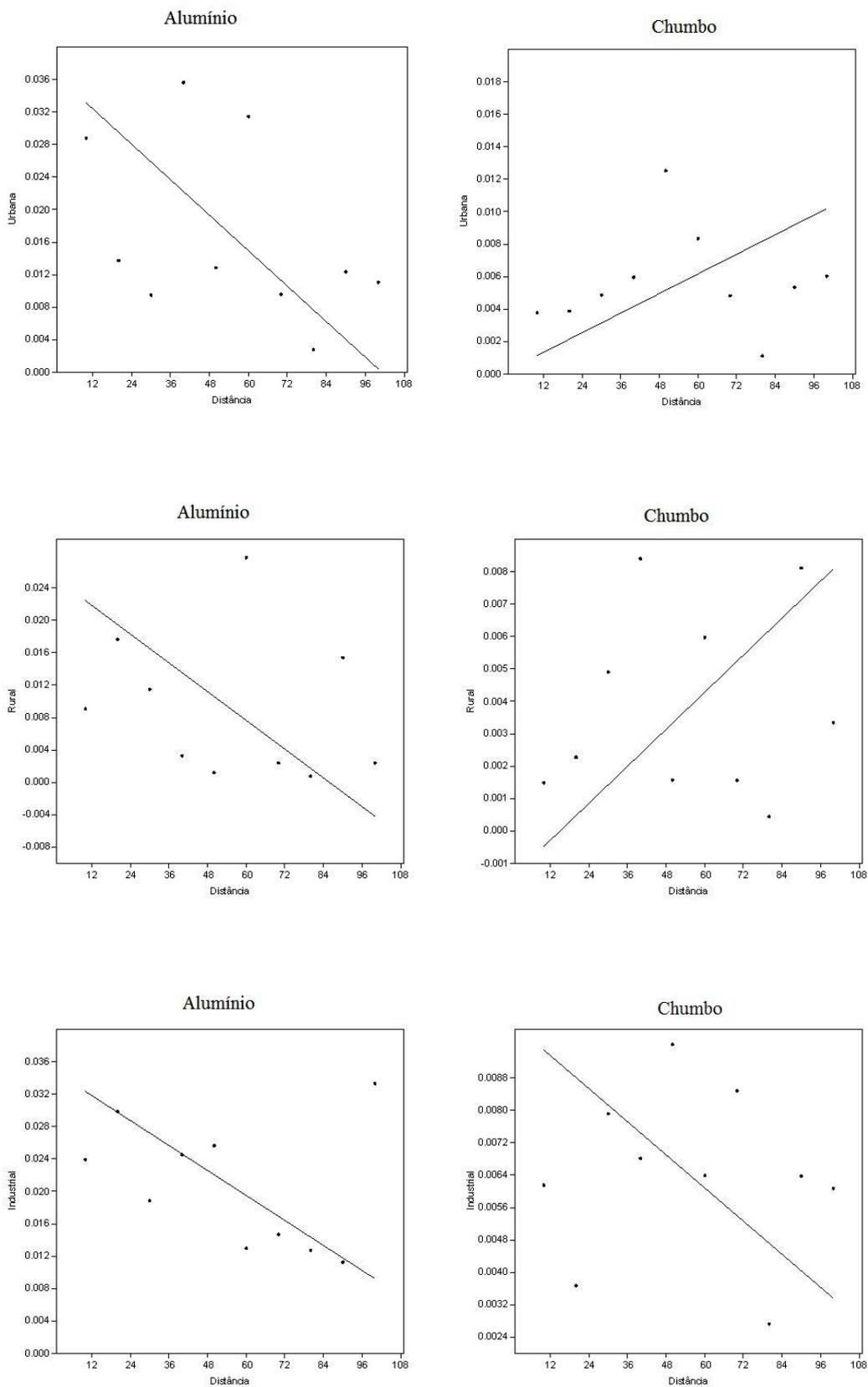
Efeito de borda na concentração de alumínio e chumbo em líquens em área urbana, rural e industrial

Figura 2. Concentrações de metais pesados (Alumínio e Chumbo) encontradas nas três áreas de estudo em Erechim/RS.



O alumínio apresentou diferenças significativas da borda para o centro dos fragmentos em todas as áreas ($P < 0,05$), com a maior concentração na borda, decrescendo em direção ao interior do fragmento (Figura 3), indicando que a borda nestas áreas sofre maior influência das variações ambientais do que o interior. O chumbo teve diferenças significativas em todas as áreas ($p < 0,05$), porém na área industrial houve uma maior concentração na borda em relação ao interior, e na área industrial e rural as maiores concentrações tenderam a ser no interior do fragmento.

Figura 3. Concentrações de Alumínio (Al) e Chumbo (Pb) encontradas da borda para o centro nos três fragmentos florestais de Erechim/RS, no período de março a abril de 2012.



