

Comparação do comprimento e da composição química em líquens de ambiente urbano e Floresta Atlântica.

Comparison of length and chemical composition in lichens of urban environment and Atlantic rain forest

Ana Paula Cursino Medeiros de Araujo, Myrella Miranda dos Santos, Scheidt Rainer Marciano dos Santos, Camila Cristina dos Santos Afonso, Julia Varjão Nascimento, Yasmin Kanjiscuk Salzano, Julio Cesar Voltolini , Julio Cesar Raposo de Almeida 

Revista Biociências - Universidade de Taubaté

v.28 - n.2 - p. 28-38, 2022 – ISSN: 14157411

<http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias>



Comparação do comprimento e da composição química em líquens de ambiente urbano e Floresta Atlântica

Comparison of length and chemical composition in lichens of urban environment and Atlantic rain forest

Ana Paula Cursino Medeiros de Araujo^{1,2}, Myrella Miranda dos Santos¹, Scheidt Rainer Marciano dos Santos¹, Camila Cristina dos Santos Afonso¹, Julia Varjão Nascimento¹, Yasmin Kanjiscuk Salzano¹, Julio Cesar Voltolini¹, Julio Cesar Raposo de Almeida¹

JCV 0000-0002-4667-1278 JCRA 0000-0002-1526-7192

1- Universidade de Taubaté - UNITAU

2- autor para correspondência: anapaulacm.araju@gmail.com

RESUMO

Monitorar a qualidade do ambiente é fundamental para propor intervenções que reduzam a presença de produtos tóxicos que ameaçam os seres vivos. O uso de líquens como bioindicadores tem se mostrado eficaz, devido à sensibilidade desses organismos. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi mensurar o comprimento e determinar o teor da composição química em líquens no ambiente urbano e em uma floresta primária, para avaliar o impacto da urbanização. As áreas de amostragem foram uma Floresta Atlântica primária em Pindamonhangaba (SP) e uma praça urbana de Taubaté (SP). O comprimento de líquens presentes nos troncos de 30 árvores de cada ambiente foi estimado com o auxílio de uma fita métrica posicionada em duas faces dos troncos. Foram coletadas amostras de todos os indivíduos, para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb e Ni. Verificou-se maior ocorrência de líquens na floresta primária do que no ambiente urbano. Comparativamente, o ambiente urbano apresentou teores mais elevados de P, K, S, Cu, Fe e Zn, enquanto na floresta primária constatou-se teores de Ca, Mg e Mn mais elevados. Não foram detectados Pb, Ni e Cd em ambos os ambientes. Não foram identificados níveis preocupantes de poluição, mas os líquens mostraram impactos da urbanização.

Palavras-chave: Líquen urbano; Líquen rural; Bioindicador; Poluição.

ABSTRACT

Monitoring environment quality is essential to propose interventions that reduce the presence of toxic products that threaten living beings. The use of lichens as bioindicators has been shown to be effective, due to the sensitivity of these organisms. In that regard, the objective of this study was to measure the length and



determine the content of the chemical composition in lichens in the urban environment and in a primary forest, to assess the impact of urbanization. The sample areas were a primary Atlantic Forest in Pindamonhangaba (SP) and an urban square in Taubaté (SP). The length of lichens present on the trunks of 30 trees in each environment was estimated with the aid of a measuring tape positioned on two sides of the trunks. Samples were collected from all individuals in order to determine the levels of P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb and Ni. There was a higher occurrence of lichens in the primary forest than in the urban environment. Comparatively, the urban environment presented higher levels of P, K, S, Cu, Fe and Zn, while in the primary forest higher levels of Ca, Mg and Mn were found. Pb, Ni and Cd were not detected in both environments. Worrying levels of pollution were not identified, but the lichens showed impacts of urbanization.

Keywords: Lichen; Urbanization; Bioindicator.

