



Universidade Federal de Sergipe
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de pós-graduação em Geografia

INGRIDE NATANE MIGUEL SANTOS

**DINÂMICA DA DIVERSIDADE LIQUÊNICA SOB
INFLUÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM
LOCALIDADES DO PARQUE NACIONAL SERRA DE
ITABAIANA/SE**

São Cristóvão
2026

INGRIDE NATANE MIGUEL SANTOS

**DINÂMICA DA DIVERSIDADE LIQUÊNICA SOB
INFLUÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM
LOCALIDADES DO PARQUE NACIONAL SERRA DE
ITABAIANA/SE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade Federal de Sergipe –
PPGEO/UFS – para obtenção do título de Doutora em
Geografia.

Orientador: Rosemeri Melo e Souza

Coorientador: Larissa Monteiro Rafael

São Cristóvão
2026

INGRIDE NATANE MIGUEL SANTOS

**DINÂMICA DA DIVERSIDADE LIQUÊNICA SOB
INFLUÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM
LOCALIDADES DO PARQUE NACIONAL SERRA DE
ITABAIANA/SE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia,
como requisito final para obtenção do título em Doutor (a) em Geografia pela Universidade
Federal de Sergipe. Aprovado em 13 de Abril de 2026

Banca Examinadora

Rosemeri Melo e Souza (DEAM/UFS e PPGEU/UFS)
Orientadora

Larissa Monteiro Rafael (DCG/UFPE e PPGCN)
Coorientadora

Márcia Eliane Silva Carvalho (DGE/UFS e PPGEU/UFS)
Avaliadora Interna

Luana Santos Oliveira Mota (DGEI/UFS)
Avaliadora Externa

Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto (PPGEU/UFS)
Avaliadora Interna

Eugenia Cristina Goncalves Pereira
Avaliador Externo (PPGEU/UFPE)

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S237d Santos, Ingride Natane Miguel
Dinâmica da diversidade líquênica sob influência de incêndios florestais em localidades do Parque Nacional Serra de Itabaiana/SE / Ingride Natane Miguel Santos ; orientadora Rosemeri Melo e Souza. – São Cristóvão, SE, 2026.
120 f. : il.

Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Geografia ambiental. 2. Áreas protegidas. 3. Monitorização ambiental. 4. Incêndios florestais – Itabaiana (SE). 5. Líquens. 6. Parque Nacional Serra de Itabaiana (SE). I. Souza, Rosimeri Melo e, orient. II. Título.

CDU 911.2:582.29(813.7)

DECLARAÇÃO DE VERSÃO FINAL

Este exemplar corresponde à versão da Tese de Doutorado em Geografia, concluído no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Rosemeri Melo e Souza – Orientadora
Programa de Pós-Graduação em
Geografia - PPGEO
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Larissa Monteiro Rafael – Coorientadora
Departamento de Ciências Geográficas - DCG/UFPE
Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais – PPGCN

CESSÃO DE DIREITOS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Doutorado em Geografia permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Tese e emprestar ou vender tais cópias.

Ingride Natane Miguel Santos
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEO
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Rosemeri Melo e Souza – Orientadora
Programa de Pós-Graduação em
Geografia - PPGEO
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Larissa Monteiro Rafael – Coorientadora
Departamento de Ciências Geográficas - DCG/UFPE
Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais – PPGCN

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito a Deus pela vida, força, coragem e perseverança nesses últimos quatro anos. Pude tirar muito proveito do que foi bom na pós-graduação.

Aos meus pais Jailton e Josefa que são os meus maiores pilares, a minha força. Sou grata pelo amor que me dão, pela educação e pela integridade, sem vocês não teria chegado até aqui e sei que vou saltar muitos voos e estarão lá para me aplaudir, eu amo vocês imensamente. A minha avó Jove (*in memorian*) o seu amor vive em mim e sei que sempre está comigo.

Aos meus tios João e Laida que me dão força e suporte sempre que eu preciso, amo vocês. Aos meus irmãos Suellington, Suelen e Ruan agradeço por serem minha válvula de escape, por me fazer feliz.

Ao meu companheiro e meu amor Nauan, que apesar de poucas palavras é abrigo e aconchego sempre que preciso além de ser um dos meus maiores incentivadores. Amo você.

A minha sogra Paula que acredita muito no meu potencial e comemora as minhas vitórias.

Aos meus amigos Alice, Bel e Victor, por me fazer feliz com a gritaria e com a alegria de vocês. Alessandra e Wenderson, pelas conversas diárias e os encontros que nos faz esquecer que existe um mundo caótico e problemático lá fora. João Pedro meu querido irmão que nesses longos quatro anos se fez presente, que foi aos campos comigo, passou muitos perrengues, mas não soltou minha mão. Ao meu amigo Marciel, que foi um presente que o antigo emprego me deu e que levarei no meu coração. Vocês fizeram a caminhada ser mais leve.

A minha orientadora Rosemeri, que é uma pessoa incrível na qual eu admiro muito e tenho como inspiração. E a minha coorientadora Larissa que desde a graduação não soltou minha mão. Vocês são mulheres que inspiram.

A professora Marcela Cáceres por abrir as portas do Laboratório de Liquenologia (LaLiq), mais uma vez para mim e junto disso fiz duas lindas amizades com Sarah e com Venâncio que vou levar comigo para toda a vida.

Nesse percurso eu conheci pessoas maravilhosas e que quero comigo no resto da minha caminhada, que são os anjos de luz do C.E.S.E. Francisco Rosa, ou melhor família Chicão, em especial agradeço a Tarcísio e Débora por todo suporte. A Juliana, minha parceira da Geografia uma amiga que fiz e que estará sempre no meu coração,

Jake a pessoa que transmite paz e alegria, Martita amo nossos momentos de descontração e papos sérios. E a pessoas mais divertida que já conheci e que me tira ótimas risadas que é Vanilson.

As minhas irmãs e irmãos que fiz desde a graduação eu amo vocês, Adla, Felipe, Vanessa, André, Ana Carolina, João Brazil, Rafael, Bartira, Danilo e Raquel. Minhas inspirações, vocês são sensacionais.

No meio do caminho tive uma grande perda entre os meus amigos que foi Ricláudio (*in memorian*), e que até hoje a ferida não cicatrizou. A saudade é diária pois era um ser humano incrível. Amo você para sempre amigo Rick.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelo apoio concedido à realização desta pesquisa, fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

SANTOS, I. N. M. DINÂMICA DA DIVERSIDADE LIQUÊNICA SOB INFLUÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM LOCALIDADES DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA/SE. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2026.

Os incêndios florestais constituem um dos principais agentes de degradação ambiental, alterando a estrutura das paisagens e comprometendo a biodiversidade. Nesse contexto, os líquens destacam-se como biomonitores sensíveis às alterações ambientais. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a relação entre a recorrência de incêndios florestais, as unidades de paisagem e a diversidade das comunidades liquênicas no Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), entre 1985 e 2024. A metodologia integrou dados do MapBiomas Fogo 4.0, análise das unidades de paisagem, variáveis climáticas, levantamentos de campo e identificação de líquens, índice de diversidade alfa e beta e análise da correlação entre a frequência do fogo e a diversidade liquênica. Os resultados evidenciaram que a recorrência dos incêndios se concentrou nas áreas mais abertas e nos períodos de menor precipitação, indicando a influência da sazonalidade climática sobre a dinâmica do fogo. As áreas queimadas apresentaram redução da diversidade alfa e da riqueza de espécimes, enquanto a diversidade beta aumentou em decorrência da substituição de espécimes entre áreas queimadas e não queimadas. Observou-se correlação negativa entre a frequência do fogo e a diversidade liquênica, confirmando o potencial dos líquens como bioindicadores da degradação ambiental e das alterações na dinâmica da paisagem do PARNASI.

Palavras-chave: Áreas Protegidas; Biomonitoramento; Incêndios florestais; PARNASI.

ABSTRACT

Forest fires are among the principal drivers of environmental degradation, altering landscape structure and compromising biodiversity. In this context, lichens stand out as sensitive biomonitors of environmental change. This study aimed to analyse the relationship between the recurrence of forest fires, landscape units, and the diversity of lichen communities in the Serra de Itabaiana National Park (PARNASI) between 1985 and 2024. The methodology integrated data from MapBiomass Fire 4.0, analysis of landscape units, climatic variables, field surveys, lichen identification, alpha and beta diversity indices, and correlation analysis between fire frequency and lichen diversity. The results showed that fire recurrence was concentrated in more open areas and during periods of lower rainfall, indicating the influence of climatic seasonality on fire dynamics. Burnt areas exhibited reduced alpha diversity and lower specimen richness, whereas beta diversity increased as a result of species turnover between burnt and unburnt areas. A negative correlation was observed between fire frequency and lichen diversity, confirming the potential of lichens as bioindicators of environmental degradation and changes in the landscape dynamics of PARNASI.

Keywords: Protected Areas; Biomonitoring; Forest fires; PARNASI.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA, SERGIPE, COM ÊNFASE NO CONDICIONAMENTO TOPOGRÁFICO.....	26
FIGURA 2: COMBATE DIRETO COM USO DE ABAFADORES (SERRA COMPRIDA, À DIREITA, EM 2009, E À ESQUERDA, EM 2015).....	28
FIGURA 3: ÁREA QUEIMADA (HA) NO PARNASI, ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2013.....	29
FIGURA 4: QUEIMADA CONTROLADA REALIZANDO A CONSTRUÇÃO DE ACEIROS PREVENTIVOS NA BASE DA SERRA COMPRIDA.	30
FIGURA 5: ESQUEMA EXPLICATIVO QUANTO À ABORDAGEM DA PESQUISA	31
FIGURA 6: FLUXOGRAMA DE EXECUÇÃO DA PESQUISA.....	35
FIGURA 7: SACOS DE PAPEL QUE ARMAZENARAM OS LIQUENS NAS COLETAS DE CAMPO.....	38
FIGURA 8: ESQUELETO DE PARCELA (DIMENSÃO) E SUB-PARCELAS (2,5M X 2,5M).	41
FIGURA 9: MATRIZ DE DEGRADAÇÃO BASEADA EM RODRIGUEZ, SILVA E CAVALCANTI (2017).....	44
FIGURA 10: MAPA DOS PONTOS DE COLETA DE LIQUENS EM ÁREAS COM E SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA (PARNASI), SERGIPE, BRASIL	46
FIGURA 11: PONTOS DE COLETA DE LÍQUEN EM ÁREA SEM INCÊNDIO FLORESTAL NA SERRA DO CAJUEIRO, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	48
FIGURA 12: PARCELA DE CAMPO PARA IDENTIFICAÇÃO DA PEDOLOGIA, VEGETAÇÃO, GEOMORFOLOGIA E LIQUENS NA SERRA DO CAJUEIRO, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.	49
FIGURA 13: SOLO PEDREGOSO NA SERRA DO CAJUEIRO, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	50
FIGURA 14: A. GLYPHIS CICATRICOSA (ACH.), B. DYPLOLABIA AFZELII ((ACH.) A. MASSAL.), C. BULBOTHRIX APOPHYSATA ((HALE & KUROK.) HALE).....	52
FIGURA 15: PONTOS DE COLETA DE LIQUENS EM ÁREAS COM INCÊNDIO FLORESTAL NA SERRA DO CAJUEIRO, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	54
FIGURA 16: A. DICHOSPORIDIUM NIGROCINCTUM B. BUELLIA MICROMERA ENCONTRADAS NA SERRA DO CAJUEIRO.	55
FIGURA 17: COLETAS DE LIQUENS EM ÁREA SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO NA SERRA DO CAJUEIRO, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL 1985-2024.	57
FIGURA 18: COLETAS DE LIQUENS EM ÁREA SEM INCÊNDIO NA SERRA DO CAJUEIRO ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL 1985-2024.	57
FIGURA 19: MAPA DE PONTOS DE COLETA DE LIQUENS EM ÁREAS SEM INCÊNDIO FLORESTAL, SERRA DE ITABAIANA, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.	59
FIGURA 20: VEGETAÇÃO DA PARCELA SEM INCÊNDIO FLORESTAL NA SERRA DE ITABAIANA, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	60
FIGURA 21: A. PYRENULA MICROMMA (ACH.) TREVIS, B. DICHOSPORIDIUM NIGROCINCTUM (EHRENB.) G. THOR, C. LECANORA HELVA (STIZENB).	61
FIGURA 22: PONTOS DE COLETA DE LIQUENS EM ÁREAS COM INCÊNDIOS FLORESTAIS NA SERRA DE ITABAIANA/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.	63
FIGURA 23: A. PYRENULA MAMILLANA, B. BUELLIA MICRÔMERA, C. PORINA TETRACERAE, D. DICHOSPORIDIUM NIGROCINCTUM, E. PHAEOGRAPHIS CRISPATA, F. BULBOTHRIX APOPHYSATA, G. RAMBOLDIA RUSSULA, H. STIGMATOCHROMA GERONTOIDES.....	64
FIGURA 24: A. ERVAS ERETAS, B. BLOCO DE ROCHA E C. ARBUSTOS, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	65
FIGURA 25: COLETAS DE LIQUENS EM ÁREAS SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO- SERRA DE ITABAIANA 1985-2024- PARNASI/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	67
FIGURA 26: COLETAS DE LIQUENS EM ÁREAS COM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO- SERRA DE ITABAIANA - PARNASI/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	67
FIGURA 27: PONTOS DE COLETA EM ÁREAS SEM INCÊNDIO FLORESTAL NA SERRA COMPRIDA, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	69
FIGURA 28: A. MUSGOS E BRIÓFITAS, B. ARBUSTOS E ERVAS TERRESTRES E TREPadeira E C. CIPÓS, NA SERRA COMPRIDA, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	70

FIGURA 29: A. PYRENULA MAMILLANA; B. BULBOTHRIX APOPHYSATA; C. GRAPHIS ILLINATA; D. SARCOGRAPHA TRICOSA; E. PHAEOGRAPHIS CRISPATA; F. TRYPETHELIUM ELUTERIAE; G. DYPLOLABIA AFZELII; H. COENOGONIUM LINKII; I. GLYPHIS CICATRICOSA; J. COCCOCARPIA PALMICOLA; K. ASTROT.....	72
FIGURA 30: PONTOS DE COLETA DE LIQUENS EM ÁREAS COM INCÊNDIO FLORESTAL NA SERRA COMPRIDA, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	74
FIGURA 31: A. SERRA COMPRIDA, B. ARBUSTO E C. ERVAS TERRESTRES, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	75
FIGURA 32: A. BUELLIA MICROMERA (VAIN.), B. PYRENULA MAMILLANA ((ACH.) TREVIS.), C. DICHOSPORIDIUM NIGROCINCTUM ((EHRENB.) G. THOR), D. PHAEOGRAPHIS FUSCA (STAIGER).	76
FIGURA 33: COLETAS DE LIQUENS EM ÁREAS SEM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS - SERRA COMPRIDA - PARNASI/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	77
FIGURA 34: COLETAS DE LIQUENS EM ÁREAS COM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS - SERRA COMPRIDA - PARNASI/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	77
FIGURA 35: GRÁFICO DO ÍNDICE DE SHANNON PARA AVALIAR A DIVERSIDADE ALFA (A) E BETA (B). DE LIQUENS DA SERRA DE ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL.....	81
FIGURA 36: DISTRIBUIÇÃO MÉDIA MENSAL DA PRECIPITAÇÃO E DA TEMPERATURA DO AR NO MUNICÍPIO DE ITABAIANA (SE), EVIDENCIANDO A SAZONALIDADE CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO.	83
FIGURA 37: MAPAS REFERENTES AOS MESES EM QUE HOVE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARNASI/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL, NOS ANOS DE 2008, 2009, 2013, 2015 E 2016.	84
FIGURA 38: MAPAS REFERENTES AOS MESES EM QUE HOVE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARNASI/SE, ITABAIANA, SERGIPE, BRASIL, NOS ANOS DE 2017, 2018, 2019 E 2024.....	85
FIGURA 39: A. LEVANTAMENTO DE DADOS DE PEDOLOGIA, VEGETAÇÃO, GEOMORFOLOGIA E LIQUENS. B. ANÁLISE DE RIQUEZA DE ESPÉCIES NO LABORATÓRIO DE LIQUENOLOGIA (LALIQ).	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	ÁREA PROTEGIDAS
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
GEE	GOOGLE EARTH ENGINE
IPBES	INTERGOVERNAMENTAL DE POLÍTICAS CIENTÍFICAS SOBRE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS
PARNASI	PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA
SE	SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS
UC	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Sumário

INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	13
Objetivo Geral	13
Objetivos Específicos	13
3. SEÇÃO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, QUALIDADE AMBIENTAL E BIOMONITORAMENTO	14
3.2 - PAISAGEM E POTENCIALIDADES AMBIENTAIS DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA/SE.....	17
3.3 INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA E RESILIÊNCIA DA PAISAGEM	20
3.4 - LIQUENS COMO BIOMONITORES DE ÁREAS AFETADAS POR INCÊNDIOS NO PARNASI	23
4. SEÇÃO II - MATERIAL E METÓDOS	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RECORTE ESPACIAL	27
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
4.3- COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	36
<i>Identificar as classes de Cobertura e Uso da Terra do PARNASI impactadas pelos incêndios florestais.....</i>	<i>36</i>
<i>Avaliar o impacto dos incêndios florestais à estrutura de espécies líquênicas biomonitoras;.....</i>	<i>38</i>
<i>Monitoramento Passivo</i>	<i>40</i>
<i>Identificar os índices de diversidade Alfa (α) e Beta (β) e Riqueza de espécie.....</i>	<i>41</i>
5. SEÇÃO III - RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
7. REFERÊNCIAS.....	90
8. ANEXOS	100

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais constituem uma das principais causas de degradação da terra (Oliveira et al., 2018), podendo estar associados tanto a fatores naturais quanto a fatores antrópicos (Diaz et al., 2002). O incêndio florestal provocado por fatores antrópicos pode derivar da utilização do fogo como ferramenta para conversão de áreas florestais em áreas de agricultura e pastagem (KETTERINGS; BIGHAM, 2000). Esses eventos alteram a função e a dinâmica da paisagem, especialmente em ecossistemas naturalmente pouco adaptados ao fogo, como as florestas tropicais úmidas, onde a recorrência dos incêndios pode levar à substituição da vegetação florestal por formações campestres (Barlow et al., 2018).

As Áreas Protegidas (APs) representam um dos principais instrumentos de conservação da cobertura da terra, garantindo a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados por essas reservas. Ferraz e colaboradores (2019) salientam que as funções e os serviços ecossistêmicos caracterizam-se por serem processos dinâmicos e espacialmente heterogêneos. Portanto, são dependentes da escala de observação. Em um cenário de aquecimento global, associado ao padrão de uso da terra, as APs contribuem para compreender o comportamento dos padrões das diferentes Unidades de paisagem, permitindo um planejamento para manutenção da vida em diferentes cenários.

De acordo com o MapBiomas, mais de 30 milhões de hectares foram atingidos pelo fogo no Brasil em 2024, valor correspondente a 62% acima da média histórica anual registrada desde 1985. Esses dados evidenciam a intensificação recente das queimadas e seus impactos sobre os ecossistemas brasileiros (MAPBIOMAS, 2025).

O aumento da frequência e intensidade desses eventos, associado às mudanças climáticas e às pressões antrópicas sobre os ecossistemas, tende a ampliar os riscos à saúde pública em diferentes regiões do planeta (WHO, 2023).

Dessa forma, a conservação dos ecossistemas torna-se fundamental não apenas para a manutenção da biodiversidade, mas também para a promoção da saúde pública e da qualidade de vida das populações (MEA, 2005; WHO, 2021; IPBES, 2019).

Entendendo a paisagem como espaço-herança, onde processos atuais interagem e remodelam processos pretéritos (AB'SABER, 2010), identificar os usos

potencialmente poluidores do ar, auxiliou na compreensão das relações socioambientais que produzem esse espaço.

A poluição atmosférica representa um dos principais impactos ambientais decorrentes das atividades antrópicas, podendo afetar diretamente a qualidade dos ecossistemas. Nesse contexto, organismos biomonitores têm sido amplamente utilizados para avaliar a presença e a intensidade de contaminantes atmosféricos. Entre eles, os líquens destacaram-se como importantes bioindicadores da qualidade do ar, devido à sua elevada sensibilidade às alterações ambientais e à capacidade de absorver substâncias diretamente da atmosfera. Assim, mudanças na diversidade e na distribuição das comunidades liquênicas podem refletir diferentes níveis de poluição atmosférica e degradação ambiental (CONTI; CECCHETTI, 2001; NASH, 2008).

Um organismo com potencial para o biomonitoramento, é o líquen. Os líquens são organismos sensíveis e necessitam de ar puro para sobreviver já que se alimentam higroscopicamente, fixando elementos neles presentes, notadamente o nitrogênio (FREITAS, 2006).

A poluição atmosférica causada por incêndios florestais e outras fontes altera os líquens, que atuam como biomonitores e indicadores da sucessão ecológica. Sua ampla capacidade de colonizar madeira queimada, solos e rochas permite avaliar os efeitos do fogo no PARNASI e compreender a história ambiental da região (SEAWARD, 1977).

A paisagem do Agreste Sergipano representa uma faixa de transição entre a faixa climática úmida e subúmida para a semiárida. Historicamente essa é uma região que sofre com os impactos da agropecuária e todo o sistema produtivo. Localiza-se nessa faixa de transição, encontra-se o Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), uma paisagem representativa dessa dinâmica de Cobertura e Uso da Terra, e uma intensiva agropecuária.

No sentido de contribuir para a melhoria da qualidade socioambiental do Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI) e paisagem do entorno a pesquisa tem como questão central: Como os incêndios florestais influenciam a qualidade ambiental e a dinâmica da paisagem no Parque Nacional Serra de Itabaiana, a partir da resposta dos líquens utilizados como biomonitores da poluição atmosférica? Considerando como perguntas acessórias são (1) Quais unidades de paisagem e fitofisionomias do PARNASI apresentam maior vulnerabilidade e recorrência histórica aos regimes de

incêndios de origem antrópica? (2) Como se estruturam as métricas de diversidade alfa (riqueza local) e beta (diversidade entre áreas) das comunidades líquênicas em áreas sob alta frequência de queimadas comparadas a áreas de referência sem registros recentes de fogo? (3) Existe correlação estatisticamente significativa entre a severidade/recorrência dos incêndios e a redução da diversidade alfa, indicando que a estrutura taxonômica dos líquens é um indicador sensível da perda de integridade ambiental no PARNASI?

Esta pesquisa fundamentou-se nas seguintes hipóteses: (1) As unidades de paisagem mais abertas, associadas a fitofisionomias campestres e savânicas, apresentam maior vulnerabilidade e recorrência de incêndios antrópicos, devido à maior disponibilidade de biomassa seca, elevada exposição à radiação solar e maior acessibilidade humana, enquanto áreas florestais mais densas e úmidas tendem a apresentar menor frequência de queimadas (BOND; KEELEY, 2005; COCHRANE, 2003; BOWMAN et al., 2009). (2) Áreas submetidas a alta frequência de incêndios apresentam redução significativa da diversidade alfa de líquens, refletindo perda de riqueza local e simplificação da estrutura das comunidades líquênicas, enquanto áreas sem registros recentes de fogo mantêm maior diversidade e composição taxonômica mais complexa, contribuindo para uma maior diversidade gama na escala da paisagem (NASH, 2008; GIORDANI et al., 2012; BÄSSLER et al., 2016). (3) Existe correlação negativa significativa entre a recorrência e severidade dos incêndios e a diversidade alfa de líquens, indicando que a simplificação da estrutura taxonômica das comunidades líquênicas reflete processos de degradação ambiental e perda de integridade ecológica, confirmando o potencial dos líquens como bioindicadores sensíveis a distúrbios ambientais associados ao fogo (HAWKSWORTH; ROSE, 1970; NASH, 2008; GIORDANI et al., 2012).

No Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, a ocorrência dos incêndios florestais é um fenômeno histórico e diretamente relacionado à dinâmica de uso e ocupação do solo na Unidade de Conservação e seu entorno. Os efeitos desse fogo na estrutura e dinâmica das paisagens permanecem pouco investigados. (MMA/ICMBIO, 2016).

O reconhecimento das relações entre o estabelecimento de Áreas Protegidas e o risco de incêndio ainda é insuficiente (LIU; XU, 2022), principalmente no que se refere ao impacto da criação das APs na redução dos incêndios florestais. Utilizando dados secundários da plataforma MapBiomas Fogo 4.0 de monitoramento da

cobertura e uso da terra e seus produtos associados para o Parque Nacional Serra de Itabaiana (Sergipe).

A trajetória na Geografia fundamenta-se na categoria paisagem como instrumento teórico-metodológico de análise das dinâmicas ambientais, compreendida como síntese das interações entre elementos físicos, biológicos e ações antrópicas no espaço. Com ênfase na Geografia Física e na Biogeografia, os estudos direcionam-se para a biodiversidade enquanto componente estruturante e indicador das transformações da paisagem. Nesse contexto, a investigação da dinâmica da diversidade liquênica sob influência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana consolida esse percurso, ao articular padrões biogeográficos, diversidade alfa e beta e processos de reorganização da paisagem pós-distúrbio.

O estudo da dinâmica da diversidade liquênica sob influência dos incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI/SE) justificou-se pela necessidade de compreender como o fogo alterou a diversidade alfa, expressa pela riqueza local de espécimes, e a diversidade beta, relacionada à substituição de espécimes entre áreas com e sem ocorrência de incêndios. A análise integrada desses componentes permite avaliar os impactos sobre a estrutura das comunidades liquênicas, avaliar padrões de reorganização ecológica e fornecer subsídios para o manejo e a conservação da Unidade de Conservação.

Nesse contexto, esta pesquisa buscou compreender a influência da recorrência dos incêndios florestais sobre a dinâmica da paisagem e sobre a diversidade das comunidades liquênicas no Parque Nacional Serra de Itabaiana, contribuindo para o aprimoramento das estratégias de conservação e manejo da Unidade de Conservação.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Analisar a relação entre a recorrência de incêndios florestais, as unidades de paisagem e a diversidade das comunidades liquênicas no PARNASI, entre os anos de 1985 à 2024.

Objetivos Específicos

- Identificar a distribuição espacial e a recorrência dos incêndios florestais no PARNASI relacionando-as à diversidade das comunidades liquênicas;

- Estabelecer a linha de base da diversidade alfa (local) e beta (entre áreas) nos cenários de fogo recorrente e ausência de fogo
- Analisar correlação entre os níveis de diversidade liquênica e a frequência dos incêndios florestais.

3. SEÇÃO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, QUALIDADE AMBIENTAL E BIOMONITORAMENTO

Os incêndios florestais representam um dos principais distúrbios ambientais capazes de alterar a dinâmica dos ecossistemas naturais, afetando não apenas a cobertura vegetal, mas também as características do solo, biota e composição da atmosfera. A ocorrência do fogo depende da presença simultânea de três elementos fundamentais — material combustível, oxigênio e uma fonte de calor — constituindo o chamado “triângulo do fogo” (MARQUES et al., 2011).

A avaliação do risco de incêndios florestais constitui uma etapa fundamental para o planejamento de estratégias de prevenção, monitoramento e combate ao fogo. Nesse sentido, o uso de ferramentas de monitoramento espacial mostrou-se essencial para identificar áreas mais suscetíveis à ocorrência de incêndios e compreender a dinâmica desses eventos na paisagem (CHUVIECO et al., 2010). No Parque Nacional da Serra de Itabaiana (PARNASI), a ocorrência recorrente de incêndios florestais reforçou a importância de estudos que avaliem os efeitos do fogo sobre a biodiversidade. A utilização de organismos bioindicadores, como os líquens, permitiu compreender as alterações ambientais decorrentes desses eventos e subsidiar estratégias voltadas à conservação da área protegida, em consonância com as evidências apresentadas por Resco de Dios et al. (2025).

Entre as ferramentas disponíveis para essa análise destaca-se o MapBiomas Fogo, que permite mapear áreas queimadas ao longo do tempo, identificando padrões espaciais e a recorrência dos incêndios em diferentes escalas da paisagem. A partir desses registros históricos, torna-se possível identificar áreas com maior recorrência de queimadas e compreender a relação entre os incêndios florestais e as características ambientais da paisagem.

Diversos fatores influenciam a ignição e a propagação dos incêndios florestais, entre eles as características do material combustível, as condições meteorológicas, a topografia e as fontes de ignição, frequentemente associadas às atividades humanas (MARQUES et al., 2011). Nesse contexto, a ocorrência recorrente de incêndios também contribui para a emissão de gases e partículas na atmosfera, alterando a qualidade do ar e intensificando processos de poluição atmosférica.

No Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), diferentes pressões antrópicas têm sido registradas ao longo do tempo, incluindo a exploração de madeira para abastecimento de olarias e casas de farinha, além da ocorrência frequente de queimadas nas áreas serranas, sobretudo durante o período de estiagem (CUNHA, 2008; ICMBIO, 2015). Essas práticas contribuem para a degradação ambiental e para a alteração da dinâmica natural da paisagem, evidenciando a necessidade de monitoramento ambiental contínuo.

Nesse contexto, o biomonitoramento constitui uma estratégia amplamente utilizada para avaliar os impactos ambientais e acompanhar as mudanças na qualidade ambiental ao longo do tempo. O biomonitoramento consiste na utilização de organismos vivos ou de suas comunidades como indicadores das condições ambientais de determinado local, permitindo identificar alterações ambientais resultantes de diferentes fatores de estresse (MARKERT et al., 1999).

Entre os organismos amplamente utilizados em estudos de biomonitoramento ambiental destacam-se os líquens, associações simbióticas entre fungos e algas ou cianobactérias, reconhecidas por sua elevada sensibilidade às alterações ambientais. Esses organismos absorvem água e nutrientes diretamente da atmosfera, sem a presença de estruturas especializadas como cutícula ou raízes, o que os torna particularmente sensíveis à presença de poluentes atmosféricos e a mudanças nas condições microambientais (NASH, 2008). Dessa forma, a composição, abundância e diversidade das comunidades liquênicas têm sido amplamente utilizadas como indicadores da qualidade ambiental e da integridade dos ecossistemas.

Além disso, os líquens apresentam ampla distribuição geográfica, baixa mobilidade e elevada sensibilidade a diferentes tipos de estressores ambientais, como poluição atmosférica, mudanças microclimáticas e distúrbios ecológicos, incluindo incêndios florestais. Alterações na estrutura dessas comunidades podem indicar processos de degradação ambiental ou mudanças nas condições ecológicas da paisagem (BÜDEL; SCHEIDEGGER, 2008; GIORDANI et al., 2012). Assim, o estudo

da diversidade líquênica — considerando métricas como diversidade alfa e beta — permite compreender padrões de distribuição das espécies na paisagem e avaliar os efeitos de distúrbios ambientais sobre a estrutura das comunidades biológicas.

No contexto do Parque Nacional da Serra de Itabaiana (PARNASI), essas abordagens apresentam elevada relevância. Enquanto o uso de dados de sensoriamento remoto possibilita avaliar padrões espaciais da diversidade líquênica (CARREJON et al., 2023), o acompanhamento da sucessão das comunidades após incêndios fornece informações sobre o processo de regeneração dos ecossistemas (PALM-HELLENURUM et al., 2026). Dessa forma, a integração entre levantamentos de campo e análises espaciais fortalece o uso dos líquens como biomonitores da qualidade ambiental e indicadores da recuperação de áreas afetadas pelo fogo.

Os organismos utilizados como bioindicadores devem apresentar características específicas, como facilidade de identificação taxonômica, ampla distribuição geográfica, baixa mobilidade, sensibilidade a agentes estressores e ecologia bem conhecida (HILTY; MERENLENDER, 2000; LI et al., 2010). Dessa forma, comunidades biológicas sensíveis às mudanças ambientais tornam-se importantes ferramentas para avaliar a qualidade ambiental e compreender a dinâmica ecológica dos ecossistemas.

Além disso, a compreensão da dinâmica climática em unidades de conservação é fundamental para interpretar os processos ambientais que influenciam a estrutura e funcionamento dos ecossistemas. A distribuição dos elementos climáticos no espaço e sua variabilidade temporal exercem forte influência sobre os processos geomorfológicos, pedológicos e sobre o desenvolvimento da vegetação, contribuindo para a formação e manutenção das paisagens naturais (MONTEIRO, 2000; SIMIONI; WOLLMANN, 2016).

