# OS LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE POLUIÇÃO: UMA PESQUISA QUALIQUANTITATIVA REALIZADA NO PARQUE DO PIQUERI- VEREADOR TONINHO PAIVA, ZONA LESTE DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.

Letícia Loureiro da Costa (IC) e Adriano Monteiro de Castro (Orientador)

**Apoio:PIVIC Mackenzie**

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do ar na região leste do município de São Paulo, especificamente no bairro do Tatuapé, por meio da ocorrência de líquenes em indivíduos arbóreos do Parque do Piqueri, utilizando-os como bioindicadores de poluição atmosférica. O estudo consistiu em uma pesquisa de campo qualiquantitativa, com registros fotográficos, coleta de material orgânico, e utilização de um retículo aplicado aos troncos das árvores selecionadas, delimitando de forma padronizada a área analisada. Também foram realizados testes químicos no córtex superior dos líquenes coletados, utilizando hidróxido de potássio KOH e hipoclorito de sódio NaClO, visando auxiliar na identificação futura das espécies. As observações e coletas ocorreram em quatro momentos distintos, correspondentes às estações do ano, entre agosto de 2025 e julho de 2026. Os resultados permitiram estimar as diferenças na diversidade e frequência dos tipos liquênicos entre as regiões interna e externa do parque. De modo geral, a área interna apresentou maiores valores de tipos liquênicos, com a maior ocorrência de líquenes foliosos, indicando melhores condições de qualidade do ar. Em contrapartida, a área externa apresentou menor diversidade liquênica e maior influência urbana. Conclui-se que os líquenes são ferramentas eficazes para o biomonitoramento ambiental, permitindo avaliações da qualidade atmosférica. Além disso, os resultados reforçam a importância das áreas verdes na mitigação dos impactos da poluição.

**Palavras-chave:** Líquenes. Poluição. Bioindicador.

## ABSTRACT

This study aimed to assess air quality in the eastern region of the municipality of São Paulo, specifically in the Tatuapé neighborhood, through the occurrence of lichens on trees in Parque do Piqueri, using them as bioindicators of atmospheric pollution. The study consisted of qualitative and quantitative field research, including photographic records, collection of organic material, and the use of a grid applied to the trunks of selected trees to standardize the area analyzed. Chemical tests were also performed on the upper cortex of the collected lichens

using potassium hydroxide (KOH) and sodium hypochlorite (NaClO), aiming to assist in the future identification of species. Observations and collections were carried out at four different times, corresponding to the seasons, between August 2025 and July 2026. The results allowed the differences in the diversity and frequency of lichen types between the inner and outer areas of the park to be estimated. Overall, the inner area presented higher values of lichen types, with a greater occurrence of foliose lichens, indicating better air quality conditions. In contrast, the outer area showed lower lichen diversity and greater urban influence. It is concluded that lichens are effective tools for environmental biomonitoring, allowing assessments of atmospheric quality. In addition, the results reinforce the importance of green areas in mitigating the impacts of air pollution.

**Keywords:** Lichen. Pollution. Bioindicator.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o intenso desenvolvimento econômico e urbano em diversos países vem agredindo sistematicamente os ecossistemas naturais, ocasionando impactos significativos sobre a biodiversidade e a qualidade ambiental. No Brasil, um dos biomas mais afetados por esse processo é a Mata Atlântica, que atualmente corresponde a aproximadamente 8% de sua extensão original, caracterizando-se por elevada fragmentação de habitats afetando seriamente a diversidade biológica (IBGE, 2008 apud MARTINS et al., 2011). A intensificação das ações antrópicas nessas áreas florestais provoca perturbações ecológicas que atingem diferentes comunidades, incluindo a micota liquenizada (WILL-WOLF et al., 2002 apud MARTINS et al., 2011).

Nesse contexto, a poluição atmosférica pode ser considerada como um dos principais fatores de degradação ambiental em áreas urbanas. De acordo com a Resolução 506, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA (BRASIL, 2024), considera-se poluente atmosférico qualquer forma de matéria presente no ar em quantidade, concentração, tempo ou características que o tornem impróprio ou nocivo à saúde, prejudicial ao bem-estar público, danoso à fauna, à flora e aos materiais, ou ainda que comprometa as atividades normais da comunidade.

A cidade de São Paulo vem apresentando considerável agravamento nos níveis de poluição atmosférica, causado principalmente pela queima de combustíveis fósseis, emissão de poluentes industriais e incineração de resíduos, entre outros agentes poluentes presentes em grandes centros urbanos, representando riscos significativos não apenas à saúde humana, mas também aos organismos vegetais e às comunidades biológicas que dependem diretamente da qualidade do ar.

Diante da necessidade de monitorar os impactos da poluição atmosférica sobre os ecossistemas urbanos, diferentes ferramentas têm sido empregadas para avaliar a qualidade ambiental. Entre elas, destacam-se os organismos bioindicadores, capazes de refletir as alterações nas condições do meio ambiente por meio de sua presença, abundância ou estado de conservação.

Nesse cenário, os líquenes têm sido amplamente utilizados como bioindicadores da qualidade atmosférica. Esses organismos resultam de uma associação simbiótica entre fungos e algas verdes ou cianobactérias (MOREIRA, 2017) e dependem diretamente da atmosfera e do substrato em que vivem para seu metabolismo (SANTONI; LIJTEROFF, 2006). Em condições ambientais favoráveis, os principais tipos morfológicos de líquenes que podem se desenvolver são os crostosos (incrustantes), que apresentam estrutura achatada e aderida ao substrato; os folhosos (foliosos), cujo talo é menos aderido ao substrato e formado por lobos (porções achatadas do talo); e os fruticosos (fruticulosos), constituídos por ramos de diferentes formas e filamentos entrelaçados e mais frouxos (COSTA et al., 2020).

Em regiões urbanas, especialmente em parques localizados dentro de metrópoles, a composição morfológica das espécies liquênicas tende a refletir diretamente os níveis de poluição ambiental. Nessas áreas, há predominância de líquenes crostosos, que apresentam maior tolerância à poluição atmosférica e às condições microclimáticas adversas, como baixa umidade e alta incidência de radiação solar. Essa resistência está associada à sua morfologia compacta e fortemente aderida ao substrato, o que reduz a superfície de exposição e a perda de água, conferindo maior capacidade de sobrevivência em ambientes impactados (NASH, 2008; CONTI; CECCHETTI, 2001).

