




Efeito das perturbações antrópicas sobre a biodiversidade de líquens em uma floresta ripária na Amazônia Oriental

Raul César Silva Barros^{1,*}

 <https://orcid.org/0009-0006-3381-0167>

* Contato principal


Murilo Gabriel da Silva Chaves¹

 <https://orcid.org/0009-0003-9796-3435>


Joane de Almeida Alves¹

 <https://orcid.org/0009-0002-1821-9206>

Eduardo Silva do Nascimento Albuquerque¹

 <https://orcid.org/0009-0006-4794-8984>

Lucas Mariano de Siqueira Pimentel¹

 <https://orcid.org/0009-0003-8225-1144>


Anna Catharina dos Santos da Silva¹

 <https://orcid.org/0000-0003-1317-6489>

André Vinicius Alves Nava¹

 <https://orcid.org/0009-0009-2219-2051>

Flavia Karoliny Araújo dos Santos¹

 <https://orcid.org/0009-0009-3774-6352>

Felipe Fernando da Silva Siqueira¹

 <https://orcid.org/0000-0003-2634-2247>

¹ Faculdade de Ciências Biológicas/FACBIO, Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas/IESB da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará/Unifesspa, Marabá/PA, Brasil. <rauleubiologo@gmail.com, murilochaves033@gmail.com, joaneaa@unifesspa.edu.br, eduardoalbuquerque677@gmail.com, lelpim@gmail.com, annacatharinasilvabio@gmail.com, andreviniciusalves15@gmail.com, flaviakarolinyaraujo56@gmail.com, felipe.uast@gmail.com>

Recebido em 29/08/2024 – Aceito em 08/01/2025

Como citar:

Barros RCS, Chaves MGS, Alves JA, Albuquerque ESN, Pimentel LMS, Silva ACS, Nava AVA, Santos FKA, Siqueira FFS. Efeito das perturbações antrópicas sobre a biodiversidade de líquens em uma floresta ripária na Amazônia Oriental. *Biodivers. Bras.* [Internet]. 2025; 15(1): 25-35. doi: 10.37002/biodiversidadebrasileira.v15i1.2671

Palavras-chave: Bioindicadores; fungos; conservação.

RESUMO – As perturbações antrópicas ocasionam redução na diversidade da fauna e flora, nos serviços ecossistêmicos e mudanças na qualidade ambiental (atmosfera, solo e aquática). Os líquens são reconhecidos por serem bioindicadores de qualidade ambiental. Alterações na estrutura da comunidade líquênica como frequência, cobertura, diversidade e vitalidade das espécies estão relacionadas com a concentração de poluentes na atmosfera. O objetivo deste estudo é analisar a abundância e diversidade de líquens em uma área de floresta ripária na Amazônia Oriental. Para as análises, foram designadas três áreas com diferentes níveis de estresse ecológico (desmatamento), caracterizadas como: alta, média e baixa perturbação antrópica. Para cada *habitat* foram utilizados três pontos quadrantes com um intervalo de 20 m de distância. A amostragem ocorreu no tronco das árvores em uma área igual a 1 m dentro de cada quadrante. Na área com alta perturbação foram encontrados 205 líquens e 4 morfotipos, enquanto na área de média perturbação 407 líquens e 5 morfotipos. Por fim, na área de menor perturbação foram encontrados 906 líquens com 8 morfotipos. O morfotipo mais frequente nas três áreas foi o crostoso verde. A área de baixa perturbação antrópica apresentou maior abundância de líquens. Não foi encontrada diferença entre a riqueza de morfotipos, apenas entre as composições dos morfotipos nas comunidades. Portanto, conclui-se que a área de baixa perturbação apresentou a maior abundância de líquens, sendo indicativo de área de alta qualidade ambiental.



Effect of anthropogenic disturbances on lichen biodiversity in a riparian forest in the Eastern Amazon

Keywords: Bioindicators; fungi; conservation.

ABSTRACT – Anthropogenic disturbances cause reductions in the diversity of fauna and flora, ecosystem services and changes in environmental quality (atmosphere, soil and water). Lichens are recognized as bioindicators of environmental quality. Changes in the structure of the lichen community such as frequency, coverage, diversity and vitality of species are related to the concentration of pollutants in the atmosphere. The objective of this study is to analyze the abundance and diversity of lichens in an area of riparian forest in the Eastern Amazon. For the analyses, three areas with different levels of ecological stress (deforestation) were designated, characterized as: high, medium and low anthropic disturbance. For each habitat, three quadrant points with an interval of 20 meters were used. Sampling occurred on the trunk of the trees in an area equal to 1 meter within each quadrant. In the area with high disturbance, 205 lichens and 4 morphotypes were found, while in the area of medium disturbance, 407 lichens and 5 morphotypes. Finally, in the area of least disturbance, 906 lichens with 8 morphotypes were found. The most frequent morphotype in the three areas was green crustose. The area of low anthropogenic disturbance showed a greater abundance of lichens. No difference was found between the richness of morphotypes only between the compositions of the morphotypes in the communities. Therefore, it is concluded that the area of low disturbance showed the greatest abundance of lichens, indicating an area of high environmental quality.

Efecto de las perturbaciones antropogénicas sobre la biodiversidad de líquenes en un bosque ribereño de la Amazonia Oriental

Palabras clave: Bioindicadores; hongos; conservación.