No caso do Parque Nacional Serra de Itabaiana, essa dinâmica ambiental torna-se ainda mais complexa devido à sua localização em uma área de transição climática, entre condições mais úmidas e subúmidas, associadas a fatores orográficos que contribuem para a elevada heterogeneidade ambiental da região. Essa heterogeneidade influencia diretamente a distribuição da biota e a estrutura das paisagens que compõem o complexo ambiental do parque.

Diante desse contexto, o monitoramento das condições ambientais torna-se fundamental para compreender os impactos das pressões antrópicas sobre os

ecossistemas e subsidiar estratégias de conservação e gestão ambiental em unidades de conservação.

3.2 - PAISAGEM E POTENCIALIDADES AMBIENTAIS DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA/SE

A paisagem constitui uma das principais categorias de análise da Geografia, sendo amplamente discutida por diferentes correntes do pensamento geográfico. Autores clássicos como Alexander von Humboldt, Vidal de La Blache e Carl Sauer contribuíram para a consolidação desse conceito, posteriormente ampliado por abordagens contemporâneas que incorporam dimensões culturais, ecológicas e dinâmicas da superfície terrestre. Nesse contexto, Cavalcanti (2018) discute a paisagem a partir de uma perspectiva geoecológica e cultural, ressaltando que ela não se limita a uma aparência visual do espaço, mas expressa um conteúdo dinâmico resultante da interação entre processos naturais e ações humanas.

Nesse sentido, a paisagem pode ser compreendida como resultado de processos históricos e ecológicos que se manifestam na superfície terrestre. Para Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), os geossistemas naturais são categorias históricas que carregam marcas do passado e continuam em constante transformação ao longo do tempo. Essa perspectiva aproxima-se da concepção proposta por Ab'Saber (2003), ao afirmar que as paisagens representam uma herança de processos naturais e antrópicos acumulados ao longo da história, sendo continuamente remodeladas por dinâmicas ambientais mais recentes.

A abordagem da Geoecologia das Paisagens destaca a necessidade de compreender o funcionamento integrado dos elementos naturais e sociais que compõem os sistemas ambientais. De acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), a geoecologia da paisagem constitui uma importante ferramenta para análise e gestão ambiental, pois permite interpretar as interações entre os componentes físicos, biológicos e antrópicos da paisagem, contribuindo para o planejamento ambiental e para estratégias de conservação a longo prazo.

Nessa perspectiva sistêmica, a paisagem não pode ser entendida apenas como uma simples soma de elementos naturais. Bertrand (1968) enfatiza que a paisagem resulta de uma combinação dinâmica e integrada de fatores físicos, biológicos e humanos, constituindo uma unidade espacial complexa e indissociável. Assim, a

paisagem apresenta caráter total, no qual as ações humanas se integram aos processos naturais, influenciando diretamente sua organização e funcionamento.

As paisagens também podem ser compreendidas como entidades geoecológicas que apresentam diferentes ritmos de evolução e funcionamento ao longo do tempo. Segundo Cavalcanti (2018), essas entidades possuem dimensões definidas na superfície terrestre e seu desenvolvimento está associado às leis da física e aos processos internos e externos do planeta. Contudo, ao longo da história, diferentes sociedades passaram a interagir com esses sistemas naturais, conferindo à paisagem um caráter cultural que se manifesta por meio de práticas sociais, econômicas e simbólicas.

No contexto contemporâneo, a compreensão das paisagens também tem sido influenciada pelo debate sobre o Antropoceno, período marcado pela intensificação das ações humanas sobre os sistemas naturais. Figueiró (2021) destaca que a atual crise ambiental exige a superação da tradicional dicotomia entre Geografia Física e Geografia Humana, propondo uma abordagem integrada que reconheça a natureza cada vez mais hibridizada pelas atividades humanas. Nessa perspectiva, compreender a dinâmica das paisagens implica reconhecer a interação contínua entre processos naturais e transformações socioambientais.

A partir dessa abordagem integrada, a paisagem passa a ser entendida como um elemento fundamental para análise das relações entre sociedade e natureza, possibilitando interpretações sobre o uso do território, o planejamento ambiental e a gestão dos recursos naturais. Assim, a categoria paisagem permite compreender de forma sistêmica os processos que moldam os ambientes naturais e as transformações decorrentes das atividades humanas.

No Nordeste brasileiro, especialmente nas áreas de transição climática entre o clima úmido e o semiárido, como as regiões do Agreste, as paisagens apresentam elevada diversidade ambiental e forte influência das atividades humanas. Nessas áreas, embora seja possível encontrar espécies vegetais adaptadas ao fogo, historicamente a paisagem não apresenta elevada resistência aos incêndios florestais. Dessa forma, a presença de espécies pirofíticas muitas vezes está associada a práticas de manejo do fogo ou ao uso do território para atividades agropastoris.

Quando o fogo atinge determinada vegetação, ele pode ser classificado como incêndio florestal ou como queimada controlada. As queimadas controladas correspondem ao uso intencional do fogo em atividades agrícolas ou florestais, com

objetivos específicos e delimitação prévia da área de queima. Entretanto, quando o fogo ocorre de forma não planejada ou perde o controle, pode resultar em incêndios florestais capazes de provocar impactos significativos nos ecossistemas (RIBEIRO; BONFIM, 2000; SOARES; BATISTA, 2007).

A estrutura geológica do Parque Nacional Serra de Itabaiana insere-se no contexto do Domo de Itabaiana, unidade geológica localizada na Província Borborema e circundada por litotipos do Domínio Vaza-Barris. Na área do parque predominam as unidades metassedimentares da Formação Itabaiana (Grupo Miaba), constituídas principalmente por quartzitos, metarenitos e metaconglomerados, além de formações sedimentares mais recentes nas porções periféricas. A elevada resistência dessas litologias aos processos intempéricos favoreceu o desenvolvimento de serras residuais, afloramentos rochosos, escarpas e superfícies elevadas que conferem singularidade à paisagem regional (Santos et al., 2001; D'el-Rey Silva, 1992, 1995; ICMBio, 2016).

Esses compartimentos geológicos exercem influência direta sobre a evolução geomorfológica, a gênese e distribuição dos solos, a disponibilidade hídrica e a organização das fitofisionomias, constituindo importante patrimônio geológico do estado de Sergipe. Nesse contexto, a expressiva geodiversidade do Parque Nacional Serra de Itabaiana representa uma de suas principais potencialidades ambientais, fornecendo suporte para pesquisas científicas, ações de educação ambiental, estratégias de geoconservação e atividades de geoturismo (Gray, 2013; Brilha, 2016; ICMBio, 2016).

No contexto do Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), diferentes estudos têm apontado a ocorrência recorrente de incêndios florestais em determinadas unidades da paisagem. White (2010), ao analisar áreas classificadas como formações abertas naturais no parque, observou que em unidades de Neossolo Quartzarênico foram registradas maiores alturas de chama, maior intensidade na linha de fogo e maior liberação de energia calorífica durante eventos de incêndio.

A dinâmica da paisagem no PARNASI pode ser interpretada a partir das análises propostas por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), que destacam a existência de diferentes estados funcionais e dinâmicos das paisagens, caracterizados por processos periódicos, cíclicos e rítmicos. Nesse sentido, eventos como os incêndios florestais podem ser compreendidos como distúrbios ambientais

capazes de modificar temporariamente a estrutura e o funcionamento dos sistemas paisagísticos.

Assim, compreender a dinâmica evolutiva da paisagem no Parque Nacional Serra de Itabaiana torna-se fundamental para interpretar os impactos causados pelos incêndios florestais e suas implicações sobre os processos ecológicos locais. Fatores como condições climáticas, características do relevo e variações altimétricas influenciam diretamente a propagação do fogo e os processos de regeneração da vegetação, contribuindo para a reconfiguração das paisagens ao longo do tempo.

Dessa forma, a análise da paisagem sob uma perspectiva geoecológica permite compreender os processos que estruturam os ambientes naturais do PARNASI, bem como avaliar os efeitos das pressões antrópicas e dos distúrbios ambientais sobre a dinâmica desses sistemas.

3.3 INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA E RESILIÊNCIA DA PAISAGEM

A poluição atmosférica de origem antrópica intensificou-se a partir da Revolução Industrial, entre os séculos XVIII e XIX, período marcado pelo aumento da utilização de motores à combustão movidos pela queima de combustíveis fósseis (CANÇADO et al., 2006). Ao longo do século XX, episódios históricos de elevada concentração de poluentes atmosféricos evidenciaram os impactos da poluição sobre a saúde humana, destacando-se os eventos ocorridos no Vale do Meuse, na Bélgica, em 1930; em Donora, nos Estados Unidos, em 1948; e em Londres, em 1952, os quais provocaram aumento significativo da morbimortalidade por doenças respiratórias (CANÇADO et al., 2006). Esses acontecimentos contribuíram para a formulação de padrões internacionais de qualidade do ar e para o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 003/1990, a poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia capaz de tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde humana, danoso aos materiais, à biota, ou prejudicial ao bem-estar da população e às atividades socioeconômicas. Nesse contexto, os incêndios florestais configuram-se como importantes fontes de emissão de partículas e gases na atmosfera, contribuindo para a deterioração da qualidade ambiental.

A ocorrência de incêndios florestais está associada, em grande parte, às atividades humanas, especialmente relacionadas às mudanças no uso e ocupação da terra, como expansão agrícola, pecuária extensiva e práticas de manejo inadequadas do fogo. Para compreender a ocorrência desses eventos, torna-se necessário considerar os diversos fatores que compõem a paisagem, entre os quais destacam-se a topografia, as características do solo, a estrutura da vegetação e, sobretudo, as condições climáticas (DE ANGELIS et al., 2015). A análise integrada dessas variáveis permite identificar áreas mais suscetíveis à ocorrência de incêndios e subsidiar estratégias de prevenção e controle do fogo.

Os incêndios florestais produzem diversos impactos ecológicos, alterando significativamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. Entre os efeitos mais recorrentes destacam-se a perda de biomassa vegetal, alterações na composição florística, redução da cobertura vegetal e mudanças na dinâmica da paisagem. Melo e Durigan (2010) destacam que, em florestas estacionais semidecíduais submetidas ao fogo, podem ocorrer processos de degradação associados à redução da diversidade vegetal e à substituição da vegetação nativa por espécies oportunistas, como gramíneas e lianas.

Além dos impactos ecológicos, a ocorrência recorrente de incêndios florestais pode provocar transformações estruturais na paisagem, como a conversão de formações florestais em áreas dominadas por vegetação campestre ou gramínoide (COCHRANE, 2003). Esses processos podem desencadear impactos ambientais, sociais e econômicos de médio e longo prazo, afetando tanto a biodiversidade quanto as populações humanas que vivem no entorno dessas áreas.

No estado de Sergipe, estudos realizados por White e White (2016) utilizaram dados de focos de calor registrados por satélites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para identificar padrões de ocorrência de incêndios no período entre 1999 e 2015. Os resultados indicaram elevada concentração de focos de calor na região do Agreste Sergipano, especialmente no município de Areia Branca, onde se localizam as serras que compõem o Parque Nacional Serra de Itabaiana.

O Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI) apresenta elevada diversidade de formações vegetacionais, incluindo fitofisionomias associadas ao cerrado ralo e ao cerrado rupestre. Nesses ambientes, o comportamento do fogo pode variar de acordo com a disponibilidade de material combustível, as condições climáticas e as características do relevo. Em determinadas situações, o fogo pode

atuar como um agente ecológico importante para a dinâmica de ecossistemas savânicos, favorecendo a manutenção de espécies adaptadas a esse distúrbio.

Em ambientes de cerrado, algumas espécies vegetais apresentam adaptações ao fogo, sendo classificadas como espécies pirofíticas. Estudos realizados por Carvalho et al. (2010) demonstram que determinadas espécies podem ter seus processos reprodutivos estimulados pela ocorrência do fogo, uma vez que o calor pode quebrar a dormência das sementes e favorecer processos de germinação, rebrota, floração e frutificação.

Entretanto, quando o fogo ocorre de forma recorrente ou em intensidade elevada, pode ultrapassar os limites naturais de regeneração dos ecossistemas, provocando alterações significativas na estrutura e no funcionamento das paisagens. Nesses casos, o fogo deixa de atuar como um processo ecológico natural e passa a representar um importante fator de degradação ambiental.

Nesse contexto, torna-se importante diferenciar os incêndios florestais das queimadas controladas. As queimadas controladas correspondem ao uso planejado do fogo em atividades agrícolas ou florestais, com objetivos específicos e delimitação prévia da área de queima. Já os incêndios florestais caracterizam-se pela propagação não controlada do fogo sobre áreas naturais ou vegetadas, provocando impactos ambientais significativos (RIBEIRO; BONFIM, 2000; SOARES; BATISTA, 2007).

A análise dos impactos do fogo sobre os ecossistemas também envolve a compreensão do conceito de resiliência da paisagem, entendido como a capacidade de um ecossistema de resistir, recuperar-se e reorganizar-se após a ocorrência de distúrbios ambientais. A resiliência está associada a diferentes fatores, como a diversidade biológica, a conectividade entre habitats, a composição das espécies vegetais e as características estruturais da paisagem (PRGP SLA, 2022).

Nas últimas décadas, o conceito de resiliência tem sido ampliado para incorporar dimensões socioecológicas, considerando não apenas os aspectos ecológicos dos ecossistemas, mas também fatores sociais, econômicos e institucionais que influenciam a capacidade de adaptação das paisagens frente a distúrbios ambientais. Nesse sentido, Keane et al. (2018) destacam que a resiliência depende da manutenção dos regimes naturais de fogo dentro de limites históricos de variabilidade, evitando alterações abruptas capazes de comprometer o funcionamento dos ecossistemas.

Estudos realizados no contexto brasileiro também evidenciam a importância da resiliência da paisagem frente aos incêndios florestais. Pesquisas desenvolvidas na Mata Atlântica costeira da Bahia indicam que processos como fragmentação florestal, expansão urbana e abertura de rodovias aumentam a vulnerabilidade da vegetação ao fogo e reduzem sua capacidade de regeneração após distúrbios (RIZZETTO, 2019). Dessa forma, o planejamento territorial e o manejo adequado do fogo tornam-se estratégias fundamentais para a conservação dos ecossistemas e para o fortalecimento da resiliência ambiental.

A compreensão da dinâmica da paisagem frente aos incêndios também envolve a análise da biodiversidade, entendida como a variedade de formas de vida existentes em diferentes níveis de organização biológica. A biodiversidade corresponde à variabilidade dos organismos vivos em múltiplas escalas biológicas, abrangendo a diversidade genética dentro das espécies, a diversidade de espécies entre si e a diversidade de ecossistemas. Esse conceito permanece consolidado na literatura científica contemporânea e em revisões recentes que reforçam seu papel como base para o monitoramento ecológico e políticas de conservação (BACARO, 2025; OTAMENDI-URROZ et al., 2025).

No âmbito ecológico, a biodiversidade pode ser analisada por meio de diferentes métricas, entre as quais destacam-se a diversidade alfa (α) e a diversidade beta (β). A diversidade alfa refere-se à variedade de espécies presentes em uma comunidade ou área específica, refletindo tanto a riqueza de espécies quanto a distribuição de abundâncias entre elas (KERS; SACCENTI, 2022). Já a diversidade beta corresponde às diferenças na composição de espécies entre duas ou mais comunidades, permitindo avaliar o grau de similaridade ou diferenciação biológica entre diferentes ambientes (WAGNER et al., 2018).

Assim, a análise da diversidade biológica em diferentes unidades da paisagem permite compreender como os incêndios florestais podem influenciar a estrutura das comunidades biológicas e os padrões de distribuição das espécies, contribuindo para a interpretação da dinâmica ecológica das paisagens naturais.

3.4 - LIQUENS COMO BIOMONITORES DE ÁREAS AFETADAS POR INCÊNDIOS NO PARNASI

O uso de organismos vivos como indicadores ambientais tem sido amplamente empregado em estudos ecológicos e de monitoramento ambiental. O termo bioindicador refere-se a espécies ou comunidades capazes de fornecer informações sobre as condições ambientais de determinado ecossistema, permitindo identificar níveis de degradação ou presença de poluentes (Spellerberg, 1991). Nesse contexto, destacam-se as chamadas espécies sentinelas, organismos sensíveis que, quando expostos a determinadas condições ambientais, respondem de forma mensurável às alterações do meio. Um exemplo clássico desse tipo de aplicação foi o uso de canários em minas subterrâneas para detectar a presença de gases tóxicos.

O biomonitoramento constitui, portanto, uma ferramenta eficiente para avaliar impactos ambientais, pois utiliza organismos capazes de responder diretamente às alterações do ambiente. Para que um organismo seja considerado um bioindicador confiável, é necessário que apresente respostas mensuráveis e consistentes diante de determinados fatores de estresse ambiental (Mazzitelli et al., 2006). Entre os organismos mais utilizados em biomonitoramento ambiental destacam-se os musgos, algumas plantas vasculares e, principalmente, os líquens, amplamente empregados no monitoramento da poluição atmosférica (Eliasaro et al., 2009).

O conceito contemporâneo de líquens tem sido reinterpretado sob a perspectiva do holobionte, que os compreende como sistemas biológicos integrados formados pela associação entre fungos, algas fotossintéticas e uma diversidade de microrganismos associados. Nessa abordagem, os líquens deixam de ser vistos apenas como uma simbiose dual e passam a ser entendidos como unidades ecológicas complexas, nas quais interações entre diferentes componentes influenciam diretamente sua funcionalidade, resiliência e respostas a variações ambientais (SPRIBILLE et al., 2016; SPRIBILLE et al., 2024).

Essa característica torna os líquens importantes indicadores da qualidade do ar, especialmente devido à sua sensibilidade a poluentes atmosféricos, como compostos de enxofre (Seaward, 1977). Esses organismos podem ser encontrados sobre diferentes substratos, como rochas, solos e troncos de árvores, desempenhando funções ecológicas relevantes, incluindo a ciclagem de nutrientes, retenção de umidade e participação em processos de intemperismo das rochas.

Do ponto de vista morfológico, os líquens podem ser classificados de acordo com a forma de crescimento do talo, podendo apresentar talos crostosos, foliosos ou fruticosos. Em geral, os líquens foliosos e fruticosos apresentam maior sensibilidade

a poluentes atmosféricos, enquanto os líquens crostosos tendem a apresentar maior tolerância a condições ambientais adversas (CONTI; CECCHETTI, 2001).

Além disso, os talos liquênicos podem apresentar organização homômera, com distribuição uniforme entre algas e hifas, ou heterômera, com diferenciação em córtex, camada gonidial e medula (MARCELLI, 2006). Essa variação estrutural está associada à tolerância ambiental dos líquens e influencia sua resposta a estresses como poluição atmosférica e distúrbios por fogo. No PARNASI, essas características são relevantes para avaliar os efeitos dos incêndios florestais e as mudanças na qualidade ambiental, contribuindo para a interpretação dos padrões de sucessão ecológica e bioindicação.

No Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), localizado no estado de Sergipe, destaca-se a ocorrência de elevada diversidade liquênica, especialmente de espécies de crescimento crostoso associadas a superfícies rochosas e troncos de árvores. Esses organismos desempenham papel ecológico importante na manutenção dos ecossistemas locais, contribuindo para processos de ciclagem de nutrientes e formação de solos. Estudos realizados na região indicam a ocorrência de espécies ainda pouco registradas para a ciência, ressaltando a importância da unidade de conservação como área estratégica para estudos de biodiversidade liquênica no Nordeste brasileiro (Cáceres; Lücking, 2007).

Além de sua relevância ecológica, os líquens presentes no PARNASI apresentam elevado potencial para biomonitoramento ambiental. A sensibilidade desses organismos a alterações microclimáticas, deposição de poluentes atmosféricos e distúrbios ambientais permite utilizá-los como ferramentas para avaliar a qualidade ambiental e compreender os efeitos de diferentes fatores de estresse sobre os ecossistemas. Nesse sentido, o monitoramento das comunidades liquênicas pode contribuir para a análise dos impactos associados aos incêndios florestais registrados na região (Xavier et al., 2012).

Na literatura liquenológica, a riqueza de espécies de líquens é frequentemente associada à interação entre fatores ambientais, como condições microclimáticas, disponibilidade de substrato, estabilidade ambiental e histórico de distúrbios. Ambientes com maior estabilidade ecológica e menor frequência de perturbações tendem a apresentar maior diversidade liquênica, uma vez que possibilitam o estabelecimento de espécies com diferentes exigências ecológicas (Nash, 2008; McCune & Geiser, 2009).

Entretanto, a ocorrência de distúrbios ambientais, como os incêndios florestais, pode provocar alterações significativas na estrutura das comunidades liquênicas. O fogo tende a remover ou reduzir a cobertura liquênica existente, principalmente espécies mais sensíveis, alterando temporariamente a composição dessas comunidades. Após o evento de fogo, superfícies rochosas e troncos expostos passam a ser colonizados inicialmente por espécies pioneiras, geralmente líquens crostosos, que apresentam maior tolerância a condições de estresse ambiental, como radiação solar intensa, variações térmicas e baixa disponibilidade hídrica (Nash, 2008; Büdel; Scheidegger, 2008).

Esse processo de recolonização contribui para a formação de diferentes estágios de regeneração na paisagem, criando um mosaico ecológico em que áreas recentemente queimadas coexistem com setores mais estáveis. Dessa forma, a distribuição e composição das comunidades liquênicas passam a refletir os efeitos do fogo na estrutura ambiental, permitindo compreender como os incêndios influenciam a dinâmica ecológica da paisagem ao longo do tempo (Seaward, 2004).

Estudos realizados em áreas de Cerrado demonstram que os incêndios florestais podem provocar redução significativa na abundância e diversidade de líquens, sendo necessários vários anos para o início dos processos de recolonização e até décadas para o restabelecimento completo das comunidades liquênicas (Marcelli, 1998; Mistry; Berard, 2005). Esses resultados evidenciam a sensibilidade desses organismos aos regimes de fogo e reforçam sua importância como indicadores ecológicos de distúrbios ambientais.

Além disso, alterações na frequência e intensidade dos incêndios florestais podem provocar mudanças persistentes na distribuição das espécies liquênicas em escala de paisagem. Conforme demonstrado por Miller, Root e Safford (2018), regimes de fogo alterados podem levar à redução da diversidade liquênica e ao aumento do isolamento entre manchas florestais, resultando em processos de limitação de dispersão e reorganização biogeográfica das comunidades.

Nesse contexto, os líquens crostosos, frequentemente dominantes em ambientes expostos ou perturbados, apresentam maior tolerância ao estresse ambiental e podem atuar como indicadores das condições ecológicas da paisagem. Esses organismos refletem fatores como disponibilidade de umidade, intensidade de insolação, tipo de substrato e grau de perturbação ambiental, incluindo a ocorrência

de incêndios florestais (Nash, 2008; Büdel; Scheidegger, 2008; Giordani; Incerti, 2008).

Dessa forma, a análise das comunidades liquênicas em áreas afetadas por incêndios florestais permite compreender não apenas os impactos do fogo sobre a biodiversidade, mas também os processos de reorganização ecológica da paisagem. A utilização de líquens como biomonitores ambientais constitui, portanto, uma ferramenta relevante para avaliar os efeitos dos incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, contribuindo para a compreensão da dinâmica ecológica desses ecossistemas e para o desenvolvimento de estratégias de conservação ambiental.

4. SEÇÃO II - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RECORTE ESPACIAL

O Estado de Sergipe, localizado na região Nordeste, ocupa uma área de aproximadamente 21.962km², o que corresponde a 0,26% do território brasileiro, constituindo-se o menor estado da federação. Situa-se entre os paralelos de 9° 31' e 10° 34' de latitude sul e os meridianos de 36° 26' e 38° 14' de longitude oeste de Greenwich. Sergipe limita-se ao norte com Alagoas, separado pelo rio São Francisco, ao Sul e Oeste tem como vizinha a Bahia e no Leste, o Oceano Atlântico.

O Parque Nacional Serra de Itabaiana (Figura 01) abrange os municípios de Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda e Campo do Brito em Sergipe. Oficialmente, essa UC foi criada em 2005, mas iniciativas anteriores de implementação de reserva e ações de conservação já eram desenvolvidas (MMA/ICMBIO, 2016). Sua criação não foi amplamente aceita, principalmente pela comunidade dentro e no entorno da UC, evidenciando conflitos fundiários, onde porção significativa do PARNASI não tem regularização fundiária. As principais atividades econômicas desenvolvidas no local são: a agricultura familiar e monocultura de cana de-açúcar, a criação de gado e atividades turísticas. Todas essas atividades, apresentam registros de ocorrência de incêndio florestal (MMA/ICMBIO, 2016).

Representando uma região de ecótono entre os domínios fitogeográficos Mata Atlântica e Caatinga, a paisagem ocorre no limite entre o úmido e o subúmido seco, apresentando setores com presença de uma formação campestre e savânica (IBGE, 2022). Os setores mais elevados da paisagem são compostos pelas Serras de Itabaiana (653m), Comprida (496m) e Cajueiro (482m). O extremo leste da UC é configurado por tabuleiro dissecado, cuja região é denominada Mata da Cafuz. Predominam nos setores elevados solos do tipo Neossolo e na região de tabuleiro dissecado, solos do tipo Argissolo (Santos *et al.*, 2022).

A configuração de predominância de setores elevados, onde ocorrem as formações campestres e savânicas, em detrimento de setores rebaixados onde predominam as formações florestais, resultam em forte pressão sobre as áreas arbóreas e recorrência de incêndios nas encostas e topo, onde a matéria orgânica inflamável tende a ser mais abundante (WHITE; RIBEIRO, 2014; Santos *et al.*, 2014).

Os fragmentos florestais mais preservados estão situados nos canais fluviais na mata do Cafuz e nas baixas encostas das serras que compõem o PARNASI. É justamente na porção dos fragmentos preservados, onde o relevo é suave, que se verificam também as maiores pressões em função do uso e da ocupação da terra (MMA/ICMBIO, 2016). Essa configuração de relevo favorece as atividades agropecuária e mineradora, que geram impactos por incêndios, entre outros.

As atividades conflitantes de maior incidência de danos à vegetação do parque consistem em retirada de madeira, lenha, cipó, frutos; pequenos desmatamentos; pressão da urbanização; extração mineral (areia, pedra, argila, cascalho) no entorno da Unidade; atividades agropecuárias nas áreas não indenizadas; resíduo de práticas religiosas deixadas na Unidade; caça e atropelamento de fauna; presença de torres de comunicação e linha de transmissão no interior da Unidade; acúmulo de lixo e incêndios florestais (MMA/ICMBIO, 2016).

No Parque Nacional Serra de Itabaiana, a ocorrência do incêndio florestal é um fenômeno histórico e diretamente relacionado à dinâmica de uso e ocupação do solo na Unidade de Conservação e seu entorno (Figura 02). Os

efeitos desse fogo na estrutura e dinâmica das paisagens ainda são pouco abordados (MMA/ICMBIO, 2016).

Figura 2: *Combate direto com uso de abafadores (Serra Comprida, à direita, em 2009, e à esquerda, em 2015).*

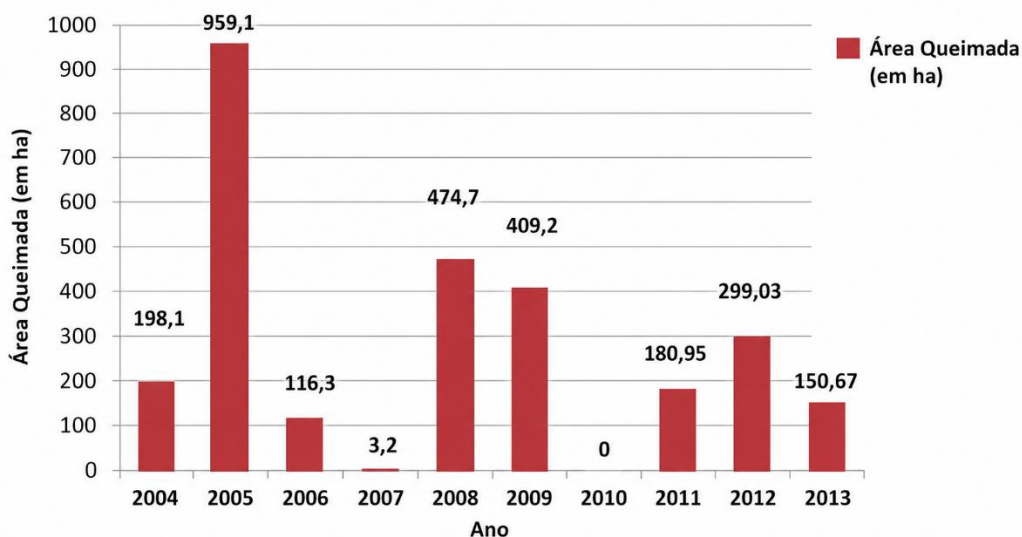


Fonte: Plano de Manejo, Parque Nacional Serra de Itabaiana/SE (2005).

O zoneamento constitui um instrumento de ordenamento territorial, usado como recurso para se atingir melhores resultados no manejo da UC, pois estabelece usos e normas diferenciadas para cada zona, conforme seus atributos e objetivos de manejo. (MMA/ICMBIO, 2016). As zonas de amortecimento do parque são de fundamental importância para a conservação do parque já que a zona que ele está inserido passa por um processo intenso de urbanização. Sobretudo, na área dos povoados do município de Areia Branca/SE, dentre estes o que mais se destaca nesse processo é o povoado Chico Gomes.

Com base no plano de manejo do parque (MMA/ICMBIO, 2016), os maiores incêndios ocorridos foram nos anos de 1993, antes da criação, ocasião em que o fogo tomou uma área de 60% da Serra de Itabaiana, e outro foi na criação do parque, tomando 10% da área. Os lugares considerados críticos e propensos à presença do fogo são as áreas em que há moradores ao redor, onde a prática agrícola é intensa e acaba sendo feito de maneira incorreta o manejo do fogo, sendo as serras do Cajueiro e Comprida as mais afetadas. Além disso, os incêndios ocorrem às margens da rodovia federal BR-235 (COSTA; FALLEIRO, 2010) (Figura 03).

Figura 3: Área Queimada (ha) no PARNASI, entre os anos de 2004 e 2013.



Fonte: Plano de Manejo (2015).

Os incêndios florestais no Parque Nacional da Serra de Itabaiana, em Sergipe, são um problema ambiental recorrente que afeta a biodiversidade local. Em 2024, os incêndios continuam sendo uma grande ameaça, com focos detectados durante os períodos mais secos, especialmente nos meses de novembro e dezembro (IBAMA, 2024). Embora a baixa precipitação contribua para o aumento do risco, os meses de fevereiro também apresentam alta probabilidade de ocorrência de incêndios, segundo registros históricos.

O combate é feito principalmente por brigadistas do Ibama e do ICMBio, que utilizam aviões, helicópteros e viaturas para conter as chamas (ISA, 2024). Além disso, medidas preventivas, como aceiros e atividades educativas nas comunidades vizinhas, são essenciais para reduzir a ocorrência de novos incêndios (Figura 4).

Figura 4: Queimada controlada realizando a construção de aceiros preventivos na base da Serra Comprida.



Fonte: Autora (2024)

Esses incêndios podem ser intensificados por fatores como a quantidade de material combustível seco e as características da vegetação, como as áreas de campos gramíneos, que apresentam maior propagação das chamas. A gestão dos incêndios envolve o uso de simulações com ferramentas como o BehavePlus, que ajudam a prever e a controlar o comportamento do fogo em

diferentes tipos de vegetação, como as matas, que têm incêndios de menor intensidade e são mais fáceis de controlar.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método surgiu diante de críticas feitas por Karl Popper no que se refere ao método indutivo e dedutivo. Quando se tem informações insuficientes para explicar o fenômeno, surgem os problemas e junto surgem as hipóteses, para então testá-las e/ou refutá-las. Logo, faz-se necessária a análise da filosofia da ciência para discutir o problema da presente pesquisa. Então, diante desse percurso, adotam-se as concepções de Popper e o seu método hipotético-dedutivo, partindo de uma hipótese e seguindo a lógica do autor da falseabilidade.