INTRODUÇÃO

A poluição é um fator de degradação do meio ambiente. Considera-se poluição ambiental toda atitude do ser humano que, por meio do descarte e uso excessivo ou inadequado de material e energia, interfere nas águas, no solo ou no ar, causando desequilíbrio prejudicial, de curto ou longo prazo, sobre os ecossistemas e a vida (VALLE, 2004).

Para monitorar de forma adequada os níveis de poluição, são utilizados métodos físico-químicos capazes de verificar concentrações de certas substâncias e partículas poluentes, possibilitando a promoção de intervenções necessárias. Porém, por esses métodos serem caros e demorados, organismos vivos passaram a ser selecionados para verificar níveis de poluição, a partir da relação desses seres vivos com o efeito da poluição da área sobre eles (CARNEIRO e TAKAYANAGUI, 2009).

Denominados bioindicadores, tais organismos podem ser usados de duas formas: passiva, quando já se encontram na área a ser estudada, e ativa, quando são inseridos na área. Os bioindicadores podem ser animais ou vegetais e, atualmente, cerca de trinta espécies de líquens possuem a capacidade de serem usadas para o monitoramento atmosférico tanto em áreas urbanas quanto rurais, bem como em ambientes preservados e conservados (CARNEIRO, TAKAYANAGUI, 2009).

O uso de líquens para a caracterização de ambientes que sofrem consequências da poluição por substâncias químicas tem sido bastante eficiente (SEAWARD, 1993). O motivo para a escolha de líquens se deve à sua capacidade de responder rapidamente aos impactos ambientais, pois são sensíveis a mudanças bruscas causadas no meio ambiente (COCCARO, 2001; MARCELLI, 1998).



Os líquens se constituem como excelente bioindicador de poluição atmosférica, pois, sendo perenes, ao longo do tempo vão acumulando substâncias provenientes do ambiente onde se encontram, sejam elas nocivas ou não à saúde de outros seres vivos, podendo ainda manifestar diferenças em sua ocorrência e morfofisiologia por decorrência disso, o que permite que eles sejam amplamente utilizados no biomonitoramento (SAIKI et al., 2007).

A maioria dos líquens responde de forma adversa à urbanização, embora algumas espécies sejam mais frequentes em locais urbanizados do que em áreas naturais e sem poluição (BRANQUINHO et al., 2021). Um estudo realizado na Suécia demonstrou que dezessete espécies de líquens epífitos foram afetadas negativamente pela urbanização, com menor cobertura do que no ambiente rural e declínio de ocorrência conforme a duração e o grau de urbanização da área, havendo comprometimento dos líquens ainda que remanescentes de árvores fossem mantidos em meio ao ambiente urbano e, potencialmente, ainda que a qualidade do ar fosse assegurada, visto que as temperaturas mais altas e a baixa umidade nas áreas urbanas também podem ser prejudiciais aos líquens (LÄTTMAN et al., 2014).

A presença de metais pesados em concentrações elevadas, em geral, pode ocasionar o aniquilamento de líquens nas regiões em que o problema é mais grave. Na cidade de Tampere, na Finlândia, foi observada relação inversamente

proporcional entre os níveis de concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a ocorrência de líquens, tendo havido empobrecimento e desaparecimento de líquens na parte central da cidade durante o início da década de 1970, quando a emissão do poluente era severa. Com a diminuição da concentração de SO₂, gradualmente recuperou-se a colonização dos líquens na região (RANTA, 2001).

No Brasil, um estudo realizado em Estrela (RS) indicou menores porcentagens médias de superfície de troncos coberta por líquens em áreas tanto urbanizadas quanto ruralizadas, havendo maior percentual de ocorrência de líquens na área de transição rural/urbana. O elevado fluxo de veículos automotores é apontado como principal causa da diminuição de líquens nas áreas mais urbanizadas, enquanto nas áreas rurais o uso de agrotóxicos e a poeira ocasionada pelas estradas de chão batido são possíveis causas. Entretanto, é ressaltado que aspectos como altitude, temperatura e umidade do ar exercem influência sobre a dinâmica de dispersão e acúmulo de poluentes, interferindo no desenvolvimento dos líquens (MENEHINI et al., 2012).