RESUMEN - Las perturbaciones humanas provocan una reducción en la diversidad de la fauna y la flora, los servicios ecosistémicos y cambios en la calidad ambiental. Los líquenes son reconocidos como bioindicadores de la calidad ambiental. Los cambios en la estructura de la comunidad de líquenes como la frecuencia, cobertura, diversidad y vitalidad de las especies están relacionados con la concentración de contaminantes en la atmósfera. El objetivo de este estudio es analizar la abundancia y diversidad de líquenes en una zona de bosque ribereño de la Amazonía Oriental. Para los análisis se designaron tres áreas con diferentes niveles de estrés ecológico (deforestación), caracterizados como: alta, media y baja perturbación antropogénica. Para cada hábitat se utilizaron tres puntos de cuadrantes separados por 20 metros. El muestreo se realizó sobre los troncos de los árboles en un área igual a 1 metro dentro de cada cuadrante. En la zona de alta perturbación se encontraron 205 líquenes y 4 morfotipos, mientras que en la zona de media perturbación se encontraron 407 líquenes y 5 morfotipos. Finalmente, en la zona menos perturbada se encontraron 906 líquenes con 8 morfotipos. El morfotipo más común en las tres zonas fue el crustoso verde. La zona de baja perturbación antropogénica tuvo mayor abundancia de líquenes. No se encontró diferencia entre la riqueza de morfotipos sólo entre las composiciones de morfotipos en las comunidades. Por lo tanto, se concluye que la zona de baja perturbación tuvo la mayor abundancia de líquenes, indicando que tiene alta calidad ambiental.

Introdução

Desde sempre, a humanidade utiliza recursos naturais para sobreviver; no entanto a partir da Revolução Industrial, em 1760, o uso intensivo desses recursos aumentou drasticamente, causando

alterações significativas na estrutura dos ecossistemas [1]. Esse uso inadequado dos recursos naturais, conhecido como perturbações antrópicas, causa alterações na regulação do clima, na qualidade ambiental, reduzindo a diversidade da fauna e flora, afetando a diversidade filogenética e os



serviços ecossistêmicos [2]. As perturbações que provocam alterações permanentes no ambiente são denominadas perturbações agudas e decorrem de ações como o desmatamento, resultando na redução do *habitat* e na perda de espécies. Além disso, os ambientes podem sofrer alterações denominadas perturbações crônicas, a partir de atividades como criação extensiva de animais, caça e introdução de espécies exóticas que a partir do desbalanceamento ecológico e da redução da resiliência da floresta, são caracterizadas pela remoção constante de biomassa florestal. Neste sentido, ambas são destrutivas e ocasionam os mesmos efeitos na biota [3][4].

A Floresta Amazônica é uma floresta tropical úmida que abrange uma das maiores biodiversidades de espécies, apresentando cerca de 30.000 espécies de angiospermas, 1.800 de peixes, 1.300 de aves, 311 de mamíferos, 232 de anfíbios, 273 de répteis, e aproximadamente 1.900 espécies de líquens não identificados, estimando que haja muito da biodiversidade para descobrir [5][6]. As perturbações antrópicas estão causando impactos graves na Floresta Amazônica; nos últimos 39 anos, houve uma redução de 55 milhões de hectares, o que corresponde a 14% da área, sendo um dos fatores relacionado a essa perda principalmente o avanço da agropecuária com práticas de corte e queima da vegetação em larga escala, que geram modificações no clima da região, exposição do solo à erosão, alteração da ciclagem da água, armazenamento do gás carbônico, efeito estufa, aumento da inflamabilidade e conseqüentemente o risco de fogo, em números o avanço da agropecuária em 2023 foi de 15,1% [6][7][8][9]. Além disso, essas práticas contribuem para o aumento do efeito estufa, cujas conseqüências afetam o clima em escala global [7][10]. As perturbações estão relacionadas diretamente com a perda de espécies e conseqüentemente a homogeneização da biota [11].

As perturbações antrópicas provocadas nos diferentes ambientes refletem a importância de ferramentas que permitam avaliar a condição dos ecossistemas. Alguns organismos podem servir como indicadores de qualidade ambiental, quando estes são sensíveis às modificações causadas na estrutura de um ecossistema. Nesse sentido, mudanças na distribuição e na riqueza de um grupo bioindicador servem como parâmetros para avaliar a qualidade do ambiente [12]. Dentre as aplicações dos organismos bioindicadores podem ser citadas indicação de mudanças climáticas, degradação, destruição e contaminação dos ecossistemas [13]. Diversos organismos estão sendo utilizados como

bioindicadores pela sua facilidade de observação como algas, briófitas, besouros, moscas e líquens [12][14][15][16][17][18].

Os líquens são organismos simbiotes, frutos de uma associação entre fungos e algas ou cianobactérias. Nessa associação, as algas são responsáveis por realizar a fotossíntese e produzir carboidratos que são compartilhados com os fungos, que por sua vez, concedem proteção e compartilham água e minerais para as algas [19]. Os líquens possuem uma relação íntima com a atmosfera para a obtenção de nutrientes, portanto, são conhecidos por serem muito sensíveis à poluição atmosférica. A elevada concentração de poluentes, incluindo metais, pode diminuir a vitalidade, abundância e diversidade de líquens [20]. Nesse sentido, os líquens são indicadores biológicos que estão sendo fortemente utilizados para a avaliação da qualidade ambiental [17][18].