O exemplo do “cisne branco e o cisne negro” ilustra a falseabilidade em Popper: a observação de um único cisne negro refuta a generalização de que todos os cisnes são brancos, evidenciando que enunciados universais podem ser falseados por um caso contrário.

A pesquisa seguiu o método hipotético-dedutivo de Karl Popper (1975), no qual se parte de um problema (P1), formula-se uma teoria-tentativa (TT), realiza-se a crítica com eliminação de erros (EE) e, a partir disso, surgem novos problemas (P2). Segundo Lakatos (2003, p. 96), hipóteses que não resistem aos testes são refutadas e exigem reformulação, enquanto aquelas que superam testes rigorosos são apenas corroboradas provisoriamente, sem confirmação definitiva.

Já a pesquisa qualitativa busca formas de representar um caráter exploratório sem a preocupação com dados numéricos. Esse tipo de abordagem preocupa-se em interpretar aspectos mais profundos, fornecendo uma análise mais detalhada de hábitos, atitudes e tendências de comportamento (LAKATOS; MARCONI, 2011) (Figura 05).

Figura 5: Esquema explicativo quanto à abordagem da pesquisa

ESQUEMA

da Pesquisa

**01**

QUANTO À NATUREZA

Pesquisa aplicada, desenvolvida a partir da análise de um problema ambiental específico.

02

QUANTO À FORMA DE ABORDAGEM

Abordagem quali-quantitativa, devido à utilização integrada de procedimentos quantitativos e qualitativos na análise dos dados.

03

QUANTO AOS OBJETIVOS

Pesquisa exploratória e descritiva, voltada à compreensão e caracterização do fenômeno estudado.

04

QUANTO AOS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Levantamento bibliográfico, trabalho de campo e análises laboratoriais.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

O levantamento bibliográfico foi realizado com o intuito de mostrar a relação sociedade/natureza diante da ocorrência do fogo e descrever os motivos pelos quais se dão esses incêndios florestais. A pesquisa buscou levar em

consideração a localidade do incêndio registrado para posterior georreferenciamento.

O estudo se sustenta na perspectiva da análise geoecológica funcional da paisagem que define a dinâmica funcional. O elemento trazido na pesquisa para analisar o nível de degradação são os incêndios florestais, pois é sabido o quanto modificam a paisagem, causando perda de biomassa a partir da combustão e da fusão dos materiais que serão queimados nessas áreas. Com relação às alterações devido às fitofisionomias do Parque Nacional Serra de Itabaiana, sobretudo na área estudada, as áreas de formações abertas naturais, o fogo se torna mais intenso e difícil de conter pelo fato de haver uma grande quantidade de material combustível (gramíneas).

O estudo de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017) intitulado "Geoecologia das Paisagens" foca na análise e compreensão das paisagens sob a perspectiva da geoecologia, que combina princípios da ecologia e da geografia física para estudar os processos naturais e as interações humanas com o meio ambiente.

A abordagem geoecológica é fundamental para entender a dinâmica das paisagens, seus processos de transformação, e como diferentes fatores físicos, biológicos e sociais contribuem para essas mudanças.

A análise geoecológica permite a identificação de áreas críticas, vulneráveis à degradação ambiental, como as áreas de encosta sujeitas à erosão ou regiões impactadas por atividades econômicas intensivas.

No seu estudo, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017) trabalham de forma delineada a dinâmica evolutiva da paisagem, e como objetivo do presente estudo é diagnosticar o grau de impacto dos incêndios florestais em elementos da paisagem no PARNASI, além de associar isso com a dinâmica evolutiva no pós-fogo, utilizando-se de variáveis como o clima local e as cotas altimétricas e do quanto interferem em todo o contexto do complexo da paisagem.

Para uma melhor compreensão da paisagem através da concepção de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), tem-se que a paisagem passa por processos dos seus estados, sejam eles funcionais ou dinâmicos subdivididos em periódica, cíclica e rítmica. Considerando a problemática da pesquisa ligada aos incêndios florestais do PARNASI, faz-se possível relacionar com as análises postas pelos autores no que diz respeito aos processos.

Sendo assim, segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), para fazer uma investigação da evolução da paisagem, devemos nos dirigir a ela como uma unidade de espaço e tempo, ou seja, como unidades integradas com uma estreita relação entre as mudanças temporais e espaciais. Dessa forma, conclui-se que todas as paisagens são formações históricas, sendo as paisagens momentos e memórias.

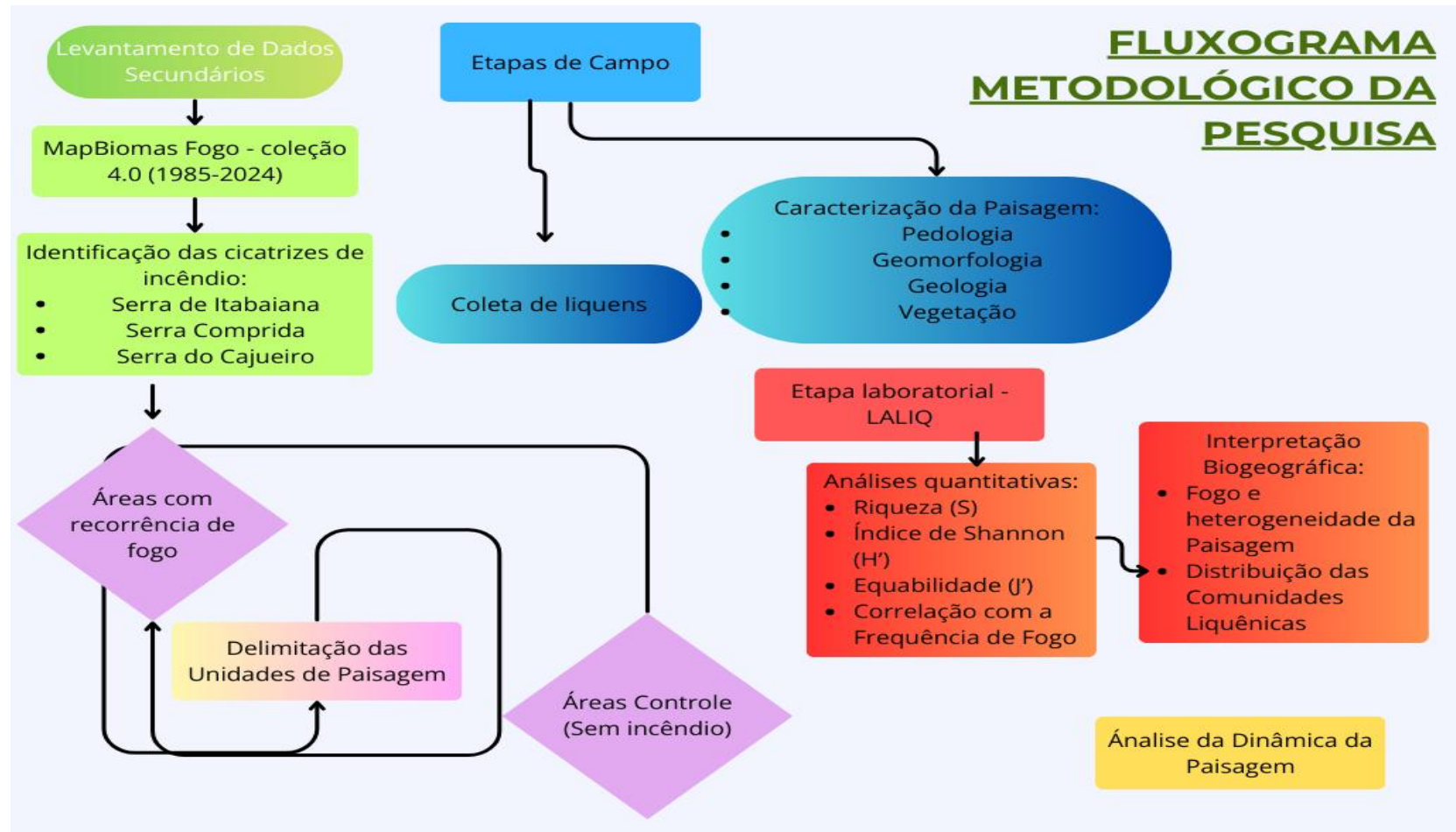
A pesquisa foi conduzida por uma abordagem empírico-analítica, onde contou com o levantamento inicial na base de dados do MapBiomas fogo 4.0, analisando as áreas que sofreram incêndio florestal entre os anos de 1985-2024, na serra do Cajueiro, serra Comprida e serra de Itabaiana. A partir desse levantamento de cicatrizes na paisagem, foram delimitadas parcelas controle onde não houve incêndio florestal e áreas que sofreram com os incêndios. Diante disso, houveram os campos para coleta de líquens nas áreas delimitadas além de verificar os componentes da paisagem como pedologia, geomorfologia, geologia e vegetação.

Após a etapa de campo, as amostras líquênicas coletadas nas diferentes unidades de paisagem foram encaminhadas ao Laboratório de Liquenologia (LALIQ), onde foram submetidas à triagem, identificação taxonômica e análise morfológica, com auxílio de estereomicroscópio e literatura especializada. A etapa laboratorial foi fundamental para garantir precisão na determinação das espécies e na classificação dos tipos morfológicos, assegurando consistência aos dados utilizados nos cálculos de diversidade e nas análises espaciais. A integração entre observação em campo e validação taxonômica em laboratório permitiu fortalecer a interpretação biogeográfica, ao relacionar a distribuição das comunidades líquênicas aos padrões de heterogeneidade da paisagem e à recorrência do fogo.

Os resultados foram obtidos mediante análise quantitativa dos índices de diversidade e correlação com dados de frequência de incêndios, possibilitando interpretar a dinâmica da paisagem sob a perspectiva biogeográfica.

O Fluxograma (figura 06) da pesquisa vem com o objetivo de explanar as ideias de forma fragmentada para que fique com uma melhor compreensão, mostra o percurso que a pesquisa teve durante sua execução

Figura 6: Fluxograma de execução da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A construção do fluxograma foi realizada com o intuito de mostrar a importância de forma simples e descomplicada o entendimento da estrutura de elaboração da pesquisa, para melhor entendimento do leitor do que se trata, dando ênfase nas questões norteadoras da pesquisa, dos problemas que foram encontrados e como solucioná-los, além das palavras-chave que serviram como base para estruturar o referencial teórico, com fluxo das informações e elementos evidenciando a sequência que é mostrada acima.

4.3- COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta de dados foi realizada em três etapas principais, que incluem: (1) Identificar as classes de Cobertura e Uso da Terra do PARNASI impactadas pelos incêndios florestais; (2) Avaliar o impacto dos incêndios florestais à estrutura de espécies liquênicas biomonitoras; (3) Identificar os índices de diversidade: Alfa (α), Beta (β) e Riqueza de espécie.

Identificar as classes de Cobertura e Uso da Terra do PARNASI impactadas pelos incêndios florestais

Para diagnosticar o padrão de frequência de incêndios florestais na Unidade de Conservação de Sergipe, foram coletados dados tabulares e matriciais disponibilizados na plataforma MapBiomas Fogo 4.0. Os dados tabulares coletados são referentes à (1) área acumulada para o período de 1985 à 2024, (2) Total de queimadas por ano sendo um recorte para o estado e no PARNASI, os dados matriciais coletados são referentes à recorrência de áreas incendiadas no período de 1985 a 2024.

A Coleção 4 do MapBiomas Fogo apresenta o histórico de cicatrizes de fogo no Brasil de 1985 a 2024, com dados anuais e mensais para todo o período, atualizados anualmente. Todo o mapeamento da área queimada no Brasil foi baseado em mosaicos anuais de imagens dos satélites Landsat, com resolução de 30 metros, que cobrem todo o território brasileiro.

Este módulo inclui: (a) Ocorrência de fogo anual, (b) Ocorrência de fogo mensal, (c) Frequência, (d) Área queimada acumulada, (e) Tamanho das cicatrizes e (f) Ano da última ocorrência de fogo. Os dados anuais, acumulados

e de frequência estão também disponíveis por classes de cobertura e uso da terra com base na Coleção 4 do MapBiomias.

Após a análise os dados na plataforma MapBiomias Fogo, foi realizada a avaliação de frequência anual partindo dos anos de 1985-2024, dentro de um recorte fundiário onde seleciona o recorte para UC Federal - Proteção Integral, sendo, o Parque Nacional Serra de Itabaiana o foco principal.

O mapeamento das áreas de cicatrizes de incêndios na paisagem do Parque Nacional Serra de Itabaiana foi realizado através da plataforma do MapBiomias onde contou com o levantamento do histórico desde 1985-2024. Aplicar este levantamento em campo para coleta de amostras de solos e rochas onde os líquens se encontram. Plotar parcelas das principais unidades de paisagem do PARNASI (Serras de Itabaiana, Comprida e Cajueiro) a partir das localidades com maior recorrência de incêndios e áreas controle (sem ocorrência de incêndios).

A caracterização da sazonalidade climática da área de estudo foi realizada por meio da elaboração do climograma do município de Itabaiana (SE), utilizando dados médios mensais de temperatura e precipitação, com o objetivo de identificar os períodos seco e chuvoso. Complementarmente, a dinâmica espaço-temporal dos incêndios florestais foi analisada com base nos dados do MapBiomias Fogo – Coleção 4.0, por meio da interpretação dos mapas de frequência de queimadas referentes aos anos de 2008, 2009, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2024. A análise considerou a distribuição mensal das áreas queimadas, com ênfase nas parcelas previamente delimitadas para a coleta de líquens, possibilitando identificar a recorrência dos incêndios nas unidades amostrais. A integração entre as informações climáticas e os registros de queimadas permitiu contextualizar a ocorrência dos incêndios em relação à sazonalidade regional, fornecendo subsídios para a interpretação dos efeitos do fogo sobre a diversidade liquênica no Parque Nacional Serra de Itabaiana.

A realização de atividades de campo na Mata da Cafuz não foi possível devido a recorrentes registros de assaltos na localidade, o que representava risco à integridade da pesquisadora e da equipe. Por critérios de segurança e ética científica, optou-se pela não execução das coletas nessa área. Ressalta-se que tal limitação não comprometeu os objetivos da pesquisa, pois as demais áreas amostrais garantiram a consistência das análises realizadas.

Avaliar o impacto dos incêndios florestais à estrutura de espécies liquênicas biomonitoras;

Partindo da metodologia adaptada de BOGGESS, L. M.; McCAIN, C. M.; MANZITTO-TRIPP, E. A.; PEARSON, S. M.; LENDEMER, J. C. (2024) as parcelas para coletar os líquens seguiram dessa forma onde cada parcela tinha (40 m × 40 m).

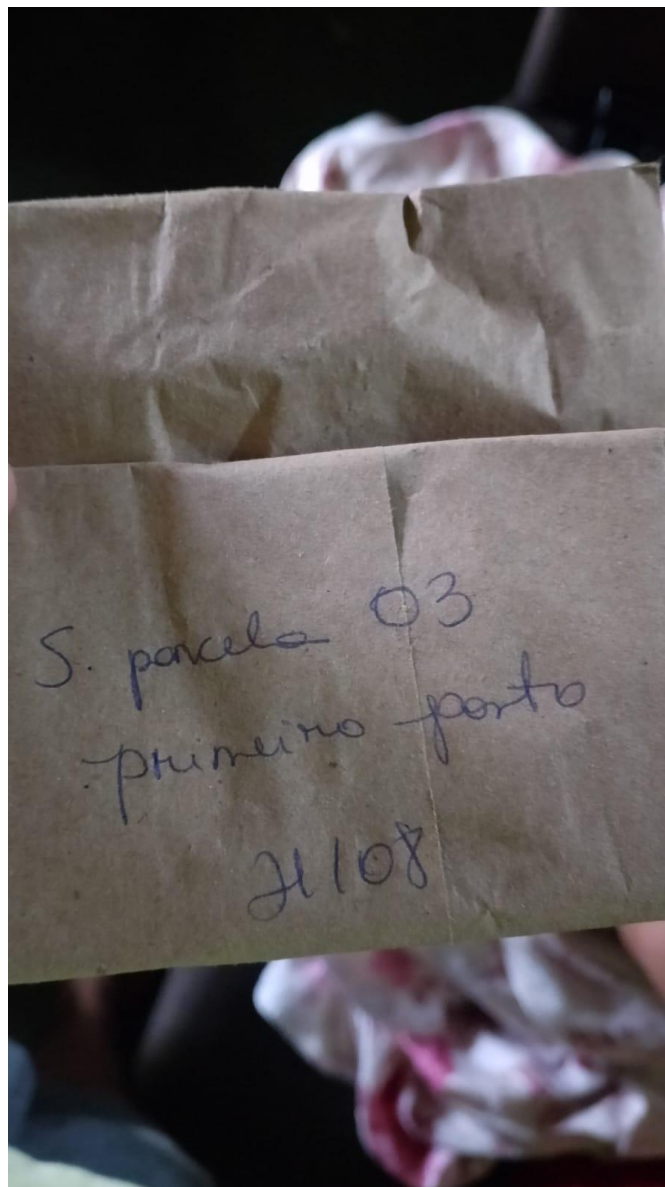
Foram selecionadas 6 parcelas distribuídas pelas serras de Itabaiana, serra do Cajueiro e serra Comprida, sendo, 3 áreas que tiveram incêndio florestal e 3 áreas que não teve incêndio florestal. Seguindo informações do MapBiomas Coleção 4. Dentro de cada parcela a pesquisadora fez:

- Inventário de líquens (coleta e registro de todas as espécies até não encontrar mais novidades).
- Subparcela de 10 m × 10 m no canto sudeste para medir árvores com diâmetro > 40 cm. E subparcela de 2,5mx2,5m a cada 5m.
- Registro de variáveis ambientais (pedologia, geomorfologia, geologia e vegetação).

Os dados coletados a partir do estabelecimento de parcelas de 40mx40m em áreas com maior frequência de incêndios e onde não há nenhuma frequência dentro das grandes Unidades de Relevo presentes no PARNASI. A título de controle dos dados coletados foram escolhidas parcelas em áreas em que não se verificou registro da ocorrência de incêndios.

Para a realização das coletas foram utilizados, martelo, canivete para a extração dos líquens, sacos de papel para armazená-los. As amostras foram guardadas em sacos de papel com identificação do local, coordenadas geográficas, data e coleta. Após isso, as amostras foram levadas para o Laboratório de liquenologia na Universidade Federal de Sergipe (LALIQ), onde foram separadas para posterior análise de riqueza (Figura 7).

Figura 7: Sacos de papel que armazenaram os líquens nas coletas de campo.



Fonte: A autora.

Na identificação dos líquens foi realizada uma análise morfológica para fazer análises macroscópicas e microscópica, para observar: a forma de crescimento do líquen, cor, forma e superfície do talo, tipo e forma de estruturas reprodutivas sexuadas (ascomas) e assexuadas (sorédios e isídios). Para a visualização microscópica das amostras, foi necessário usar uma lupa.

As coletas no Parque Nacional Serra de Itabaiana/SE foram realizadas após a aprovação no SISBIO (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) (Anexo 01).

Monitoramento Passivo

O monitoramento passivo com uso de líquens como bioindicadores, segundo Costa (2018, p. 18), consiste na análise da diversidade nativa de uma área, permitindo comparar regiões e inferir níveis de poluição com base na riqueza de espécies observada.

No Brasil os estudos da poluição atmosférica com base na diversidade líquênica iniciaram, segundo Xavier-Filho (2006), na década de 80, quando surgiram os primeiros trabalhos relacionados ao tema, como por exemplo, o trabalho realizado por Ferreira (1980) quando verificaram que as áreas industriais na cidade de Cubatão, SP, apresentavam diversidade líquênica menor do que aquelas observadas em outras áreas. Já em um contexto internacional é amplamente utilizado em países europeus, como por exemplo Alemanha e Itália, sendo regulamentado como medida constante de monitoramento da qualidade do ar (Mazitelli *et al.*, 2006).

O monitoramento passivo com uso de líquens como bioindicadores, segundo Costa (2018, p. 18), consiste na análise da diversidade nativa de uma área, permitindo comparar regiões e inferir níveis de poluição com base na riqueza de espécies observada. No contexto desta pesquisa no PARNASI, essa abordagem permite avaliar os efeitos da poluição atmosférica e dos incêndios florestais sobre as comunidades líquênicas, auxiliando na identificação de áreas mais impactadas e na compreensão dos processos de degradação e recuperação ambiental.

Foram observadas entre as parcelas da ocorrência de incêndios florestais, as parcelas controles, espécies comuns.

Os dados serão coletados a partir do estabelecimento de parcelas de 40mx40m em áreas com maior frequência de incêndios e onde não há nenhuma frequência dentro das grandes Unidades de Relevo presentes no PARNASI e em que se tenha registro histórico da ocorrência de incêndio florestal. A título de controle dos dados coletados serão escolhidas parcelas em áreas em que não se verificou registro da ocorrência de incêndios.

Para coleta dos líquens foi feita uma coleta de espécimes em uma caminhada inteligente utilizando o método de coleta florística de habitat (Newmaster *et al* 2005), adaptado por líquens. Além da caminhada inteligente,

foram plotadas subparcelas de 2,5m x 2,5m a cada 5m, além desta subparcela, foi plotada outra subparcela, onde dentro da faixa de 5mx5m a Sudeste (Figura 8), com o auxílio da ficha de campo (Anexo 2) foi possível analisar a maior diversidade de estrutura da Vegetação, Pedologia e Geomorfologia e a Biocadertena para auxiliar na análise de tipos de solo e tipos de vegetação (Anexo 3).

Figura 8: Esqueleto de parcela (dimensão) e sub-parcelas (2,5m x 2,5m).

2,5x2,5	
	2,5x2,5
2,5x2,5	
	2,5x2,5
2,5x2,5	
	2,5x2,5
2,5x2,5	
	2,5x2,5 5x5

Fonte: A autora (2025)

Identificar os índices de diversidade Alfa (α) e Beta (β) e Riqueza de espécie.

A metodologia adaptada de Pawliszyn (2010) foi utilizada para localizar e identificar espécimes de líquens em campo, com posterior confirmação taxonômica em laboratório. Os espécimes coletados em parcelas de controle e em áreas afetadas por incêndios florestais foram analisados para comparação da composição das comunidades liquênicas. Diante disso, analisou os índices

de diversidade Alfa (α) e Beta (β) (Figueiró, 2021) a diversidade de habitat existentes em determinada região, expressando a possibilidade de complementaridade ecológica encontrada dentro da paisagem, é chamada de biodiversidade beta (β). É denominada biodiversidade alfa (α) a diversidade de organismos existentes dentro de um mesmo habitat, a qual dependerá do número de nichos que ele encerra, isto é, da diversidade estrutural e de recursos que existem dentro do habitat para sustentar um maior número de espécimes sem aumentar excessivamente a disputa entre elas por alimento ou condições de sobrevivência.

A ideia central é a diversidade média local (alfa (α)) pela diferença entre esses locais (beta (β)). Os índices ecológicos foram organizados por serra e condição ambiental (com e sem incêndio florestal), permitindo a comparação espacial e o efeito do distúrbio sobre a diversidade, riqueza e estrutura das comunidades liquênicas.

Os índices de diversidade de Shannon (H'), equidade de Pielou (J'), riqueza de espécimes (S), número total de indivíduos (N) e tamanho médio populacional (N/S) foram calculados a partir das abundâncias relativas das espécies, utilizando planilhas eletrônicas e a criação de um gráfico definindo cada tipo de diversidade (Microsoft Excel). Assim, possibilitando ter um resultado sobre as diversidades alfa (α) e beta (β).

A fórmula do índice de diversidade de Shannon tem a seguinte definição onde, H' Representa o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener, que expressa a diversidade de uma comunidade biológica considerando simultaneamente a riqueza de espécies e a equabilidade na distribuição dos indivíduos. $\sum$ (somatório) indica que o cálculo deve ser realizado para todas as espécies presentes na comunidade, somando os valores obtidos para cada uma delas. p_i corresponde à proporção de indivíduos da espécie i em relação ao total de indivíduos da amostra. n_i Número de indivíduos registrados da espécie i . N Número total de indivíduos de todas as espécies amostradas na comunidade. $\ln$ (logaritmo natural) logaritmo de base e ($\approx 2,718$), utilizado para ponderar a abundância relativa das espécies, atribuindo maior peso às espécies raras e reduzindo a influência das espécies dominantes. $p_i \cdot \ln p_i$, produto que expressa a contribuição individual de cada espécie para a diversidade total da comunidade. É calculado por:

$$H' = -\sum (p_i \cdot \ln p_i)$$

Valor que indica o nível de diversidade: H' baixo → baixa diversidade, alta dominância ou ambiente perturbado; H' alto → alta diversidade, maior equilíbrio entre as espécies.

5. SEÇÃO III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações provocadas pelos incêndios florestais na paisagem geoecológica do Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI) foram analisadas com base nos níveis de estabilidade e degradação propostos por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), que classificam os sistemas ambientais em: estável (não alterado), medianamente estável (sustentável), instável (insustentável), crítico e muito crítico.

A partir da matriz de degradação proposta pelos autores (Figura 9), foi realizada uma adaptação considerando as características ambientais do PARNASI e os incêndios florestais como um dos principais vetores de transformação da paisagem. Essa abordagem permitiu relacionar os componentes geoecológicos, como clima, vegetação, relevo, solo e paisagem, aos processos de degradação associados à recorrência do fogo.

Figura 9: Matriz de degradação baseada em Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017)

CLIMA (úmido e sub-úmido)	Vegetação de transição ou de ecótonos. Fisionomia associada às formações abertas naturais	⇒	Formações abertas naturais (Areias Brancas e campos gramíneos úmidos ou secos). Vegetação herbácea arbustiva conservada	⇒	A vegetação predominante sofre impacto relacionado ao incêndio florestal nos meses que têm menor distribuição de chuva na região do PARNASI	⇒	Perda de vegetação e nutrientes do solo decorrente de incêndio florestal
RELEVO Morfogênese	Morfogênese Atenuada	⇒	Maior infiltração	⇒	Erosão hídrica e eólica	⇒	Solo exposto
SOLO Pedogênese	Solos mais extensos e profundos (Neossolos Quartzarênicos)	⇒	Degradação físico-biológica	⇒	Processos erosivos e compactação do solo devido à movimentação de veículos pesados	⇒	Ação antrópica: utilização de trilhas para fins turísticos
PAISAGEM Gênese e desenvolvimento da paisagem	Paisagem em estabilidade homeostática	⇒	A estabilidade natural se modifica antropogenicamente	⇒	Decorre das atividades conflitantes no PARNASI	⇒	Excede a capacidade de carga da paisagem
SISTEMA AGRÍCOLA	Geossistema Natural	⇒	Produtividade baixa com menos alterações nos geocomplexos	⇒	Retirada da vegetação para plantações nas bordas do PARNASI	⇒	Limpeza de áreas agricultáveis com a utilização do fogo
NÍVEL DE DEGRADAÇÃO	Sem degradação	⇒	Pouco degradada	⇒	Degradada	⇒	Muito degradada

Incremento do impacto humano, do ingresso de energia externa e do grau de dependência

Incremento do nível das relações homeostáticas e da integração espacial

Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

No parque, a sazonalidade climática, especialmente nos períodos de menor distribuição das chuvas, contribui para o aumento da vulnerabilidade das formações abertas naturais, como campos gramíneos úmidos e secos e vegetação herbácea-arbustiva. Nessas condições, a redução da umidade da biomassa favorece a ocorrência e propagação dos incêndios, ocasionando perda da cobertura vegetal, redução de nutrientes e alteração dos processos ecológicos naturais.

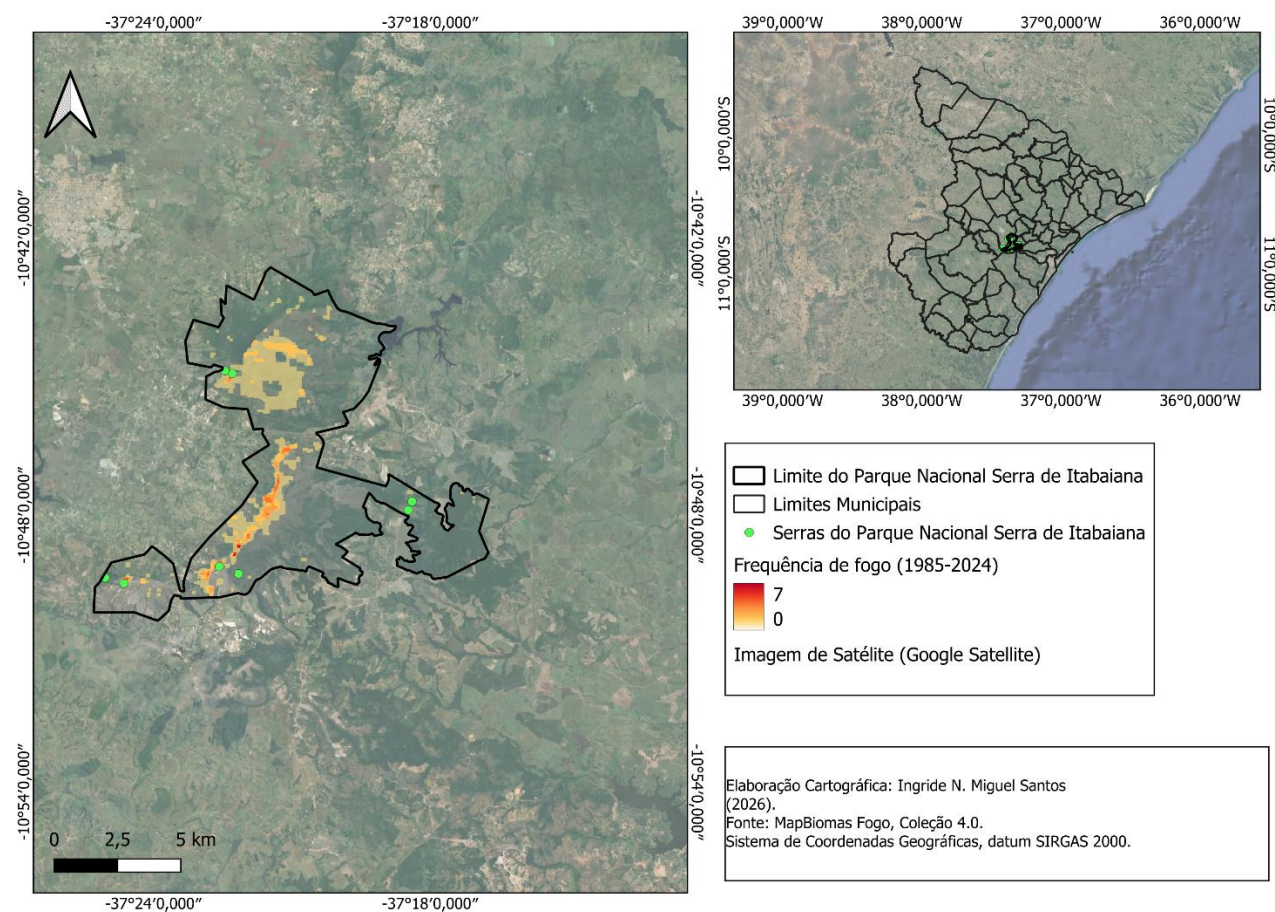
A recorrência dos incêndios também intensifica processos de degradação relacionados ao relevo e aos solos, favorecendo a exposição superficial, a erosão hídrica e eólica e alterações físico-biológicas, principalmente em áreas com predominância de Neossolos Quartzarênicos. Além dos fatores naturais, as ações antrópicas associadas ao uso turístico, abertura de trilhas, atividades agrícolas no entorno e utilização do fogo para limpeza de áreas contribuem para a redução da estabilidade ambiental da paisagem.

Dessa forma, a matriz de degradação possibilitou compreender a relação entre a frequência dos incêndios florestais e os diferentes níveis de alteração dos sistemas ambientais do PARNASI, evidenciando o fogo como um agente modificador da dinâmica geoecológica. Essa análise permitiu estabelecer uma relação entre a ocorrência das cicatrizes de incêndios e os setores da paisagem com maior susceptibilidade aos processos de degradação.

O levantamento anual da frequência dos incêndios florestais foi realizado a partir dos dados do MapBiomias Fogo – Coleção 4.0, contemplando o período de 1985 a 2024. A análise espacial permitiu identificar a distribuição das cicatrizes de fogo na paisagem do parque, com maior ocorrência nas áreas correspondentes à Serra de Itabaiana, Serra do Cajueiro e Serra Comprida.