A distribuição das diferentes composições morfológicas das espécies liquênica, observadas em uma área podem fornecer importantes informações sobre a qualidade ambiental. Vale ressaltar que a ocorrência de líquenes foliosos em uma determinada região, indica condições atmosféricas mais favoráveis nesse local, uma vez que esses organismos apresentam maior sensibilidade aos poluentes presentes no ar. Dessa forma, uma comunidade liquênica com maior representatividade de espécies foliosas em relação às crostosas, está associada a melhores condições de qualidade do ar, ainda que não represente necessariamente um ambiente livre de contaminação urbana. Observa-se, que tanto os líquenes foliosos, quanto os fruticosos possuem talos mais desenvolvidos e maior área superficial, são reconhecidamente mais sensíveis à poluição atmosférica e, portanto, raros de se encontrar, em áreas urbanas com elevada carga de poluentes, sobretudo o fruticoso, mais sensível e extremamente raro em regiões afetadas pelas ações dos seres humanos. Quando presente, esses grupos costumam ocorrer em microhabitats mais protegidos, como regiões com maior cobertura arbórea ou afastadas de fontes diretas de emissão. Dessa forma, a

presença e a abundância relativa desses tipos morfológicos estão associadas a melhores condições de qualidade do ar, constituindo importantes indicadores ecológicos em estudos de biomonitoramento (HAWKSWORTH; ROSE, 1970; NIMIS et al., 2002).

Por não possuírem raízes, cutícula ou tecidos vasculares, os líquenes absorvem diretamente do ar tanto nutrientes quanto contaminantes, acumulando substâncias tóxicas ao longo do tempo. Além disso, apresentam metabolismo lento e elevada longevidade, características que favorecem o monitoramento ambiental em longo prazo. Sua elevada sensibilidade à poluição faz com que sua presença esteja associada a baixos níveis de contaminação, enquanto sua ausência ou redução indica deterioração da qualidade do ar (KLUMPP et al., 2001; FERREIRA, 2008 apud COSTA et al., 2020; CARNEIRO, 2004).

Sob a perspectiva ecotoxicológica, os compostos químicos oriundos de atividades antrópicas atuam como contaminantes ambientais, capazes de causar danos aos organismos vivos. Nesse sentido, as comunidades liquênicas são reconhecidas como ferramentas eficientes para o monitoramento da qualidade do ar, especialmente em estudos preliminares em áreas urbanas pouco investigadas, devido ao seu baixo custo operacional e à capacidade de indicar alterações ambientais de forma sensível e integrada (FUGA et al., 2002; CONTI; CECCHETTI, 2001; SILVA, 2002 apud COSTA et al., 2020).

Entre as metodologias mais utilizadas para avaliação da qualidade do ar por meio de líquenes destaca-se o Índice de Pureza Atmosférica (IPA), que relaciona a frequência e a sensibilidade dos tipos morfológicos liquênicos presentes em determinado local, como parâmetro de bioindicação, permitindo aferir o grau de contaminação atmosférica (KRICKE; LOPPI, 2002 apud SANTONI; LIJTEROFF, 2006). Outros índices, como o Índice de Nitrogenação Liquênica (INL) e o Índice de Sensibilidade Liquênica (ISL), também são empregados como ferramentas complementares na análise ambiental.

Considerando, portanto, a relevância do estudo dos líquenes como agentes bioindicadores da qualidade do ar e a importância do Parque do Piqueri, localizado na zona leste do município de São Paulo, que conta com uma área de 97 mil m² (coordenadas 23°31'39"S; 46°34'26"W), reconhecido pelos moradores do entorno como um pequeno oásis em meio a um bairro marcado pela crescente verticalização urbana e pelo aumento do tráfego de veículos, torna-se valiosa a realização de estudos voltados ao monitoramento ambiental dessa região. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar comparativamente a composição morfológica das comunidades liquênicas presentes em áreas de diferente exposição urbana no Parque do Piqueri, utilizando os líquenes como bioindicadores qualitativos da qualidade do ar.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O ar das grandes cidades tem apresentado cada vez mais, quantidades superiores de contaminantes, sobretudo com a queima de combustíveis fósseis e descargas industriais. De acordo com a Organização Mundial da Saúde – OMS, dados divulgados em abril de 2022 revelaram que cerca de 99% da população mundial respira ar que excede os limites de qualidade recomendados. Tais níveis levaram a OMS a destacar a urgência e a importância em reduzir o uso de combustíveis fósseis e tomar outras medidas factíveis para diminuir os níveis de poluição do ar, que tem causado a morte de 7 milhões de pessoas por ano. (Nações Unidas Brasil, 2022).

Devido ao aumento destes poluentes no ar, torna-se necessário a implementação de medidas de controle, principalmente nos grandes centros urbanos e industriais. Métodos físicos e químicos são mais amplamente usados, porém dada a sofisticação e custo elevado destes métodos, a adoção complementar de sistemas biológicos, como o biomonitoramento e o uso de bioindicadores de qualidade do ar, são muito valiosos e bem-vindos (CARNEIRO, 2004).

Bioindicadores são organismos capazes de responder às alterações ambientais, fornecendo informações sobre as condições dos ecossistemas em que estão inseridos. No contexto da poluição atmosférica, esses organismos permitem detectar a presença e os efeitos de contaminantes por meio de alterações em sua presença, abundância, distribuição ou características fisiológicas. Dessa forma, constituem importantes ferramentas para o monitoramento ambiental, especialmente em áreas urbanas sujeitas a intensa influência antrópica (Braz; Longo, 2021).

De acordo com Nash III (2008), logo na introdução da segunda edição do seu livro, *Lichen Biology*, temos a definição: “Líquens são organismos simbióticos nos quais fungos e algas e/ou cianobactérias formam uma união biológica íntima. Este grupo diverso é encontrado em quase todos os habitats terrestres, dos trópicos às regiões polares.” (NASH III, T. H.; 2008, p.1).

A morfologia dos líquenes constitui uma importante característica utilizada na sua taxonomização e no estudo de suas respostas às condições ambientais. De modo geral, esses organismos podem ser agrupados em três principais formas de desenvolvimento: crostoso, folioso e fruticoso.

Os líquens crostosos apresentam talos fortemente aderidos ao substrato, enquanto os foliosos possuem estrutura laminar, com parte do talo não aderida diretamente à superfície de fixação. Já os fruticosos apresentam talos cilíndricos ou achatados, frequentemente ramificados, que crescem de forma ereta e perpendicular ao substrato. Essas características

morfológicas estão relacionadas à interação dos líquens com as condições ambientais, incluindo aspectos relacionados à disponibilidade de água e à captação de substâncias presentes na atmosfera. A morfologia do talo também constitui uma característica utilizada em estudos de biomonitoramento, permitindo a diferenciação dos principais tipos de crescimento liquênico (Braz; Longo, 2021).