Perante o cenário de perturbações antrópicas e mudanças climáticas na região amazônica, este trabalho tem como objetivo avaliar se ambientes mais heterogêneos, complexos e de maior qualidade ambiental (com menor perturbação antrópica) apresentam maior abundância e diversidade de líquens, em comparação a ambientes homogêneos e de baixa qualidade ambiental (com maior perturbação). Além disso, destaca-se a relevância dos líquens como bioindicadores, considerando sua alta diversidade de morfotipos na Amazônia e sua maior eficiência de catalogação em relação a outros bioindicadores. Esperamos que ambientes com alta qualidade ambiental apresentem maior abundância e diversidade taxonômica de morfotipos líquênicos do que ambientes de baixa qualidade ambiental

Materiais e Métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma área de floresta ripária do rio Tauarizinho (Figura 1) na Amazônia Oriental, na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa - Campus III) (5° 21' 52" S 49° 01' 09" W) sendo ela uma área correspondente de floresta tropical úmida. Está localizada no município de Marabá, que, por sua vez, situa-se no ponto de encontro entre os rios Tocantins e Itacaiúnas, na região sudeste do estado do Pará. Composto por manchas de vegetação de três tipos: Floresta antrópica caracterizada por uma

área florestal antropizada, com maior densidade de vegetação rasteira e com dossel aberto; floresta ombrófila aberta abrigando elevada densidade arbórea com troncos retos e copas largas e floresta ombrófila densa, contendo predominância do estrato arbóreo e o solo rico em serapilheira. O clima da região é categorizado como semi-úmido com temperatura média anual em torno dos 26°C e índice pluviométrico elevado, de aproximadamente 2.200 mm anuais [21].

O rio Tauarzinho se localiza na região hidrográfica denominada Tocantins-Araguaia, possuindo uma área de aproximadamente 920 mil km² de área, demarcando o limite entre os municípios de Marabá e São Geraldo do Araguaia. Possui desde sua nascente na terra indígena Sororó do povo Suruí do Pará até sua foz no rio Tocantins, aproximadamente 103,45 km [22].

Coleta dos dados

Caracterização das perturbações antrópicas

A caracterização das áreas foi realizada utilizando descritores de perturbação antrópica que analisavam: (1) a média de matéria seca de serapilheira presente na área; (2) distância da área em relação à perturbação antrópica de maior incidência (Estrada); e (3) o número

de cortes (facão ou motosserra) presentes em troncos, a partir das incisões na vegetação das áreas de estudo (Quadro 1) [23].

Para a obtenção da média de matéria seca, a serapilheira foi coletada em uma área de 1 m² em cada ponto quadrante, sendo armazenada em sacos plásticos e posteriormente pesadas para a obtenção do peso úmido. Após isso, foram secas em estufa por aproximadamente 48 horas, até que estivessem completamente secas e quebradiças, sendo posteriormente pesadas novamente para obtenção do peso seco. O valor da média da matéria seca da serapilheira foi obtido a partir da razão do peso úmido pelo peso seco [23]. A distância das áreas de estudo para a estrada foi obtida por imagens de satélites utilizando o software Google Earth, e a quantidade de cortes presentes por tronco foram observadas em campo nas respectivas áreas e fotografadas. Diante dos resultados, será feito um índice de preservação ambiental para caracterização das áreas. O índice será um somatório dos valores de cada área, da seguinte forma: $IPA = s + d + (-c)$. Onde: IPA = Índice de preservação ambiental, s = biomassa seca (serapilheira), d = distância para estrada mais próxima e c = quantidades de cortes na vegetação. Os parâmetros s e d , a medida que aumentam a quantidade, indicam ambientes preservados enquanto o inverso acontece para o parâmetro c [23]. Assim, quanto maior o valor de IPA mais preservada são as áreas.

Quadro 1 – Descritores de perturbação antrópica utilizados para caracterizar as áreas de estudo neste trabalho.

Área	Serapilheira (g)	Distância para estrada (m)	Cortes na vegetação	Índice de preservação ambiental	Caracterização antrópica das áreas
1	1269	35,19	43	1261,19	Alta
2	1256	169,74	21	1404,74	Média
3	1282	416,37	11	1687,37	Baixa

Amostragem

Para a coleta dos dados biológicos, foram designadas três áreas caracterizadas como alta, média e baixa perturbação antrópica. Dentro de cada área foram demarcados aleatoriamente três pontos quadrantes, medindo um total de 50 m² e com o distanciamento de 20 m entre si (Figura 2), a fim de analisar a riqueza e abundância de morfotipos líquênicos. Ao decorrer dos pontos, os líquens foram fotografados e os dados de abundância foram

considerados a partir da somatória total por ponto quadrante e a riqueza foi registrada e comparada de acordo com características específicas dos líquens: sua cor e seu tipo (crostoso, fruticoso ou folhoso). Para a identificação dos líquens, alguns hectares foram coletados em campo e posteriormente foram observadas apenas suas estruturas macroscópicas em estereoscópio. Além disso, foi utilizado guia de identificação de líquenes epífitos para morfotipar os líquens encontrados [24].