Outro estudo desenvolvido no Rio Grande do Sul comparando nove cidades indicou maior riqueza de líquens nos municípios com ambiente florestal, em comparação aos com ambientes urbanos e industriais. Nesse estudo, verificou-se que mais de 30% das espécies estudadas ocorriam exclusivamente no ambiente florestal (LEMONS et al., 2007). Lucheta et al. (2018) encontraram



resultados convergentes ao comparar municípios gaúchos com diferentes graus de urbanização, constatando menor densidade de líquens nos municípios mais urbanizados, destacando ainda a importância de áreas verdes urbanas para a preservação dos líquens, bem como de toda biota. Pequenas diferenças fisiológicas também foram observadas em líquens de cidades com diferentes perfis de urbanização e em proximidades de indústrias produtoras de metais pesados (KOCH et al., 2018).

Rocha (2015), utilizando líquens para biomonitoramento passivo no Campus da Cidade Universitária de São Paulo Armando Salles de Oliveira (CUASO), constatou que a concentração de substâncias tóxicas para os seres vivos, como Enxofre e Arsênio, se elevava em líquens coletados de lugares de grande tráfego veicular ou próximo a pequenas indústrias.

OBJETIVOS

Comparar o comprimento e os teores da composição química em líquens de ambiente urbano e Floresta Atlântica primária.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Praça Santa Terezinha, uma praça arborizada no centro da cidade de Taubaté (SP), e no Parque Natural Municipal do Trabiju, uma unidade de conservação de Floresta Atlântica na cidade de Pindamonhangaba (SP). Em cada área foram

avaliadas 30 árvores, escolhidas pela amostragem de vizinhos mais próximos em pontos equidistantes de 10 metros, selecionadas tomando como critério o diâmetro mínimo de 20 cm e não apresentar irregularidades visíveis (indícios de doença, empecilhos para visualização dos líquens etc.), sendo excluídas as palmeiras devido à diferença na textura do tronco em comparação com outras árvores. Em decorrência da difícil identificação das espécies em mutualismo que formam o líquen, somado à carência de estudos taxonômicos, esses bioindicadores não foram selecionados por espécie, apenas por sua presença.

Foi utilizada uma adaptação do método de interseção na linha (CANFIELD, 1941), por vezes referido como método do intercepto linear, no qual é contabilizado o comprimento total do objeto avaliado que faz interseção ao longo de uma fita que delimita a superfície avaliada. Uma fita de 150 cm foi posicionada a 30 cm acima do solo sobre duas faces opostas do tronco. A fita foi dividida em três estratos de 50 cm cada: o inferior, de 30-80 cm; o intermediário, de 80-130 cm; e o superior, de 130-180 cm, considerando a altura em relação ao solo. A partir da somatória do comprimento interceptado pelos líquens em cada árvore em três metros, estimou-se a cobertura linear média de líquens (mm/m).

A coleta do material para análise química se deu em todo o perímetro do tronco das árvores acima de 30 cm do solo e abaixo de 180 cm. A coleta de líquens foi realizada com o auxílio de pinças e os



líquens coletados foram armazenados em sacos plásticos, tomando-se o cuidado de recolher pelo menos 10 cm² de líquens em cada amostra, cada uma composta por líquens de seis árvores subsequentes.

As amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72h e, em seguida, foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm (20 mesh). O material foi submetido a digestão nítrico-perclórica para determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e níquel (Ni). O P total foi determinado pelo método colorimetria do metavanadato, o K pelo método fotometria de chama de emissão, o S por turbidimetria do sulfato de bário e os demais elementos – Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb, Ni – pelo método espectrofotometria de absorção atômica conforme descrito por Malavolta et al. (1997). Os resultados dos teores de elementos químicos foram comparados pelo teste de Mann-Whitney (U) no programa Bioestat versão 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorrência e comprimento de líquens

Quanto à ocorrência de líquens, a área florestal apresentou 93% das árvores com líquens, enquanto na área urbana constatou-se a presença

de líquens em 80% das árvores (figura 1). Como visto na literatura científica, a maioria dos líquens responde de forma adversa à urbanização (BRANQUINHO et al., 2021), sendo observados com mais frequência em áreas florestais e sem altos níveis de poluição. Segundo outro estudo (MENEGHINI et al., 2012), o elevado fluxo de veículos automotores é apontado como a principal causa da diminuição de líquens nas áreas mais urbanizadas. Assim, os dados obtidos nesta pesquisa corroboram com os demais estudos analisados e citados.

