

**GRAZIELA DA SILVA BARBOSA**

**TRILHAS EM ÁREA FLORESTAL PROTEGIDA: IMPACTOS NA  
BIODIVERSIDADE E INTEGRAÇÃO AO PLANO DE MANEJO**

**RECIFE  
Pernambuco - Brasil  
Dezembro – 2021**

**GRAZIELA DA SILVA BARBOSA**

**TRILHAS EM ÁREA FLORESTAL PROTEGIDA: IMPACTOS NA  
BIODIVERSIDADE E INTEGRAÇÃO AO PLANO DE MANEJO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientador (a):**

PROF<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> ANA CAROLINA BORGES LINS E SILVA

**RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Dezembro – 2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B238t

Barbosa, Graziela da Silva

Trilhas em área florestal protegida: impactos na biodiversidade e integração ao plano de manejo /  
Graziela da Silva Barbosa. - 2021.  
99 f. : il.

Orientadora: Ana Carolina Borges Lins e Silva.  
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Florestais, Recife, 2022.

1. Unidade de conservação. 2. Recreação. 3. Serviços ecossistêmicos. 4. Gestão de parques. 5.  
Mapeamento. I. Silva, Ana Carolina Borges Lins e, orient. II. Título

CDD 634.9

---

**GRAZIELA DA SILVA BARBOSA**

**TRILHAS EM ÁREA FLORESTAL PROTEGIDA: IMPACTOS NA  
BIODIVERSIDADE E INTEGRAÇÃO AO PLANO DE MANEJO**

APROVADA EM: 02/12/2021

Banca examinadora:

---

Dr. Everaldo Marques de Lima Neto  
(UFRPE/ PPGCF)  
Membro Titular

---

Dra. Tassiane Novacosque Feitosa Guerra  
(Analista em Gestão Ambiental na CPRH)  
Membro Titular

---

Dra. Maria da Penha Moreira Gonçalves  
(UFRPE/ PPGCF)  
Membro Suplente

Orientadora:

---

Dra. Ana Carolina Borges Lins e Silva  
(UFRPE/ DB/ PPGCF)

**RECIFE**  
**Pernambuco – Brasil**  
**Dezembro – 2021**

À minha família  
Em especial, à minha mãe, Jane, e sobrinha, Gleiciele,  
À ciência ecológica  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me conceder a graça de mais uma conquista.

Agradeço à minha família, em especial à minha querida mãe, Jane, por todo apoio diante das minhas escolhas e na decisão de retomar aos estudos.

Agradeço à minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dra. Ana Carolina Borges Lins e Silva (nossa querida Carol), pela parceria, paciência, apoio e profissionalismo.

Agradeço à Prof<sup>a</sup> Dra. Maria da Penha Moreira Gonçalves, por todo apoio e incentivo.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais – PPGCF e aos docentes, pela oportunidade de cursar o mestrado e pelos conhecimentos desenvolvidos.

À Pró-Reitoria de Pós-graduação da UFRPE, pela concessão do Auxílio Emergencial de Inclusão Digital, que favoreceu o desenvolvimento da pesquisa durante o período de pandemia.

Agradeço aos colegas da Pós-Graduação em Ciências Florestais (Mestrado e Doutorado) e à turma 2019.1, em especial, a Tamires Leal, a Raynara Silva, Moema Souza e Grazielle Nunes, pelo apoio financeiro, palavras de incentivo e parceria.

Agradeço à servidora Juliana Ferreira (Assistente em Administração/ PPGCF), pelo profissionalismo no serviço público.

Agradeço ao Parque Estadual de Dois Irmãos - PEDI, em especial, a Marina Falcão, pelo suporte quanto às informações pertinentes ao Parque.

À Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, pelo apoio financeiro ao Projeto Irmãos do Parque, do qual esta pesquisa participa.

Agradeço ao Laboratório de Ecologia Vegetal – LEVE, em especial, a Nathan Fonsêca, pelo acolhimento e suporte no desenvolvimento de nosso estudo.

Ao nosso grupo “Trilhas do PEDI” – Jéssica Cunha, Jhonathan Santos e Isabela Belém, pela parceria e contribuições fundamentais ao nosso estudo.