O método de análise utilizando de observação e quantificação de líquenes como bioindicadores é simples, de baixo custo e de resultado rápido, revelando as consequências dos impactos ambientais, fornecendo elementos para a identificação e diagnóstico de possíveis causas, permitindo, então, uma resposta biológica adequada. Por esse método de observação da frequência de líquens é possível avaliar a eficácia das ações atenuantes, caso existam, bem como a proposição de novas soluções para minimizar os impactos ambientais. (Moreira *et al*., 2017, p. 198).

Como aponta SANTONI e LIJTEROFF (2006), a diminuição da qualidade do ar está diretamente ligada a redução e/ou desaparecimento de grupos de líquenes mais sensíveis à poluição atmosférica. Com isso, a suposição do método com o uso de bioindicadores através dos líquenes é que a frequência das espécies seja, portanto, reduzida, à medida que a incidência de poluentes aumenta.

Devido a difusão desses poluentes no ar, faz-se necessário cada vez mais buscar medidas de diagnóstico e controle, principalmente nas grandes cidades. O emprego de bioindicadores como método de detecção dessas alterações ambientais é uma ferramenta eficaz e relativamente rápida, bastante factível dado o baixo custo e a não necessidade de instalações prévias, e, quando associado aos sistemas mecânicos, pode fornecer informações de grande valor. (OLIVEIRA e KUMMROW, 2008, p. 151).

Nas palavras de KÄFFER (2011), o monitoramento passivo prevê que a comunidade liquênica possa ser avaliada através de informações qualitativas obtidas por meio de listas de espécies e mapas de distribuição da comunidade, ou de métodos quantitativos, utilizando cálculos de diferentes índices para estimar a qualidade do ar.

Os testes químicos são métodos utilizados na liquenologia como ferramenta auxiliar na identificação de espécies, complementando as características morfológicas observadas no talo. De acordo com Vaz (2012), entre os métodos utilizados estão os testes de coloração, como as reações com hidróxido de potássio (KOH) e hipoclorito de sódio (NaClO), que permitem detectar a presença de determinados metabólitos secundários produzidos pelos líquens. Essas substâncias apresentam respostas químicas específicas, podendo provocar alterações de coloração após a aplicação dos reagentes e, dessa forma, auxiliar na diferenciação e identificação dos táxons. Assim, os testes químicos constituem uma

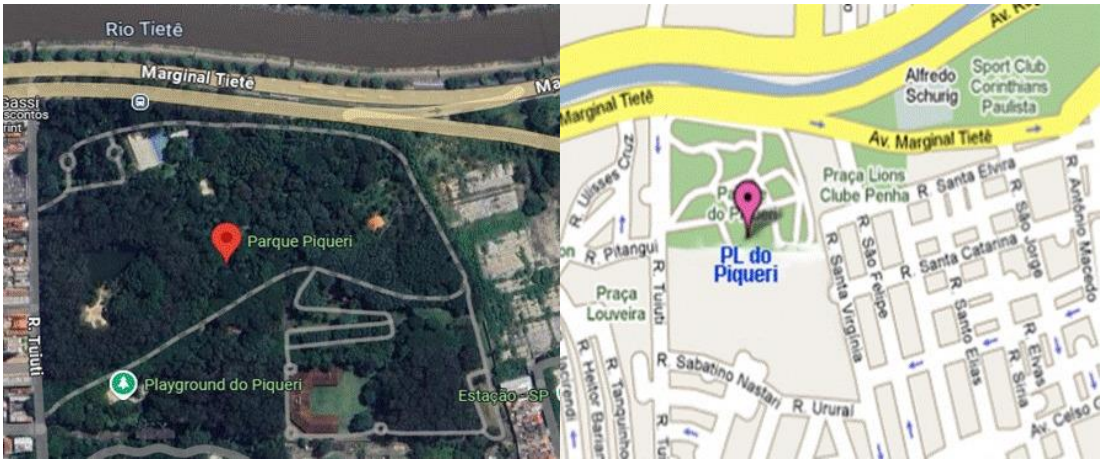
ferramenta complementar à análise morfológica, contribuindo para uma taxonomização mais precisa dos líquens.

Nesta pesquisa, serão utilizados os dois métodos: qualitativo (análise de conteúdo com a identificação e caracterização dos líquenes) e quantitativo (contabilizará a quantidade da frequência da morfologia dos líquenes).

## 3. METODOLOGIA

Foram utilizados os líquens como bioindicadores das condições ambientais do Parque do Piqueri – Vereador Toninho Paiva como área de estudo, localizado no bairro do Tatuapé, na zona leste do município de São Paulo, que conta com uma área de 97 mil m² (coordenadas 23°31'39"S; 46°34'26"W). Considerando suas características morfológicas e sua ocorrência nos forófitos selecionados, a avaliação foi realizada a partir da identificação dos diferentes tipos de talo, classificados em crostoso, folioso e fruticoso, e da frequência de ocorrência desses grupos nos indivíduos amostrados com um ritidoma próprio para o desenvolvimento dos líquenes. Esses dados foram utilizados para caracterizar a comunidade liquênica e avaliar possíveis diferenças nas condições ambientais entre as áreas analisadas.

**Imagem 1 – Mapa do Parque do Piqueri (Vereador Toninho Paiva)**




Fonte: Imagem Satélite Google 23°31’39”S46°34’26”W

Os indivíduos selecionados foram demarcados com barbante ao redor do tronco e identificados por meio de um sistema de codificação alfanumérica, utilizando a letra “E” para designar os forófitos localizados na região externa do parque e a letra “I” para aqueles situados na região interna. Cada grupo foi numerado de 1 a 25, resultando nas identificações E1, E2, E3 e assim sucessivamente para as 25 árvores situadas na porção mais externa do parque,

próxima à Avenida Condessa Elizabeth de Robiano, e I1, I2, I3 e assim por diante para os 25 indivíduos localizados na região interna, nas proximidades do lago. Os 50 indivíduos arbóreos selecionados foram os mesmos durante todo o período de estudo, sendo mantida a mesma identificação dos forófitos em todas as coletas realizadas.