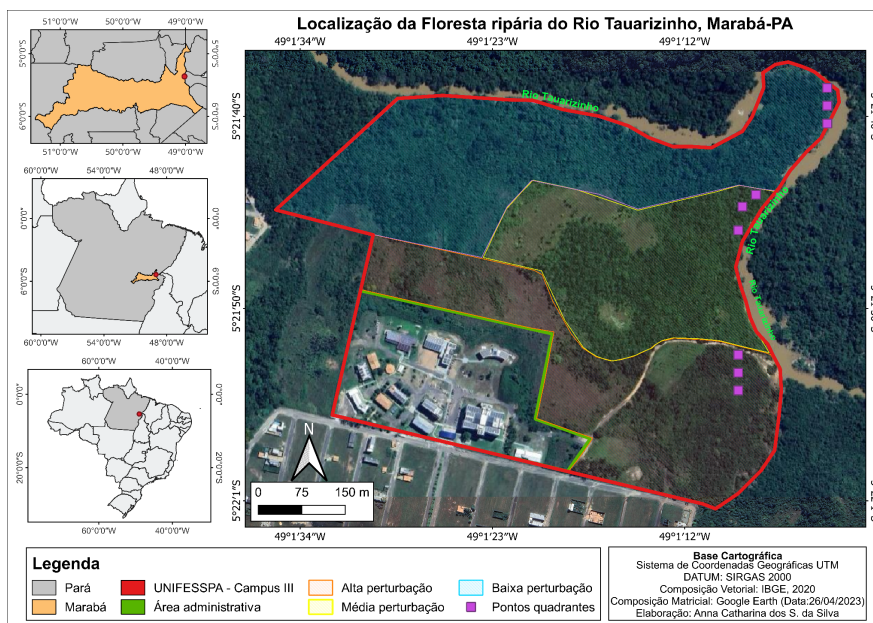


Figura 1 – Área de mata ciliar localizada no campus III da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), no município de Marabá, Pará.

Análise dos dados

Os dados obtidos de abundância e riqueza foram submetidos à verificação da homocedasticidade pelo teste de Levene, e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk [25]. As variáveis respostas (abundância e riqueza) foram analisadas em relação aos tratamentos (alta, média e baixa perturbação) pela análise da variância (ANOVA) com realização do teste de Tukey ($p < 0,05$) a posteriori. O coeficiente de Jaccard foi realizado para verificar a similaridade entre as comunidades de líquens entre as áreas. Todas as análises foram feitas no software R[26].

Resultados

A abundância total de líquens encontrados foi de 1.518, sendo: área de alta perturbação antrópica (205 líquens); área de média perturbação (407 líquens); e na de baixa perturbação (906 líquens). A área de baixa perturbação apresentou abundância de líquens diferindo das áreas de média e alta perturbação que foram semelhantes entre si ($F = 8,136$; $p = 0,019$) (Figura 2).

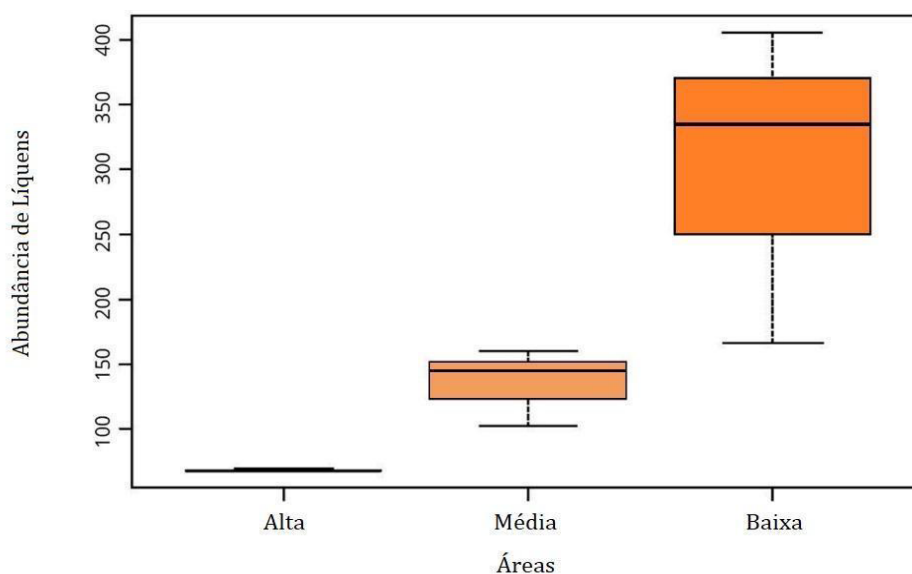


Figura 2 – Abundância de líquens encontrada nas áreas de alta, média e baixa perturbação antrópica da Floresta ripária do rio Tauarizinho localizada no campus III da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará de Marabá.

Os morfotipos mais abundantes, em média, nas três áreas foram: crostoso verde (60 espécimes), crostoso branco (21 espécimes) e folhoso (19 espécimes), indicando uma certa uniformidade na composição dos líquens, apesar das diferenças de

diversidade entre as áreas de estudo. Além desses, foram encontrados os morfotipos crostoso laranja, amarelo, vermelho, marrom e verde com manchas pretas (Figura 3).



Figura 3 – Representação dos morfotipos liquênicos encontrados na floresta ripária do campus III da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará de Marabá. (A) crostoso marrom, (B) crostoso vermelho, (C) crostoso laranja, (D) crostoso amarelo, (E) crostoso branco, (F) crostoso verde com pontos pretos, (G) crostoso verde, (H) folhoso. Escalas: A = 6 cm, B = 4 cm, C = 12 cm, D = 15 cm, E = 9 cm, F = 7 cm e H = 2 cm.

A riqueza total de morfotipos liquênicos nas três áreas foi de 8 tipos, com 4 morfotipos na área de alta perturbação antrópica, 5 na de média perturbação e todos os 8 morfotipos na área de baixa perturbação.

Não houve diferença na riqueza de morfotipos entre as áreas ($F = 0,857$; $p = 0,471$) (Figura 4). As espécies de líquens encontradas nas três áreas estão listadas na Tabela 1.