A partir desses dados, foram elaborados mapas temáticos representando a frequência dos incêndios e a localização dos pontos amostrais selecionados para investigação das respostas ambientais ao fogo. Essas áreas foram posteriormente analisadas quanto aos aspectos de pedologia, geomorfologia e vegetação, além da avaliação da riqueza e composição de espécies de líquens realizada no Laboratório de Lichenologia (LaLiq), buscando compreender a influência da dinâmica dos incêndios sobre a diversidade líquênica e sua relação com os níveis de degradação da paisagem (Figura 10).

Figura 10: Mapa dos pontos de coleta de líquens em áreas com e sem ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), Sergipe, Brasil

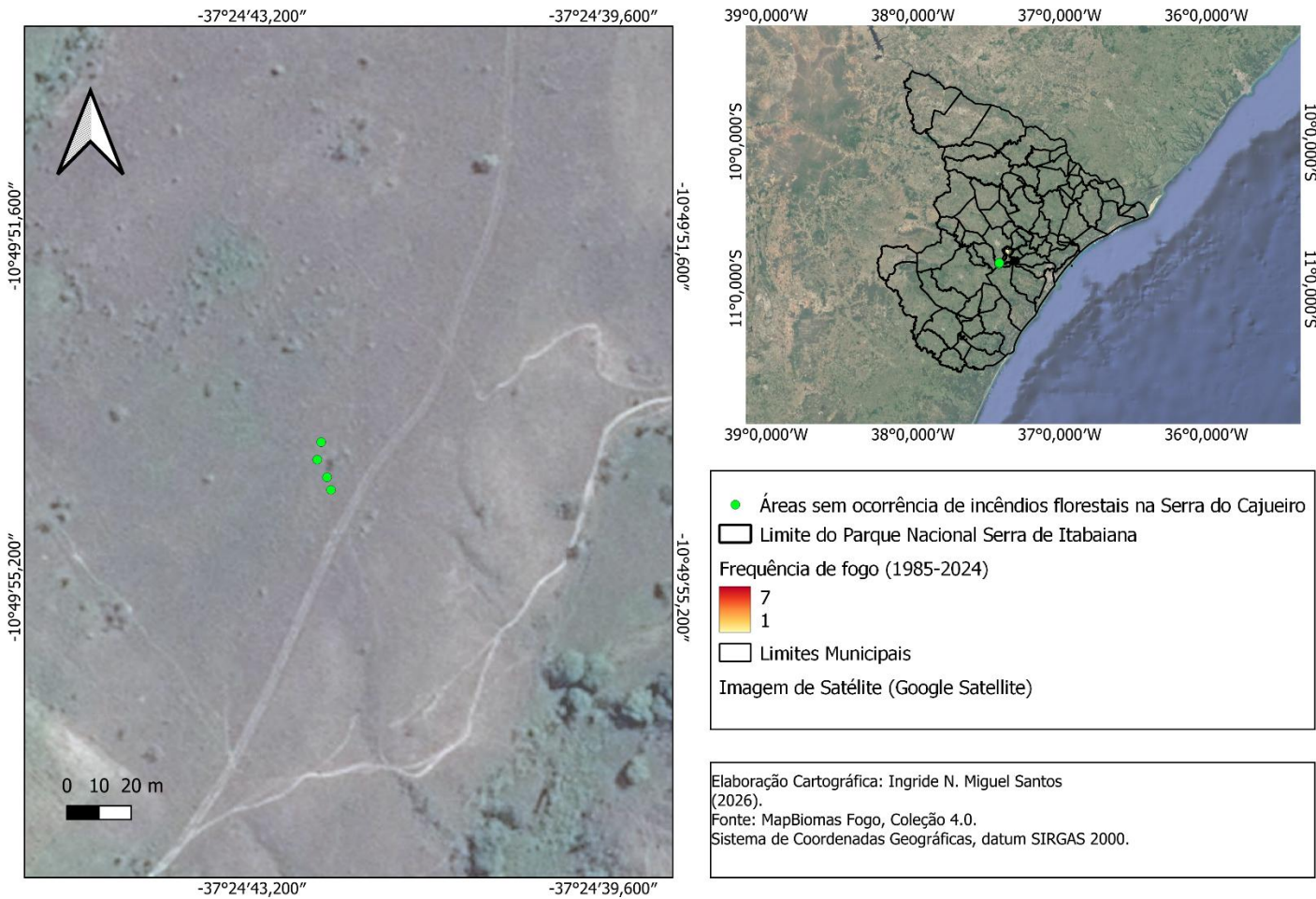


Organização: A autora (2026).

Seguindo a metodologia adaptada de Boggess et al. (2024) onde foi plotada uma parcela de 40m x 40m e em subparcelas de 2,5m x 2,5m foram coletados os líquens e separados em sacolas de papel para identificação dos tipos de espécies na vegetação no Laboratório de Liquenologia (Laliq), em uma subparcela de 5m x 5m. Para plotar as parcelas foram delimitados pontos onde houve incêndio florestal dentro da frequência de pelo menos 7 vezes queimadas e em áreas onde o fogo não atingiu.

Foram coletados no ponto 10°49'28.07" S 37°24'37.83" W, com 236m de altitude a Sudeste da parcela de controle, ou seja, sem incêndio florestal dados referentes a Pedologia, Vegetação e Geomorfologia. Na figura 12, são os pontos de coletas, plotados em áreas sem incêndio florestal (Figura 11).

Figura 11: Pontos de coleta de líquen em área sem incêndio florestal na Serra do Cajueiro, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2026)

A Figura 12 apresenta a parcela amostral estabelecida em uma área da Serra do Cajueiro onde não foram registrados eventos recentes de incêndio florestal. A instalação da parcela seguiu os mesmos critérios metodológicos aplicados nas demais áreas de estudo, garantindo padronização no delineamento amostral e comparabilidade entre as parcelas analisadas. (Figura 12).

Figura 12: Parcela de campo para identificação da Pedologia, Vegetação, Geomorfologia e líquens na serra do Cajueiro, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: autora.

Esse ponto está em uma elevação de 236m, em uma direção de encosta Nordeste (NE), em uma meia encosta, apresentando um alto índice de pedregosidade, chegando a $>50\%$ (muito alta). Isso se dá pelo alto nível de fragmentos provenientes da rocha matriz. Devido ao alto nível de pedregosidade, consequentemente, há uma acumulação bem acentuada em uma formação de relevo de leque aluvial, lajedos/escudo rochoso. Os tipos de processos que ocorrem nessa área são de deposição, com um tipo de gravidade lento de deslizamento de blocos, e uma grande concentração de seixos dentro das parcelas. A figura 13 mostra o alto nível de neossolos litólicos. A textura do solo

foi identificada como siltoso, para identificação foi utilizada a Matriz mais adequada, A determinação da cor do solo foi realizada por meio da comparação visual com a Carta de Cores de Munsell, considerando os parâmetros de valor e croma. O valor 5 indica a intensidade de luminosidade da cor, enquanto o croma 2 representa o grau de saturação, permitindo a caracterização padronizada das propriedades cromáticas do solo analisado. (Figura 13)

Figura 13: Solo pedregoso na serra do Cajueiro, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: autora

O Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), por se tratar de uma unidade de conservação de proteção integral, teoricamente deveria apresentar menor incidência de pressões antrópicas. Contudo, é importante considerar que, antes da criação da unidade de conservação, comunidades humanas já ocupavam o entorno e determinadas áreas da região, o que ainda se reflete em usos e práticas que permanecem na paisagem. Nesse contexto, observa-se que setores específicos do parque, especialmente na Serra do Cajueiro, apresentam maior intensidade de interferências antrópicas, relacionadas principalmente à extração mineral e ao pastoreio. Essas atividades contribuem para o pisoteio

frequente por animais, provocando alterações na superfície do solo e na estrutura da cobertura vegetal. Além disso, registra-se a circulação eventual de automóveis que alcançam até a meia encosta da serra, ampliando os processos de compactação superficial e mobilização de sedimentos.

No interior da parcela analisada, também foram observadas atividades biológicas associadas à presença de formigas, cuja atuação promove processos de bioturbação, influenciando a redistribuição de partículas do solo e a microestrutura do substrato. Do ponto de vista da dinâmica da paisagem, esses elementos indicam que a morfogênese atual da área resulta da interação entre processos mecânicos, relacionados ao pisoteio, trânsito de veículos e movimentação superficial do solo, e processos químicos, associados ao intemperismo e às transformações físico-químicas do substrato. Tais processos contribuem para a modificação das condições microambientais do habitat, podendo influenciar a distribuição espacial de organismos sensíveis, como as comunidades líquênicas, que respondem diretamente às alterações no substrato, na estabilidade da superfície e nas condições microclimáticas da paisagem (FORMAN; GODRON, 1986; ODUM; BARRETT, 2007; NASH, 2008).

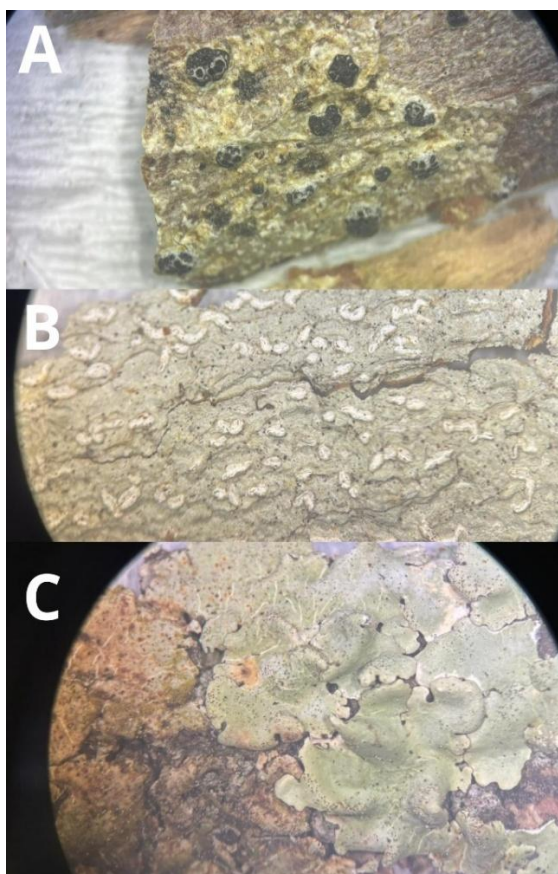
Na vegetação da parcela foi possível identificar substratos predominantemente rupícolas, associados a um ambiente relativamente úmido e com presença de arvoretas ocupando mais de 20% da área. Observou-se também abundância de líquens crostosos, porém com baixa variação morfológica, padrão que pode estar relacionado às condições climáticas locais e à estrutura da vegetação na qual essas comunidades estão inseridas. A cobertura herbácea apresenta predominância de gramíneas e ervas terrestres eretas, com percentual de cobertura estimado entre 20% e 40% da superfície.

Na região da Serra do Cajueiro, a vegetação insere-se em uma formação de caráter savânico. Utilizando como base a classificação proposta no Manual Técnico da Vegetação Brasileira e aplicada regionalmente por Dantas e Ribeiro (2010), essa vegetação é enquadrada como formação Savana (cerrado), caracterizada como formação aberta natural. Segundo esses autores, essa unidade compreende áreas regionalmente conhecidas como “areias brancas”, associadas a solos do tipo Neossolo Quartzarênico, além de campos gramíneos úmidos ou secos.

Cabe destacar que a classificação dessa vegetação como Savana (cerrado) não se refere necessariamente à presença de disjunções do bioma Cerrado, mas sim à fitofisionomia da paisagem, caracterizada por estrutura aberta, predominância de gramíneas e presença esparsa de elementos arbustivo-arbóreos. No mapa é possível visualizar os pontos onde foram realizadas as coletas das amostras utilizadas nesta pesquisa.

A primeira parcela amostral estabelecida corresponde a uma área sem registros de incêndio florestal. Nessa parcela foram coletadas seis amostras líquênicas, posteriormente analisadas em laboratório, onde se verificou a presença de diversidade de gêneros e espécies. A partir da identificação taxonômica, foram registrados os seguintes táxons: *Glyphis cicatricosa* (Ach.), *Dyplolabia afzelii* ((Ach.) A. Massal.), *Bulbothrix apophysata* ((Hale & Kurok.) Hale), *Cratiria obscurior* (Stirt.) Marbach & Kalb, *Phaeographina impudica* A.W. Archer. (Figura 14).

Figura 14: A. *Glyphis cicatricosa* (Ach.), B. *Dyplolabia afzelii* ((Ach.) A. Massal.), C. *Bulbothrix apophysata* ((Hale & Kurok.) Hale).



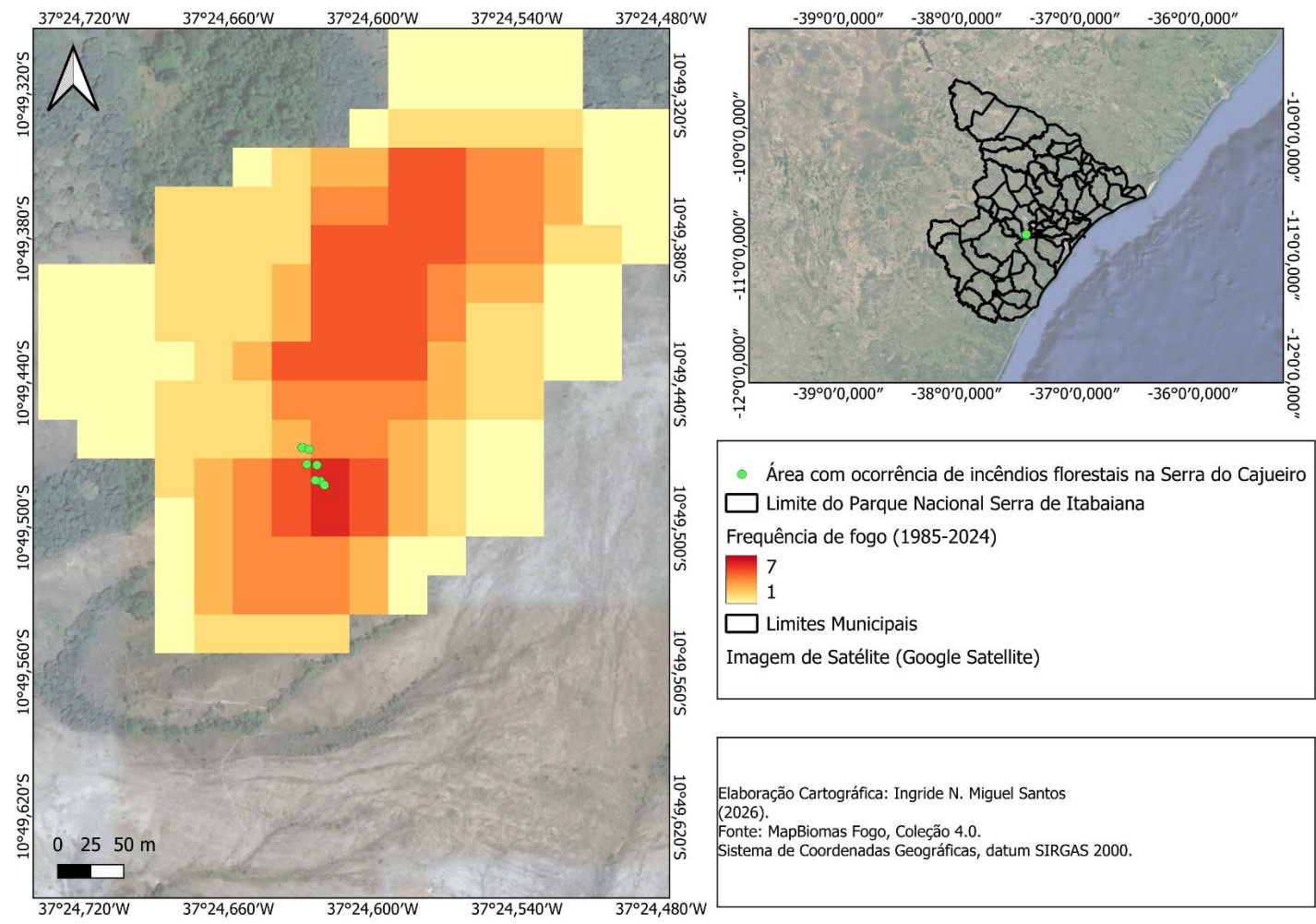
Fonte: A autora (2025)

No ponto 10°49'28.07" S 37°24'37.83 W, em uma elevação de 316m a Sudeste da parcela, onde houve um alto índice de incêndio florestal na Serra do Cajueiro, foram coletados dados referentes à Pedologia, Vegetação e Geomorfologia. Posicionado em uma encosta superior, um alto nível de pedregosidade e rochosidade em >50% na paisagem, a textura do solo é arenosa.

Os efeitos dos processos têm uma concentração de seixos e uma morfogênese mecânica e química. A vegetação da parcela tinha três unidades de espécie arbórea com folhas coriáceas têm uma adaptação extraordinária às condições ambientais exigentes, com caule escamoso, fissurado. Foram encontradas nas parcelas bromélias no solo/rocha, musgos/Briófitas e líquens saxícolas (presentes em rochas). E nas subparcelas foram coletados os líquens seguindo a metodologia recém-citada na parcela sem incêndio florestal.

Na parcela com frequência de incêndio foram plotados pontos para coleta das espécies de líquens (Figura 15).

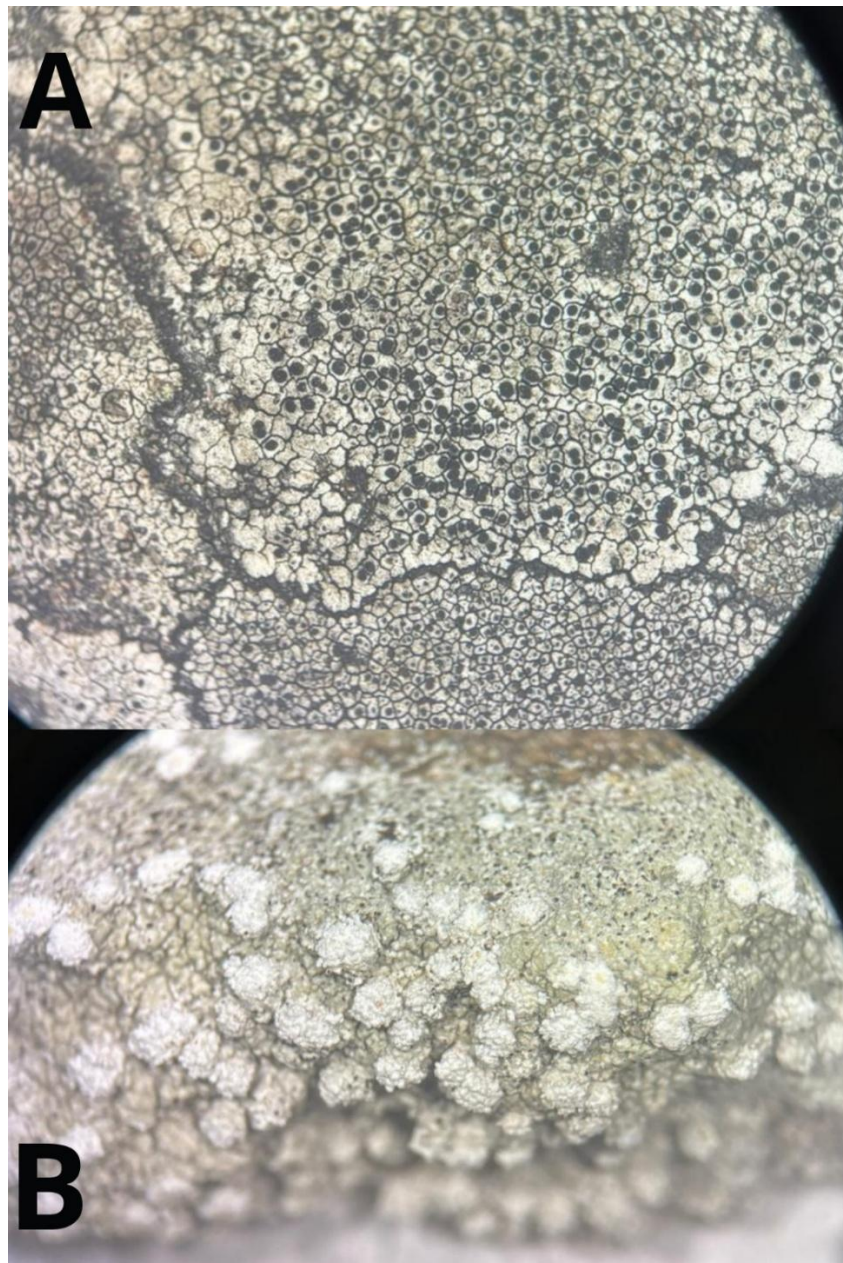
Figura 15: Pontos de coleta de líquens em áreas com incêndio florestal na Serra do Cajueiro, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: autora (2026)

A segunda parcela amostral, estabelecida em área com registro de incêndio florestal, resultou na coleta de sete amostras líquênicas, posteriormente analisadas em laboratório. A análise indicou baixa diversidade taxonômica, com predominância de repetição de gêneros e espécies nas amostras coletadas. Nesse caso, foram identificados apenas dois táxons líquênicos, correspondentes às espécies: *Dichosporidium nigrocinctum* ((Ehrenb.) G. Thor), *Buellia micromera* (Vain.) (Figura 16).

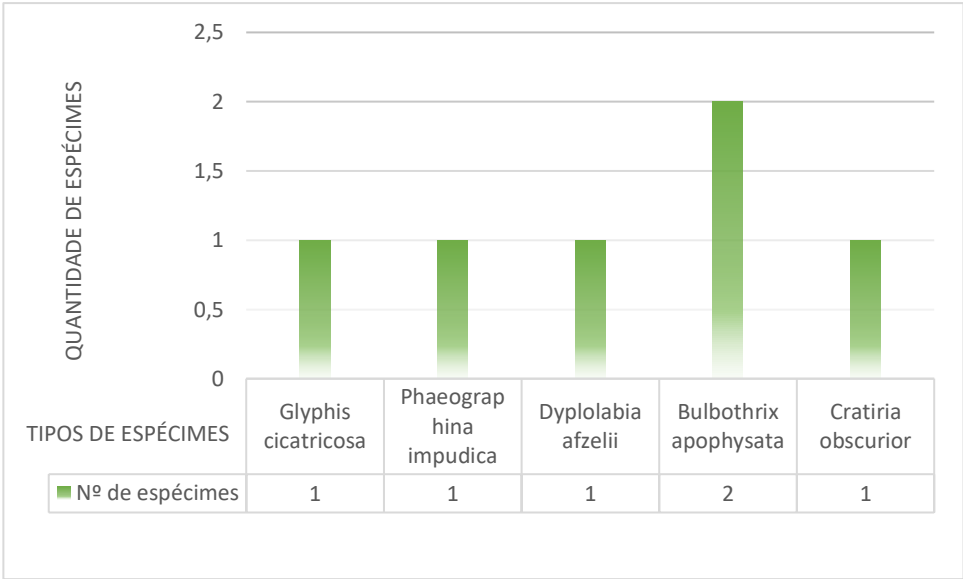
Figura 16: A. *Dichosporidium nigrocinctum* B. *Buellia micromera* encontradas na serra do Cajueiro.



Fonte: A autora (2025)

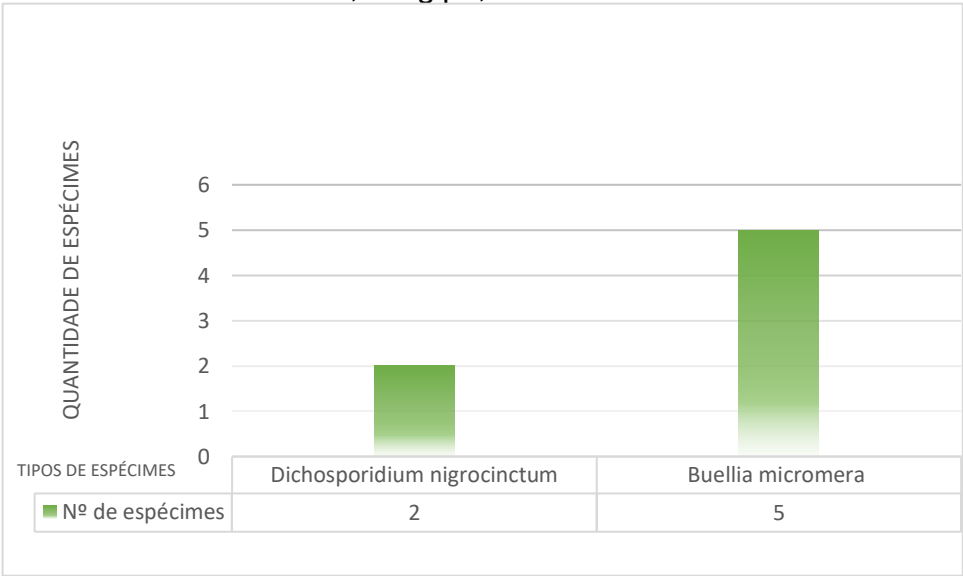
A ocorrência recorrente de incêndios na Serra do Cajueiro (PARNASI/SE), configura-se como importante filtro biológico capaz de reestruturar profundamente a comunidade liquênica local, alterando padrões de composição, abundância e diversidade funcional. Nas áreas sem registro de fogo, a presença de espécies como *Glyphis cicatricosa* (Ach.), *Dyplolabia afzelii* ((Ach.) A. Massal.), *Bulbothrix apophysata* ((Hale & Kurok.) Hale), *Cratiria obscurior* (Stirt.) Marbach & Kalb, *Phaeographina impudica* A.W. Archer está associada às condições ambientais mais estáveis. O menor estresse térmico e maior continuidade do substrato, características típicas de ambientes conservados, favorecem líquens sensíveis e de crescimento lento (Nash, 2008; Lucking *et al.*, 2017). Em contraste, nas áreas afetadas por incêndios entre 1985-2024, observa-se a dominância de *Dichosporidium nigrocinctum* e *Buellia micromera*, espécies reconhecidas por sua elevada tolerância ao calor, à radiação solar intensa e às alterações químicas do substrato pós-fogo, atuando como pioneiras na sucessão liquênica (Cáceres *et. al*, 2016).

Figura 17: Coletas de líquens em área sem ocorrência de incêndio na Serra do Cajueiro, Itabaiana, Sergipe, Brasil 1985-2024.



Fonte: A autora (2026)

Figura 18: Coletas de líquens em área sem incêndio na Serra do Cajueiro Itabaiana, Sergipe, Brasil 1985-2024.



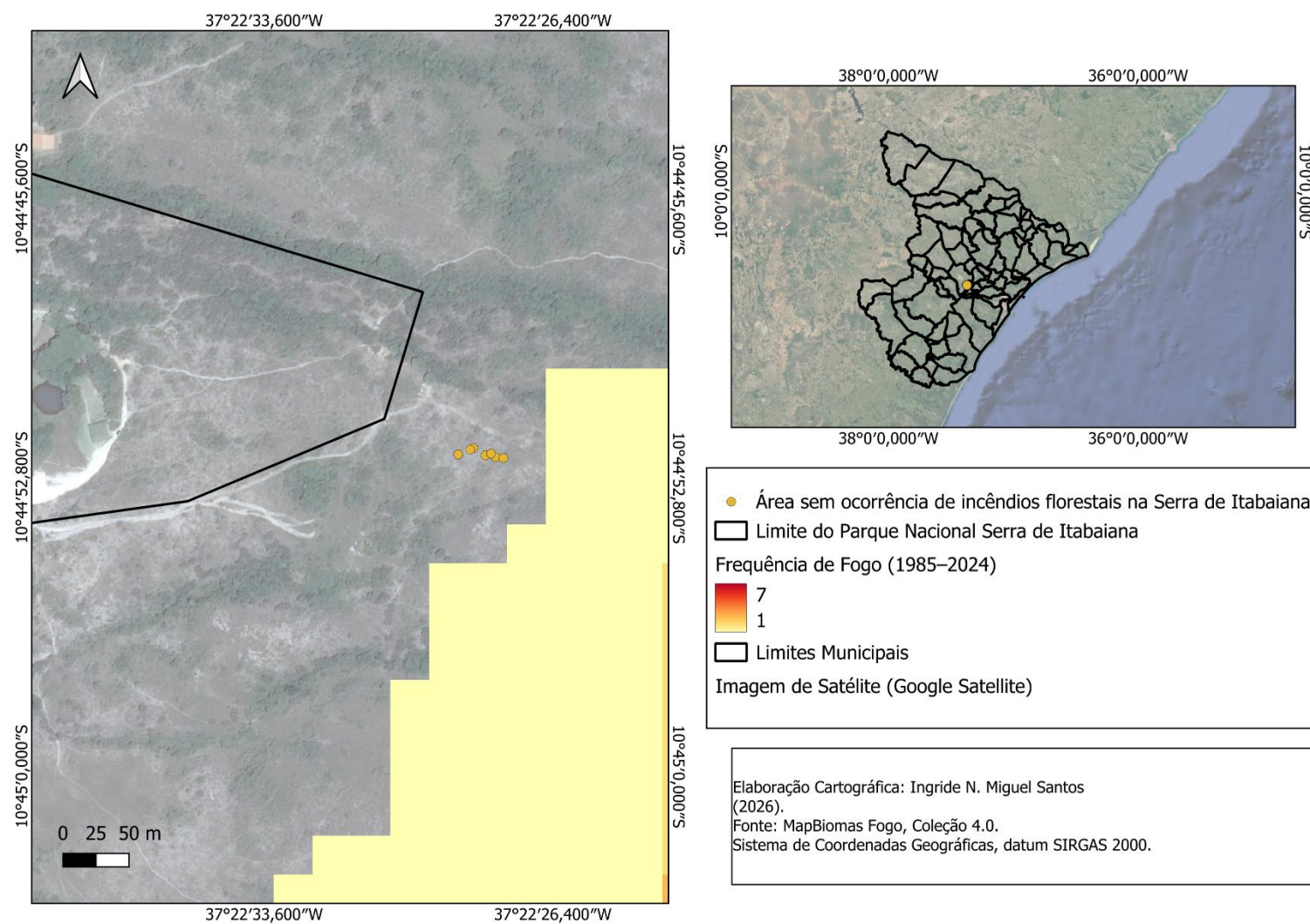
Fonte: A autora (2025)

As figuras 17 e 18 demonstraram alterações significativas na comunidade líquênica em áreas submetidas a incêndios florestais, indicando mudanças na abundância relativa e no tipo de líquens registrados após o evento de queima.

A terceira parcela amostral, foi plotada na Serra de Itabaiana em uma área sem ocorrência de incêndio florestal, no ponto de referência 10°44'51.68" S e 37°22'28.74"

W com uma altitude de 361m (Figura 20). A superfície se mostra com uma declividade entre 10 e 30° em uma direção de encosta Noroeste (NO), com uma ligeira erosão devido a ação antrópica do local. O relevo tem 0% de rochosidade (>1000cm e afloramentos), a pedregosidade aparece entre 1 a 15%. O solo foi identificado com textura arenoso e siltoso, para identificação foi utilizado a Matriz mais adequada, por meio da comparação visual com a Carta de Cores de Munsell, considerando os parâmetros de valor e croma que foi valor 7/ Croma 1. Na parcela foi identificada a ação biológica de atividades de formigas/térmites, uma morfogênese que variou entre mecânica e química. Havia um acúmulo de areia e argila, sendo assim, um modelado de acumulação (Figura 19).

Figura 19: Mapa de pontos de coleta de líquens em áreas sem incêndio florestal, Serra de Itabaiana, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2026)

Na vegetação da paisagem as formas de vida encontradas foram arvoretas entre dentro da parcela, arbustos, ervas terrestres e líquens. O tronco das arvoretas tinha cascas fissuradas, folhas coriáceas de comum frequência (Figura 20).