Ao Professor Dr. Everaldo Neto e à Dra. Tassiane Guerra, por comporem a banca examinadora e fornecerem inúmeras contribuições.

Gratidão a todos que contribuíram com este estudo!

BARBOSA, GRAZIELA DA SILVA. Trilhas em área florestal protegida: impactos na biodiversidade e integração ao plano de manejo. 2021. Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Ana Carolina Borges Lins e Silva.

## RESUMO

As áreas protegidas compreendem espaços naturais que possibilitam a manutenção dos recursos naturais, a conservação dos ecossistemas e, também, o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de ecoturismo. Nesses últimos, incluem-se as trilhas que, embora tenham impactos negativos nos ecossistemas, garantem a experiência dos visitantes na natureza e geram impactos positivos nas pessoas, com reflexo na saúde, atitudes e comportamento. Por isso, é preciso analisar as atividades recreativas em trilhas para guiar o planejamento, gestão e implementação da visitação em Unidades de Conservação. Este estudo objetiva responder os seguintes questionamentos: quais os impactos negativos sobre a biodiversidade resultantes da existência de trilhas em uma área protegida de Mata Atlântica? Qual a compatibilidade das trilhas existentes com o zoneamento e usos determinados no Plano de Manejo da área? O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), localizado na cidade do Recife, PE. Com o intuito de responder ao primeiro e segundo questionamentos, foram obtidas informações georreferenciadas das trilhas, suas larguras e biomassa perdida e do zoneamento disposto no Plano de Manejo vigente do PEDI, e realizada classificação das trilhas com auxílio da gestão do Parque. São apresentados os resultados para os dois questionamentos no primeiro e segundo capítulos, respectivamente. Além do mapeamento e caracterização das trilhas, foi obtido o mapa das trilhas ocultas por meio da tecnologia LiDAR. Foram mapeados 28.547,04 m de trilhas, com densidade de 24,65 m por hectare do parque. Os estágios sucessionais, declive e distância da borda influenciam negativa e significativamente a largura das trilhas. A maioria das possíveis trilhas está concentrada no Setor de Regularização Fundiária. Embora compatíveis com o Plano de manejo, de modo geral, há muitas trilhas informais impulsionando a perda de biomassa na UC e não harmonizável com o instrumento de gestão. Há trilha com potencial para incluir Pessoa com deficiência (PcD) ou com mobilidade reduzida. Os resultados obtidos quanto ao impacto da largura e da biomassa perdida em UCs e a incompatibilidade de algumas trilhas com o zoneamento, além dos usos pela população, contribuem com a ciência ecológica e o desenvolvimento científico. Além disso, contribuem com a gestão de áreas protegidas e conservação dos ecossistemas florestais. Possibilitam, ainda, ampliar a conscientização ambiental quanto à importância da conservação das UCs, diante dos benefícios que promovem para a biodiversidade e o público visitante.

Palavras-chave: Unidade de conservação; Recreação; Serviços ecossistêmicos.

BARBOSA, GRAZIELA DA SILVA. Trails in a protected forest area: impacts on biodiversity and interaction with the Management Plan. 2021. Advisor: Prof. Dr. Ana Carolina Borges Lins e Silva.

### **ABSTRACT**

Protected areas comprise natural spaces that allow the maintenance of natural resources, the conservation of ecosystems and also the development of environmental education and interpretation activities, recreation in contact with nature and ecotourism. The latter include trails that, despite having negative impacts on ecosystems, guarantee the visitors' experience in nature and generate positive impacts on people, with an impact on health, attitudes and behavior. Therefore, it is necessary to analyze recreational activities on trails to guide the planning, management and implementation of visitation in Conservation Units. This study aims to answer the following questions: what are the negative impacts on biodiversity resulting from the existence of trails in a protected area of Atlantic Forest? What is the compatibility of the existing trails with the zoning and uses determined in the Management Plan for the area? The study was developed in the Dois Irmãos State Park (PEDI), located in the city of Recife, PE. In order to answer the first and second questions, georeferenced information was obtained from the trails, their widths and lost biomass, and from the zoning established in the current PEDI Management Plan, and the trails were classified with the help of the Park management. The results for the two questions are presented in the first and second chapters, respectively. In addition to the mapping and characterization of the trails, the map of the hidden trails was obtained using LiDAR technology. 28,547.04 m of trails were mapped, with a density of 24.65 m per hectare of the park. The successional stages, slope and distance from the edge negatively and significantly influence the width of the trails. Most of the possible trails are concentrated in the Land Regularization Sector. Although compatible with the Management Plan, in general, there are many informal trails driving the loss of biomass in the UC and not compatible with the management instrument. There is a trail with the potential to include People with Disabilities (PwD) or people with reduced mobility. The results obtained regarding the impact of the width and biomass lost in UCs and the incompatibility of some trails with the zoning, in addition to the uses by the population, contribute to ecological science and scientific development. In addition, they contribute to the management of protected areas and conservation of forest ecosystems. They also make it possible to increase environmental awareness regarding the importance of conservation of UCs in view of the benefits they promote for biodiversity and the visiting public.