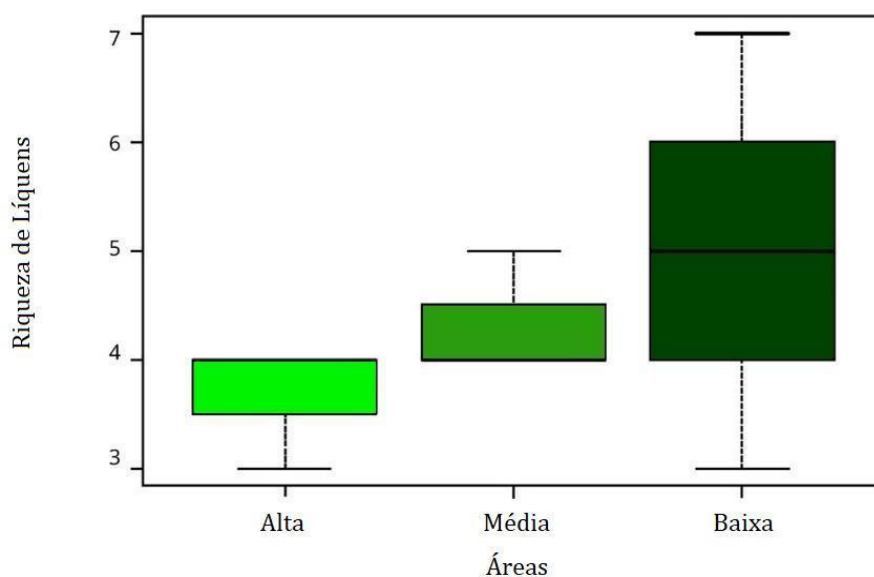


Figura 4 – Número de morfotipos encontrada nas áreas de alta, média e baixa perturbação antrópica da Floresta ripária do rio Tauarizinho localizado no campus III da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará de Marabá.

Tabela 1 – Riqueza de espécies e morfotipos encontrados nas áreas de alta, média e baixa perturbação antrópica da Floresta ripária do campus III da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará de Marabá. Legenda: cv = crostoso verde, cve = crostoso vermelho, ca = crostoso amarelo, cb = crostoso branco, cl = crostoso laranja, cm = crostoso marrom, cp = crostoso com pontos pretos, f = folhoso.

Espécie	Morfotipo	Ocorrência
<i>Anaptychia</i> sp	f	alta, média e baixa
<i>Collema</i> sp	cv	média
<i>Coloplaca</i> sp	cl	média
<i>Chrysothrix candelaris</i>	ca	baixa
<i>Cryptothecia</i> sp	cv, cb	média
<i>Chrysothrix</i> sp	cv	baixa
<i>Diploicia</i> sp	cb	baixa
<i>Flavoparmelida</i> sp	cv	média e baixa
<i>Lecidella</i> sp	cp	média e baixa
<i>Lebraria</i> sp	cv, cb, cm, cve	alta, média e baixa
<i>Opegrapha</i> sp	cp	média

O índice de similaridade entre as composições dos morfotipos analisados foi alto (83%) nas áreas de baixa e média perturbação, enquanto na área de alta

perturbação antrópica quando comparada com as demais áreas, observou-se um índice de similaridade inferior (53%) (Figura 5).

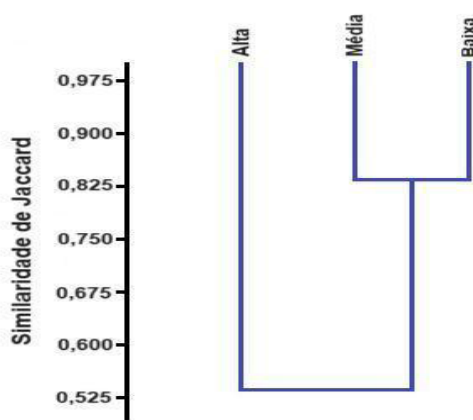


Figura 5 – Análise de similaridade pelo índice de Jaccard dos morfotipos de líquens encontrados nas áreas de baixa, média e alta perturbação antrópica de Floresta ripária do campus III da Federal do Sul e Sudeste do Pará de Marabá.

Discussão

No presente estudo, levantamos a hipótese de que ambientes com alta qualidade ambiental apresentam maior abundância e diversidade taxonômica de morfotipos liquênicos do que ambientes de baixa qualidade ambiental. Essa hipótese se baseia em diversos mecanismos ecológicos e fisiológicos que

os líquens apresentam como bioindicadores da qualidade ambiental [27]. A hipótese foi parcialmente corroborada, pois encontramos maior abundância de líquens em áreas de baixa perturbação antrópica. Entretanto, sem diferença para a riqueza de morfotipos, apesar de encontrar composições diferentes. Esses resultados indicam que a presença e abundância de líquens em um determinado local podem fornecer

informações sobre as condições ambientais. Em ambientes com alta qualidade ambiental, onde não há distúrbios ambientais graves (baixa perturbação antrópica), os líquens podem se desenvolver em maior abundância devido a condições favoráveis, como temperatura estável, alta umidade e sombra que fornecem um ambiente ideal para o crescimento dos líquens [28]. Já em ambientes degradados por atividades humanas, como desmatamento, mineração e agricultura, os líquens podem ser afetados por distúrbios como a perda de *habitat*, a fragmentação do ambiente e a alteração das condições microclimáticas, levando à diminuição da abundância [29].