O próximo passo foi a coleta da incidência de líquenes por meio de registros fotográficos e auxílio de um retículo (grade amostral), posicionado diretamente no tronco dos forófitos. Esse procedimento foi realizado de forma sistemática ao longo das quatro estações climáticas (outubro, janeiro, abril e junho), mantendo-se a metodologia em todas as coletas, a fim de garantir a padronização das unidades amostrais.

O retículo (grade amostral) foi confeccionado com papelão e barbante, com dimensões de 50 cm de comprimento por 30 cm de largura e dividido em 10 quadrantes iguais. Para garantir a uniformidade dos registros, foi estabelecida uma altura padrão de 60 cm em relação ao solo, delimitada com o auxílio de uma corda, assegurando que todas as coletas fossem realizadas na mesma faixa do tronco dos indivíduos arbóreos.

**Imagem 2 – Coleta fotográfica de retículo**



Fonte: Elaboração própria

Diferentemente de abordagens baseadas exclusivamente na quantificação absoluta de líquenes, o presente estudo priorizou a análise da morfologia liquênica como principal parâmetro de avaliação de qualidade ambiental. Assim, os registros foram organizados considerando os tipos morfológicos mais comuns: crostosos, foliosos e fruticosos, uma vez

que refletem diferentes níveis de sensibilidade às condições ambientais, especialmente à poluição atmosférica. Essa abordagem permitiu uma interpretação mais qualitativa da comunidade liquênica, associando morfologia às condições do meio ambiente.

Nesse contexto, o cálculo dos líquenes não se baseou na contagem total de indivíduos ou colônias, como é frequentemente abordado, mas sim na frequência de ocorrência dos diferentes grupos morfológicos nos quadrantes do retículo. Cada ocorrência foi registrada conforme o tipo morfológico observado, possibilitando a avaliação da composição estrutural dos líquenes em cada forófito.

A partir dos registros fotográficos obtidos, foi realizada a quantificação da frequência de ocorrência de líquenes, considerando-se o número de quadrantes ocupados, independentemente do tamanho das colônias liquênicas.

Com base na análise dos registros fotográficos, a etapa seguinte do experimento consistiu na coleta de líquenes. Para isso, foram utilizados estilete de precisão e sacos plásticos individuais de fechamento hermético (tipo ziplock) para armazenamento do material. Os sacos foram previamente identificados com a mesma alfa-numeração utilizada para os forófitos, conforme descrito anteriormente.

Os testes químicos foram realizados no córtex superior dos líquenes, com a aplicação de gotas de reagentes, conforme metodologia amplamente empregada em estudos liquenológicos. Foram utilizadas soluções de hidróxido de potássio (KOH) a 20% e hipoclorito de sódio (NaClO), aplicados com auxílio de uma pipeta. As reações foram avaliadas a partir das alterações cromáticas observadas imediatamente após a aplicação dos reagentes, como coloração amarela ou vermelha imediatamente após a aplicação do hidróxido de potássio a 20%, e coloração branca, vermelha ou laranja foi esperada para hipoclorito de sódio.

Os líquenes coletados e utilizados nos testes químicos, contendo resíduos dos reagentes, serão descartados em local apropriado, uma vez que podem representar risco químico e biológico ao meio ambiente e ao bem-estar público. O descarte será realizado nos laboratórios da Universidade Presbiteriana Mackenzie, após a utilização do material como recurso didático nas aulas de graduação do curso de Ciências Biológicas.

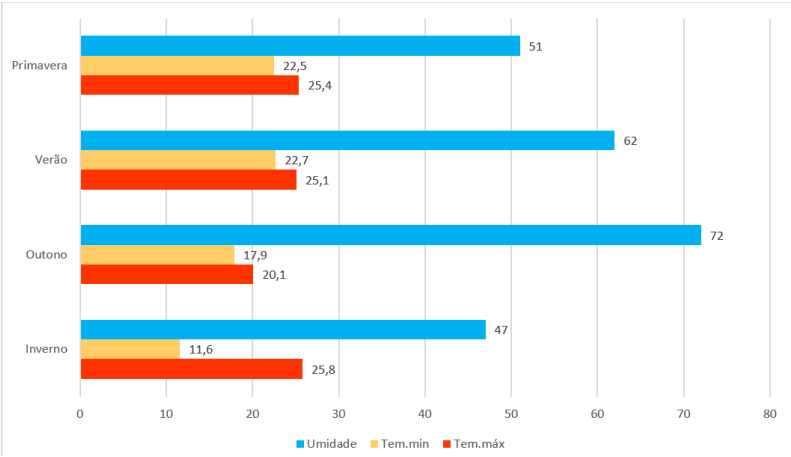
## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Durante os meses de pesquisa e experimentação, foram coletadas amostras de líquenes em vinte e cinco forófitos na região mais externa e vinte e cinco na região mais interna do parque. Os resultados obtidos neste estudo ressaltam o importante papel da

morfologia e quantificação dos líquenes no biomonitoramento da qualidade do ar e do grau de contaminação atmosférica pela poluição acumulada das grandes cidades.

O gráfico abaixo apresenta as temperaturas máximas e mínimas, bem como a umidade relativa do ar registradas nos dias das coletas. Esses fatores ambientais podem influenciar diretamente a ocorrência, o desenvolvimento e a sobrevivência dos líquenes, uma vez que esses organismos dependem da absorção de água proveniente da atmosfera para a realização de suas atividades metabólicas. Dessa forma, períodos com maior umidade favorecem sua hidratação e atividade fisiológica. Além disso, embora os líquenes sejam capazes de tolerar uma ampla faixa de temperaturas (Brodo et al., 2001), variações extremas podem limitar a ocorrência de determinadas espécies. Assim, a composição e a abundância das espécies liquênicas observadas nas coletas podem estar relacionadas às condições de temperatura e umidade presentes durante o período observado.

**Gráfico 1 – Condições meteorológicas registradas nos dias da coleta:**




Fonte: Elaboração própria a partir de dados da INMET e CGESP (2026)

Ao comparar as condições registradas nos quatro dias de coleta, observa-se uma variação nos valores de temperatura e umidade relativa do ar entre as estações. Na primavera, foi registrada temperatura mínima de 22,5 °C, máxima de 25,4 °C e umidade relativa de 51%. No verão, os valores foram de 22,7 °C de temperatura mínima, 25,1 °C de máxima e 62% de umidade. No outono, registraram-se 17,9 °C de mínima, 20,1 °C de máxima e 72% de umidade, enquanto no inverno foram observadas as menores temperaturas, com mínima de 11,6 °C e máxima de 25,8 °C, além de 47% de umidade.