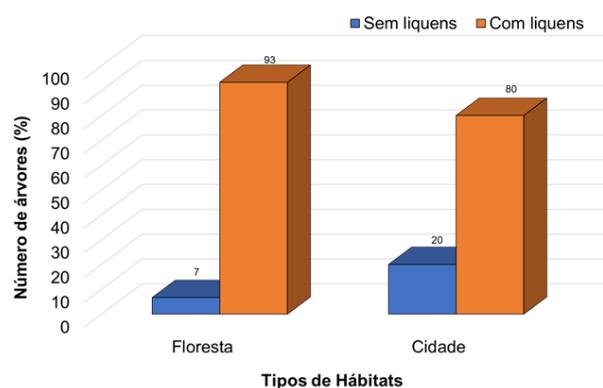


Figura 1. Porcentagem de árvores do Parque Trabiju e da Praça Santa Terezinha nas quais ocorreram ou não líquens.

Figure 1. Percentage of trees in Trabiju Park and Santa Terezinha Square with or without lichens.

Considerando a cobertura linear média de líquens por metro, observou-se maior comprimento de líquens nas árvores da floresta (157 ± 32 mm) do que na cidade (88 ± 26 mm) (figura 2).

Em relação à distribuição dos líquens ao longo do tronco, verificou-se na área florestal que o



maior comprimento de líquens ocorreu no estrato intermediário (de 80-130 cm) com média de 91,17 mm; seguido do estrato superior (de 130-180 cm), que apresentou, em média, 74,48 mm de comprimento de líquens; sendo o menor comprimento médio (69,63 mm) verificado no estrato inferior (de 30-80 cm). De outro modo, no ambiente urbano observou-se maior comprimento médio de líquens (47,15 mm) no estrato inferior (30-80 cm), seguido pelo estrato superior (130-180 cm) com 46,77 mm e pelo estrato intermediário (80-130 cm) que apresentou comprimento médio de 38,28 mm (figura 3).

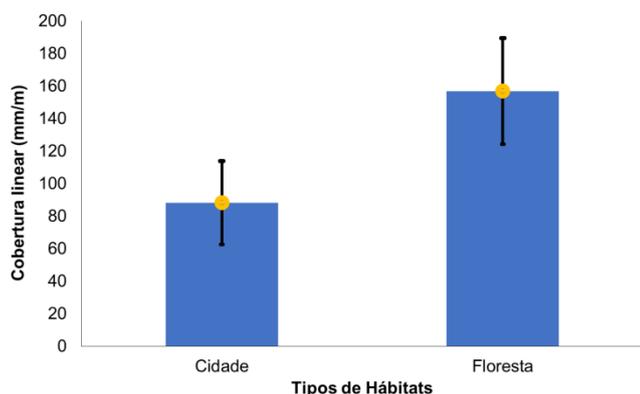


Figura 2. Cobertura linear média de líquens (mm/m) em árvores da Praça Santa Terezinha e do Parque Trabiju.

Figure 2. Average linear coverage of lichens per meter in the trees of Santa Terezinha Square and Trabiju Park.