A área de baixa ação antrópica apresentou maior abundância de líquens em comparação com as áreas de média e alta ação antrópica. Esse resultado corrobora a nossa hipótese inicial de que a qualidade ambiental influencia na abundância dos morfotipos líquênicos e está de acordo com as observações feitas por Bhagarathi *et al.* [30] sobre a influência negativa da urbanização descontrolada e da industrialização no meio ambiente urbano sobre a ocorrência de líquens, onde, áreas com baixa ação antrópica (alta qualidade ambiental) tendem a apresentar maior diversidade de habitats e nichos ecológicos, proporcionando um ambiente mais rico para o aumento populacional de líquens. É importante lembrar que a relação entre a ação antrópica e a abundância de líquens é complexa e pode ser influenciada por diversos outros fatores, como a história ambiental do local, as características do solo e do clima, a presença de outras espécies de organismos e a metodologia utilizada para realizar os estudos, assim como a sua avaliação para verificação da qualidade ambiental de uma área, tendo em vista que as espécies amostradas são de ampla distribuição, ocorrendo em áreas de baixa, média e alta ação antrópica, no entanto a sua abundância ocorre em menor quantidade em áreas de maior ação, assim como a riqueza [31].

Em relação à riqueza de morfotipos líquênicos, houve uma similaridade entre as áreas. Embora esse resultado possa parecer contraintuitivo à primeira vista, é possível que a heterogeneidade ambiental dentro de cada área tenha sido maior do que a heterogeneidade entre as áreas com diferentes níveis de perturbação antrópica. Isso significa que, mesmo dentro de uma área com alta perturbação antrópica, podem existir microambientes com condições mais favoráveis para o desenvolvimento de líquens, o que poderia mascarar o efeito geral da perturbação [28]. Outros fatores que não foram considerados no estudo, como a história ambiental das áreas, as características do solo e do clima, e a presença de outras espécies de organismos,

também podem ter influenciado a riqueza de espécies de líquens, dificultando a detecção de um efeito direto da perturbação antrópica [32].

A similaridade entre a área de baixa e média perturbação pode estar relacionada a uma área de transição entre as de menor perturbação e maior perturbação antrópica, dada pela proximidade geográfica, podendo gerar sobreposição entre nichos. Na área de média perturbação os efeitos das perturbações antrópicas podem estar se manifestando de forma gradual [33], ainda não atingindo um nível suficiente para gerar diferenças significativas na riqueza de espécies de líquens em comparação com a área de baixa perturbação. É possível que fatores ambientais, como a história ambiental das áreas, as características do solo e do clima e a presença de outras espécies de organismos, estejam exercendo um papel mais importante do que a perturbação antrópica na determinação da riqueza de espécies de líquens [34]. Nesses casos, a similaridade entre as áreas de baixa e média perturbação poderia ser explicada pelo compartilhamento das características ambientais, como a disponibilidade de serapilheira, o que reforça a diferença com a área de alta perturbação antrópica [35].

A maior ocorrência de líquens crostosos no estudo está relacionada a ser um morfotipo encontrado em uma ampla variedade de substratos, incluindo rochas, árvores, solo e até mesmo outros organismos, sendo particularmente comuns em ambientes secos e expostos à luz solar direta, assim sendo considerados um grupo generalista, correspondendo aos microclimas analisados [36]. Alguns exemplos de líquens crostosos incluem: *Lecanora polycarpa* (Ehrh.), *Xanthoria candelaria* (L.) e *Caloplaca citrina* (Hoffm.). Enquanto os líquens foliosos são mais comuns em ambientes úmidos e sombreados, como florestas, áreas úmidas e encostas de montanhas [37], embora também possam ser encontrados em árvores e rochas em áreas mais secas [38].

A principal diferença entre os líquens crostosos e os foliosos reside na sua forma de crescimento. Os líquens crostosos aderem firmemente ao substrato como uma crosta, enquanto os líquens foliosos possuem um talo plano e em forma de folha que se eleva do substrato [39]. Apesar dessa diferença, os líquens crostosos e foliosos são considerados mais resistentes aos poluentes ambientais e atmosféricos [40][41]. Além disso, as cores verde e branco são frequentemente relacionadas a líquens portadores de algas verdes devido à sua clorofila [42][43].

Conclusão

Conclui-se que a área de baixa perturbação antrópica apresentou a maior abundância de líquens, sendo indicativo de área de alta qualidade ambiental, enquanto a área de alta perturbação antrópica apresentou menor abundância de líquens, sendo indicativo de baixa qualidade ambiental. As áreas de baixa e média perturbação apresentaram composição de morfotipos similares. O morfotipo mais abundante nas três áreas foi o crostoso verde.

Os resultados deste estudo demonstram que a qualidade ambiental é um fator determinante para a abundância de líquens. A preservação de áreas com baixa perturbação antrópica é essencial para garantir a conservação da biodiversidade e para manter a saúde dos ecossistemas. Novas pesquisas são necessárias para aprofundar a compreensão dessa relação e para identificar com mais precisão os mecanismos que explicam a maior abundância de líquens em áreas de baixa ação antrópica. Apesar de as áreas não diferirem em relação a riqueza de morfotipos apresentaram composições diferentes. Esses resultados sugerem a necessidade de novos estudos que considerem com mais detalhes a heterogeneidade ambiental, a tolerância das espécies à perturbação, o tempo de recuperação das áreas e a escala espacial das amostras. Além disso, a investigação de fatores adicionais, que podem influenciar a riqueza de espécies de líquens, é crucial para uma melhor compreensão da relação entre a perturbação antrópica e a biodiversidade líquênica.