Essas oscilações nas condições ambientais podem ter contribuído para as diferenças observadas na ocorrência e frequência dos morfotipos dos líquenes ao longo do período amostral, uma vez que alterações na disponibilidade de água e nas condições térmicas podem

modificar o estado fisiológico dos líquens. Entretanto, como os dados ambientais coletados representam as condições registradas apenas nos dias e horários específicos de coleta, não é possível estabelecer uma relação direta de causa e efeito entre essas variáveis e a composição da comunidade liquênica. Dessa forma, os valores apresentados devem ser considerados como uma caracterização das condições ambientais encontradas durante as amostragens, contribuindo para a interpretação dos padrões observados no estudo.

De modo geral, os líquenes foliosos e crostosos apresentam maior tolerância a condições ambientais adversas quando comparados aos fruticosos. Essas morfologias são mais resistentes à poluição atmosférica, incluindo contaminantes como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, frequentemente encontrados em áreas urbanizadas, o que favorece sua ocorrência em metrópoles e cidades adjacentes. Em contrapartida, os líquenes fruticosos são mais sensíveis à poluição atmosférica e tendem a ocorrer em ambientes com melhor qualidade do ar, sendo mais comuns em áreas rurais e florestais, distantes dos grandes centros urbanos.

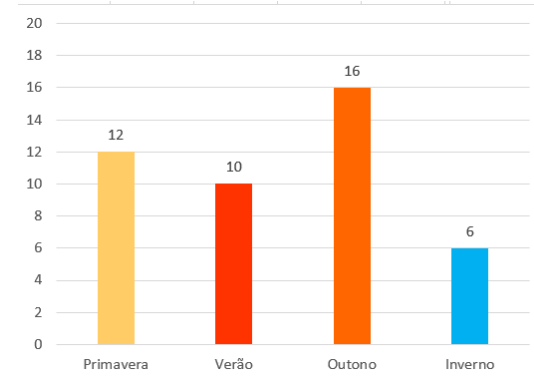
O crescimento dos líquens está relacionado à disponibilidade de água, pois a hidratação do talo é essencial para a retomada de sua atividade fisiológica e fotossintética (WAN; ELLIS, 2020). A capacidade de retenção hídrica varia de acordo com características do talo e entre diferentes espécies, influenciando sua resposta às condições de umidade do ambiente. Assim, as diferentes formas de crescimento, como crostosa e foliosa, podem apresentar respostas distintas aos períodos de hidratação e dessecação (WAN; ELLIS, 2020).

Dessa forma, o número de líquenes identificados e coletados podem ser diferentes ao longo do artigo, de acordo com os critérios de análise utilizados, e considerar que as condições ambientais, bem como o estado de hidratação dos líquenes no momento da coleta e do registro fotográfico, em consideração da temperatura e umidade do dia, podem ter influenciado sua visibilidade, aspecto morfológico e, consequentemente, sua identificação. Os gráficos a seguir apresentam a quantidade de líquenes coletados durante o ano de estudo, bem como os diferentes tipos identificados nesse período.

Na Zona 1, os líquenes foliosos apresentaram 12, 10, 16, 6 indivíduos analisados a cada estação climática.

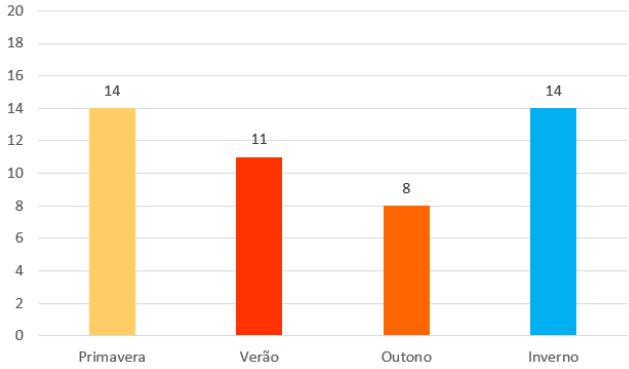
Já os líquenes crostosos totalizaram 14, 11, 8, 14 indivíduos analisados a cada estação climática.

**Gráfico 2 – Zona 1- Foliosos da área externa**




Fonte: Elaboração própria

**Gráfico 3 – Zona 1- Crostosos da área externa**

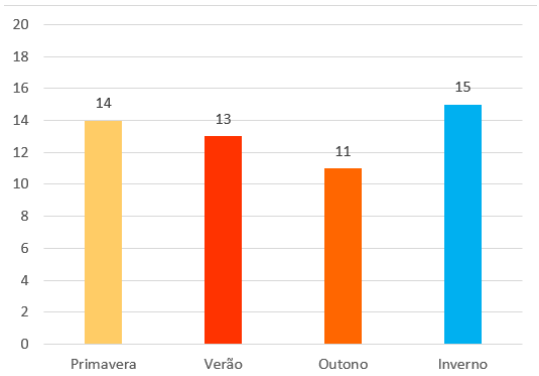



Fonte: Elaboração própria

Na Zona 2, os líquenes foliosos apresentaram 14, 13, 11, 15 indivíduos analisados a cada estação climática.

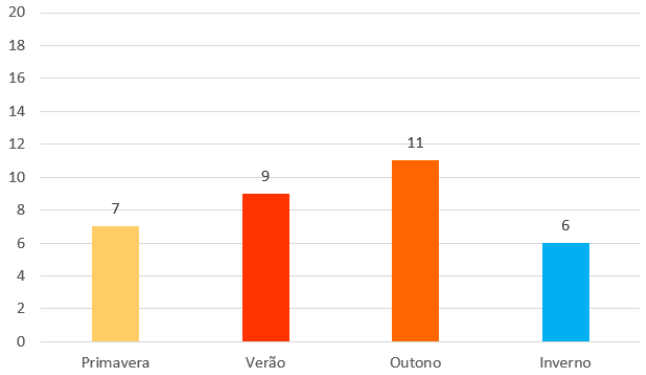
Já os líquenes crostosos totalizaram 7, 9, 11, 6 indivíduos a cada estação climática.