Desse modo, os resultados desse estudo não permitem afirmar que a ocorrência dos líquens tenha sido influenciada pela distância do solo; portanto, não foi confirmada a tendência conhecida na literatura de que a ocorrência de líquens é

menor próximo ao solo, onde se concentram as substâncias tóxicas emitidas na atmosfera (GOLÇALVES et al., 2007). Já a ocorrência de líquens seguiu o esperado, sendo maior na área de preservação; isso se explica principalmente pela menor intensidade de tráfego – e a poluição do ar associada – nessas áreas (MOREIRA et al., 2017). Neste estudo, não foi detectada correlação entre a presença de líquens e a distância do solo; portanto, não está confirmada a tendência conhecida na literatura de que a ocorrência de líquens é menor próximo ao solo, onde se concentram as substâncias tóxicas emitidas na atmosfera (GOLÇALVES et al., 2007). Já a ocorrência de líquens seguiu o esperado, sendo maior na área de preservação; isso se explica principalmente pela menor intensidade de tráfego – e a poluição do ar associada – nessas áreas (MOREIRA et al., 2017).

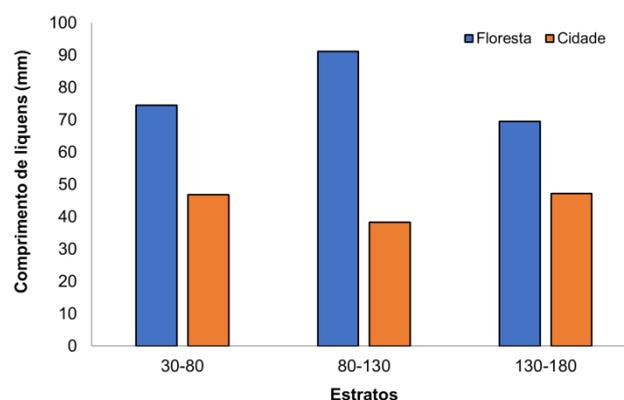


Figura 3. Comprimento médio de líquens por estrato no Parque Trabiju e na Praça Santa Terezinha.

Figure 3. Average length of lichens per stratum in Trabiju Park and Santa Terezinha Square.



Composição química nos líquens

Comparando a concentração de elementos químicos presentes nas amostras (tabela 1), verificou-se que os líquens do ambiente urbano apresentaram teores de P, K, S, Cu, Fe e Zn mais elevados que a área florestal, enquanto os líquens da área de Floresta Atlântica teores de Ca e Mn mais elevados, não sendo encontrada diferença

significativa em relação ao teor de Mg entre os ambientes. Não foram detectados teores de Pb, Ni e Cd nos líquens dos dois ambientes, o que sugere que ambos estão isentos de poluição acentuada.

Os valores encontrados para fósforo foram mais que o dobro na praça urbana. Não há muitos dados sobre esse elemento relacionados ao biomonitoramento realizado pelos líquens.

Tabela 1. Comparação dos elementos químicos dos líquens em ambiente de Floresta Atlântica e praça urbana. Valores de *p* em negrito indicam significância estatística.

Table 1. Comparison of chemical elements of lichens in an environment of Atlantic Forest and an urban square. *P* values in bold indicate statistical significance.

Elementos	Média ± EP Floresta	Média ± EP Praça	U	P	N
Fósforo (g/kg)	0,70 ± 0,03	1,63 ± 0,04	0,000	0,004	6
Potássio (g/kg)	1,82 ± 0,04	3,37 ± 0,13	0,000	0,005	6
Cálcio (g/kg)	22,25 ± 2,82	11,60 ± 1,97	2,000	0,013	6
Magnésio (g/kg)	1,07 ± 0,12	0,82 ± 0,08	7,500	0,104	6
Enxofre (g/kg)	1,45 ± 0,13	2,78 ± 0,22	0,000	0,005	6
Cobre (mg/kg)	11,33 ± 1,09	15,83 ± 0,79	2,000	0,011	6
Ferro (mg/kg)	241,33 ± 44,81	1860,17 ± 105,73	0,000	0,005	6
Manganês (mg/kg)	638,83 ± 160,44	82,83 ± 9,24	1,000	0,008	6
Zinco (mg/kg)	31,17 ± 4,13	108,17 ± 9,60	0,000	0,005	6
Chumbo (mg/kg)	nd	nd	nd	nd	6
Níquel (mg/kg)	nd	nd	nd	nd	6
Cádmio (mg/kg)	nd	nd	nd	nd	6