Keywords: Conservation unit; Recreation; Ecosystem services.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. Áreas protegidas e benefícios para as pessoas.....	15
2.2. Ecologia da recreação: impactos em Unidades de Conservação (UCs).....	17
2.3. Unidades de Conservação como oportunidade de interação com a natureza.....	19
2.4. Trilhas: conceito e sistemas de classificação.....	21
REFERÊNCIAS .....	27
CAPÍTULO I.....	31
IMPACTO NEGATIVO DE TRILHAS FORMAIS E INFORMAIS SOBRE UMA CRONOSSEQUÊNCIA DE MATA ATLÂNTICA EM ÁREA PROTEGIDA .....	31
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	34
2.1. Área de estudo.....	35
2.2. Coleta de dados.....	38
2.3. Análise dos dados.....	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
3.1. Caracterização geral das trilhas.....	43
3.2. Largura das trilhas de acordo com usos e estágio sucessional florestal.....	46
3.3. Biomassa perdida em trilhas.....	49
3.4. Trilhas em relação à declividade e distância às bordas.....	52
3.5. Largura e biomassa perdidas em trilhas são explicadas pela declividade, distância às bordas e estágio sucessional?.....	53
4. CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS .....	60
CAPÍTULO II.....	66
TRILHAS EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE MATA ATLÂNTICA: INTERAÇÃO COM O PLANO DE MANEJO .....	66
1. INTRODUÇÃO.....	68
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	70
2.1. Área de estudo.....	70
2.2. Coleta de dados.....	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	74
3.1. Classificação das trilhas.....	74
3.2. Relação entre a existência, função das trilhas e o zoneamento do PEDI.....	82

3.2.1.	<b>Setor de Regularização Fundiária - SF</b> .....	84
3.2.2.	<b>Zona de Atenção Especial – ZAE</b> .....	85
3.2.3.	<b>Zona de Ambiente Natural – ZAN</b> .....	86
3.2.4.	<b>Zona de Uso Antrópico - ZUA</b> .....	87
3.3.	Trilhas e uso público.....	88
3.4.	Trilhas ocultas.....	90
4.	CONCLUSÕES.....	93
5.	CONCLUSÕES GERAIS .....	94
	REFERÊNCIAS .....	95
6.	APÊNDICE .....	98

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1 - IMPACTO NEGATIVO DE TRILHAS FORMAIS E INFORMAIS AO LONGO DE UMA CRONOSSEQUÊNCIA EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE MATA ATLÂNTICA

Figura	Página
1 Localização da área de estudo, Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Pernambuco-Brasil. ....	37
2 Distribuição das trilhas e pontos amostrais no Parque Estadual de Dois Irmãos - PEDI, Recife, Pernambuco, Brasil. (A) Mapeamento das trilhas por classificação; (B) Mapeamento das trilhas por idade sucessional; (C) Mapeamento das trilhas por declividade; e (D) Mapeamento das trilhas por distância da borda. Mapas criados no QGis Versão 3.16.....	41
3 Diferença entre as médias da largura e desvio padrão por tipo de uso e estágio sucessional das trilhas. Significados das siglas: EA - Educação Ambiental; FISC - Fiscalização; INF - Informais; FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura .....	46
4 Outros usos identificados nas trilhas de Fiscalização: pratica de motocross (A), acesso a campo de futebol (B) e descarte de resíduos sólidos (C).....	47
5 Diferença entre as médias da biomassa perdida e desvio padrão, por tipo de uso (A) e estágio sucessional (B). Significados das siglas: EA - Educação Ambiental; FISC - Fiscalização; INF - Informais; FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura.....	50