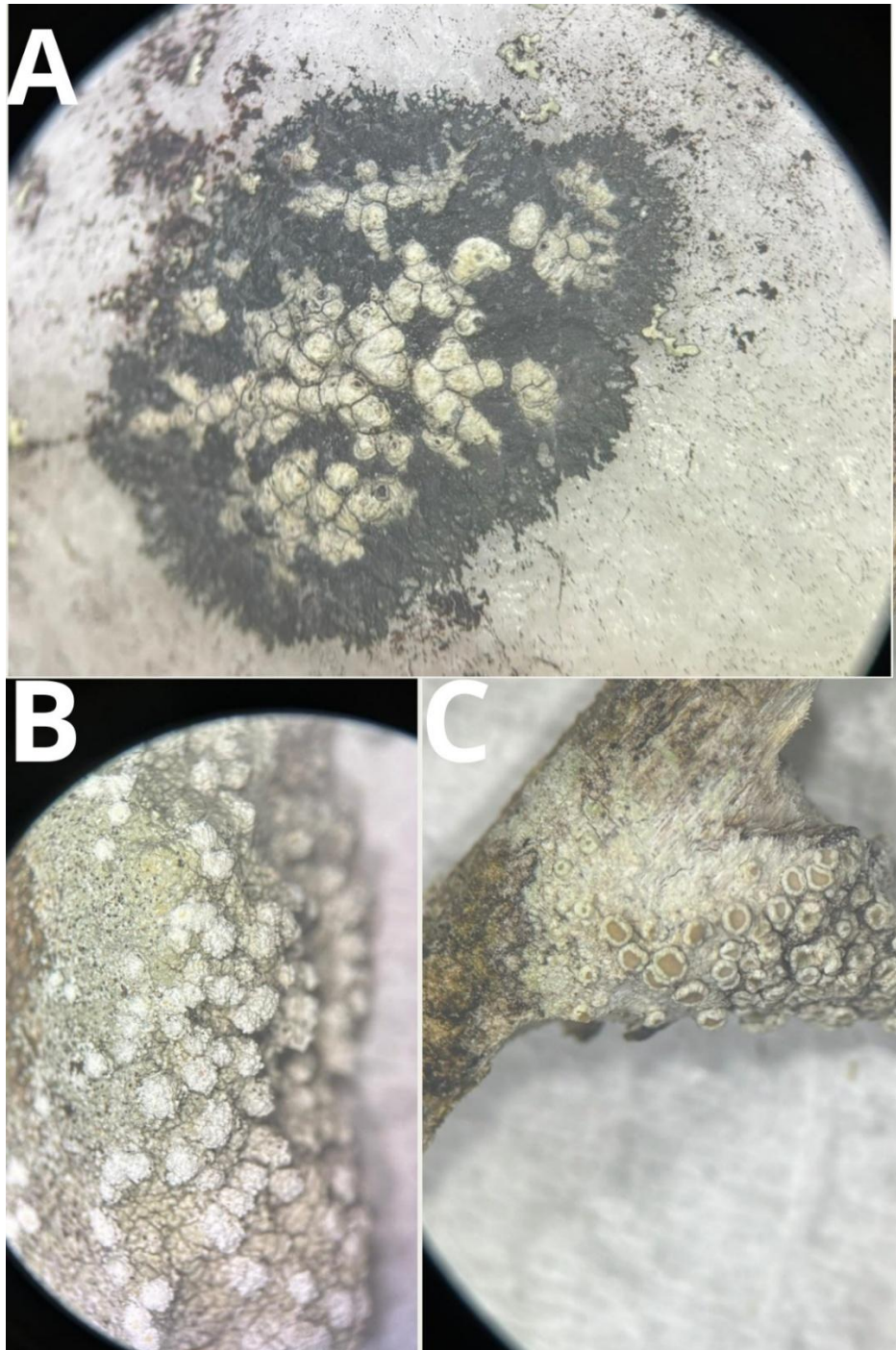
Figura 20: Vegetação da parcela sem incêndio florestal na Serra de Itabaiana, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2025)

Na parcela amostral sem ocorrência de incêndio florestal, a comunidade de líquens apresentou composição heterogênea, indicando um ambiente relativamente estável e pouco perturbado. Foram identificadas espécies como *Pyrenula micromma* (Ach.) Trevis., *Dichosporidium nigrocinctum* (Ehreb.) G. Thor e *Lecanora helva* (Stizenb) (Figura 21), cada uma desempenhando funções ecológicas importantes, como a fixação de nutrientes e a participação nos ciclos biogeoquímicos da Unidade de Paisagem. A presença dessas espécies sugere condições ambientais favoráveis, como baixa intensidade de distúrbios e adequada disponibilidade de microhabitats, sendo indicativo da saúde e integridade da parcela estudada.

Figura 21: A. *Pyrenula micromma* (Ach.) Trevis, B. *Dichosporidium nigrocinctum* (Ehrenb.) G. Thor, C. *Lecanora helva* (Stizenb).

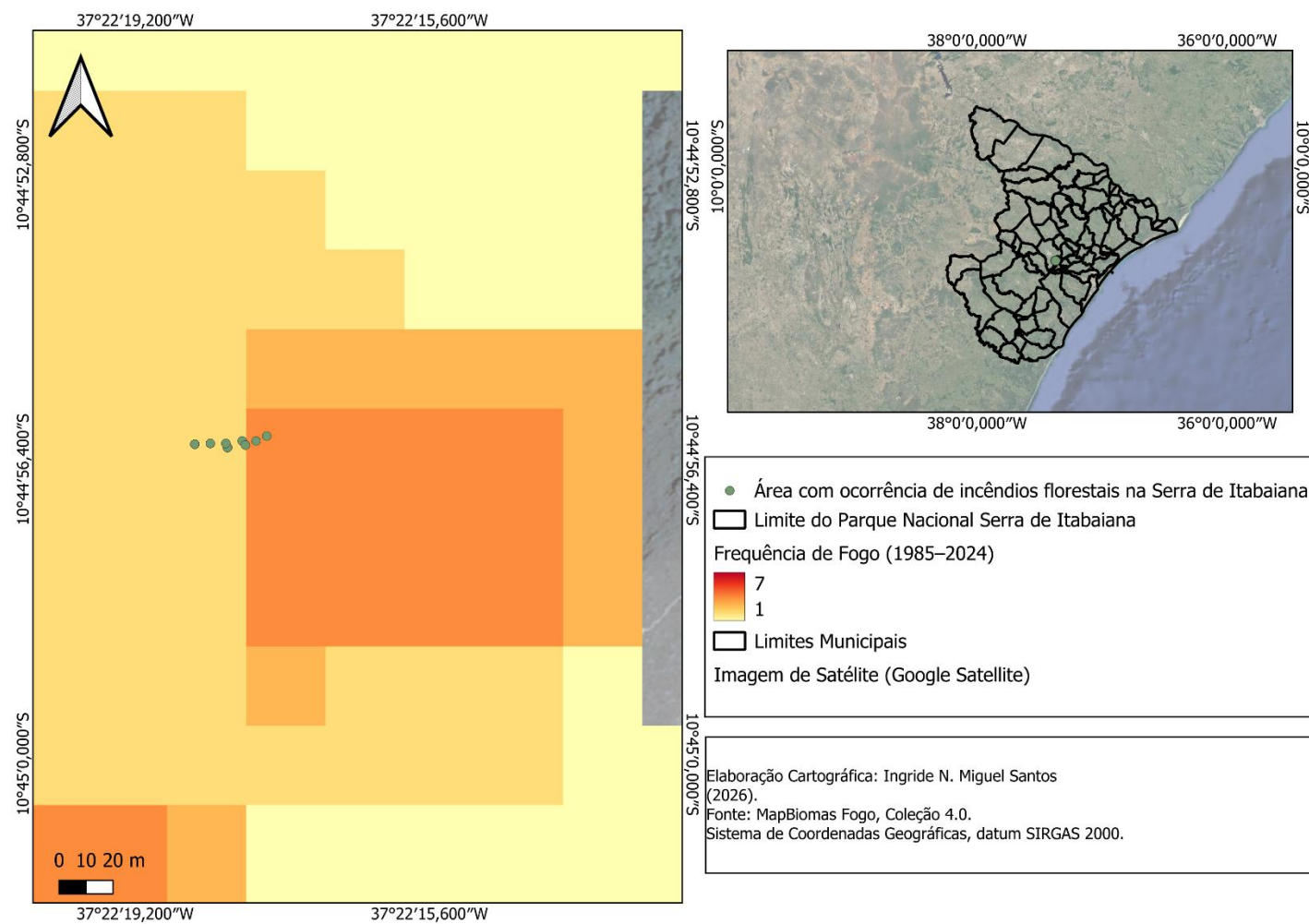


Fonte: A autora (2025).

A quarta parcela amostral na Serra de Itabaiana (PARNASI/SE), no ponto de referência 10°44'55.09"S/ 37°22'17.59" W, 442m resultando em declividade média de

21%. De acordo com a classificação da EMBRAPA/IBGE, o relevo é do tipo forte ondulado, apresentando encosta com posição voltada para o noroeste, o que influencia o escoamento superficial e os processos da geomorfologia local, em uma vertente retilínea, sem erosão aparente, o nível de rochosidade (>1000cm e afloramentos) estava em 15 - 50%, e a pedregosidade >50%, esse ponto está inserido em uma área de depósito de talus. O solo foi identificado com textura siltoso, para identificação foi utilizado a Matriz mais adequada, por meio da comparação visual com a Carta de Cores de Munsell, considerando os parâmetros de valor e croma Valor e Croma que foi valor 4/ Croma 6. Havia na parcela a presença de atividade de formigas/térmites, a morfogênese atual se delimita como mecânica e química, com grande acumulação de talus. (Figura 22)

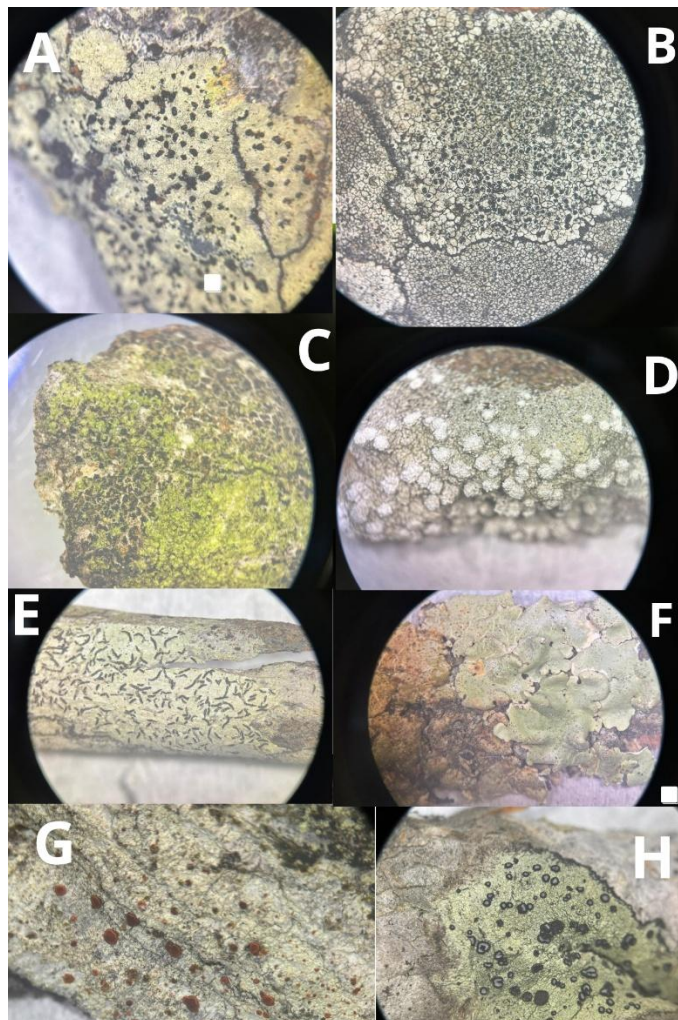
Figura 22: Pontos de coleta de líquens em áreas com incêndios florestais na Serra de Itabaiana/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2026)

A ocorrência de *Pyrenula mamillana*, *Buellia micromera*, *Porina tetracerae*, *Dichosporidium nigrocinctum*, *Phaeographis crispata*, *Bulbothrix apophysata*, *Ramboldia russula* e *Stigmatochroma gerontoides* em áreas com incêndio no PARNASI não indica, necessariamente, afinidade dessas espécies com o fogo, mas reflete a resposta diferencial das comunidades liquênicas ao distúrbio. O fogo atua como agente de simplificação ecológica, reduzindo a diversidade alfa e favorecendo a permanência relativa de líquens crostosos mais tolerantes a condições ambientais extremas, como elevada radiação solar, dessecação e instabilidade microclimática (NASH, 2008; BÜDEL; SCHEIDEGGER, 2008; JOHANSSON, 2006) (Figura 23).

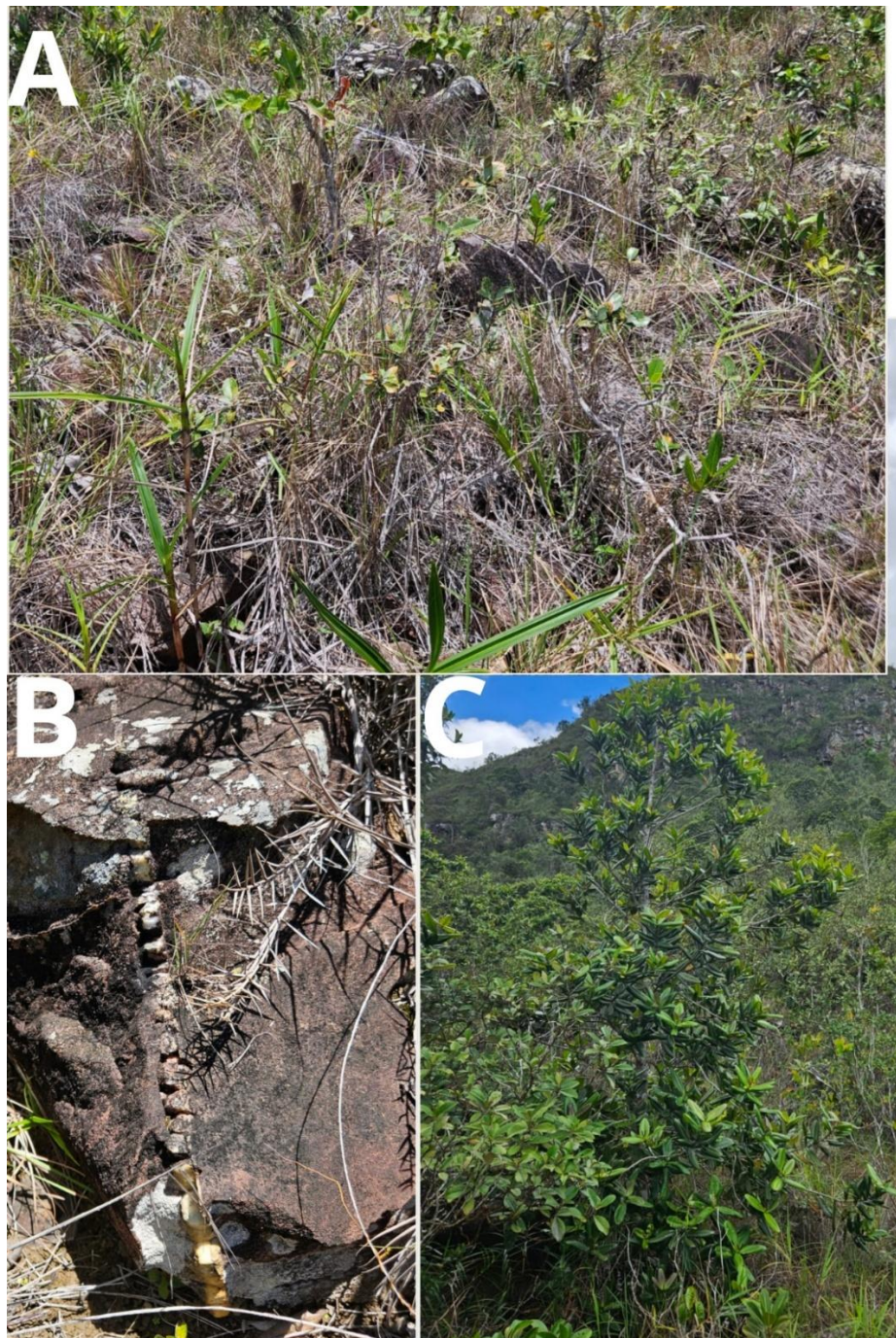
Figura 23: A. *Pyrenula mamillana*, B. *Buellia micrômera*, C. *Porina tetracerae*, D. *Dichosporidium nigrocinctum*, E. *Phaeographis crispata*, F. *Bulbothrix apophysata*, G. *Ramboldia russula*, H. *Stigmatochroma gerontoides*.



Fonte: A autora (2026)

A vegetação se destaca com uma diversidade de arbustos >40% ervas terrestres, ereta, bromélias no solo e líquens com uma cobertura de <20%. O tronco dos arbustos variava de lisos a escamosos, com folhas do tipo coriáceas, de uma abundante frequência. A figura 17 mostra a vegetação de A. ervas eretas, B. bloco de rocha e C. arbustos (Figura 24).

Figura 24: A. ervas eretas, B. bloco de rocha e C. arbustos, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora

Os gráficos apresentaram a ocorrência de espécies de líquens registradas na Serra de Itabaiana, no Parque Nacional Serra de Itabaiana/SE, sendo, na figura 25 em área sem histórico de incêndio. Observa-se a presença de diferentes táxons líquênicos, indicando uma comunidade relativamente diversificada, característica de ambientes com menor grau de distúrbio antrópico e maior estabilidade ambiental.

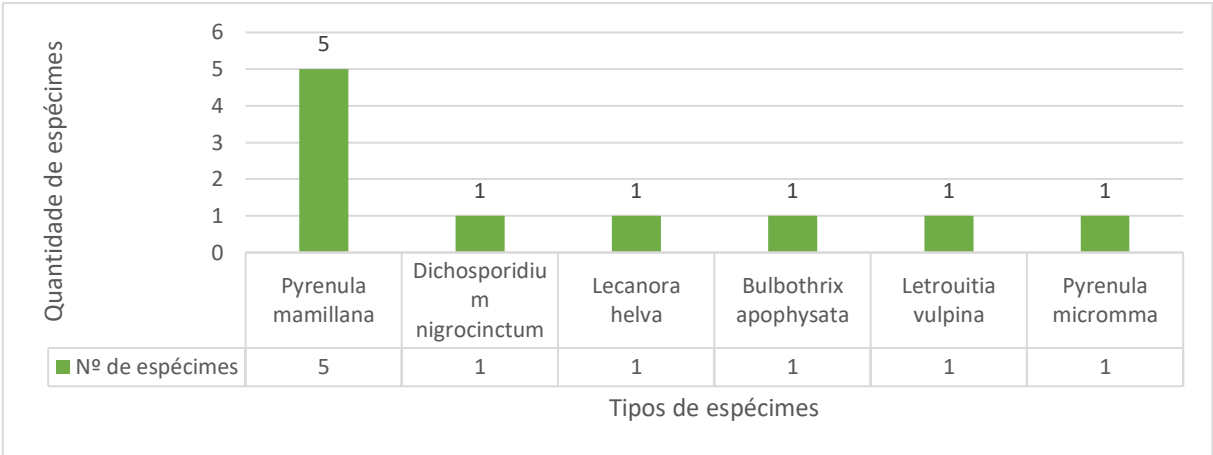
Os gêneros de líquens registrados na figura 26, referentes a área com ocorrência de incêndio florestal na Serra de Itabaiana (PARNASI/SE), como *Lecanora helva*, *Pyrenula micromma*, *Dichosporidium nigrocinctum*, apresentam respostas ecológicas distintas ao distúrbio causado pelo fogo, conforme amplamente documentado na literatura internacional.

Espécies do gênero *Lecanora* são predominantemente crostosas e estão associadas com maior frequência a ambientes perturbados e a estágios iniciais de sucessão ecológica, apresentando maior tolerância ao estresse térmico, à desidratação e às alterações do substrato provocadas pelo incêndio (Hale, 1979; Nash, 2008; McCune & Geiser, 2009). Estudos em florestas boreais e temperadas indicam que líquens crostosos tendem a persistir ou recolonizar mais rapidamente áreas pós-fogo, sendo favorecidos pela exposição do substrato e pela redução da competição (Peterson & McCune, 2003; Stofer *et al.*, 2010).

Em contraste, *Pyrenula* e *Dichosporidium* são geralmente associados a ambientes mais estáveis, úmidos e sombreados, com maior dependência da integridade do microclima e do substrato, sendo considerados mais sensíveis a distúrbios severos como o fogo (Nash, 2008; Purvis *et al.*, 2000). A ocorrência desses táxons em áreas incendiadas pode indicar a existência de microrefúgios parcialmente preservados ou processos iniciais de recolonização pós-incêndio, uma vez que a literatura aponta que a regeneração líquênica após o fogo é lenta e fortemente condicionada pela intensidade e frequência das queimadas (Jahn *et al.*, 1995; Gauslaa & Solhaug, 1999).

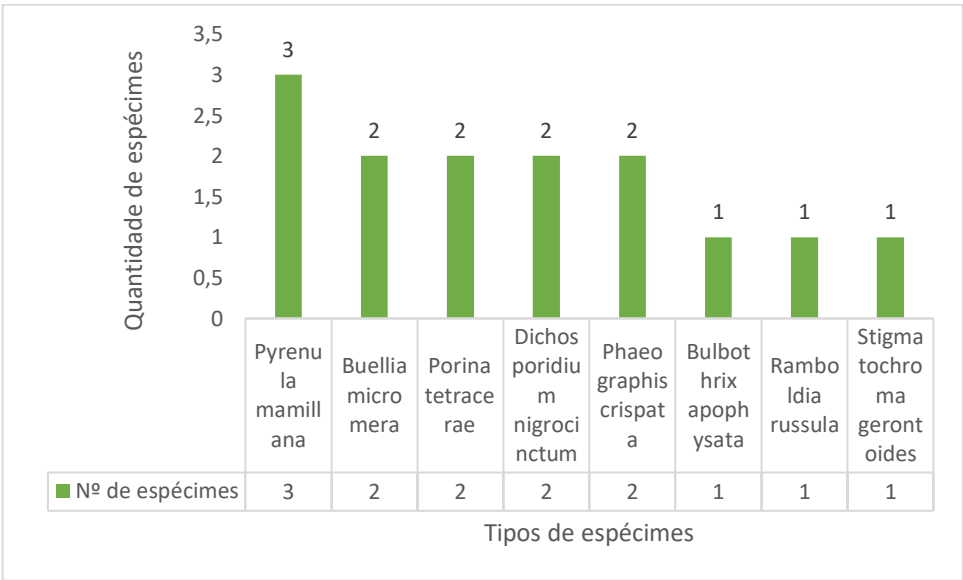
Dessa forma, o padrão adicionado nos gráficos reforça a interpretação do fogo como um filtro ecológico que favorece espécies mais tolerantes ao estresse ambiental, ao mesmo tempo que reduz a ocorrência de líquens sensíveis, confirmando o reconhecimento potencial desses organismos como bioindicadores de impactos associados a incêndios florestais (Nash, 2008; Stofer *et al.*, 2010).

Figura 25: Coletas de líquens em áreas sem ocorrência de incêndio- Serra de Itabaiana 1985-2024- PARNASI/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2025).

Figura 26: Coletas de líquens em áreas com ocorrência de incêndio- Serra de Itabaiana - PARNASI/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



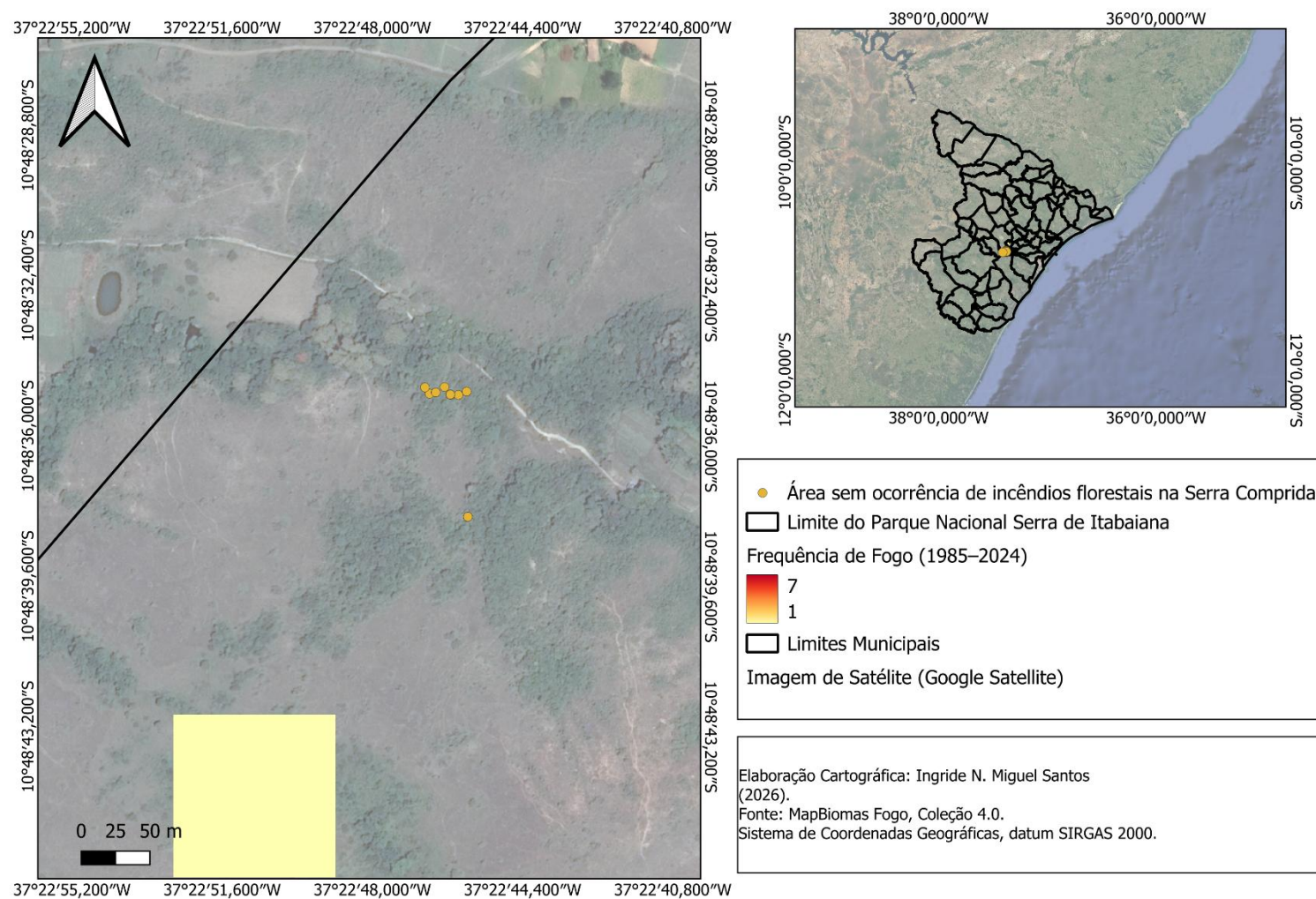
Fonte: A autora (2025)

A quinta parcela foi realizada na Serra Comprida (PARNASI/SE), em uma área sem incêndio florestal (Figura 27) no ponto de referência 10°48'34.67" S / 37°22'46.81" W (224m). A declividade média do terreno em direção ao ponto final é de aproximadamente $<3^{\circ}$, caracterizando relevo ondulado. Encontra-se em uma vertente da encosta, com a face voltada para noroeste (NO) sem erosão aparente.

O relevo apresenta baixa pedregosidade e rochosidade. O solo foi identificado com textura siltoso e arenoso. Para identificação foi utilizada a Matriz mais adequada, por meio da comparação visual com a Carta de Cores de Munsell, considerando os parâmetros de valor e croma, Valor e Croma que foi valor 4/ Croma 2. Foi identificada a criação de bovinos causando assim, perturbações como o sobrepastoreio. No que se refere à ação biológica e antrópica, foram identificadas atividades de formigas/térmites, raízes causando modificações no solo e pisoteio de animais. A morfogênese está entre mecânica e química e ao longo da parcela se destacou a serrapilheira.

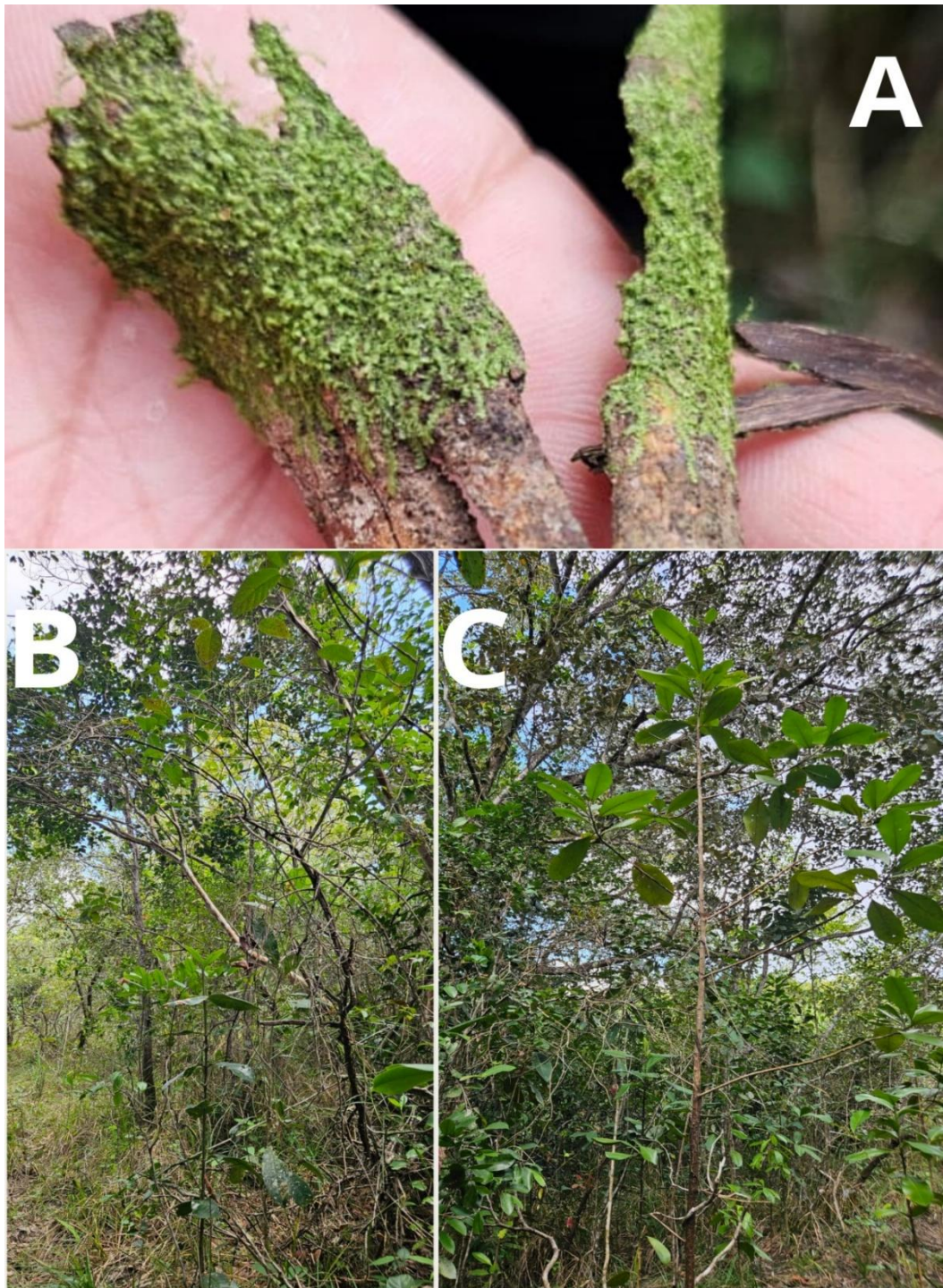
A vegetação se destaca com uma diversidade de arbustos $>40\%$ ervas terrestres e trepadeiras, cipós todos os citados em uma cobertura de 20% a 40%, musgos e briófitas com cobertura $<20\%$ e líquens com cobertura $>40\%$. O tronco das árvores é liso, com folhas do tipo cartáceas, de uma abundante frequência. A figura 28 mostra a vegetação de A., B. e C.