Entretanto, é de conhecimento público seu amplo uso como macronutriente primário na composição de fertilizantes. Quanto ao potássio, de modo semelhante, houve quase o dobro de concentração no ambiente urbano. Esse elemento também é muito utilizado em fertilizantes – tendo

em vista o quanto é essencial às plantas –, além de estar presente em sais comerciais, produção de vidro, fármacos e outros; atuando ainda na síntese proteica, formação de açúcares vegetais e equilíbrio hídrico dos organismos (PROCHNOW, 2005).



O nível de concentração de cálcio foi quase o dobro no ambiente florestal comparado com a região urbana, mas em ambas apareceu em concentrações normais. Esse elemento é um macronutriente importante para os organismos vivos, atuando na regulação da permeabilidade celular e ativação de enzimas, por exemplo. Sua liberação na atmosfera pode derivar de material biogênico, incêndios florestais, mas também de rodovias, cimento, indústria e outros. O cálcio atmosférico ocorre principalmente sob a forma de partículas finas, facilmente assimiláveis por organismos vivos. Não têm sido divulgadas complicações ambientais relacionadas à concentração de cálcio na atmosfera. A aplicação de carbonato de cálcio (CaCO_3) nos troncos de árvores pode comprometer a ocorrência de líquens (SANTOS et al., 2015; MONTEZANI, 2010; PROCHNOW, 2005).

O magnésio foi encontrado em proporções sem variações significativas entre os dois ambientes analisados. Trata-se de um elemento essencial para plantas e animais, participando do equilíbrio celular, sistemas enzimáticos e fotossíntese. A presença atmosférica do magnésio tem relação tanto com fenômenos naturais, tais como soerguimento de poeira e aerossóis marinhos, quanto com ações antrópicas de urbanização e industrialização, tendo amplo uso em ligas leves, isolantes, cimento, refratários, automobilística, farmacêuticos e outros (PROCHNOW, 2005).

O teor de enxofre esteve mais elevado no ambiente urbano do que em ambiente florestal, possivelmente devido ao excesso dos gases poluentes. Isso porque, segundo Kemerich et al. (2011), mesmo com as melhorias nos combustíveis comercializados atualmente quanto à emissão de poluentes, o aumento constante de automotores nos centros urbanos representa um fator que causa altas concentrações de dióxido de enxofre na atmosfera, sendo ele um fator que é responsável por diminuir a presença de líquens.

Na cidade de Erzurum, no leste da Turquia, foi constatada uma relação diretamente proporcional entre intensidade de tráfego e concentração de cobre (CICEK et al., 2007), o que condiz com os resultados obtidos, em que a concentração desse elemento foi maior no ambiente urbano. Cicek et al. (2007) também apresentou essa associação com o tráfego para concentrações de ferro, que foi o elemento que teve maior discrepância entre as áreas de estudo, aparecendo em concentrações baixas no ambiente florestal e altas na praça. No norte da Polônia, um experimento também revelou maior concentração de ferro nas proximidades de vias movimentadas, embora tenha apontado que a capacidade de acumular esse metal pesado varia entre diferentes espécies de líquens, o que é esperado para diversos metais pesados devido à morfofisiologia dos líquens, inclusive por suas ondulações no talo que determinam a área de contato com o ar (PARZYCH et al., 2016).



O manganês apresentou um comportamento distinto de outros metais pesados, sendo verificados níveis substancialmente maiores no ambiente florestal que na praça urbana. Isso pode ser reflexo de propriedades naturalmente diferenciadas desse micronutriente, cujo conteúdo no ar tem cerca de 50% transportado por poeira de origem natural mesmo nas aglomerações urbanas (PARZYCH et al., 2016).