DISCUSSÃO

As áreas urbanas têm impactos ambientais como a poluição mais evidentes devido a ação antrópica. MOTA (2003) define poluição do ar como a presença, na atmosfera, de substâncias que causem prejuízos ao homem, aos animais, aos vegetais e à vida microbiológica; provoquem danos aos materiais; interfiram no gozo da vida e no uso da propriedade. A poluição do ar vem sendo agravando diante da crescente urbanização, que traz consigo o aumento do número de áreas industriais e da frota de automóveis (LIMA et al. 2012). A poluição atmosférica pode resultar em impactos de ordem local, regional e global. Os impactos locais incluem desde os danos a saúde humana até alterações na quantidade de precipitação na área urbana, os impactos regionais são aqueles vistos a distâncias maiores das fontes, um exemplo são as chuvas ácidas e os impactos globais afetam o planeta, incluem o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio (LIMA et al. 2012). As regiões Sul e Sudeste do país foram as primeiras a desenvolver maior articulação entre suas cidades conduzindo a um significativo avanço dos índices de urbanização (IBAMA 2002). As áreas estudadas estão em uma cidade com grande parque industrial e com grande frota de veículos, o que explica os resultados encontrados. Porém as descargas de metais na atmosfera podem ser levadas para fragmentos próximos e até a distâncias grandes (LIMA et al. 2012), o que explica o fato das concentrações de chumbo encontradas na área rural.

As duas áreas em contato com maior descarga de poluição da cidade foram as que apresentaram maiores concentrações de alumínio e chumbo. Mazzoni et al. (2012) estudando a concentração do chumbo em musgos na cidade de Caxias do Sul em área urbana e rural encontraram diferenças significativas nas concentrações deste elemento entre as áreas, ocorrendo valores maiores na área urbana que incluiu o parque industrial desta cidade. Estes resultados em relação ao presente estudo mostram uma maior concentração de chumbo na área urbana. Em relação à área rural os resultados não corroboraram, sendo que essa apresenta concentrações altas de chumbo.

O chumbo encontrado no ar é proveniente principalmente da combustão da gasolina e derivados, e sua taxa de concentração no ambiente pode indicar quais áreas são mais impactadas ambientalmente (MAGALHÃES et al. 2010). Apesar de o município apresentar um grande fluxo de veículos próximo das áreas urbana e industrial, o chumbo

não se mostrou significativo quando comparado entre as áreas. Possivelmente, por tratar-se de um município com número pequeno de habitantes (e conseqüentemente de veículos) quando comparado a grandes centros urbanos, as concentrações deste elemento não são tão elevadas. Ainda assim, podemos notar que sua concentração é menor na área rural, onde o fluxo de veículos é menos intenso.

Os resultados do alumínio mostram que existe diferença entre as áreas estudadas, sendo que as maiores concentrações estão no parque da cidade e na área industrial. Prochnow (2005) estudando o acúmulo de metais pesados em líquens em áreas urbanas, industrial e rural encontraram valores de concentração para o alumínio mais elevado quando comparados com o presente estudo, obtendo ainda índices mais elevados deste metal em área rural. A presença desse elemento em concentrações mais elevadas nas amostras pode ser consequência das emissões na área industrial. Percebe-se que estas afetam inclusive a área urbana, mais próxima, onde as concentrações foram ligeiramente menores. A área rural, por estar mais distante, parece ser menos afetada pelo acúmulo deste metal. No entanto, a área urbana no município, onde vive a maior parte da população, é próxima da área industrial, conseqüentemente, a concentração de Al quando comparada com as outras áreas é alta.

O alumínio em forma de material particulado encontrado na atmosfera provém principalmente de processos industriais e da queima de combustíveis (ALMEIDA 1999). A solubilidade de metais potencialmente tóxicos como o alumínio na chuva é dependente do pH, sendo que o alumínio é considerado fitotóxico e causa prejuízo ao sistema de raízes, o que afeta o crescimento das sementes e decomposição da matéria morta do chão e interagindo com os ácidos para aumentar o prejuízo às plantas e aos ecossistemas aquáticos (GEPEQ 1999). Já em humanos os principais efeitos nocivos associados à saúde humana ocasionados pela intoxicação crônica com o alumínio são a osteoporose, alzheimer, parkison e a hiperatividade em crianças (MENDES 2005).

AYOADE (1998) ressalta que a poluição do ar afeta o clima das áreas urbanas de diversas formas. Muitos poluentes também servem de núcleos de condensação, portanto, abundantes no ar das cidades, cuja umidade é substancialmente abastecida através da evaporação, dos processos industriais e dos automóveis, que emitem grandes quantidades de vapor d'água. Conseqüentemente, a tendência da precipitação é aumentar sobre as

áreas urbanas. Os efeitos mais alarmantes da poluição atmosférica ocorrem na saúde da população urbana.