Figura 27: Pontos de coleta em áreas sem incêndio florestal na Serra Comprida, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2026)

Figura 28: A. Musgos e Briófitas, B. Arbustos e Ervas terrestres e Trepadeira e C. Cipós, na Serra Comprida, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



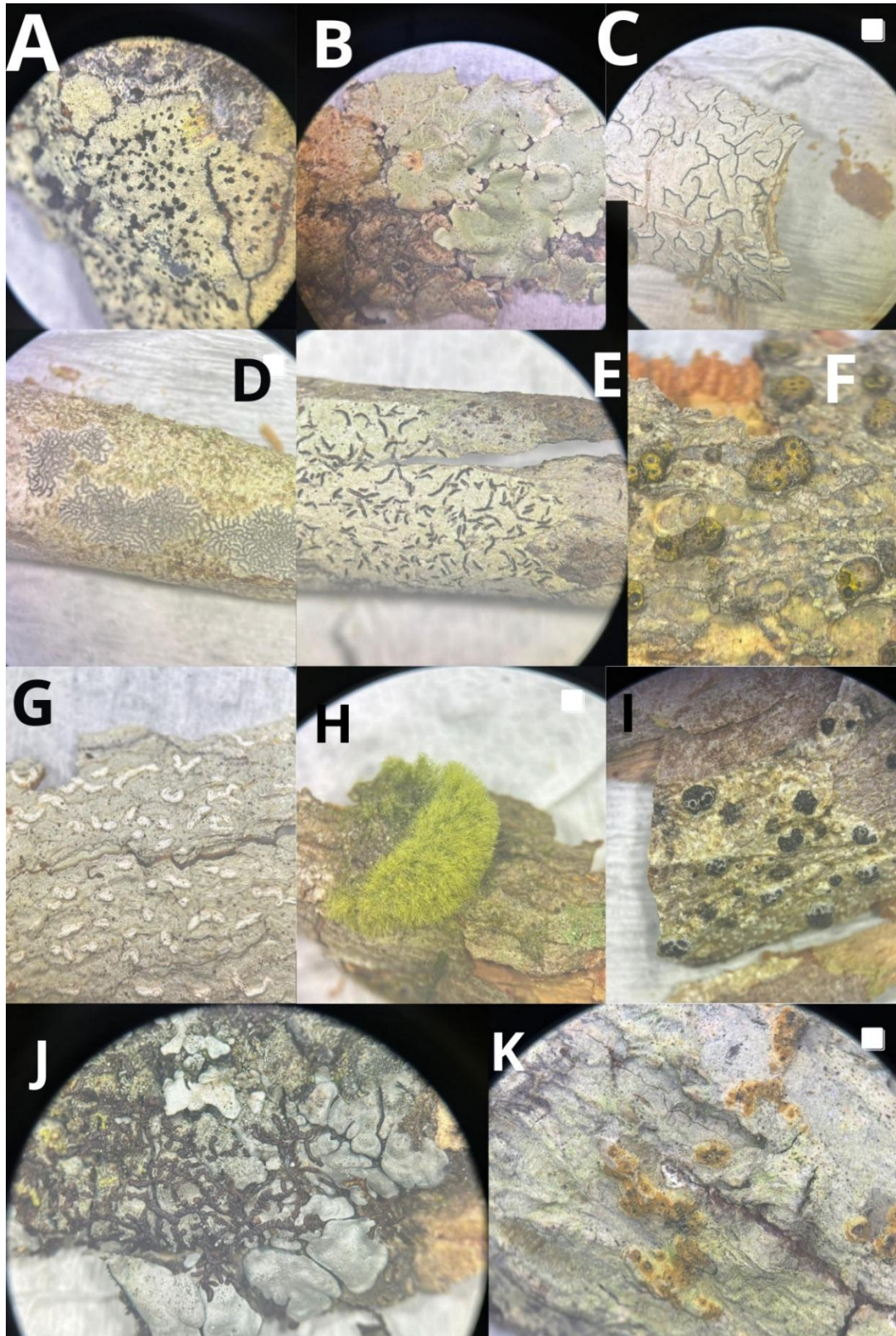
Fonte: A autora (2025)

Foram coletadas quatorze amostras de líquens dentro das subparcelas (Figura 29), havendo uma diversidade na área que foram: *Pyrenula mamillana* ((Ach.) Trevis.), *Bulbothrix apophysata* ((Hale & Kurok.) Hale), *Graphis illinata* (Eschw.), *Sarcographa tricola* ((Ach.) Müll. Arg.), *Phaeographis crispata* (Kalb & Mathes-Leicht), *Trypethelium eluteriae* (Spreng), *Dyplolabia afzelii* ((Ach.) A. Massal.), *Coenogonium linkii* (Ehrenb.), *Glyphis cicatricosa* (Ach.), *Coccocarpia palmicola* ((Spreng.) Arv. & D.J. Galloway), *Graphis glaucescens* (Fée), *Astrothelium galbineum* (Kremp.).

Essa diversidade reflete um ambiente heterogêneo da área, indicando diferentes microhabitats e condições ecológicas favoráveis à ocorrência de múltiplas espécies de líquens.

Além disso, a variedade de espécies encontradas reflete a multifuncionalidade do ecossistema, e pode indicar níveis elevados de qualidade ambiental e estabilidade ecológica.

Figura 29: A. *Pyrenula mamillana*; B. *Bulbothrix apophysata*; C. *Graphis illinata*; D. *Sarcographa tricola*; E. *Phaeographis crispata*; F. *Trypethelium eluteriae*; G. *Dyplolabia afzelii*; H. *Coenogonium linkii*; I. *Glyphis cicatricosa*; J. *Coccocarpia palmicola*; K. *Astrot*



Fonte: A autora (2025)

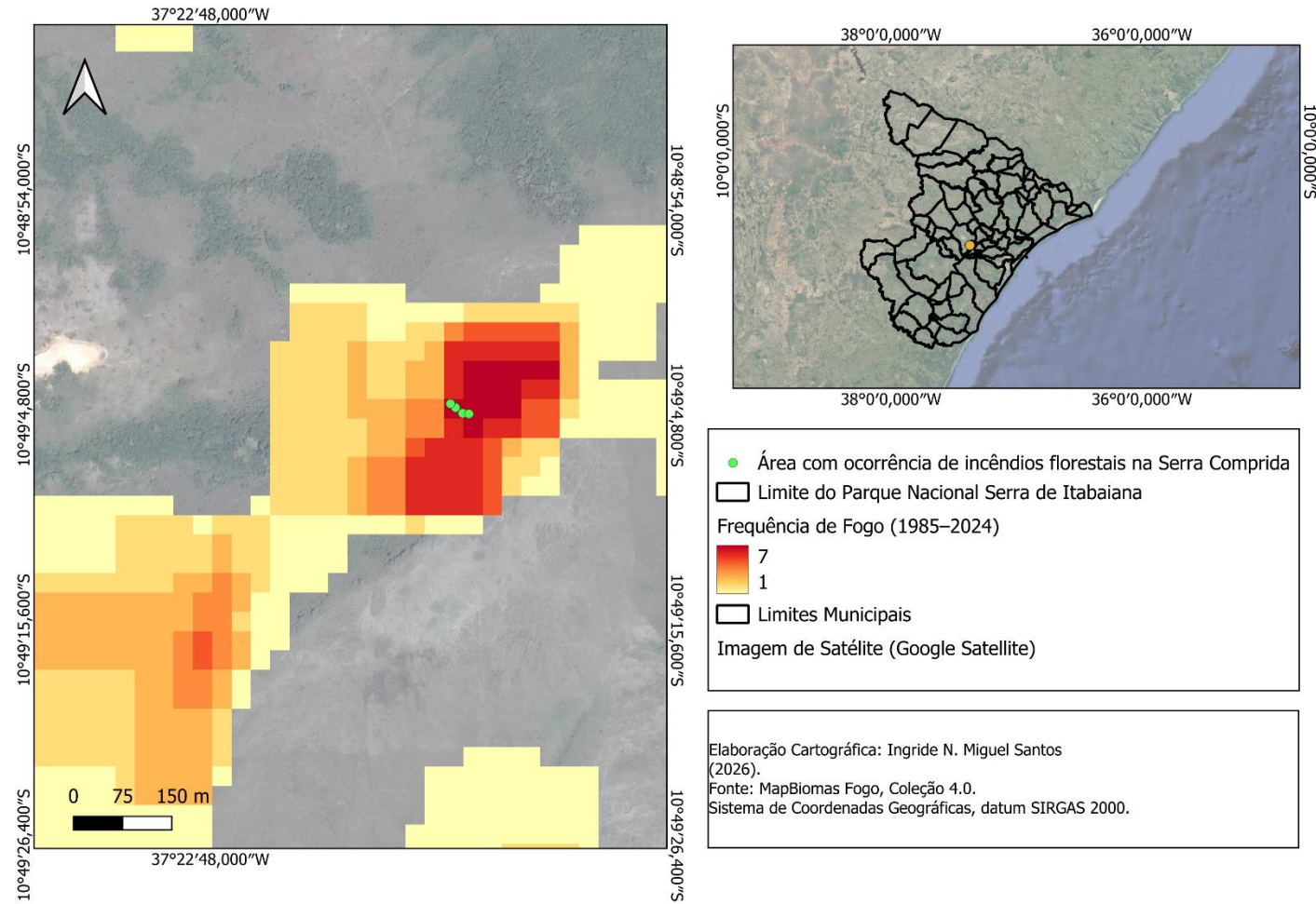
Ao nível de paisagem, há indícios de que habitat com alta qualidade e baixa perturbação estão associados a maior riqueza de líquens. Sendo assim, áreas sem incêndio florestal por um longo período funcionam como uma grande reserva de biodiversidade, sobretudo para organismos sensíveis como os líquens que têm um crescimento lento.

A sexta parcela amostral, foi realizada na Serra Comprida (PARNASI/SE), em uma área com incêndio florestal (Figura 30) no ponto de referência 10°49'04.84" S / 37°22'34.99" W (345m). No ponto inicial, a declividade média do terreno em direção ao ponto final é de aproximadamente 10 a 30°, caracterizando relevo ondulado. Encontra-se em uma vertente côncava, com a face voltada para Noroeste (NO) sem erosão aparente.

O relevo tem uma alta pedregosidade e rochiosidade ambas de 15 a 50%. O solo foi identificado com textura arenoso, para identificação foi utilizada a Matriz mais adequada, por meio da comparação visual com a Carta de Cores de Munsell, considerando os parâmetros de valor e croma, Valor e Croma que foi valor 4/ Croma 1. No que se refere a ação biológica e antrópica foram identificadas modificações no solo, a morfogênese está entre mecânica e química, depósito de talus, com um tipo de modelado de acumulação.

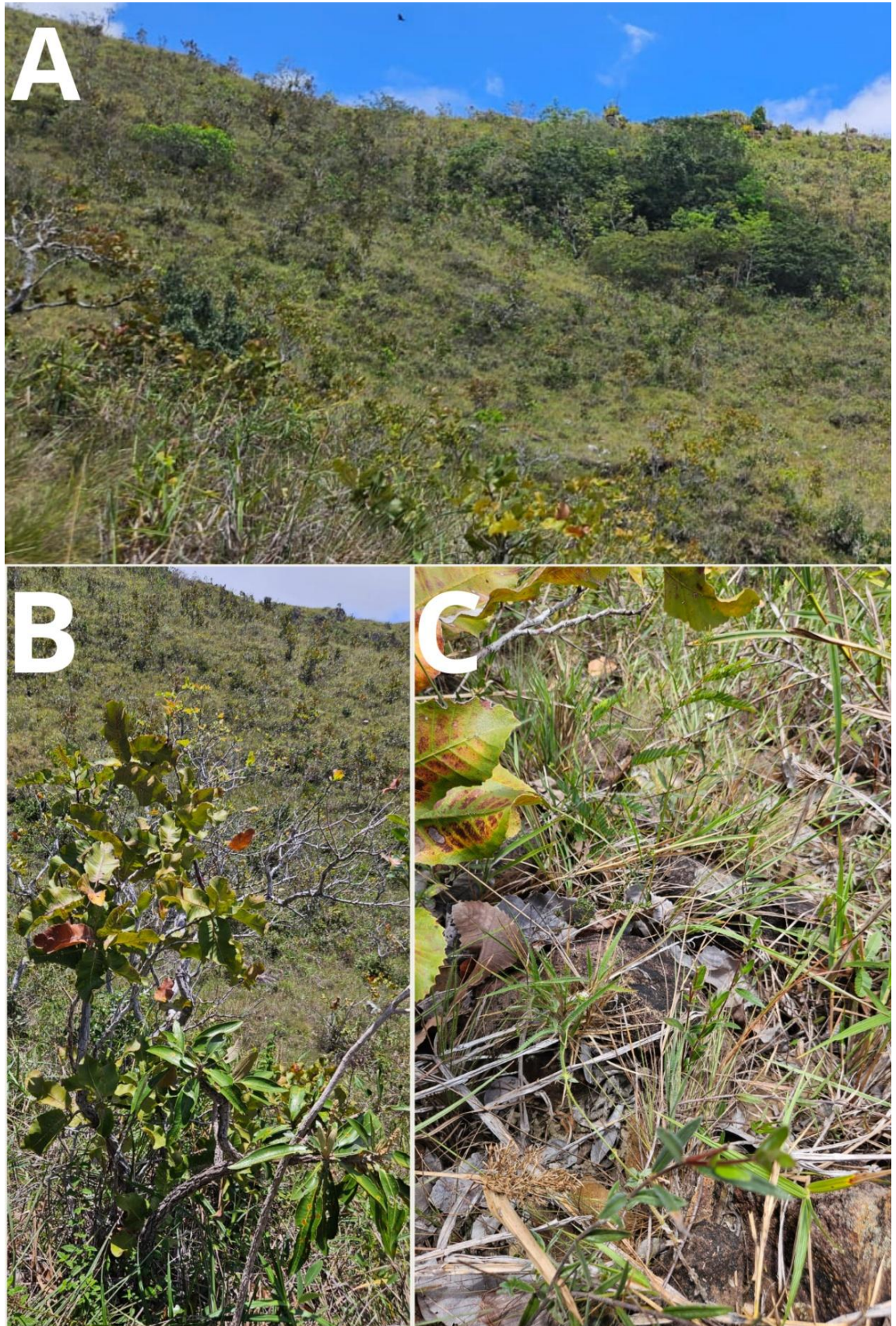
A vegetação se destaca com uma diversidade de arbustos 20% ervas terrestres, ereta e líquens com uma cobertura de <20%. O tronco dos arbustos varia de escamosos e fissurados, com folhas do tipo coriáceas, de uma abundante frequência. A figura 26 mostra a vegetação de A. Serra comprida, B. arbusto e C. ervas terrestres (Figura 331).

Figura 30: Pontos de coleta de líquens em áreas com incêndio florestal na Serra Comprida, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2026)

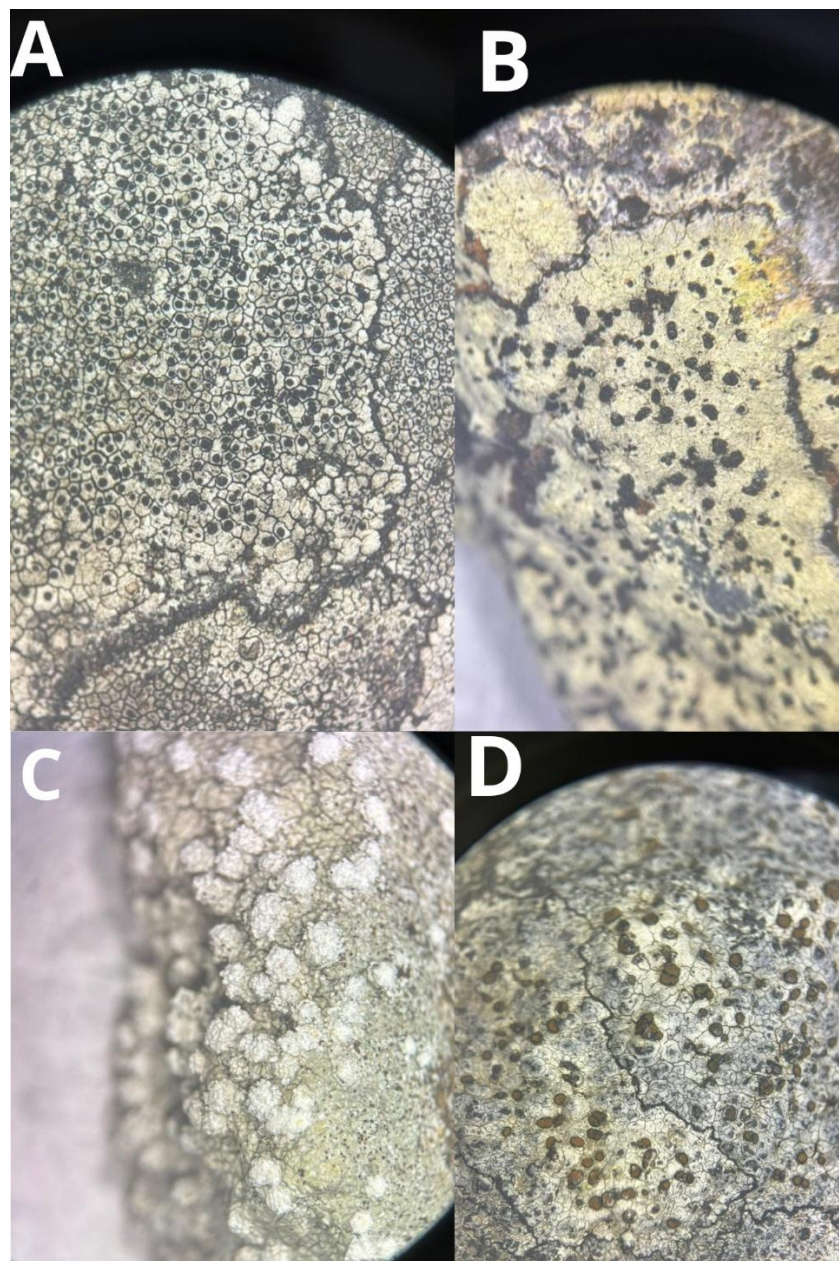
Figura 31: A. Serra comprida, B. arbusto e C. ervas terrestres, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2025)

Foram coletadas oito amostras na parcela sem incêndio florestal havendo uma baixa variação de espécie liquênica, devido a uma alta frequência de fogo onde foi plotada e coletada dentro das subparcelas essas são as espécies identificadas: *Buellia micromera* (Vain.), *Pyrenula mamillana* ((Ach.) Trevis.), *Dichosporidium nigrocinctum* ((Ehrenb.) G. Thor), *Phaeographis fusca* (Staiger) (Figura 32).

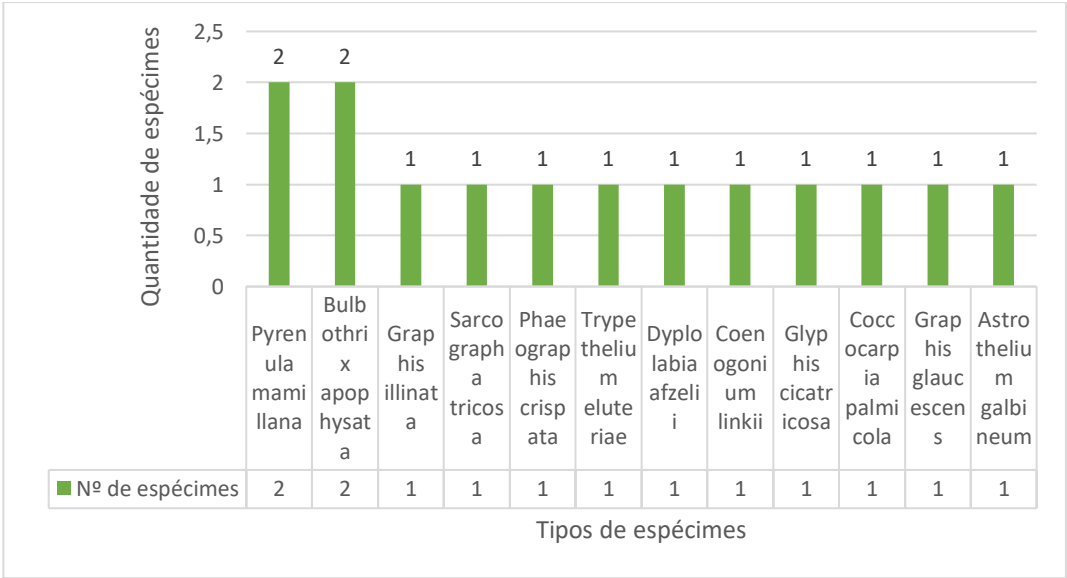
Figura 32: A *Buellia micromera* (Vain.), B. *Pyrenula mamillana* ((Ach.) Trevis.), C. *Dichosporidium nigrocinctum* ((Ehrenb.) G. Thor), D. *Phaeographis fusca* (Staiger).



Fonte: A autora (2025)

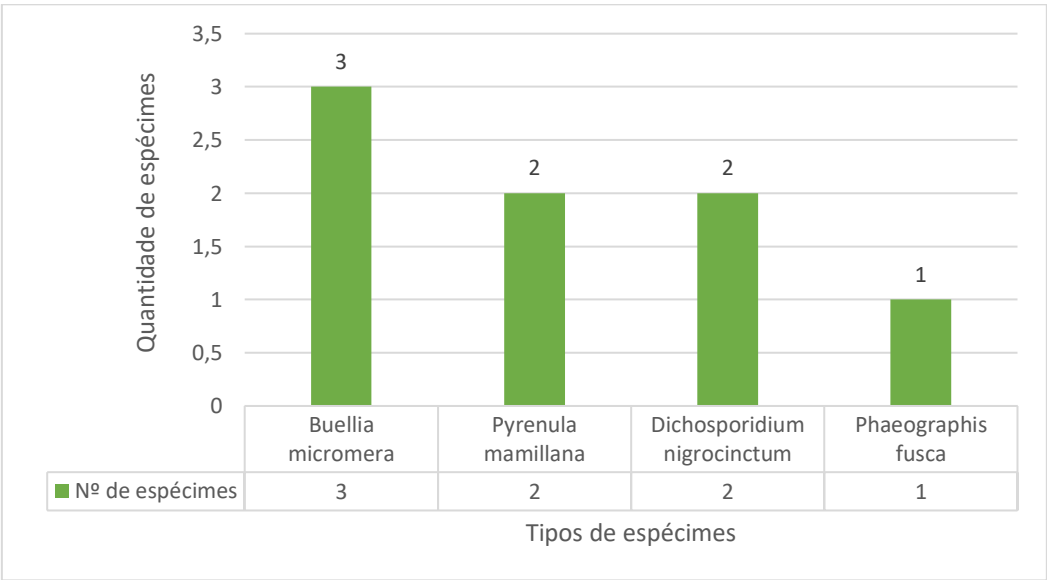
As figuras 33 e 34, mostraram uma redução expressiva de espécies de líquens nas áreas com incêndios florestais. Nas áreas que não houve a presença de incêndio, também chamada de parcela controle, tem uma maior diversidade de líquens corticícolas e crostosos.

Figura 33: Coletas de líquens em áreas sem ocorrência de incêndios - Serra Comprida - PARNASI/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2025)

Figura 34: Coletas de líquens em áreas com ocorrência de incêndios - Serra Comprida - PARNASI/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2025)

No entanto, as figuras acima que são referentes as áreas com incêndio florestal, demonstraram uma diminuição substancial da diversidade de líquens, como consequência tem uma decadência no que se refere aos táxons. O conjunto de espécies registrado restringe-se a poucos táxons, como *Buellia micromera*, *Pyrenula mamillana*, *Dichosporidium nigrocinctum* e *Phaeographis fusca*, os mesmos que apareceram na literatura como mais resistentes a estresses ambientais, como a radiação solar e alterações químicas no substrato pós-fogo. A presença simultânea de espécies indicou pouca abundância e outras com uma frequência maior propõe um sistema próximo ao equilíbrio, no qual indica uma sucessão liquênica avançada em seus estágios, o que reflete a um ambiente com baixa recorrência de distúrbios e manutenção da umidade de microhabitats (Nash, 2008; McCune & Geiser, 2009).

Nas áreas identificadas sem incêndio, que foi feito através do levantamento de frequência de incêndios florestais, observou-se uma diversidade taxonômica e distribuição homogêneas tendo essas espécies coletas e analisadas: *Pyrenula mamillana*; *Bulbothrix apophysata*; *Graphis illinata*; *Sarcographa tricola*; *Phaeographis crispata*; *Trypethelium eluteriae*; *Dyplolabia afzelii*; *Coenogonium linkii*; *Glyphis cicatricosa*; *Coccocarpia palmicola*; *Astrothelium galbineum*. Em consonância com estudos realizados em biomas tropicais e subtropicais brasileiros, os resultados indicaram que a recorrência do fogo comprometeu não apenas a riqueza de espécies, mas também a complexidade estrutural e funcional das comunidades liquênicas, com implicações diretas para os ciclos biogeoquímicos e a estabilidade dos ecossistemas (Marcelli, 2006; Cáceres *et al.*, 2014).

Ao comparar os gráficos demonstrou que a diversidade liquênica é significativamente maior em áreas não queimadas, enquanto a ausência ou baixa ocorrência de líquens em áreas com incêndio constitui um indicador robusto de degradação ambiental e de ruptura dos processos sucessionais naturais, alinhando-se de forma consistente com o corpo teórico e empírico da liquenologia.

A riqueza de espécies liquênicas (S) foi determinada a partir da identificação e contagem do número de táxons distintos registrados em cada serra e condição ambiental (com a ocorrência de incêndios e sem a ocorrência de incêndios), considerou-se a presença de espécies independentes do quantitativos (Figura 35). O procedimento garantiu que as espécies fossem contabilizadas apenas uma vez por área amostral, evitando superestimar a riqueza e função de registros repetitivos. Em

estudos de líquens, a riqueza constitui um importante descritor da diversidade taxonômica, uma vez que os líquens apresentam elevada sensibilidade às condições ambientais, como alterações microclimáticas, disponibilidade de substrato e histórico de distúrbios, incluindo o fogo (NASH, 2008; MCCUNE; GEISER, 2009).

Realizou-se, o levantamento diversidade média local alfa (α) e pela diferença entre esses locais, beta (β) através do Índice de Shannon. Observou-se que a diversidade alfa (α) nas áreas amostrais constituem a base para a interpretação da diversidade beta (β), uma vez que ela expressa o grau de diferenciação na composição de espécies entre as serras e condições ambientais distintas (WHITTAKER, 1960; 1972). Nas comunidades liquênicas, as alterações locais da riqueza, na diversidade de Shannon e na equidade, sobretudo as que estão ligadas à ocorrência de incêndios florestais, tendem a intensificar a substituição de táxons entre as áreas, resultando em maiores valores de diversidade beta (β) (MAGURRAN, 2004; BASELGA, 2010).

Assim, a redução da diversidade alfa (α) em áreas impactadas pelo fogo, ligadas à persistência de comunidades mais diversas em áreas que não sofrem com perturbações antrópicas, tende a aumentar a heterogeneidade espacial, salientando o papel do incêndio como agente estruturador da diversidade regional. Deste modo, a diversidade beta (β) é reflexo a resposta integrada das comunidades liquênicas às variações ambientais e as perturbações, complementando a análise da diversidade alfa (α) aos revelar padrões de reorganização espacial e sucessão ecológica em uma ampla escala (NASH, 2008; MCCUNE; GEISER, 2009).

Os índices de diversidade, especialmente Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J'), são amplamente utilizados como métricas sintéticas da organização estrutural das comunidades biológicas, integrando riqueza e distribuição de abundâncias relativas (MAGURRAN, 2013). No contexto da ecologia da paisagem, esses índices permitem inferir padrões de heterogeneidade ambiental, estabilidade estrutural e resposta a distúrbios.

Os índices de diversidade calculados para as áreas sob diferentes regimes de fogo evidenciam que a organização das comunidades liquênicas está diretamente associada à dinâmica da paisagem. Em relação à Biogeografia, tais métricas refletem não apenas a riqueza local, mas o efeito do fogo como filtro ambiental que simplifica a estrutura espacial e favorece espécies tolerantes ao distúrbio. A redução do índice de Shannon e da equabilidade nas áreas de maior recorrência sugere

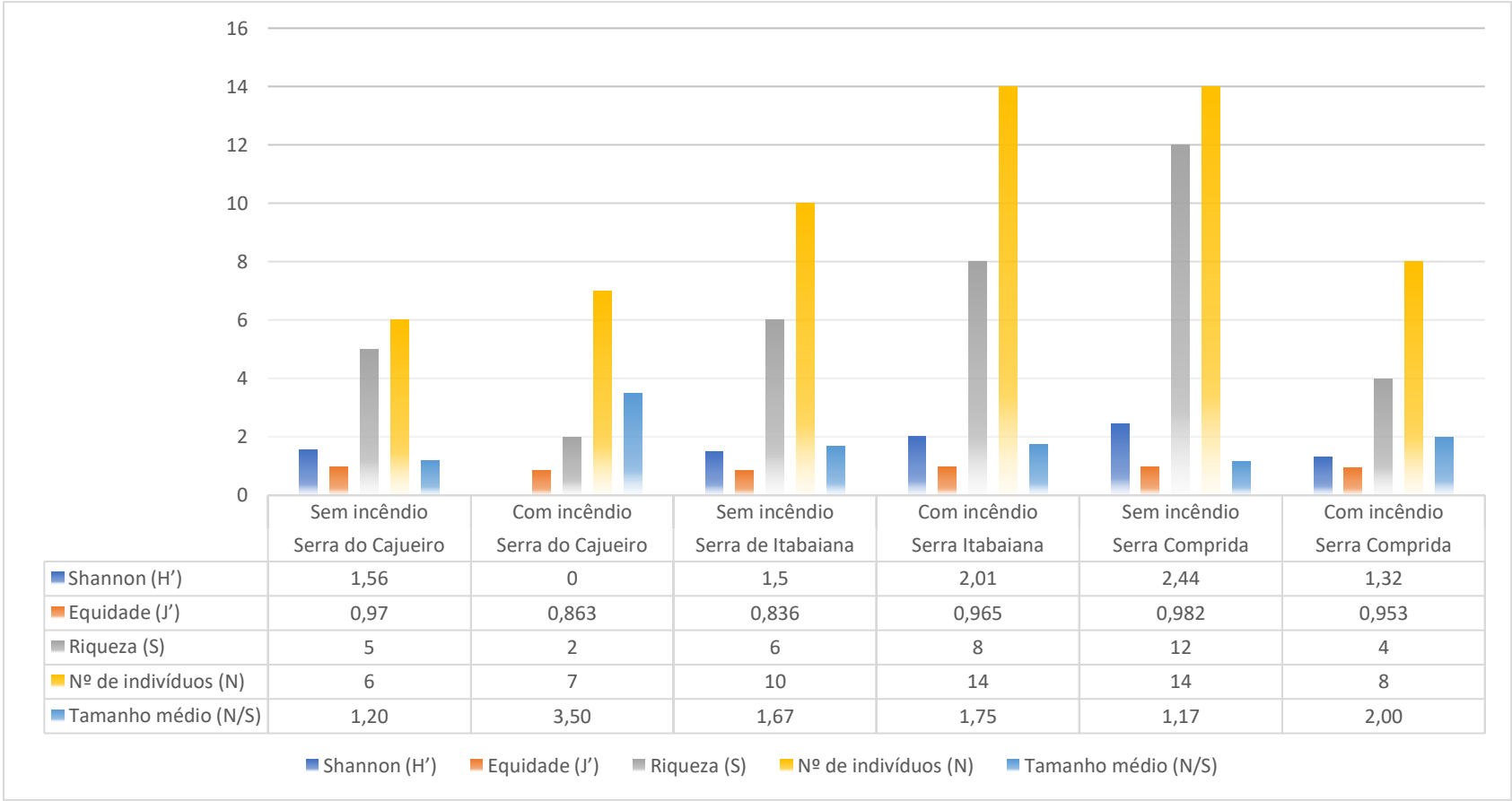
homogeneização ambiental e perda de complexidade estrutural, indicando que o regime de fogo atua como agente modelador da distribuição das espécies

Assim, a manutenção da heterogeneidade espacial — especialmente em áreas com menor recorrência de incêndios — revela-se fundamental para a conservação da diversidade liquênica regional, ao preservar gradientes ambientais e ampliar a variabilidade composicional da paisagem (OLDEN; ROONEY, 2006).