**Gráfico 4 – Zona 2- Foliosos da área interna**




Fonte: Elaboração própria

**Gráfico 5 – Zona 2- Crostosos da área interna**



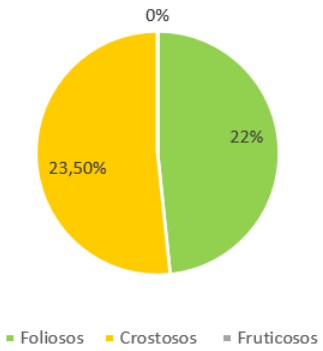

Fonte: Elaboração própria

Os gráficos a seguir apresentam as ocorrências dos três principais tipos morfológicos de líquenes (foliosos, crostosos e fruticosos) registrados no Parque do Piqueri durante as coletas realizadas ao longo das quatro estações climáticas, quando também foram obtidas as amostras destinadas aos testes químicos.

Observamos que os líquenes, foram identificados apenas líquenes de morfologia foliosa e crostosa nas amostras epífitas coletadas. Os líquenes foliosos apresentaram a maior ocorrência, correspondendo a 22% de líquenes encontrados nas árvores amostradas na área externa (44 indivíduos) e 26,5% na área interna (53 indivíduos), enquanto os líquenes crostosos representaram 23,5% na área externa (47 indivíduos) e 16,5% na área interna (33 indivíduos). Não foram identificados exemplares de líquenes fruticosos em nenhuma das áreas amostradas, correspondendo a 0% das árvores observadas. A ausência de líquenes fruticosos pode estar relacionada à maior sensibilidade desse grupo às condições ambientais adversas, especialmente em ambientes sujeitos à influência urbana e à poluição atmosférica.

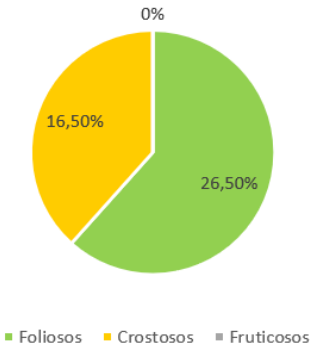
Käffer (2011), em estudo realizado na cidade de Porto Alegre, observou diferenças na ocorrência dos grupos morfológicos de líquenes ao longo de um gradiente de urbanização, destacando a importância das características morfológicas na resposta desses organismos às condições ambientais. Dessa forma, a maior ocorrência de líquenes foliosos e crostosos, em comparação aos fruticosos, pode estar associada à maior tolerância desses grupos às condições encontradas nas áreas amostradas.

**Gráfico 6 – Ocorrência dos principais tipos de líquenes registrados na área externa do parque ao longo das quatro estações do ano**




Fonte: Elaboração própria

**Gráfico 7 – Ocorrência dos principais tipos de líquenes registrados na área interna do parque ao longo das quatro estações do ano**




Fonte: Elaboração própria

Como avaliação complementar, foram realizados testes químicos no córtex superior dos líquenes coletados. Os gráficos a seguir apresentam as variações de coloração observadas após a aplicação dos reagentes químicos. Nos testes realizados com solução de hidróxido de potássio (KOH) a 20%, observou-se coloração amarela imediatamente após a aplicação do reagente, enquanto nos testes com hipoclorito de sódio (NaClO) foi registrada coloração branca ou vermelha. Essas reações cromáticas são bastante utilizadas em estudos liquenológicos como ferramenta auxiliar na identificação de espécies para a taxonomia.

Os testes químicos realizados nos líquenes permitiram complementar a caracterização da diversidade liquênica observada na área de estudo, fornecendo informações adicionais sobre a presença de diferentes substâncias produzidas por esses organismos. Essas análises auxiliam na distinção entre grupos liquênicos com características semelhantes e contribuem para a ampliação do conhecimento sobre a composição da comunidade presente no parque. Embora a identificação definitiva de espécies e a interpretação detalhada dos metabólitos secundários exijam confirmação por especialistas e análises laboratoriais mais aprofundadas,

os resultados obtidos constituem uma importante base preliminar para futuras pesquisas taxonômicas e de biomonitoramento ambiental na região analisada.

Os gráficos a seguir apresentam as respostas químicas observadas nas amostras analisadas. Nos gráficos abaixo observou-se uma grande quantidade de líquenes sem reação química após os testes, tanto na área externa como na interna com 55% dos líquenes sem alteração na sua coloração.

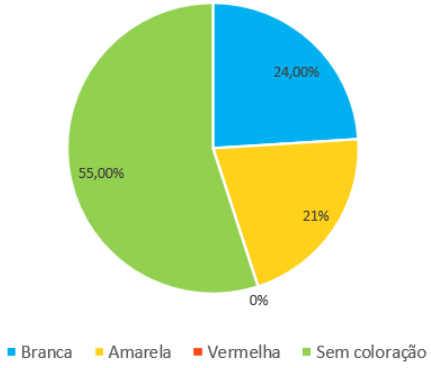
A elevada frequência de resultados negativos pode estar associada à profundidade variável de aplicação dos reagentes no talo liquênico. Em algumas amostras, o reagente pode ter alcançado apenas o córtex superior, enquanto, em outras, a incisão pode ter permitido seu contato com camadas mais internas, como a medula, onde também podem estar concentrados metabólitos secundários, e o contato desses compostos com os reagentes poderia favorecer a ocorrência das reações químicas esperadas, contribuindo para a obtenção de resultados mais representativos para a pesquisa.

Segundo Orange, James e White (2010), a interpretação dos testes microquímicos deve considerar a estrutura do talo e a distribuição dos compostos químicos. Dessa forma, diferenças na profundidade de aplicação podem ter influenciado a intensidade das reações e contribuído para resultados negativos ou interpretações menos precisas.

Na área externa, as amostras liquênicas que apresentaram coloração pós-teste amarela e branca, representam 21% e 24% das amostras, respectivamente.

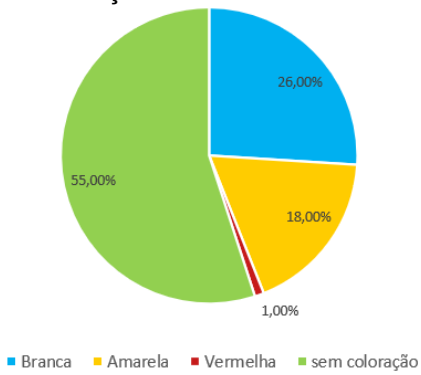
Na área interna, as amostras liquênicas com coloração pós-teste amarela, branca e vermelha, representam 18%, 26% e 1% das amostras, respectivamente.