O teor de zinco foi encontrado em concentrações mais elevadas na praça urbana, excedendo consideravelmente os valores encontrados no ambiente florestal, onde a concentração média enquadra-se como muito baixa. Parzych et al. (2016) obtiveram resultados semelhantes, o que se ampara no fato que a contaminação atmosférica por zinco ocorre principalmente da combustão de combustíveis sólidos e abrasão de pneus de automóveis, aumentando seus níveis próximo a ruas movimentadas (CICEK et al., 2007); longe de fatores antropogênicos, seu teor tende a ser menor.

Nos líquens coletados para o desenvolvimento desse trabalho, não foi detectado chumbo. Porém, líquens foram úteis em cidades polonesas (PARZYCH et al., 2016), bem como em uma cidade da Turquia (CICEK et al., 2007), para identificar contaminação por chumbo, encontrando concentrações acima do admissível pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em um gradiente em que as maiores quantidades de chumbo ocorreram no centro da cidade e nas

proximidades de intenso tráfego, enquanto os menores teores estiveram na periferia da cidade e em parques naturais. O mesmo valeu para níquel, cuja emissão atmosférica está ligada sobretudo à indústria metalúrgica e combustão de combustíveis líquidos.

A não detecção do cádmio ocorreu também para Costa (2018), tendo concentrações abaixo do limite identificável e quantificável; resultado satisfatório. Esse elemento encontrado em fungicidas, baterias, pneus, pigmentos e outros, apesar de necessário em baixas concentrações para processos metabólicos humanos, causa intoxicação quando em elevadas concentrações, podendo ocasionar pneumonite química, edema pulmonar e câncer, com o agravante de ter alto poder acumulativo.

CONCLUSÕES

O líquen foi um bioindicador útil para o monitoramento ambiental, sendo influenciado pelas condições ambientais distintas entre a floresta natural e o ambiente urbano. A Floresta Atlântica apresentou maior número de árvores com líquens, maior cobertura linear média de líquens e teores de P, K, S, Cu, Fe e Zn mais baixos que o ambiente urbano.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de Taubaté - UNITAU, pela bolsa de estudo concedida pelo Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC).