### Capítulo 2 - TRILHAS EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE MATA ATLÂNTICA: INTERAÇÃO COM O PLANO DE MANEJO

1 Localização da área de estudo, Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Pernambuco-Brasil.....	70
2 Representação do método de cálculo do modelo de Densidade Relativa (RDM).....	72
3 Mapeamento das trilhas e zoneamento do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife/PE.....	76

4 Mapeamento das trilhas potenciais e zoneamento do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	83
5 Percentual de trilhas quanto à formalidade e distância no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	85
6 Percentual de trilhas classificadas quanto à formalidade em relação à severidade e orientação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	87
7 Percentual de trilhas classificadas quanto à formalidade em relação ao esforço, exposição ao risco e insolação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	88
8 Classificação dos percursos de trilhas por distância e acessibilidade do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	89
9 Classificação dos percursos de trilhas por severidade e orientação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	90
10 Classificação dos percursos de trilhas quanto ao esforço, exposição e insolação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	91
11 Localização dos múltiplos usos do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	92

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1 - IMPACTO NEGATIVO DE TRILHAS FORMAIS E INFORMAIS AO LONGO DE UMA CRONOSSEQUÊNCIA EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE MATA ATLÂNTICA

Tabela	Página
1 Informações métricas e médias das trilhas quanto ao uso e estágio sucessional. Significados das siglas: EA - Educação Ambiental; FISC - Fiscalização; INF - Informais; FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; FM - Floresta Madura; e DP - desvio padrão. Os valores em negrito indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).....	45
2 Resultados do modelo linear generalizado (GLM) para a variável dependente largura. Significados das variáveis: FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura.....	53
3 Resultados do modelo linear generalizado (GLM) para a variável biomassa perdida. Significados das variáveis: FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura.....	54
4 Resultados para o teste de Moran's I para os resíduos dos Modelos GLM para largura da trilha e biomassa perdida.....	55

### Capítulo 2 - TRILHAS EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE MATA ATLÂNTICA: INTERAÇÃO COM O PLANO DE MANEJO

1 Largura (L), comprimento (C), área (A) e biomassa acima do solo (BAS) perdida, em megagramas (Mg), em trilhas, por classe de uso e por zona, de acordo com o zoneamento do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE.....	77
2 Largura e comprimento das trilhas com acessibilidade do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife/PE.....	86

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As áreas protegidas ou Unidades de Conservação (UCs) compreendem espaços naturais que possibilitam a manutenção dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade. Em algumas dessas áreas, é permitida a visitação, proporcionando ao visitante o contato com a natureza por meio de atividades educativas e recreativas. Entre tais atividades, a caminhada em trilhas é de interesse de grupos de estudantes, turistas e da sociedade de modo geral. Visando alcançar a conservação da natureza, as áreas protegidas constituem espaços geográficos definidos que precisam ser gerenciados (DUDLEY, 2008), já que a existência das trilhas e as atividades nelas realizadas geram impactos variados.

Entre os possíveis impactos negativos relacionados às trilhas em UCs, têm-se a abertura de trilhas secundárias provenientes do desvio de obstáculos, a presença de lixo abandonado por consumo de alimentos durante a realização da trilha, pichação nas árvores e perda de solo, pisoteio da vegetação, alteração na qualidade da água e vida da fauna, quebra de galhos e plantas arrancadas (BURGARDT; MOREIRA, 2018; MARION et al., 2016; MELATTI; ARCHELA, 2014). Por exemplo, em estudo realizado na trilha dos Escravos, localizada em uma área de Mata Atlântica, foi constatado que o pisoteio em atividades recreativas com trilhas compromete os atributos do solo, atuando na redução da porosidade, elevação da densidade e, conseqüentemente, no aumento da resistência à penetração, de modo a prejudicar o desenvolvimento radicular e levar à perda da cobertura vegetal (SARAIVA, 2011). Como consequência da abertura de novos segmentos e supressão da vegetação, há perda de biomassa florestal. A biomassa florestal representa a porção do material vegetal (folhas, ramos, frutos, troncos e raízes) existente num ambiente (PIRES et al., 2018).