Avaliando as diferenças de concentração sentido borda-interior do fragmento, o Al apresentou diferença significativa em todas as áreas. O alumínio teve uma tendência às concentrações diminuírem ao interior do fragmento, indicando que a borda nestas áreas sofre maior influência das variações ambientais do que o interior. Cabe ressaltar que o efeito de borda pode estar relacionado ao tamanho dos fragmentos, pois fragmentos pequenos podem sofrer por inteiro os efeitos de borda.

O chumbo apresentou diferenças da borda para o centro do fragmento nas áreas industrial indicando que a borda nestas áreas sofre maior influência das variações ambientais do que o interior. Na borda é encontrada maior incidência de vento, sendo este responsável por carregar muito dos poluentes atmosféricos (CAVALCANTE et al. 2010). Porém os poluentes atmosféricos podem ser carregados pelos ventos para dentro do fragmento, o que explica o fato da área urbana e rural ter concentrações maiores no interior do fragmento do que na borda. Isto sugere que existe uma maior concentração desse elemento no ar nas redondezas destas áreas, e conseqüentemente este se dispersa facilmente até o interior dos fragmentos. Após certa distância o efeito de borda pode desaparecer, ainda que essa medida seja variável e dependente do tipo e diversidade do fragmento florestal e do seu entorno (CAVALCANTE et al. 2010). O fragmento na área rural, por ser maior e mais conservado, deve apresentar também características de habitat que tornem a área mais resistente às mudanças ambientais causadas pela influência das concentrações de chumbo. Deste modo, a borda florestal nesta área deve ser menor e com características diferentes da borda das outras áreas.

A poluição do ar altera as concentrações de metais pesados em líquens, o que pode afetar seu desenvolvimento e até mesmo levar ao rompimento do mutualismo entre fungos e algas, levando a morte dos líquens. Neste estudo, encontramos situações que requerem uma maior atenção, principalmente nas áreas localizadas na parte urbana e industrial do município, onde as concentrações de Al e Pb apresentaram índices mais elevados, e os fragmentos florestais são menores e menos conservados do que o fragmento da área rural, o que os torna mais vulneráveis a alterações no habitat causadas pela poluição. A manutenção, conservação e ampliação destes fragmentos florestais

localizados na área urbana devem ser prioridades quando se pensa em uma melhor qualidade do ar. Afinal, fragmentos florestais são reconhecidamente instrumentos importantes para o controle da poluição, regulação do clima urbano e atenuação da erosão e inundação da malha urbana (NOGUEIRA e GONÇALVES 2002). Estes dados são importantes quando se trata de qualidade de vida da população, e devem ser levados em conta em estratégias de expansão municipal, instalação de áreas industriais e saúde pública.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O alumínio e chumbo são metais pesados nocivos à saúde pública e também aos ecossistemas, sendo que no nosso trabalho foram encontradas concentrações altas de em todas as áreas estudadas. A espécie de líquen *Parmotrema tinctorum* mostrou-se eficaz como bioacumulador dos metais pesados alumínio e chumbo. O efeito de borda leva a uma maior exposição da biodiversidade a metais pesados, por isso é importante à conservação de fragmentos florestais para uma maior neutralização do ar das cidades e proteção da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 1999. 194 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BRANQUINHO, C.; BROWN, D. H.; MAGUAS, C.; CATARINO, F.; **Environmental and Experimental Botany**, v. 37, p. 95-105, 1997.

CADENASSO, M. L.; PICKETT, S. T. A. Effect of edge structure on the flux of species into forest interiors. **Conservation Biology**, v.15, n. 1, p. 91-97, 2001.

Efeito de borda na concentração de alumínio e chumbo em líquens em área urbana, rural e industrial

CAVALCANTE, D. C.; PINHEIRO, E. S.; MACEDO, M. A. da; MARIONOT, J. F.; NASCIMENTO, A. Z. A.; MARQUES, J. P. C. Análise da vulnerabilidade ambiental de um fragmento florestal urbano na Amazônia: Parque Estadual Sumaúma. **Sociedade e Natureza**, v. 22, n. 2, 2010.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: J. Wiley & Sons, 1986.

GAIO-OLIVEIRA, G.; DAHLMAN, L.; PALMQVIST, K.; MÁGUAS, C. Ammonium uptake in the nitrophytic lichen *Xanthoria parietina*(L.) Th. Fr. and its effects on vitality and balance between symbionts. **Lichenologist**, v. 36, p. 75–86, 2004.

GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação em Química). **A Chuva Ácida**. Editora da Universidade de São Paulo, p.17, 5ª Edição, 1999.