**Gráfico 8 – Resultados dos testes químicos aplicados em líquenes da área externa do parque ao longo das quatro estações do ano**




Fonte: Elaboração própria

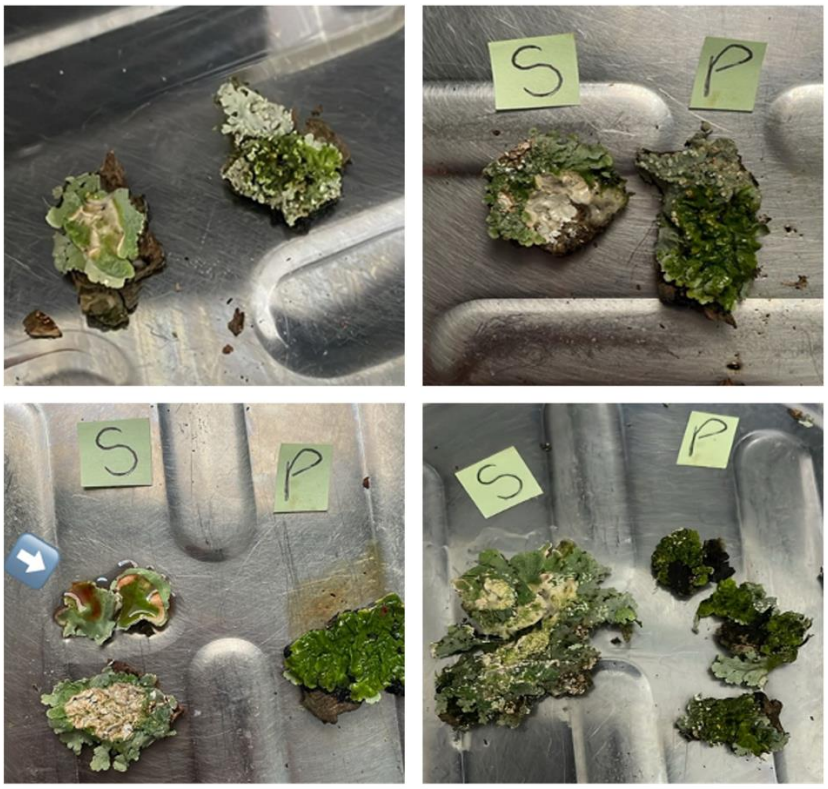
**Gráfico 9 – Resultados dos testes químicos aplicados em líquenes da área interna do parque ao longo das quatro estações do ano**




Fonte: Elaboração própria

Foram registradas coloração amarela no teste com hidróxido de potássio e coloração branca no teste com hipoclorito de sódio. As respostas cromáticas variaram conforme a espécie analisada, podendo ocorrer colorações distintas ou até mesmo a ausência de reação, situação observada na maioria dos líquenes analisados.

**Imagem 3 – Exemplos de coletas dos testes químicos**




Fonte: Elaboração própria

Os resultados evidenciaram diferenças na comunidade liquênica entre as áreas externa e interna do Parque do Piqueri, com maior ocorrência de líquenes foliosos na região interna, maior presença de crostosos na área externa e ausência de fruticosos. Essas diferenças podem estar relacionadas às condições ambientais dos dois setores, uma vez que a composição e a abundância dos líquenes podem refletir alterações na qualidade atmosférica (COSTA et al., 2020).

A maior presença de foliosos na área interna pode estar associada ao maior afastamento das fontes de emissão e à maior cobertura vegetal, enquanto a predominância de crostosos na área externa pode estar relacionada à maior influência do tráfego de veículos. Esse padrão também é compatível com Moreira et al. (2017), que observaram diferenças na ocorrência de líquenes associadas às condições atmosféricas. Os testes químicos complementaram a análise, mas os 55% de amostras sem reação devem ser interpretados com cautela, pois a aplicação dos reagentes no córtex pode ter limitado o contato com metabólitos presentes em regiões internas do talo.

De modo geral, os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com a literatura científica analisada, reforçando o uso de líquens como bioindicadores eficazes da qualidade do ar. Os métodos aplicados apresentaram resultados coerentes entre si e com os estudos comparativos, destacando a importância das áreas verdes urbanas na avaliação e no controle da poluição atmosférica.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram avaliar a qualidade do ar no Parque do Piqueri - Vereador Toninho Paiva, por meio da análise da comunidade liquênica presente nos forófitos selecionados, demonstrando a utilidade dos líquenes como bioindicadores da poluição atmosférica. A análise morfológica dos líquenes, possibilitou identificar diferenças entre as áreas interna e externa do parque, evidenciando condições atmosféricas mais favoráveis na região interna. O Índice de Pureza Atmosférica (IPA) não foi adotado para o presente estudo, que considerou aspectos morfológicos dos líquenes, sem identificação de espécies, como base para comparações entre as áreas amostradas.

A predominância de líquenes foliosos e crostosos e a ausência de líquenes fruticosos indicam que, embora o parque apresente condições ambientais capazes de sustentar comunidades liquênicas relativamente diversificadas, a influência da urbanização e das fontes de emissão de poluentes ainda exerce impacto sobre a qualidade do ar local. Os testes químicos realizados complementaram a caracterização das amostras coletadas, fornecendo

informações relevantes para futuras identificações taxonômicas e reforçando a importância da utilização de diferentes abordagens no estudo das comunidades liquênicas.

Dessa forma, conclui-se que o biomonitoramento por líquenes constitui uma ferramenta eficiente, de baixo custo e de fácil aplicação para a avaliação da qualidade atmosférica em ambientes urbanos. Além disso, os resultados obtidos reforçam a relevância das áreas verdes urbanas na diminuição dos efeitos da poluição do ar, e destacam a necessidade da conservação e ampliação desses espaços nos centros urbanos, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e para a melhoria da qualidade ambiental e da saúde da população. Assim, este estudo contribui para o conhecimento das condições ambientais do Parque do Piqueri - Vereador Toninho Paiva, e reforça o potencial dos líquenes como organismos fundamentais em análises de monitoramento ambiental, fornecendo auxílio para futuras pesquisas e para o planejamento de estratégias de gestão e conservação dos espaços verdes.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024. *Altera a Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar.* Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jul. 2024. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&view=atonormativo&id=756#:~:text=Estabelece%20padr%C3%B5es%20nacionais%20de%20qualidade,1%C2%BA%20ao%208%C2%BA%2C%20os%20arts.>. Acesso em: 11 fev.2026.

BRAZ, Sofia Negri; LONGO, Regina Márcia. Qualidade ambiental das cidades: uso de bioindicadores para avaliação da poluição atmosférica. *Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares*, Campinas, v. 2, e215198, 2021. DOI: < 10.24220/2675-7885v2e2021a5198 >. Acesso em: 17 ago. 2026

BRODO, I. M.; SHARNOFF, S. D.; SHARNOFF, S. *Lichens of North America*. New Haven: Yale University Press, 2001. 38-40,75-77 p. Disponível em: < https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/be180/Relatorios/P3-Liquens.pdf > . Acesso em: 15 jun. 2026.