Referências

- Rodrigues SC, Dias LA, Carvalho A, Fenzl N, Lopes LO. Os Recursos naturais no processo de desenvolvimento econômico capitalista: uma breve reflexão. *Semioses*. 2019 dez; 13(4): 50-58. doi: <https://doi.org/10.15202/1981996x.2019v13n4p50>.
- Matias EHF, Reis KLS, Knoechelmann CM, Siqueira FFS. Guildas tróficas de formigas como indicadores biológicas da qualidade ambiental em áreas de recomposição florestal na Amazônia. *Unisanta BioScience*. [Internet]. 2023 [citado em 2024 mai 10]; 12(4): 229-251. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/3698/2576>.
- Ribeiro EMS. Efeito de perturbações antrópicas crônicas sobre a diversidade da flora lenhosa da caatinga [tese]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2015. 148 f.
- Martorell C, Peters EM. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biol Conserv*. 2005 Jul; 124(2): 199-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.025.1>.
- Komura DL, Vargas-Isla R, Cardozo ND. Guia de macrofungos da Amazônia Central: formas e cores nas trilhas do Museu da Amazônia. 2023.
- Menin M. Amazônia: diversidade biológica e história geológica. *Reptilia* [Internet]. 2016 fev [citado 2024 jan 21]; (708): 273. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267206421_Amazonia_diversidade_biologica_e_historia_geologica.
- Gabardo G, Sarzedas CG, Silva HLS. Queimadas na Amazônia brasileira: Brasil em chamas. In: Cardoso R, Quintela JB, Oliveira RJ, editores. *A educação ambiental em uma perspectiva interdisciplinar*. Guarujá, São Paulo: Editora Científica Digital Ltda; 2020. P. 332-343.
- Brasil.gov.br [homepage na internet]. Crescimento da economia brasileira é impulsionado pela alta de 15% da agropecuária [citado em 29 nov 2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/crescimento-da-economia-brasileira-e-impulsionado-pela-alta-de-15-da-agropecuaria-em-2023>.
- MapBiomas [homepage na internet]. Em 2023, a perda de áreas naturais no Brasil atinge a marca de 33% do território. [citado em 29 nov 2024]. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2024/08/21/em-2023-a-perda-de-areas-naturais-no-brasil-atinge-a-marca-historica-de-33-do-territorio/>.
- Fearnside PM. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amaz*. 2006; 36(3): 395-400. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>.
- Santos PM, Nascimento MT. Homogeneização biótica em comunidades arbóreas das florestas tropicais: uma revisão sistemática. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. 2023 ago; 8(8): 50-77. doi: [10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/biologia/homogeneizacao-biotica](https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/biologia/homogeneizacao-biotica).
- Silva P, Silva F. Besouros (Insecta: Coleoptera) utilizados como bioindicadores. *Revista Congrega URCAMP*. [Internet]. 2011 [citado em 2024 jan 23]; 5(1): 1-16. Disponível em: https://www.academia.edu/8979664/Besouros_Insecta_Coleoptera_utilizados_como_bioindicadores.
- Junqueira MT, Posso JR, Barrilli GHC. Entomofauna edáfica do Parque Ecológico Bagaçu de Araçatuba – SP. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*. [Internet]. 2012 nov [citado em 2024 abr 14]; 8(2): 395-406. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/268.1.