HALE Jr., M. E. **The Biology of Lichens**. 3rd ed.; Edward Arnold: Baltimore, 1983.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologica Electronica**, v.4, n.1, p. 9, 2001.

HARRISON, B.; BRUNA, E. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? **Ecography**, v 22, p. 225–232, 1999.

HERZIG, R.; LIEBENDOERFER, L.; URECH, M.; AMMAN, K.; CUECHEVA, M.; LANDOLT, W. Passive biomonitoring with lichens as a part of an integrated biological measuring system for monitoring air pollution in Switzerland. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 35, p. 43–57, 1989.

HOLANDA, A. C. de; FELICIANO, A. L. P; MARANGON, L. C.; SANTOS, M. S. dos; MELO, C. L. S. M. S. de; PESSOA, M. M. L. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.103-114, 2010.

HONDA, N. K. **Técnicas químicas aplicadas a taxonomia de fungos liquenizados**. In: XAVIER-FILHO, L.; LEGAZ, M. E.; CORDOBA, C.V.; PEREIRA, E. C. G.; RODRIGUES, S. A. *Biologia dos líquens*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, p. 391-400, 2006.

HORIMOTO, L. K.; SAIKI, M.; VASCONCELLOS, M. B. A.; MARCELLI, M. P. **Análise de líquens para uso na biomonitoração da poluição ambiental**. 2000. Disponível em: <<http://www.ipen.br/biblioteca/2000/cgen/07022.PDF>>, acesso dia: 12 de julho de 2015.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. **Geo Brasil 2002: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: Edições IBAMA, 2002

KÄFFER, M. I. **Biomonitoramento da qualidade do ar com uso de líquens na cidade de Porto Alegre, RS**. Tese (Doutorado em Ciências com Ênfase em Ecologia), UFRGS, Porto Alegre, 2011.

KAPPEN, L. **The Lichens**; Ahmadjian, V.; Hale, M. E., eds.; Academic Press: New York, p. 311, 1973.

KAUPPI, M.; KAUPPI, A.; GARTY, J.; **New Phytologist**. v.139, p. 537–547, 1998.

LAKATOS, M.; U. RASCHER; BÜDEL. B. Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. **New Phytologist**, 172:679–695. 2006.

LIMA, J. S.; C FILHO, D. M.; COUTO, E.; KORN, M. G. A.; MELO, M. H.; GOMES, R. C. T. Capim-santo (*Cymbopogon citratus*) como bioindicador de poluição atmosférica no polo petroquímico de Camacari-BA. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 1, n. 1, p. 95-98, 1997.

LIMA, Y. L.; FARIAS, F. F.; LIMA, A. M.; ELISA, M. Poluição atmosférica e clima: refletindo sobre os padrões de qualidade do ar no Brasil. **Revista Geonorte**, v.2, n.5, p.555 – 564 , 2012.

LOPPI, S.; IVANOV, D.; BOCCARDI, R.; **Environmental Pollution**, v.116, n.1, p.123-8, 2002.

MAGALHÃES, L. C.; NALINI JUNIOR, H. A.; COSTA LIMA, A. da; COUTRIM, M. X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em Ouro Preto, Minas Gerais. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p.519-523, 2010.

MAZZONI, A. C.; LANZER, R.; BORDIN, J.; SCHAFER, A.; WASUM, R. Mosses as indicators of atmospheric metal deposition in an industrial area of southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 553-558, 2012.

Efeito de borda na concentração de alumínio e chumbo em líquens em área urbana, rural e industrial

MENDES, R. **Patologia do trabalho**, 2ª Edição, São Paulo, Editora: Atheneu, 2005.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

NASH, T. H.; OLAFSEN, A. G. Climate change and the ecophysiological response of arctic lichens. **Lichenologist**, v.27, p.599-565, 1995.

NOGUEIRA, P. H.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 180 p.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina. 328p. 2001.

PROCHNOW, T, R. **Biomonitoramento de metais pesados em suspensão atmosférica na sub-bacia do Arroio Sapucaia, RS – Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências com Ênfase em Ecologia), UFRGS, Porto Alegre, 2005.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7a ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

RAPOSO JUNIOR, J. L.; POPPI, N. R.; HONDA, N. K. A avaliação da concentração de alguns íons metálicos em diferentes espécies de líquens do Cerrado Sul-Mato-grossense. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 582-587, 2007.

RIES, L.; FLETCHER-JR, R. J.; BATTIN, J.; SISK, T. D. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 491-522, 2004.

SAWIDIS, T.; CHETTRI, M. K.; ZACHARIADIS, G. A.; STRATIS, J. A.; **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 32, n. 1, p. 73-80, 1995.

SILVA, N. R. S.; MARTINS, S. V.; MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L de; Composição florística e estrutura de uma floresta estacional semidecidual montana em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p.397-405, 2004.