CARNEIRO, R. M. A., 2004. Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade. 2004. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-433523>. Acesso em: 08 fev. 2026.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS (CGE). Estações meteorológicas. CGE – Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cgesp.org/v3/estacoes-meteorologicas.jsp>. Acesso em: 21 jun. 2026.

CONTI, M. E.; CECHETTI, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment - A Review. Environmental Pollution, v. 114, p. 471-492, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/11764262_Biological_monitoring_lichens_as_bioindicators_of_air_pollution_assessment_-_A_review >. Acesso em: 15 fev. 2026.

COSTA, Anne Danielle Mendes Martins da; SILVA, Thiara de Freitas; ALVARENGA, Cibele Andrade de; COSTA, Arthur Mendes Guerra Martins da. Indicadores de qualidade do ar mediante o uso dos liquens na área urbana do município minerador de Itabira/MG, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 12, e38891211310, 2020. DOI: < http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11310>. Acesso em 20 jan. 2026.

FUGA, Alessandra; et al. Análise de espécies de líquenes epifíticos para uso na biomonitoração de poluentes atmosféricos. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Departamento de Química, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/MitikoSaiki/publication/268384245_ANALISE_DE_ESPECIES_DE_LIQUENS_EPIFITICOS_PARA_USO_NA_BIOMONITORACAO_DE_POLUENTES_ATMOSFERICOS/links/561257ea08aec422d1174d06/ANALISE-DE-ESPECIES-DE-LIQUENS-EPIFITICOS-PARA-USO-NA-BIOMONITORACAO-DE-POLUENTES-ATMOSFERICOS.pdf> . Acesso em: 20 jan. 2026.

HAWKSWORTH, David L.; ROSE, Francis. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, v. 227, n. 5254, p. 145–148, 1970. DOI: 10.1038/227145a0. Disponível em: https://doi.org/10.1038/227145a0. Acesso em: 27 mar. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal INMET. Portal INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 16 jun. 2026.

KÄFFER, M. I. Biomonitoramento da qualidade do ar com o uso de líquenes na cidade de Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2011. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/30187>. Acesso em: 19 mar. 2025.

KLUMPP, A., Ansel, W., Klumpp, G., & Fomin, A. (2001). Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras. *Revista Brasileira de Botânica, 24*(4), 511-518. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000500005>. Acesso em: 16 dez. 2025.

MARTINS, Suzana et al. Fungos liquenizados da Mata Atlântica, no sul do Brasil. Acta Botanica Brasilica, Porto Alegre, 25, 2, 286 - 292, mar. 2011. disponível em: https://www.scielo.br/j/abb/a/HjzhDn7Lws3ThqyY7vpvhDn/?format=jhtml&lang=pt (Fungos liquenizados da Mata Atlântica, no sul do Brasil, Suzana Maria de Azevedo Martins). Acesso em: 16 dez. 2025.

MOREIRA, F. D., Fonseca, M. M., Ferreira, L. F., AGUIAR, R. A., SANTOS, S. C., CARPANEZ, T. G., & SANTIAGO, I. F. (2017). Uso de líquenes como bioindicadores da qualidade do ar em centro urbano, Juiz de Fora/MG. *6 Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. p. 198-202. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325732823_USO_DE_LIQUENS_COMO_BIOINDICADORES_DA_QUALIDADE_DO_AR_EM_CENTRO_URBANO_JUIZ_DE_FORA_MG. Acesso em: 19 dez. 2025.

NASH III, T. H. Lichens Biology. 2ªed. Cambridge: Cambridge University Press; 2008. p1-8. Disponível em: <https://assets.cambridge.org/97805218/71624/excerpt/9780521871624_excerpt.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2025.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. Novos dados da OMS revelam que bilhões de pessoas ainda respiram ar insalubre. *Nações Unidas Brasil*, 5 abr. 2022. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/176864-novos-dados-da-oms-revelam-que-bilh%C3%B5es-de-pessoas-ainda-respiram-ar-insalubre. Acesso em: 08 set. 2025.

NIMIS, Pier Luigi; SCHEIDEGGER, Christoph; WOLSELEY, Patricia A. Monitoring with lichens – monitoring lichens: an introduction. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 1–4. DOI: 10.1007/978-94-010-0423-7. Acesso em: 06 jan. 2026.

OLIVEIRA, D.P., KUMMROW, F., 2008, p.144. Poluentes da Atmosfera, in: S. Oga, M.M. de A. Camargo, J.A. de O. Batistuzzo (Orgs.) Fundamentos de Toxicologia, 3ª ed. São Paulo. Atheneu Editora. Disponível em: < https://archive.org/details/fundamentos-de-toxicologia-3a-edicao-seizi-oga-1completo/page/n5/mode/2up>. Acesso em: 28 mar.2025.

ORANGE, Alan; JAMES, Peter Wilfrid; WHITE, Francis John. Microchemical methods for the identification of lichens. 2. ed. London: British Lichen Society, 2010. 101 p. Disponível em: https://britishlichensociety.org.uk/sites/default/files/document-downloads/Orange%20Microchemical%20Methods.pdf. Acesso em: 19 ago. 2026.

VAZ, Raíssa Pieroni. *Levantamento preliminar de líquens epifíticos comumente utilizados como bioindicadores da qualidade do ar na Estação Ecológica da UFMG, Brasil: gêneros Parmotrema e Canoparmelia*. 2012. Monografia (Especialização em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: https://www.ufmg.br/estacaoecologica/wp-content/uploads/2020/11/2012-VAZ-Raissa-Pieroni-liquens-epifiticos.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

SANTONI, Celina; LIJTEROFF, Rubén. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de San Luis, Argentina. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 22. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v22n1/0188-4999-rica-22-01-49.pdf . Acesso em: 17 mar. 2025.

WAN, S.; ELLIS, C. J. Are lichen growth form categories supported by continuous functional traits: water-holding capacity and specific thallus mass? *Edinburgh Journal of Botany*, v. 77, n. 1, p. 65–76, 2020. DOI: <10.1017/S0960428619000209. https://journals.rbge.org.uk/ejb/article/view/1749?utm_> . Acesso em: 16 AGO. 2026

**Contatos:** leticialoureiro0702@gmail.com e adriano.castro@mackenzie.br