Ao Parque Natural Municipal do Trabiju, pela autorização e apoio ao longo das coletas de informações na unidade de conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANQUINHO, C.; ALMEIDA, E.; GRILO, F.; MONTEIRO, J.; PINHO, P.; SÉRGIO, C.; SANTOS-REIS, M. **Estudo, valorização e divulgação da diversidade de líquenes e briófitos no município de Lisboa**. Lisboa. 102 p. 2021.
- CANFIELD, R. Application of Line Interception Method in Sampling Range Vegetation. **Journal of Forestry**, v. 39, n. 4, p. 388-394. 1941.
- CARNEIRO, R. M. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Estudos sobre bioindicadores vegetais e poluição atmosférica por meio de revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 13, p. 26-44. ago. 2009.
- CICEK, A.; KOPARAL, A. S.; ASLAN, A.; YAZICI, K. Accumulation of heavy metals from motor vehicles in transplanted lichens in an urban area. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 1, p. 168-176. 2007.
- COCCARO, D. M. B. **Estudo da determinação de elementos-traço em líquens para monitoração ambiental**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – IPEN, São Paulo. 2001.
- COSTA, W. R. **Utilização de líquens no monitoramento ativo e passivo da poluição atmosférica**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba. 2018.
- GONÇALVES, V. F.; BRUNO, C. G. C.; SOUZA, C. R. de; FAÇANHA, P. E. W.; ALVES, M. de C.; BORGES, M. P.; MELO, C. de. Utilização de líquens como bioindicadores da qualidade atmosférica na cidade de Uberlândia, MG. In: Congresso de Ecologia do Brasil, VIII, 2007, Caxambu. **Anais[...]**. Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007.
- KEMERICH, P. D. C.; VASCONCELLOS, N. J. S.; MORTARI, S. R.; FLORES, E. E. M. Biomonitoramento e variabilidade espacial do dióxido de enxofre em ar urbano. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 210-220. 2011.
- KOCH, N. M.; LUCHETA F.; KAFFER M. I.; MARTINS. S. M. A.; VARGAS, V. M. F. Air quality assessment in different urban areas from Rio Grande do Sul state, Brazil, using lichen transplants. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 2, supl. 1, p. 2233-2248. out. 2018.
- LÄTTMAN, H.; BERGMAN, K.; RAPP, M.; TÄLLE, M.; WESTERBER, L.; MILBERG, P. Decline in lichen biodiversity on oak trunks due to urbanization. **Nordic Journal of Botany**, v. 32, n. 4, p. 518-528. 2014.
- LEMOS, A.; KÄFFER, M. I.; MARTINS, S. de A. Composição e diversidade de líquens corticícolas em três diferentes ambientes: florestal, urbano e industrial. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 228-230. jul. 2007.
- LUCHETA, F.; KOCH, N. M.; MARTINS, S. de A.; SCHMITT, J. L. Comunidade de líquens corticícolas em um gradiente de urbanização na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, no sul do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 2, p. 323-334. abr/jun. 2018.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319 p. 1989.
- MARCELLI, M. P. History and current knowledge of brazilian lichenology. In: MARCELLI, M. P.; SEAWARD, M.R.D. **Lichenology in Latin America History, Current Knowledge and Application**. CETESB: São Paulo. 1998. p. 25-45.
- MENEZHINI, R. L.; PÉRICO, E.; MUSSKPOF, E. L. Cobertura de líquens em árvores nativas seguindo um gradiente de urbanização na cidade de Estrela, RS. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 6, n. 2, p. 61-72. 2012.
- MONTEZANI, E. **Estudo sobre a composição elementar nas amostras de líquen epífítico utilizado como bioindicador da poluição aérea na cidade de São Paulo**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – IPEN, São Paulo. 2010.
- MOREIRA, F. D.; FONSECA, M. M. da; FERREIRA, L.; AGUIAR, R. A. de; SANTOS, S. C.; CARPANEZ, T. G.; SANTIAGO, I. F. Uso de líquens como bioindicadores da



qualidade do ar em centro urbano, Juiz de Fora, MG. In: Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, VI, 2017, Três Rios. **Anais[...]**. Três Rios: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

PARZYCH, A.; ZDUŃCZYK, A.; ASTEL, A. Epiphytic lichens as bioindicators of air pollution by heavy metals in an urban area (Northern Poland). **Journal of Elementology**, v. 21, n. 3, p. 781-795. 2016.

PROCHNOW, T. R. **Biomonitoramento de metais em suspensão atmosférica na sub-bacia do Arroio Sapucaia, RS - Brasil**. 279 f. Tese (Doutorado em Ciências com ênfase em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

RANTA, P. Changes in urban lichen diversity after a fall in sulphur dioxide levels in the city of Tampere, SW Finland. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 38, n. 4, p. 295-304. dec. 2001.

ROCHA, R. R. **Avaliação da poluição atmosférica de elementos químicos pela análise de líquen epifítico no Campus da Cidade Universitaria de São Paulo**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Aplicações) – IPEN, São Paulo. 2015.

SAIKI, M.; ALVES, E.; MARCELLI, M. Analysis of lichen species for atmospheric pollution biomonitoring in the Santo André municipality, São Paulo, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 273, n. 3, p. 544-574. jun. 2007.

SANTOS, T. T. T. dos; DINIZ, É. dos S.; ARAÚJO, G. C. N. de; PEREIRA, M. J. T.; SILVA, G. P. M. da; ALVES, A. de O. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar na Avenida Conde da Boa Vista e Praça Oswaldo Cruz, Recife-PE. **Arrudea**, Recife, v. 1, n. 2, p. 61-74. 2015.

SEAWARD, M. R. D. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies. **Environmental Review**, v. 1, n. 2, p. 73-91. 1993.

VALLE, C. E. do. **Qualidade Ambiental ISO 14000**. 10. ed. São Paulo, Senac. 206 p. 2010.