Incêndios florestais podem atingir temperaturas superiores a 400 °C na zona de combustão, podendo alcançar picos próximos de 900 °C em eventos de maior intensidade, dependendo da carga de combustível, das condições atmosféricas e do tipo de vegetação envolvida (PYNE; ANDREWS; LAVEN, 1996; BOND; VAN WILGEN, 1996). Tais condições térmicas são suficientes para provocar a remoção ou mortalidade das comunidades liquênicas presentes nas superfícies rochosas expostas, uma vez que esses organismos apresentam elevada sensibilidade a variações extremas de temperatura e à perda abrupta de umidade (NASH, 2008).

Após o evento de fogo, a recolonização tende a ser realizada inicialmente por espécies liquênicas pioneiras, frequentemente de crescimento crostoso, que apresentam maior capacidade de aderência ao substrato e maior tolerância às condições de estresse ambiental e às elevadas amplitudes térmicas das superfícies expostas (BÜDEL; SCHEIDEGGER, 2008).

Figura 35: Gráfico do Índice de Shannon para avaliar a diversidade Alfa (α) e Beta (β). de liquens da serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil.



Fonte: A autora (2025)

As características climatológicas do PARNASI encontram-se atreladas ao conjunto de condições atmosféricas das cidades de Areia Branca, Itabaiana, Laranjeiras, Itaporanga D'ajuda e Campo do Brito no Estado de Sergipe, Nordeste do Brasil. Com relação às médias térmicas anuais, o Nordeste do Brasil caracteriza-se por apresentar variações determinadas pela altitude e distância do mar.

A precipitação, assim como a temperatura é elemento climático de grande importância na compreensão do clima em escala regional, podendo inclusive ser considerada o principal elemento na análise e organização do planejamento territorial e ambiental (SIMIONI; WOLLMANN, 2016; COSTA; MAIER & SATO, 2019).

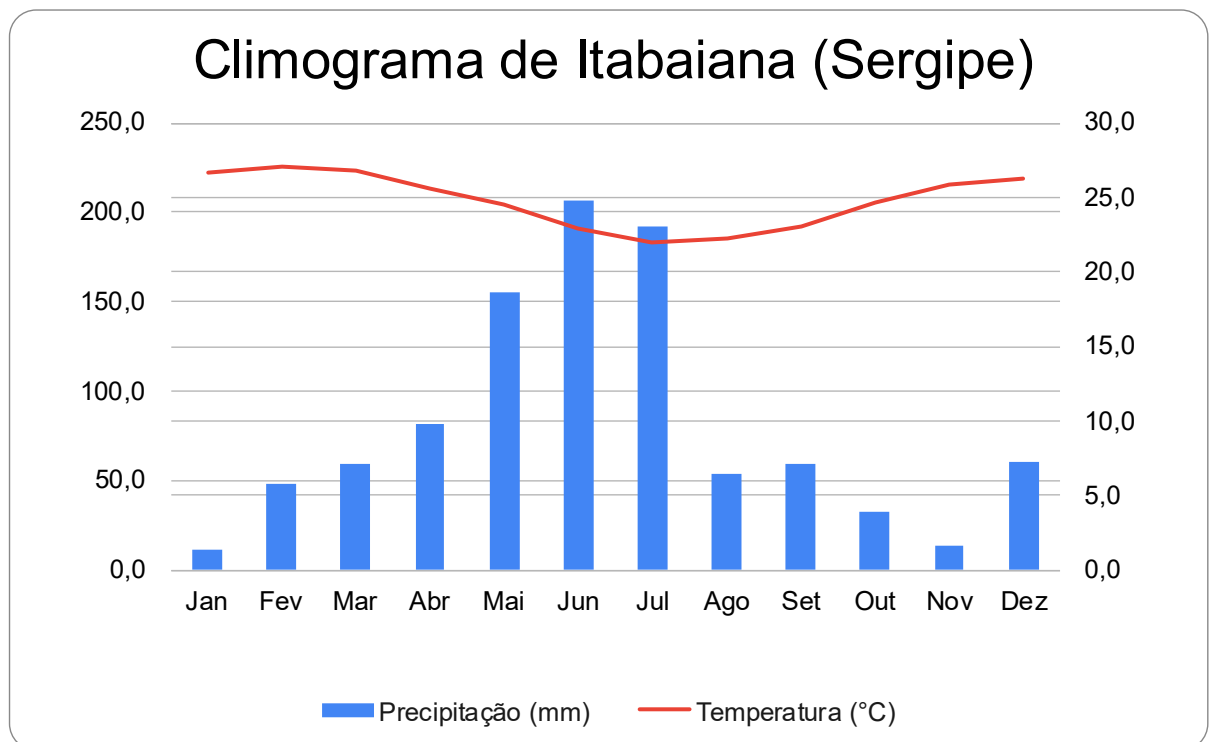
No Parque Nacional Serra de Itabaiana, os eventos de incêndio florestal apresentam relação direta com a sazonalidade climática regional. O clima do tipo As (tropical com verão seco) estabelece um período de estiagem entre setembro e fevereiro, quando a redução da umidade e o aumento da temperatura favorecem a desidratação da biomassa vegetal e ampliam a suscetibilidade da paisagem à ocorrência e propagação do fogo (Alvares *et al.*, 2013; DANTAS; RIBEIRO, 2010).

A variação espacial de insolação e umidade exerce papel fundamental na organização das comunidades liquênicas e na dinâmica da paisagem em ambientes serranos, como o Parque Nacional Serra de Itabaiana. Áreas mais expostas à radiação solar tendem a apresentar maiores amplitudes térmicas e menor retenção de umidade, o que intensifica o ressecamento da vegetação e do material combustível superficial, aumentando a suscetibilidade da paisagem à ocorrência e propagação de incêndios florestais (BOND; VAN WILGEN, 1996). Nessas condições ambientais mais extremas, as comunidades liquênicas são geralmente dominadas por espécies mais tolerantes ao estresse hídrico e térmico, frequentemente associadas a formas de crescimento crostosas, que apresentam maior aderência ao substrato rochoso e maior resistência à dessecação (BÜDEL; SCHEIDEGGER, 2008).

O climograma de Itabaiana (SE) evidencia um clima tropical, caracterizado por temperaturas elevadas durante todo o ano e precipitação com forte sazonalidade. As temperaturas médias mensais apresentam baixa amplitude térmica, variando entre aproximadamente 22 °C e 27 °C, com os maiores valores entre janeiro e março e os menores em junho e julho. A precipitação concentra-se entre abril e julho, com pico em junho (cerca de 205 mm), enquanto os menores índices ocorrem entre outubro e janeiro, caracterizando a estação seca. Essa sazonalidade influencia diretamente a

dinâmica ambiental do Parque Nacional Serra de Itabaiana, uma vez que o período seco favorece o acúmulo de material combustível e aumenta a suscetibilidade à ocorrência e propagação de incêndios florestais, enquanto a estação chuvosa contribui para a recuperação da vegetação e das comunidades liquênicas (Figura 36).

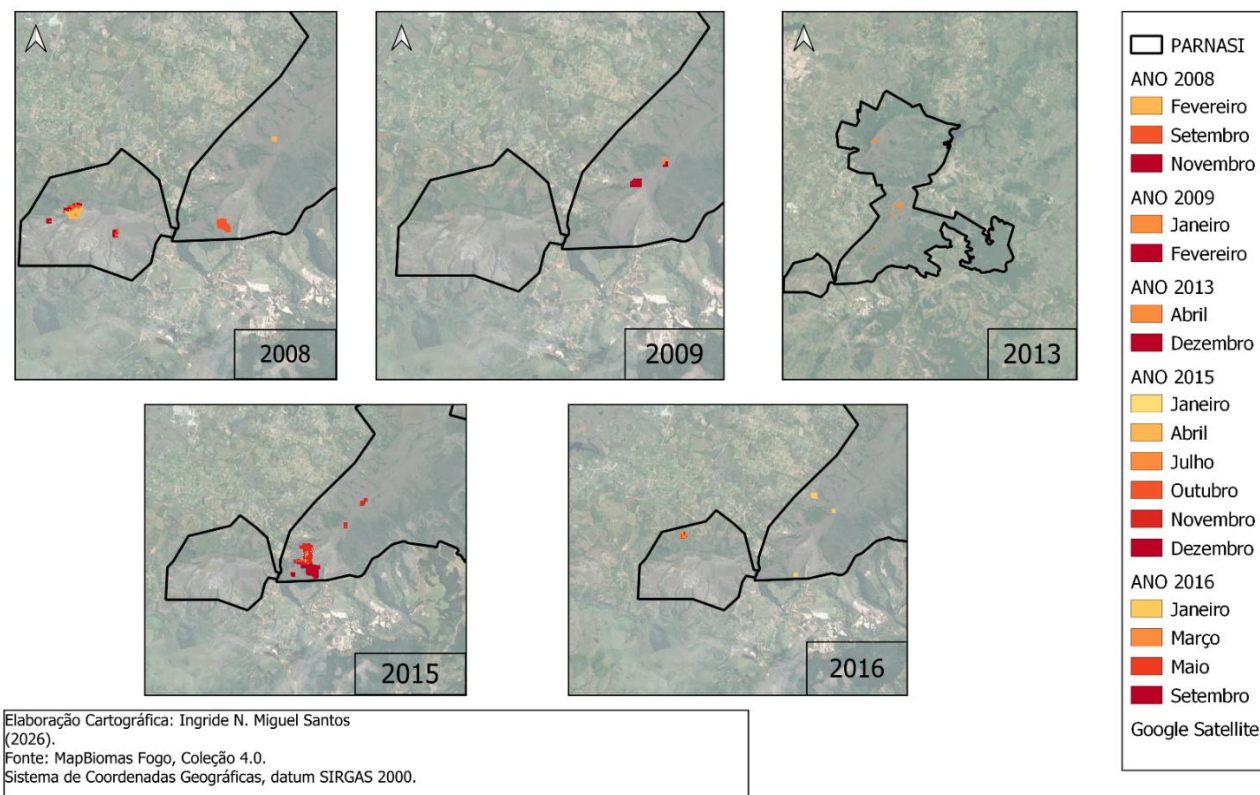
Figura 36: Distribuição média mensal da precipitação e da temperatura do ar no município de Itabaiana (SE), evidenciando a sazonalidade climática da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do INMET, 2026.

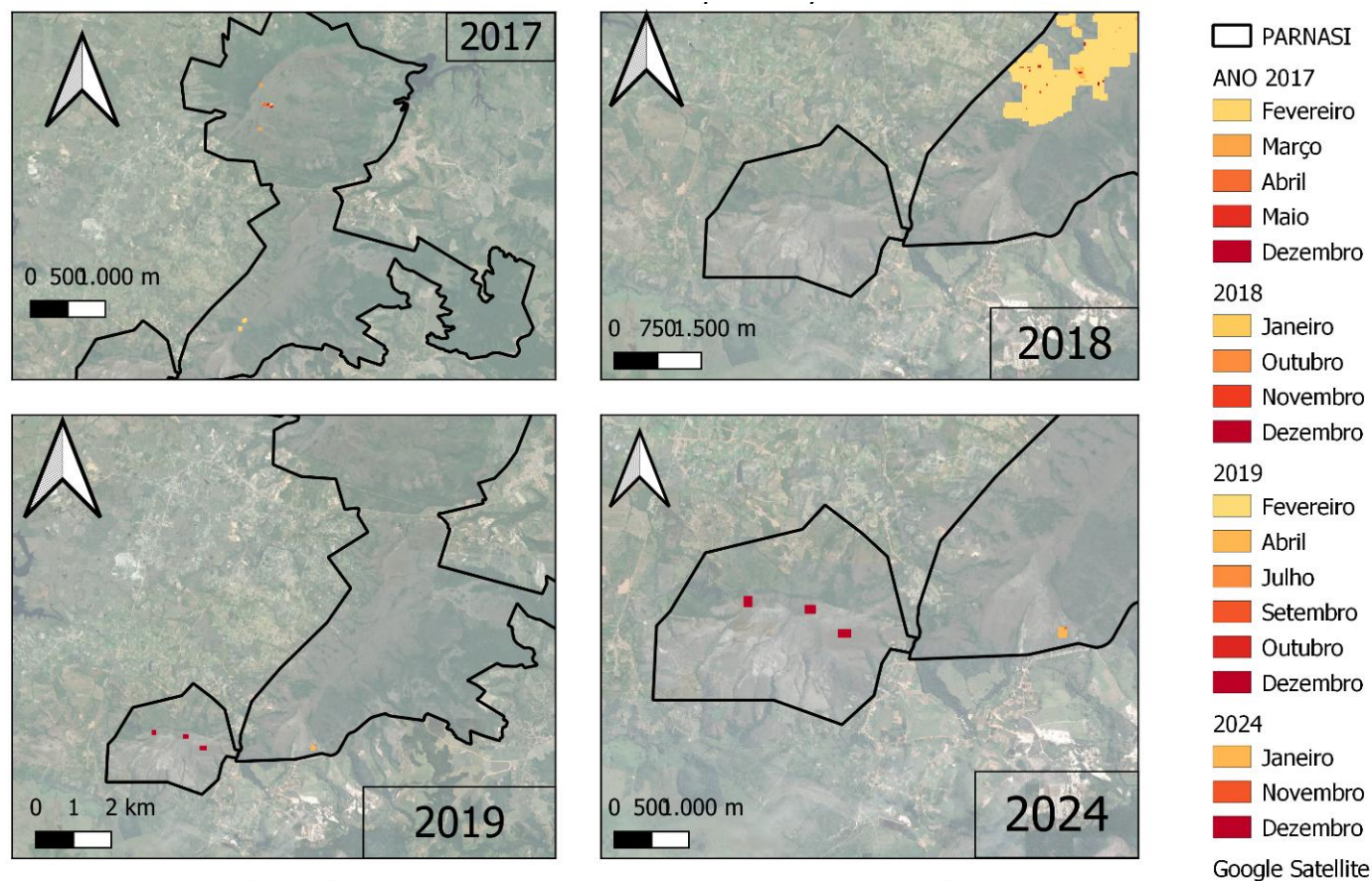
Por outro lado, os mapas também indicaram ocorrências pontuais de incêndios durante meses associados ao período chuvoso ou de transição, como janeiro, fevereiro, março e abril, identificados nos anos de 2016, 2017 e 2019. Entretanto, nesses casos os focos tendem a aparecer de forma mais dispersa e com menor extensão espacial, sugerindo que a maior umidade da vegetação e do solo pode limitar a propagação do fogo. (Figura 37 e 38)

Figura 37: Mapas referentes aos meses em que houve incêndios florestais no PARNASI/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil, nos anos de 2008, 2009, 2013, 2015 e 2016.



Fonte: A autora (2026)

Figura 38: Mapas referentes aos meses em que houve incêndios florestais no PARNASI/SE, Itabaiana, Sergipe, Brasil, nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2024.



Elaboração Cartográfica: Ingrid N. Miguel Santos (2026).
 Fonte: MapBiomas Fogo, Coleção 4.0.
 Sistema de Coordenadas Geográficas, datum SIRGAS 2000.

Fonte: A autora (2026)

As comunidades liquênicas registradas na área de estudo foram interpretadas principalmente como indicadoras da dinâmica ambiental e microclimática da paisagem, evidenciando processos de exposição, estresse hídrico e regeneração ecológica associados à variação de insolação, umidade e ocorrência de distúrbios como o fogo.

As atividades de campo e laboratório constituíram etapas fundamentais para a obtenção dos dados utilizados na caracterização ambiental das áreas amostradas e na avaliação da diversidade liquênica conforme apresentado na Figura 39.

Figura 39: A. Levantamento de dados de Pedologia, Vegetação, Geomorfologia e líquens. B. Análise de riqueza de espécies no Laboratório de Liquenologia (LaLiq).



Fonte: A autora (2025)

Em campo, foram realizados os levantamentos dos atributos físicos e biológicos da paisagem, incluindo pedologia, vegetação, geomorfologia e registros da comunidade liquênica. Em laboratório, foram conduzidas as análises para identificação das espécies e avaliação dos parâmetros de riqueza.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa revelou os efeitos dos incêndios florestais e a diversidade da comunidade de líquens nas Serra de Itabaiana, Serra do Cajueiro e Serra Comprida. Através de uma análise integrada da diversidade alfa (α) e beta (β) nas áreas com e sem incêndios florestais entre os anos de 1985-2024.

Sob a perspectiva da Biogeografia, ao analisar a distribuição espacial das comunidades líquênicas e os efeitos dos incêndios florestais sobre a organização da biodiversidade nas serras supracitadas. A pesquisa investigou como um problema ambiental age na reorganização da paisagem. A utilização dos conceitos de diversidade alfa (α) e beta (β) permitiu entender a resposta local das comunidades, quanto a diferenciação espacial entre as áreas, contribuindo com a abordagem multiescalar, central a análise geográfica. Ao tratar o incêndio florestal como um fenômeno associado às dinâmicas naturais e às ações antrópicas, o estudo dialoga com a Geografia ambiental, buscando compreender as relações sociedade-natureza e para o planejamento e manejo de ambientes das serras do PARNASI/SE.

Em geral, os resultados revelaram que as áreas que não foram acometidas por incêndios florestais apresentaram maiores valores de diversidade alfa (α), caracterizando comunidades líquênicas mais ricas, estruturalmente equilibradas e com distribuição mais uniforme dos indivíduos entre as espécies. Essas áreas, se mostram com mais continuidade de substrato e menor frequência de perturbações, condições essenciais para o estabelecimento e manutenção de espécies com diferentes exigências ecológicas. Conquanto, as áreas submetidas à ocorrência de incêndios florestais apresentaram redução da riqueza de espécies, da diversidade de Shannon e da equidade, indicando uma redução estrutural das comunidades e uma possível dominação de táxons mais resistentes aos incêndios florestais.

As variações observadas na diversidade alfa (α) entre as áreas amostrais constituíram uma base para melhor interpretar a diversidade beta (β), uma vez que a mesma está expressa no grau de diferenciação na composição de espécies entre serras e diferentes condições ambientais. A redução da diversidade local nas áreas que foram atingidas pelo fogo, estão ligadas à persistência de comunidade mais diversa em áreas que não sofreram esse tipo de impacto, resultou em maior substituição de espécies, elevando a diversidade beta (β).

Os resultados reafirmam ainda mais o elevado potencial dos líquens como bioindicadores ambientais e dos impactos causados por incêndios florestais. Devido à sua sensibilidade às alterações ambientais e à sua estreita relação com as condições climáticas e com a disponibilidade de substrato, as comunidades liquênicas mostram-se ferramentas eficientes para o monitoramento ecológico de áreas submetidas a perturbações antrópicas recorrentes. A análise conjunta da diversidade alfa (α) e beta (β) amplia essa capacidade diagnóstica, permitindo identificar tanto alterações locais quanto mudanças na organização espacial das comunidades.

Os resultados indicaram que o fogo, quando recorrente, atua como força modeladora da paisagem liquênica, reorganizando a estrutura das comunidades e podendo reduzir a diversidade beta por meio da seleção de espécies tolerantes ao estresse. Em contextos de distúrbio frequente, observa-se tendência à dominância de táxons com traços funcionais associados à resistência à dessecação e à alta radiação.

Contudo, o controle macroclimático regional exerce papel estruturante mais abrangente, uma vez que o clima constitui determinante primário da distribuição liquênica em escala biogeográfica. Nesse sentido, a configuração observada na área de estudo pode ser interpretada como resultado da interação entre filtros regionais (clima), processos históricos e distúrbios contemporâneos (fogo).

Essa predominância pode ser explicada pela maior resistência dessas formas de crescimento às condições ambientais extremas impostas pelo fogo, como aumento da temperatura superficial, maior incidência de radiação solar e redução da umidade do substrato. Líquens crostosos possuem talos fortemente aderidos ao substrato mineral, o que lhes confere maior tolerância ao estresse térmico e à dessecação, favorecendo sua permanência em ambientes perturbados.

A predominância de líquens crostosos na área de estudo indicou espécies adaptadas a condições de maior insolação, variações térmicas e períodos de baixa disponibilidade hídrica, características comuns em ambientes serranos e em áreas sujeitas a perturbações ambientais. Dessa forma, essas comunidades liquênicas atuam como indicadoras das condições microclimáticas e da dinâmica ambiental da paisagem, refletindo fatores como exposição solar, umidade e ocorrência de distúrbios, como os incêndios. No contexto do Parque Nacional Serra de Itabaiana (PARNASI), essas informações podem contribuir para compreender a vulnerabilidade de diferentes áreas da paisagem e auxiliar no monitoramento ambiental,

especialmente na identificação de setores mais expostos a estresse ambiental e recorrência de fogo.

A escolha das áreas de ocorrência e coleta no PARNASI não se baseou apenas na dinâmica ambiental em escala macro, mas principalmente nas diferenças observadas nos arranjos paisagísticos locais, como variações de cobertura vegetal, exposição das encostas, grau de insolação, disponibilidade de umidade e histórico de ocorrência de incêndios. Esses fatores atuam na escala micro e mesoambiental, influenciando diretamente a distribuição das comunidades liquênicas e a formação de distintos microhabitats na paisagem.

Dessa forma, a seleção das localidades buscou representar esses diferentes compartimentos ambientais, permitindo compreender como as variações estruturais da paisagem interferem na ocorrência dos líquens e na resposta desses organismos aos distúrbios, como o fogo. Essa abordagem contribui também para o gerenciamento do PARNASI, pois possibilita identificar setores da paisagem mais suscetíveis a estresses ambientais e incêndios, auxiliando no planejamento de estratégias de monitoramento e conservação em escala mais detalhada da unidade de conservação.

Em contrapartida, as áreas de encostas protegidas, onde não houve ocorrência recente de incêndio, apresentaram maior diversidade e equabilidade das espécies liquênicas, resultado de condições microclimáticas mais estáveis, com maior disponibilidade de umidade e menor exposição direta à radiação solar. Sob a perspectiva da biogeografia da paisagem, esses ambientes funcionam como áreas de refúgio ecológico, contribuindo para a manutenção da diversidade regional e atuando como fontes potenciais de recolonização após eventos de distúrbio.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre diversidade alfa (α) e beta (β) constitui uma ferramenta conceitual e metodológica desenvolvida para a avaliação dos impactos dos incêndios florestais sobre comunidades liquênicas. Ao evidenciar como alterações locais se refletem em padrões regionais de diversidade, o presente estudo reforça a importância dos líquens como indicadores ecológicos e destaca o papel dos incêndios florestais como agentes determinantes na reorganização da biodiversidade em diferentes escalas espaciais.

7. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005. 159 p.
- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia dos cerrados. In: FERRI, M. G. (org.). *Simpósio sobre o Cerrado*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1963. p. 117-124.
- AHTI, T.; STENROOS, S.; XAVIER-FILHO, L. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, Northeast Brazil. *Tropical Bryology*, v. 7, p. 55-70, 1993.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ALVES, J. W. S. *Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos*. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ANDRADE, D. S. *Efeitos de borda sobre assembleias de líquens corticícolos crostosos em área de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.
- ATTHIS CONSULTING. *Programa de Reordenamento e Gestão da Paisagem das Serras da Lousã e do Açor (PRGP SLA)*. 2022.
- BACARO, G. Shades of grey: a continuum of biodiversity understanding from dark to bright diversity. *Ecology and Diversity*, v. 2, n. 4, 10012, 2025. DOI: <https://doi.org/10.70322/ecoldivers.2025.10012>.
- BARBOSA, H. M. S. *Intemperismo biogeoquímico e ciclagem de nitrogênio pela interação do líquen *Cladonia substellata* Vainio com granito e basalto*. 2014. 233 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2014.
- BARLOW, J. et al. The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature*, v. 559, n. 7715, p. 517-526, 2018.
- BÄSSLER, C. et al. Contrasting patterns of lichen diversity and composition in forests exposed to different disturbance regimes. *Forest Ecology and Management*, v. 364, p. 99-106, 2016.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BRAZ, S. N. *Líquens como bioindicadores de qualidade ambiental em áreas de borda de florestas urbanas*. 2020. 114 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2020.

BRILHA, José. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, Cham, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.

BOGGESE, L. M. et al. Disturbance and diversity: lichen species richness decreases with increasing anthropogenic disturbance. *Biological Conservation*, v. 293, art. 110598, 2024. DOI: 10.1016/j.biocon.2024.110598.

BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. *Fire and plants*. London: Chapman & Hall, 1996.

BOND, W. J.; KEELEY, J. E. Fire as a global "herbivore": the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 20, n. 7, p. 387-394, 2005.

BOWMAN, D. M. J. S. et al. Fire in the Earth system. *Science*, v. 324, n. 5926, p. 481-484, 2009.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. *Forest fire: control and use*. 2. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1973.

BÜDEL, B.; SCHEIDEGGER, C. Thallus morphology and anatomy. In: NASH III, T. H. (ed.). *Lichen Biology*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

CÁCERES, M. E. S.; LÜCKING, R.; RAMBOLD, G. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress*, v. 6, n. 3, p. 117-136, 2007.

CANÇADO, J. E. D. et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 32, supl. 1, p. S5-S11, 2006.

CAVALCANTI, L. C. S. *Cartografia de paisagens: fundamentos*. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CARREJON, L. et al. Estimating lichen α - and β -diversity using satellite data at different spatial resolutions. *Ecological Indicators*, v. 154, 110173, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110173>.

CHASE, J. M. Drought mediates the importance of stochastic community assembly. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 104, n. 44, p. 17430-17434, 2007. DOI: 10.1073/pnas.0704350104.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment*, v. 29, n. 2, p. 147-159, 1989.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. *Nature*, v. 421, p. 913-919, 2003.

CONTI, M. E.; CECCHETTI, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. *Environmental Pollution*, v. 114, p. 471-492, 2001.

CONNELL, J. H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, Washington, v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978. DOI: 10.1126/science.199.4335.1302.

COSTA, W. R. *Utilização de líquens no monitoramento ativo e passivo da poluição atmosférica*. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2018.

COSTA, M.; FALLEIRO, R. M. *Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais: Parque Nacional Serra de Itabaiana*. Aracaju: ICMBio/Prevfogo/MMA, 2010. Relatório interno.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253-260, 1997.

CULBERSON, W. L.; CULBERSON, C. F. A phylogenetic view of evolution in lichens. *Bryologist*, v. 73, p. 1-31, 1970.

DANTAS, T. V. P.; RIBEIRO, A. S. Caracterização ambiental e aspectos da vegetação do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-465, 2010.

DE ANGELIS, A.; RICOTTA, C.; CONEDERA, M.; PEZZATTI, G. B. Modelling the meteorological forest fire niche in heterogeneous pyrologic conditions. *PLoS ONE*, v. 10, n. 2, e0116875, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0116875. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116875>. Acesso em: 19 jan. 2023.

D'EL-REY SILVA, Luiz José Horta. Tectonic evolution of the southern part of the Sergipano Belt, northeastern Brazil. 1992. Tese (Doutorado em Geologia) – University of London, Londres, 1992.

DIAZ, M. C. V. et al. *O preço oculto do fogo na Amazônia: custos econômicos associados ao uso do fogo*. Belém: IPAM, 2002. Disponível em: https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2002/09/o_prejuizo_oculto_do_fogo_custos_economicos_82mi.pdf. Acesso em: 1 maio 2023.

ELIASARO, S. et al. Inventário de macrolíquens epífitos sobre árvores utilizadas na arborização urbana em Curitiba, Paraná, Brasil: subsídio para biomonitoramento urbano. *Biotemas*, v. 22, n. 4, p. 1-8, 2009.

ELLIS, C. J. Lichen epiphyte diversity: a species-, community- and trait-based review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 131-152, 2012. DOI: 10.1016/j.ppees.2011.10.001.

FARLEY, J. Ecosystem services: the economics debate. *Ecosystem Services*, v. 1, p. 40-49, 2012.

FERNANDEZ, J. A. R.; QUINTERO, A. B.; ROJAS, V. M. P. A.; VERA, D. D.; CONTRERAS, Z. P.; BRICEÑO, R. V.; PRU, E. P. Metabolitos secundarios de líquenes de la zona nival de la Sierra Nevada de Mérida – Venezuela y su papel en la absorción de la radiación ultravioleta. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, v. 65, n. 1, p. 59-72, 2008.

FERRAZ, R. P. D. et al. (ed. téc.). *Marco referencial em serviços ecossistêmicos*. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 20 p.

FERREIRA, M. E. M. C. Estudo biogeográfico de líquens como indicadores de poluição do ar em Cubatão-SP. *Boletim de Geografia*, v. 2, n. 2, p. 52-75, 1980.

FIGUEIRÓ, A. S. Biogeografia, historicidade e episteme: notas para a compreensão de uma natureza híbrida no Antropoceno. *Humboldt: Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, e57367, 2021.

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

FREITAS, M. S. *História oral: possibilidades e procedimentos*. 2. ed. São Paulo: Associação Editorial Humanitas, 2006.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. *Incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe*. Disponível em: https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_1d953a4a05de0f8d58393e35d18a0465?lng=pt-br. Acesso em: 16 ago. 2024.

GAUSLAA, Y.; SOLHAUG, K. A. Lichen photobiology and stress physiology. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 1-11, 1999.

GRAY, Murray. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.

GIORDANI, P. et al. Biodiversity of lichens as a measure of environmental quality. *Biodiversity and Conservation*, v. 21, p. 2563-2581, 2012.

HALE, M. E. *How to know the lichens*. 2. ed. Dubuque: Wm. C. Brown Company Publishers, 1979.

HAWKSWORTH, D. L.; ROSE, F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, v. 227, p. 145-148, 1970.

HILTY, J.; MERENLENDER, A. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*, v. 92, p. 185-197, 2000.

HUNECK, S. Nature of lichen substances. In: AHMADJIAN, V.; HALE, M. E. (ed.). *The lichens*. New York: Springer-Verlag, 1973. p. 135-148.

IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=263011>. Acesso em: 20 jul. 2023.

INFORME AGROPECUÁRIO. Agropecuária e ambiente. Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 72-77, jan./fev. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *No Dia Nacional do Cerrado, Ibama combate incêndios florestais e desmatamento ilegal no bioma*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/no-dia-nacional-do-cerrado-ibama-combate-incendios-florestais-e-desmatamento-ilegal-no-bioma>. Acesso em: 16 ago. 2024.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). *Parque Nacional Serra de Itabaiana, em SE, sofre degradação ambiental*. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/acervo/noticias/parque-nacional-serra-de-itabaiana-em-se-sofre-degradacao-ambiental>. Acesso em: 16 ago. 2024.

IPBES. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. DIAZ, S. et al. (ed.). Bonn: IPBES Secretariat, 2019. 56 p. Disponível em: <https://zenodo.org/record/3553579>. Acesso em: 1 maio 2023.

JAHN, T. L. et al. Lichen response to fire in subboreal forests: changes in cover and species composition. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v. 25, n. 10, p. 1618-1626, 1995.

KEANE, R. E.; HESSBURG, P. F.; LANDRES, P. B.; SWANSON, F. J. The use of historical range and variability (HRV) in landscape management. *Forest Ecology and Management*, v. 258, n. 9, p. 1025-1037, 2009. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.05.035.

KETTERINGS, Q. M.; BIGHAM, J. M. Soil color as an indicator of slash-and-burn fire severity and soil fertility in Sumatra, Indonesia. *Soil Science Society of America Journal*, v. 64, n. 5, p. 1826-1833, 2000.

KUHLBUSCH, T. A. J.; CRUTZEN, P. J. A global estimate of black carbon in residues of vegetation fires representing a sink of atmospheric CO₂ and a source of O₂. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 9, p. 491-501, 1995.

KERS, J.; SACCENTI, E. The power of microbiome studies: some considerations on which alpha and beta metrics to use and how to report results. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, 2022.

LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

LEAKEY, R.; LEWIN, R. *La sexta extinción: el futuro de la vida y de la humanidad*. Barcelona: Tusquets Editores, 1997.

LEFF, E. Complexidade, racionalidade ambiental e diálogo de saberes. *Educação & Realidade*, v. 34, n. 3, p. 17-24, 2009.