14. Marques SM, Américo-Pinheiro JHP. Algas como bioindicadores da qualidade da água. *Rev Cient ANAP Brasil*. 2017; 10(19).
15. Faria LC. Flutuação populacional de moscas califorídeos no lixão urbano de Presidente Prudente-SP: bioindicador de qualidade ambiental [dissertação]. Presidente Prudente (SP): Universidade Estadual Paulista; 2019.
16. Cruz ABS, Almeida TS, Fabricante JR. Modelagem de nicho ecológico de musgos bioindicadores. *Acta Brasiliensis*. 2021; 5(2): 83-87.
17. Filho FOM, Pereira EC, Lima ES, Silva NH, Figueiredo RCB. Influência de poluentes atmosféricos em Belo Jardim (PE) utilizando *Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor. *Quím Nova*. 2007 out; 30(5): 1072-1076. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500004>.
18. Soares CdS, Moraes ICM, Maciel JR, Magrani LC, Martins YT, Milward-de-Azevedo MA. Uso dos líquens como bioindicadores da qualidade do ar em Três Rios, RJ. *Anais do 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade*; 21-23 jun 2016; Três Rios, RJ. 2016. P. 259-267.
19. Cocchietto M, Skert N, Nimis PL, Sava G. A review on usnic acid, an interesting natural compound. *Naturwissenschaften*. 2002 Apr; 89(4): 137-146. doi: [10.1007/s00114-002-0305-3](https://doi.org/10.1007/s00114-002-0305-3).
20. Nimis PL, Scheidegger C, Wolseley PA, editores. *Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens* [Internet]. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences 7. Kluwer, London: Springer; 2002. [cited 2024 Jan 20]. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-0423-7_1.
21. Hoffmann EL, Dallacort R, Carvalho MAC, Yamashita OM, Barbieri JD. Variabilidade das chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil (Rainfall variability in southeastern Amazonia, Paraense, Brazil). *Rev Bras Geog Fis*. 2018 out; 11(4): 1251-1263. doi: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.4.p1251-1263>.
22. Costa IMC, Sousa DC, Barros HJL, Knoechelmann CM, Siqueira FFS. Guia de formigas da mata ciliar do rio Tauarizinho. Marabá (PA): Independently published; 2023. ISBN: 9798374777123.
23. Arnan X, Leal IR, Tabarelli M, Andrade JF, Barros MF, Câmara T, Jamelli D, et al. A framework for deriving measures of chronic anthropogenic disturbance: Surrogate, direct, single and multi-metric indices in Brazilian Caatinga. *Ecological Indicators*. 2018 Nov; 94(1): 274-282. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.001>.
24. Departamento de Biologia, Universidade de Évora [homepage na internet]. Os Líquens: Sentinelas da Poluição. [citado em 2023 dez 5]. Disponível em: <https://www.dbio.uevora.pt/Divulgacao/Projetos-com-as-Escolas/Os-liquenes-Sentinelas-da-Poluicao>.
25. Marques-Marinheiro FD, Reis IA, Vianna-Soares CD. Construction of analytical curve fit models for simvastatin using ordinary and weighted least squares methods. *J Braz Chem Soc*. 2013; 24(9): 1469-1477. doi: [10.5935/0103-5053.20130187](https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130187).
26. RStudio. The R Project for Statistical Computing [homepage na internet]. Boston, MA: RStudio; c2024 [cited 2023 Dec 14]. Available from: <http://www.r-project.org>.
27. Costa WR. Utilização de líquens no monitoramento ativo e passivo da poluição atmosférica. [dissertação]. Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba. 2018. 58 f.
28. De Novaes Vianna LF, Da Silva EB, Massignam AM, Oliveira SN. Aplicação de descritores de heterogeneidade ambiental na seleção de áreas para sistemas de parcelas amostrais: um estudo de caso para a determinação de hotspots potenciais de biodiversidade. *Geografia* [Internet]. 2015 mar [citado 2024 mai 10]; 40(2): 211-239. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/11129>.
29. Almeida WR, Almeida WR, Aguiar JJM. Cobertura de líquens em um gradiente borda-interior na Amazônia Central. *J Environ Anal Prog*. 2017 jan; 2(1): 11-15. doi: <https://doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.982.11-15>.
30. Bhagarathi LK, Maharaj G, DaSilva PNB, Subramanian G. A review of the diversity of lichens and what factors affect their distribution in the neotropics. *GSC Biol Pharm Sci*. 2022; 20(03): 027-063. doi: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2022.20.3.0348>.
31. De Lemos AB, Kaffer MI, Martins SMA. Composição e diversidade de líquens corticícolas em três diferentes ambientes: Florestal, Urbano e Industrial. *R bras Bioci*. [Internet]. 2007 nov [citado 2024 mar 12]; 5(2): 228-230. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/115070>.
32. Silva JR. Influência de fatores ambientais na riqueza e composição da micota liquenizada em área de brejo de altitude e caatinga [dissertação]. São Cristóvão (SE): Universidade Federal de Sergipe; 2015. 73 p.
33. Pereira IM, De Andrade LA, Costa JRM, Dias JM. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. *Acta Bot Bras*. 2001 dez; 15(3): 413-426. doi: [10.1590/S0102-33062001000300010](https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000300010).

34. Gimenes MR, Anjos L dos. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. 2003; 25(2): 391-402. doi: 10.4025/actascibiols.v25i2.2030.
35. Leite ABX. Influência de fatores ambientais na riqueza e composição de espécies de líquens corticícolas em área de brejo de altitude e caatinga [dissertação]. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe; 2013. 89 f.
36. Legaz ME, Millanes AM, Córdoba CV. Fisiologia dos líquens. In: Xavier-Filho L, Legaz ME, Córdoba CV, Pereira ECG, editores. *Biologia de líquens*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural; 2006. p. 145-273.
37. Tripp EA, Lendemer JC, Mc/cain CM. Habitat quality and disturbance drive lichen species richness in a temperate biodiversity hotspot. *Oecologia*. 2019; 190(2): 445-457. doi: 10.1007/s00442-019-04413-0
38. Xavier Filho L, Legaz ME, Córdoba CV, Pereira ECG. *Biologia de líquens*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural; 2006.
39. Lucheta F, Martins SMA. Líquens foliosos e fruticosos corticícolas do Jardim Botânico de Porto Alegre, RS, Brasil. *Iheringia. Sér. Botânica* [Internet]. 2014 abr.[citado em 2024 mai. 3]; 69(1): 29-35. Disponível em: <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/3>.
40. Santos RK dos, Gomes NC, Oliveira G de A, Silva JJR, Alvarenga CA, Belardi R-M. Lichens used as bioindicator of air quality in mining town of Itabira. *Res Soc Dev*. 2018; 7(12): e4712480. doi: 10.33448/rsd-v7i12.480.
41. Sousa DPO. Isolamento e caracterização de microrganismos fotossintetizantes associados a líquens [dissertação]. São Luís: Universidade Federal do Maranhão; 2022. 96 f.
42. Honda NK, Vilegas W. A química dos líquens. *Quim Nova*. 1999; 22(1): 110-125. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421999000100018>.
43. Da Silva TF, de Souza VR, de Almeida RN, do Amaral AA, Ferrari JL. Riqueza e distribuição espaço-temporal de líquens corticícolas em um monocultivo de café conilon. *Rev Ifes Ciênc*. 2020; 6(4): 36-53.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Edição Temática:

Gestão do Conhecimento e Sociobiodiversidade das Áreas Protegidas de Carajás
n.1, 2025

<http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886