LIU, S.; XU, J. Wildfire, protected areas and forest ownership: the case of China. *Land Use Policy*, v. 122, art. 106372, 2022.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

MARCELLI, M. P. History and current knowledge of Brazilian lichenology. In: MARCELLI, M. P.; SEAWARD, M. R. W. (ed.). **Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications**. São Paulo: CETESB, 1998.

MARCELLI, M. P.; SPIELMANN, A. A. Fungos liquenizados (liquens). In: XAVIER FILHO, L. et al. (org.). **Biologia de liquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural; Instituto de Botânica, 2006. p. 24-74.

MARKERT, B.; WAPPELHORST, O.; WECKERT, V.; HERPIN, U.; SIEWERS, U.; FRIESE, K.; BREULMANN, G. The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 240, p. 425-429, 1999.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias: Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cicatrizes de Fogo do Brasil (1985-2024)**. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/fogo>>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MARQUES, S.; BORGES, J. G.; GARCIA-GONZALO, J.; MOREIRA, F.; CARREIRAS, J. M. B.; OLIVEIRA, M. M.; CANTARINHA, A.; BOTEQUIM, B.; PEREIRA, J. M. C. Characterization of wildfires in Portugal. **European Journal of Forest Research**, Berlin, v. 130, p. 775-784, 2011.

MAZITELLI, S. M. M. et al. Utilização de liquens no biomonitoramento da qualidade do ar. In: XAVIER FILHO, L. et al. **Biologia de liquens**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural; Instituto de Botânica, 2006. cap. 3, p. 100-143.

MCCUNE, B.; GEISER, L. **Macrolichens of the Pacific Northwest**. 2. ed. Corvallis: Oregon State University Press, 2009.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 37-50, jan./mar. 2010.

MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. **Ciência ambiental**. Tradução da 14. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 351 p.

MILLER, J. E. D.; ROOT, H. T.; SAFFORD, H. D. Altered fire regimes cause long-term lichen diversity losses. **Global Change Biology**, Hoboken, v. 24, p. 1-10, 2018. DOI: 10.1111/gcb.14393.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MISTRY, J.; BERARDI, A. Effects of phorophyte determinants on lichen abundance in the Cerrado of central Brazil. **Plant Ecology**, v. 178, p. 61-76, 2005.

MISTRY, J. Corticolous lichens as potential bioindicators of fire history: a study in the Cerrado of the Distrito Federal, central Brazil. **Journal of Biogeography**, 2003.

MMA; ICMBIO. **Plano de manejo do Parque Nacional Serra de Itabaiana**. 2016. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano-demanejo/dcom_plano_de_manejo_Parna_Serra_de_Itabaiana.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2023.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192 p.

NASH, T. H. (ed.). **Lichen biology**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

NIMIS, P. L. Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. In: PICCINI, C.; SALVATI, S. (ed.). **Atti Workshop Biomonitoraggio Qualità dell'Aria sul Territorio Nazionale**. Roma: ANPA, 1999. (Serie Atti, n. 2). p. 267-277.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

OLIVEIRA, S. et al. Mapping wildfire vulnerability in Mediterranean Europe: testing a stepwise approach for operational purposes. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 158-169, 2018.

OLDEN, J. D.; ROONEY, T. P. On defining and quantifying biotic homogenization. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 15, n. 2, p. 113-120, 2006. DOI: 10.1111/j.1466-822X.2006.00214.

OTAMENDI-URROZ, I. et al. Exploring biocultural diversity: a systematic analysis and refined classification to inform conservation and sustainability. *Ambio*, v. 54, p. 1581–1597, 2025. <https://doi.org/10.1007/s13280-025-02168-y>.

PALM-HELLENURUM, et al. Lichen community development along a post-fire chronosequence in Scots pine-dominated hemiboreal forests. *Forest Ecology and Management*, v. 573, 123394, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.123394>.

- PAWLISZYN, J.; LUQUE DE CASTRO, M. D. Soxhlet extraction: past and present panorama. *Journal of Chromatography A*, v. 1217, p. 2321-2336, 2010.
- PEREIRA, E. C. *Influência da sazonalidade na detecção de atividade antimicrobiana de Cladoniae e Cladina (liquen)*. 1989. 196 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1989.
- PETERSON, E. B.; MCCUNE, B. The importance of sexual propagules in lichens after fire. *Ecology*, Washington, v. 84, n. 6, p. 1636-1644, 2003.
- POPPER, K. S. *A lógica da pesquisa científica*. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1975.
- PICKETT, S. T. A.; WHITE, P. S. (ed.). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Orlando: Academic Press, 1985.
- PURVIS, O. W. et al. *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. London: British Lichen Society, 2000.
- PYNE, S. J.; ANDREWS, P. L.; LAVEN, R. D. *Introduction to wildland fire*. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- RESCO DE DIOS, V.; CUNILL CAMPRUBÍ, À.; CAMPOS-ARCEIZ, A.; CLARKE, H.; HE, Y.; ZVEUSHE, O. K.; DOMÈNECH, R.; YING, H.; YAO, Y. Protected Areas Show Substantial and Increasing Risk of Wildfire Globally. *Fire*, v. 8, n. 10, p. 405, 2025. DOI: 10.3390/fire8100405.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Brasília, DF: Embrapa, 2008. p. 151-212.
- RIZZETTO, L. *Resiliência da paisagem e impactos de incêndios florestais na Mata Atlântica costeira da Bahia*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/xmlui/handle/ri/36411>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- RODRIGUEZ, J. M. M. (org.). *Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.
- SANTOS, I. N. M.; RAFAEL, L. M. R.; SOUZA, R. *Fogo no parquinho!!!: a importância do Parque Nacional Serra de Itabaiana para o povo sergipano e a conservação da natureza*. 1. ed. Aracaju: Criação Editora, 2022. 28 p.
- SEAWARD, M. R. D. *Lichen ecology*. London: Academic Press, 1977.
- SHAW, S. B.; CLARKE, B. *Elements of forest fire control*. Rome: FAO, 1953.
- SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. Caracterização e variabilidade interanual da precipitação pluviométrica na Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, no período de 1996 a 2009. *Revista Geoaraguaia*, v. 6, n. 1, 2016.

SILVEIRA, M. L. Região e globalização: pensando um esquema de análise. *REDES*, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 74-88, jan./abr. 2010.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. *Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo*. Curitiba: [s. n.], 2007. 264 p.

SCHEIDEGGER, C.; WERTH, S. Conservation strategies for lichens: insights from population biology. *Biological Conservation*, Amsterdam, v. 142, n. 10, p. 2292-2301, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.05.017.

SPELLERBERG, I. F. *Monitoring ecological change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

SPRIBILLE, T. et al. Hidden diversity in lichen symbiosis. *Nature*, v. 534, p. 73–76, 2016. <https://doi.org/10.1038/nature17936>.

SPRIBILLE, T. et al. Lichens as holobionts: integrating fungi, algae and microbiomes in a unified ecological system. *Trends in Microbiology*, (revisão recente sobre holobiontes em líquens, anos 2021–2024 em diferentes edições da revista).

STOFER, S. et al. Fire effects on lichen populations and communities in boreal forests. *Journal of Vegetation Science*, v. 21, n. 5, p. 807-820, 2010.

TURNER, M. G. Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, Washington, v. 91, n. 10, p. 2833-2849, 2010. DOI: 10.1890/10-0097.1.

VDI. *Richtlinie 3799, Blatt I: Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten: Flechtenkartierung*. Berlin: Beuth-Verlag, 1995. (VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. I).

VIEIRA, M. S. *Desmatamento do Cerrado e fragilidade da gestão em áreas de proteção ambiental em Goiás*. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), João Pessoa, 2018.

WAGNER, B.; GRUNWALD, G.; ZERBE, G.; MIKULICH-GILBERTSON, S.; ROBERTSON, C.; ZEMANICK, E.; HARRIS, J. On the use of diversity measures in longitudinal sequencing studies of microbial communities. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, 2018.

WHITE, B. L. A. et al. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana – Sergipe, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 3, p. 699-706, 2014.

WHITE, L. A. S.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Modelagem espacial do risco de incêndio florestal para o município de Inhambupe, BA. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 36, n. 85, p. 41-49, 2016.

WHITTAKER, R. H. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, v. 21, p. 213-251, 1972.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Wildfires and health*. Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/wildfires>. Acesso em: 12 mar. 2025.

XAVIER-FILHO, L.; RIZZINI, C. T. *Manual de liquenologia brasileiro*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1976.

8. ANEXOS

ANEXO 1: Documento de aprovação do SISBIO (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) (Anexo 02) e do Comitê de Ética e Pesquisa (Anexo03).



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 101241-1	Data da Emissão: 04/09/2025 15:24:13	Validade*: 04/09/2026
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ingrid Natane Miguel Santos	CPF: 055.840.265-81
Título do Projeto: BIOMONITORAMENTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIAHA	
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Sergipe	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	A atividade contará com a coleta de espécies de líquens em áreas que sofreram impactos com incêndios	08/2025	02/2026

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Larissa Monteiro Rafael	Coletar amostras de líquens dentro das parcelas delimitadas.	051.670.704-30	Brasileira

Observações e ressalvas

1	Todos os membros da equipe de pesquisa devem estar cientes das recomendações e boas práticas a serem seguidas neste momento de emergência zoonótica no Brasil devido à gripe aviária. Informe-se na página do CEMAVE na Internet: https://www.gov.br/bricmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cehave/destaques/gripe-aviaria/gripe-aviaria-1 .
2	Esta autorização NÃO isenta o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
3	Esta autorização NÃO isenta o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	Este documento não dispensa o cumprimento da Lei nº 13.123/2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade.
5	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia (Decreto nº 98.830, de 15/01/2000).
6	Esta autorização NÃO isenta o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena, da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
7	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Portaria Nº748/2022, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos, e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo.
9	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação do disposto nesta portaria ou em legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, pode, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou cassada pelo Instituto Chico Mendes, por meio da Coordenação Gestora do Sisbio, e está sujeito às sanções previstas na legislação vigente.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 1012410120250904

Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 101241-1	Data da Emissão: 04/09/2025 15:24:13	Validade*: 04/09/2026
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ingrid Natane Miguel Santos	CPF: 055.840.265-81
Título do Projeto: BIOMONITORAMENTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA	
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Sergipe	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Observações e ressalvas

10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
11	Caso seja identificada a ocorrência de espécie exótica dentro ou no entorno de UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL, além de descrever no relatório de atividades, o pesquisador deve informar à equipe gestora com maior brevidade possível.

Outras ressalvas

1		CGPEQ
2	Informar com antecedência o acesso a UC para realizar o trabalho, não deixar resíduos no interior da UC resultante da pesquisa, disponibilizar o m resultado final da pesquisa para compor o acervo bibliográfico da UC.	PARNA da Serra de Itabaiana

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Parque Nacional da Serra de Itabaiana		Mata Atlântica	Não	Dentro de UC Federal

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Pesquisa socioambiental em UC federal	Dentro de UC Federal
2	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Dentro de UC Federal
3	Observação e gravação de imagem ou som de táxon em UC federal	Dentro de UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
1	Observação e gravação de imagem ou som de táxon em UC federal	Fungi	-
2	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Fungi	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 1012410120250904

Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 101241-1	Data da Emissão: 04/09/2025 15:24:13	Validade*: 04/09/2026
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ingrid Natane Miguel Santos	CPF: 055.840.265-81
Título do Projeto: BIOMONITORAMENTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA	
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Sergipe	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Amostras biológicas (Fungos)	Outras amostras biológicas (fungos liquenizados)

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	Fundação Universidade Federal de Sergipe	Laboratório

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 1012410120250904

Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 101241-1	Data da Emissão: 04/09/2025 15:24:13	Validade*: 04/09/2026
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ingrid Natane Miguel Santos	CPF: 055.840.265-81
Título do Projeto: BIOMONITORAMENTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA	
Nome da Instituição: Fundação Universidade Federal de Sergipe	CNPJ: 13.031.547/0001-04

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com Portaria ICMBIO Nº 748, Art. 24. A coleta imprevista de amostras biológicas, espécimes ou de material abiótico em unidades de conservação e cavernas, não contemplados na autorização ou na licença permanente, deve ser imediatamente anotada em campo específico do documento.

Táxon*	Qtde.	Tipo de Amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime do nível taxonômico possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 1012410120250904

Página 4/4

Anexo 2: Ficha de Campo

FICHA DE CAMPO – INVENTÁRIO EXPEDITO

Localidade:		
Altitude (m):	Data / /	
Sistema de Referência de Coordenada:		
Datum: WGS 84	Latitude (X):	Longitude (Y):
Coletor:	Número da Parcela:	

SUPERFÍCIE

Declive	Direção da Encosta	Posição	Erosão
<3°	☐ Norte (N)	<i>Topo</i>	<i>Não</i>
3 a 8°	☐ Nordeste (NE)	<i>Encosta superior</i>	<i>Ligeira</i>
10 a 30°	☐ Leste (E)	<i>Meia-encosta</i>	<i>Moderada</i>
20 a 45°	☐ Sudeste (SE)	<i>Encosta inferior</i>	<i>Forte</i>
45 a 70°	☐ Sul (S)	<i>Canal</i>	<i>Mt. Forte</i>
>70°	☐ Sudoeste (SW)	<i>Vertente convexa</i>	<i>Ext. Forte</i>
	☐ Oeste (W)	<i>Vertente côncava</i>	
	☐ Noroeste (NW)	<i>Vertente retilínea</i>	

Modelado (acumulação/Dissecação/Aplainamento/Dissolução):

RELEVO

Rochosidade (>1000cm e afloramentos)	Pedregosidade (2-1000cm)
0%	0%
1 a 15%	1 a 15%
15 a 50%	15 a 50%
>50%	>50%

Litotipo:

SOLO

Classificação (solo ou tipo de terreno):			
Uso da Terra:			
Profundidade	Textura	Cor	Observações
	☐ Arenosa		
	☐ Média		
	☐ Siltosa		
	☐ Argilosa		
Perturbações (1 a 3):			
☐ Erosão ☐ Fogo ☐ Desmatamento ☐ Salinização ☐ Estiagem ☐ Agricultura ☐ Sobrepastoreio ☐ Barramento/Açudagem			

Classificação: quando o solo possui mais de 90% de sua massa com diâmetro maior que 2mm, é classificado como tipo de terreno (IBGE, 2007). **Uso da Terra:** observar classes do anexo. **Profundidade:** inicial e final (por horizonte). **Textura:** serrapilheira, orgânica/húmus, não forma bola: arenosa, siltosa; não forma faixa: areia franca, faixa <2,5cm: francoarenosa (muito áspera), francossiltosa (muito sedosa), franca; faixa 2,5 a 5cm: franco-argiloarenosa (muito áspera), franco-argilosiltosa (muito sedosa), franco-argilosa; faixa >5cm: Argilo-arenosa (muito áspera), Argilosiltosa (muito sedosa), Argilosa. **Observações:** incluir presença e percentual (<5%, 5-25%, 25-50%, 50-75%, >75%) de raízes e pedregosidade subsuperficial. Incluir também a Umidade: seco, úmido, saturado e se há presença de saprólito.

GEOMORFOLOGIA

Ação Biológica / Antrópica	Morfogênese Atual	Efeito dos Processos	Tipo de Modelado
☐ Atividades de formigas / térmitas ☐ Raízes causando modificações no solo ☐ Pisoteio de animais ☐ Mineração ☐ Terraplanagem ☐ Urbanização ☐ Retirada de material de empréstimo	☐ Mecânica - Desgaste físico do relevo ☐ Química - Alteração por reações químicas ☐ Mecânica e Química	☐ Acúmulo de areia ☐ Acúmulo de argila ☐ Acúmulo de silte ☐ Concentração de seixos ☐ Pavimentação detritica ☐ Truncamento da parte superior do solo ☐ Deslocamento de arbustos ou árvores	☐ Acumulação ☐ Aplainamento ☐ Dissecação ☐ Dissolução

VEGETAÇÃO

Forma de Vida		Tem?	% Densidade Dossel			Observações/florística
			<20%	20% a 40%	>40%	
			% Densidade Dossel			
>60% = Cobertura Fechada			20% a 60% = Cobertura Aberta			<20% Cobertura Esparsa
Árvores (Arbórea)						
Arbustos (Arbustiva)						
Palmeiras						
Cipós						
Canas/bambus						
Ervas	Terrestre, ereta					
	Terrestre, reptante					
	Aquática					
	Trepadeira					
Cactos	Colunar					
	Palma					
	Outro					
Bromélias	No solo/rocha					
	Trepadeira					
Pteridófitos						
Musgos/Briófitas						
Líquens						
Fungos						

Formação: indique a *Densidade do Dossel* e em seguida inclua apenas formas cobrindo área >20% da parcela. Inicie pelas formas com maior cobertura.

Tronco c/casca: Lisa () Escamosa () Esfoliante () Estriada () Fissurada () Gretada () Suberosa () Verrucosa () Obs: _____	Folhas: Membranáceas () Cartáceas () Coriáceas () Crassas () Cor: _____	Frequência: Rara () Comum () Abundante ()
Esfoliante casca que se desprende em lâminas finas ou tiras; Estriada com linhas ou sulcos longitudinais (verticais). Fissurada com fendas ou rachaduras profundas e irregulares. Gretada com pequenas rachaduras superficiais, semelhantes a gretas. Suberosa com casca espessa e esponjosa, rica em súber (como o sobreiro). Verrucosa com pequenas saliências ou verrugas na superfície; Membranáceas finas e delicadas, como uma membrana; Cartáceas com textura de papel, firme, mas não dura; Coriáceas espessas e resistentes, semelhantes a couro; Crassas muito espessas e suculentas, com armazenamento de água.		
OBSERVAÇÕES:		

Anexo 3: Caderneta de Campo



CADERNETA DE CAMPO

Descrição de Paisagens

Identificação do Projeto: _____
 Objetivo do projeto: _____
 Responsável: _____
 Instituição: _____
 Início: ____/____/____ Término: ____/____/____

Apresentação

Esta caderneta de campo foi criada para registrar, de forma prática e organizada, observações sobre paisagens, relevo, solo, vegetação e ocorrência de líquens. Inclui espaços para anotações, croquis e anexos, além de orientações básicas, listas de equipamentos e recomendações de segurança. Destina-se a um único projeto, garantindo que as informações coletadas sejam claras, padronizadas e úteis para análises posteriores.

Orientações Gerais

Cada caderneta deve ser usada para um único projeto, identificada com nome, data e dados do responsável. É importante manter um sumário nas primeiras páginas e anexar materiais de apoio como mapas, fotos e diagramas. Antes do trabalho de campo, verifique os equipamentos, leia as orientações de segurança e organize as informações que facilitarão as atividades e registros.

Sumário dos Procedimentos de Descrição de Paisagens

1. Selecione uma área com características uniformes em termos de rochosidade e pedregosidade. Delimite uma parcela de 40m e subparcelas de 10mx10m, medindo a esquerda 2,5m e a direita 2,5m;
2. Anote as coordenadas geográficas, altitude, número da descrição, data, localização, número de coleta e coletor;
3. Registre a pedregosidade e rochosidade;
4. Registre a declividade e posição do relevo bem como a presença de erosão;
5. Registre as formas de vida presentes e a cobertura vegetal total e para cada forma de vida. Se possível, anote o nome das espécies mais representativas. Nomeie a formação vegetal;
6. Cave 1m e registre características gerais da cor, textura, estrutura e profundidade do solo. Anote também a profundidade de diferentes horizontes/camadas e suas respectivas cores, texturas e estruturas. Nomeie a classe de solo;
7. Como questões norteadoras, foram pensadas as seguintes: Existe relação entre o tipo de relevo e a intensidade/frequência dos incêndios no PARNASI? Há variação significativa na abundância e diversidade de líquens entre áreas com alta e baixa frequência de incêndios? Existe correlação entre a intensidade dos incêndios e a concentração de poluentes encontrados nos líquens? Como o histórico de incêndios influencia a resiliência da paisagem do PARNASI diante de eventos extremos?
8. Foram elaborados mapas a partir do Banco de Informações Ambientais – BdiA, contendo a Geologia, Geomorfologia, Vegetação e Pedologia da área que compõe o PARNASI.



Anexo 1 – Lista de Equipamentos

- Calça comprida;
- Camisa de manga comprida;
- Carta de Cores de Solos;
- Chapéu com proteção para o pescoço;
- Faca/Canivete;
- Facão para mato;
- Isolante térmico;
- Óculos de sol;
- Pá;
- Saco de papel para coleta de líquens
- Papel higiênico;
- Protetor solar (fator 30);
- Receptor GPS;
- Sacos plásticos;
- Sapato fechado;
- Trena.

Anexo 2 – Procedimentos de Segurança

- Lembre-se dos seus colegas, a segurança deles depende da sua postura em campo;
- Verifique os sapatos antes de calçar;
- Não deixe bolsas, nem sapatos no chão;
- Não utilize roupas escuras (azuis ou pretas);
- Não utilize perfume ou algum produto que possua cheiro forte;
- Não faça uso de bebidas alcoólicas nem entorpecentes;
- Evite barulho;
- Observe com cuidado aonde vai pisar, sentar, encostar-se e colocar a mão;
- Não introduza a mão em frestas ou buracos no chão;
- Em caso de encontro com animais peçonhentos, afaste-se lentamente

Anexo 3 – Preparação para o trabalho de campo

- Defina uma estratégia de coleta e mapeamento;
- Obtenha um mapa com topografia, estradas e acessos;
- Avalie os riscos envolvidos e prepare-se para eles;
- Obtenha permissão de acesso ao local;
- Faça um check-list dos equipamentos;
- Certifique-se de que possui comida e água suficiente.

Anexo 4 – Procedimentos de Descrição

Os procedimentos que são apresentados a seguir permitem registrar aspectos do relevo, do substrato e da vegetação de um ponto de observação específico. O ideal é que você adicione à descrição fotografias e croquis. Você pode anotar na caderneta a numeração das fotografias para adicionar ao seu relatório posteriormente.

1. Delimite uma parcela de 40m com subparcela de 10mx10m. Cada descrição deve ser realizada em condições uniformes de superfície. Evite delimitar a parcela em áreas que apresentem nítida *mudança* de rochosidade, pedregosidade, declividade, litotipo, cor do solo.

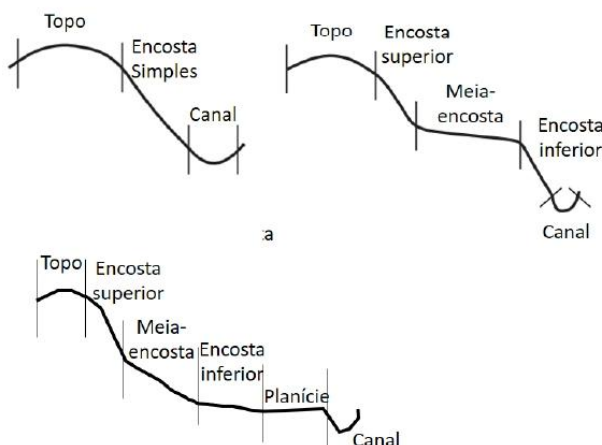


Delimitar parcela numa destas áreas vai criar confusão no momento da interpretação das unidades.. Use uma **trena** para delimitar a parcela com precisão. Você pode usar uma trena laser, escolher um ponto central e determinar as bordas da parcela a partir deste ponto.

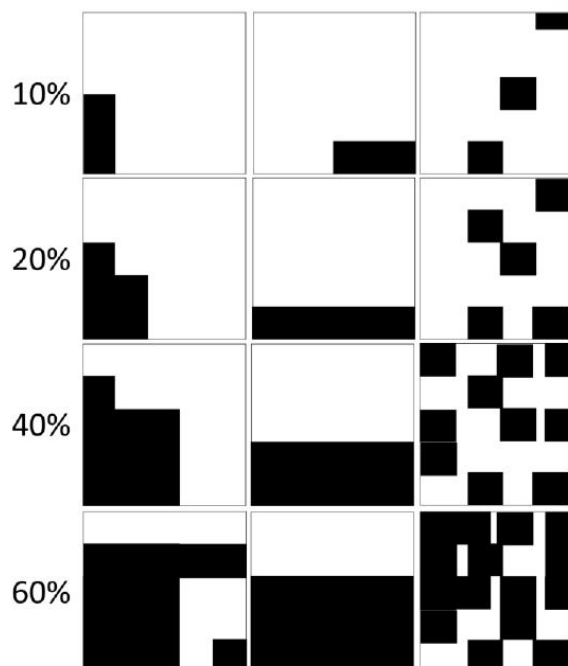
2. *Anote as coordenadas geográficas, altitude, número da descrição, nº da coleta, coletor e data.* Inicie registrando a localização (coordenadas geográficas e informações relevantes como o nome de rios, fazendas, km da estrada e etc.) e altitude. Lembre-se de registrar o *datum* utilizado; certifique-se de que este *datum* será utilizado para todo o projeto. Para o Brasil, a norma é utilizar o SIRGAS2000. Caso você esteja utilizando um sistema de coordenadas projetado, certifique-se de que a zona UTM escolhida é aquela compatível com a região que você está mapeando.

3. *Registre informações de rochoso e pedregosidade.* A rochoso refere-se à presença de afloramentos rochosos e fragmentos de rocha com mais de 1m de diâmetro. Uma área com rochoso >25% já é considerada 'rochosa'. A pedregosidade refere-se à presença de fragmentos de rocha com diâmetro <1m. Uma área com pedregosidade >3% já é considerada pedregosa.

4. *Registre a declividade do relevo na parcela:* Plana (até 2°), Suave (2° a 10°), Moderada (10° a 30°), Forte (30° a 45°), Muito forte (45° a 70°), Escarpada (>70°). Você pode utilizar um clinômetro. Anote também a *posição na encosta* (figura abaixo) e a presença de *erosão*, que pode ser: não aparente; Ligeira (com poucos sulcos ocasionais e com menos de 10cm); Moderada (com sulcos destacados e medindo entre 10cm e 50cm); Forte (ravinamentos ocasionais com profundidade >50cm e sulcos frequentes com mais de 10cm); Muito forte (ravinamentos frequentes, comprometendo o trânsito de máquinas agrícolas); Extremamente forte (área bastante erodida, com muitos e profundos ravinamentos e solo praticamente ausente).



5. Registre o recobrimento do solo pela vegetação: Esparso (0 a 20%), Aberto (20 a 60%) ou Fechado (>60%). Utilize como referência os quadrantes a seguir.



6. Registre as formas de vida que ocorrem na parcela: Árvore; Palmeira, Arbusto, Liana (Cipó), Erva terrestre, Erva aquática, Erva trepadeira, Cacto, Bromélia, Musgos e Briófitas, Pteridófitas, Líquens, Fungos.

Árvores são reconhecidas por possuírem um caule principal lignificado (com lenho, madeira).

Arbustos também possuem madeira, mas não possuem um caule principal, possuindo vários caules que ramificam a partir da base da planta.

Herbáceas (Ervas) são plantas que não possuem madeira. Conhecidas popularmente como capim ou grama. Ervas ainda podem ser subdivididas em: Ervas terrestres, ervas aquáticas, ervas trepadeiras, ervas parasitas, ervas reptantes (que não possuem uma haste principal, ramificando-se sobre o solo) e ervas terrestres urticantes.

Subarbusto Planta perene que apresenta caule lenhoso apenas na base, geralmente até 30 cm acima do solo, com a parte aérea restante herbácea. Comum em ambientes de vegetação aberta, como campos e cerrados.

Decumbente Planta que cresce horizontalmente sobre o solo, com a extremidade terminal ereta ou ascendendo. Exemplo: plantas rasteiras que se apoiam no solo com as extremidades levantadas.

Escandente Planta que apresenta crescimento vertical, utilizando suportes como outras plantas ou estruturas para se elevar em direção à luz. Comum em ambientes florestais densos.

Cespitosa Planta que cresce em touceiras ou aglomerados densos, formando pequenos montes ou tufo. Exemplo: gramíneas que se desenvolvem em grupos compactos.



Escaposa Planta que possui caule ereto, geralmente sem ramificações, com folhas basais e flores em inflorescências terminais. Comum em ambientes de vegetação herbácea.

Prostrada Planta que cresce horizontalmente sobre o solo, sem se elevar significativamente. Exemplo: plantas rasteiras que cobrem o solo.

Trepadeira volúvel Planta que utiliza caules finos e flexíveis para se enrolar em suportes, permitindo seu crescimento vertical. Exemplo: plantas que se enrolam em torno de estruturas para se apoiar.

Trepadeira c/gavinhas Planta que possui estruturas especializadas, chamadas gavinhas, que se enrolam em torno de suportes para auxiliar no crescimento vertical. Exemplo: plantas que utilizam gavinhas para se fixar em suportes.

Arvoreta Planta lenhosa de porte intermediário entre arbusto e árvore, geralmente com altura entre 2 e 5 metros. Comum em ambientes de vegetação secundária.

Líquens são associações entre uma alga e um fungo, geralmente assumindo três aspectos: *crostoso* (que pode ou não apresentar aspecto escamoso), *folhoso* (com estrutura laminar que lembra folhas) ou *fruticoso* (ramificado, cilíndrico ou achatado). Ainda há o líquen dimórfico, que pode apresentar duas formas.

7. Registre a cobertura vegetal para cada forma de vida identificada. Utilize os quadrantes apresentados anteriormente, desta vez, para cada forma de vida, em vez da cobertura vegetal como um todo. Note que você poderá encontrar variedade em cada forma de vida, por exemplo, árvores de diferentes espécies. Desconsidere isto neste momento e considere o conjunto das espécies que pertencem a uma mesma categoria de forma de vida.

8. Anote o nome das espécies de plantas mais representativas de cada forma de vida. Para isto, considere apenas as formas de vida com cobertura >20%. Caso você não conheça o nome da espécie, pode fotografá-la, coletá-la com uma prensa botânica ou mesmo colar partes da planta (folhas, flores e frutos) com fita adesiva nesta cademeta, adicionando uma referência, ex.: “desconhecida 1, coletada na parcela 1”.

9. Nomeie a formação vegetal considerando a cobertura da terra e as formas de vida cobrindo mais de 20%. Inicie pelas formas de vida com maior cobertura. Se possível, inclua o no das espécies mais comuns. Caso nenhuma forma possua cobertura >20%, descreva todas as formas de vida que ocorrem na parcela. Ex.1: formação arbórea aberta com angico-de-carçoço. Ex.2: formação esparsa com urtigas, malva e pavonia.

10. Tente cavar 1m. Caso o solo se apresente raso ou muito duro, é preciso especificar o motivo pelo qual você não conseguiu atingir a profundidade de 1m, se foi em função do contato rochoso ou se foi o caráter duro, compacto, do solo. Registre a profundidade: *raso* (<50cm), *pouco profundo* (50cm a 1m) ou *profundo* (>1m). Determine também a cor do solo, que pode ser *homogênea* (quando há uma cor dominante), *variada* (quando não é possível distinguir uma coloração predominante) ou *mosqueada* (quando há uma cor de fundo dominante, mas outras cores estão presentes em mais de 20% do perfil). No caso do mosqueamento, é preciso anotar a cor de fundo e a cor do mosqueado. Registre também a textura do perfil, que pode ser: *Argilosa*: solo forma alinhamento >5cm; *Média*: solo forma alinhamento <5cm; *Siltosa*: solo sedoso, não forma alinhamento; *Arenosa*: solo áspero, não forma alinhamento. Por fim, registre a estrutura, que diz respeito ao grau de agregação dos grãos, a saber: *Grãos Simples* (grãos isolados); *Granular* (pequenos agregados de grãos); *Colunar* (agregados compridos, formando colunas); *Blocos* (agregados poligonais, semicirculares); *Laminar* (agregados formando lamina delgadas) ou; *Maciça* (solo formando uma massa, sem distinção clara da estrutura).



A *cor do perfil* pode ser determinada em três passos: verifique qual **Matiz** é mais adequado a ele. Em seguida tente verificar qual **Valor** e **Croma** são mais parecidos com aquele da amostra em sua mão. A partir disso, determine a cor. As cartas de cores de solos apresentadas a seguir foram traduzidas, com autorização do Dr. Pierre Madl da Universidade de Salzburg, o original está disponível em <http://biophysics.sbg.ac.at/protocol/soilchart.pdf>.