Por outro lado, a atividade recreativa causa impactos positivos nos visitantes, que melhoram a sua percepção da natureza e suas atitudes e comportamento em relação ao ambiente natural, o que justifica a manutenção das trilhas nas áreas protegidas. Assim, as áreas protegidas com abertura para visitação possibilitam uma oportunidade de aproximação entre o ser humano e a natureza. As consequências da interação seres humanos-natureza estão relacionadas em quatro tipos (SOGA; GASTON, 2016): (i) saúde e bem-estar -

considerada de ação imediata, a interação diminui a incidência de diabetes, doenças circulatórias, aumenta a longevidade em idosos e desenvolvimento cognitivo e motor em crianças e jovens; (ii) emoções - está associada à saúde psicológica, à afinidade, interesse e amor pela natureza; (iii) atitudes – faz despertar para a ética ambiental e comportamento em defesa da natureza; e (iv) comportamento em relação à natureza - influência em comportamentos pró-ambientais, proteção da natureza e consumo consciente.

Desse modo, além de representar ferramenta importante para a prática da educação e conscientização ambiental, a atividade de recreação em trilhas possibilita resgatar a interação do homem com a natureza. Segundo Chawla (2020), ao analisar modelos de comportamento pró-ambiental, identificou-se que o contato com a natureza e os conhecimentos relacionados favorecem as práticas de proteção ambiental.

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), as UCs devem dispor de documento técnico denominado, pela Lei 9.985 (BRASIL, 2000), de Plano de Manejo. Este plano consiste num documento contendo o zoneamento – zonas de manejo, as normas de uso e a implantação de estruturas físicas, por exemplo, fundamentado nos objetivos da unidade de conservação. No Estado de Pernambuco, o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), pela Lei estadual de nº 13.787 (PERNAMBUCO, 2009), instituiu a categoria de Parque Estadual como uma Unidade de Conservação de Proteção Integral com o objetivo da preservação e o uso indireto, sem apropriação dos recursos naturais, com a possibilidade do desenvolvimento de atividades de educação ambiental, além da prática do turismo sustentável.

Diante disso, o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) representa o ambiente propício para a realização de um estudo que investigue o impacto de trilhas, já que seus atrativos para visitação estão relacionados à conservação da natureza e à prática da Educação Ambiental e recreação. O PEDI oferece aos visitantes a oportunidade de realizar atividades recreativas e trilhas ecológicas existentes no Parque, que representam um serviço ecossistêmico cultural, segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005), já que possibilitam a atividade de recreação e proporcionam um ambiente de conscientização. No entanto, as trilhas também levam a impactos negativos, de vários tipos,

apresentados na literatura. Nesse sentido, este estudo surgiu como uma alternativa de contribuir com a gestão do PEDI, diante da demanda de contextualizar as trilhas distribuídas no Parque com seus impactos. Além disso, o estudo também visou gerar dados pertinentes à atualização do Plano de Manejo da UC.

A proposta do presente estudo é determinar os impactos negativos das trilhas em uma área protegida de Mata Atlântica, quanto à estrutura da floresta, utilizando a largura e a biomassa perdida como variáveis de resposta. Assim, busca-se compatibilizar a atividade em trilhas e a conservação florestal em suporte à gestão de Unidades de Conservação, com orientação nos seguintes questionamentos:

- I. Quais os impactos negativos resultantes da existência de trilhas em uma área protegida de Mata Atlântica?
- II. Qual a interação das trilhas existentes com o zoneamento e programas determinados no Plano de Manejo da área?

Para responder às perguntas, o estudo está baseado nas seguintes previsões:

- (i) As trilhas geram impactos negativos no ecossistema florestal.
- (ii) A existência das trilhas não condiz com os usos planejados para os espaços definidos no zoneamento do Plano de Manejo do PEDI.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Áreas protegidas e benefícios para as pessoas

As áreas protegidas (*Protected areas* – PAs – na sigla em inglês) representam territórios com possibilidade de potencializar e proteger a biodiversidade, a conservação dos ecossistemas e os serviços ecossistêmicos. Tais espaços geográficos estão inseridos entre as intervenções citadas nos cenários propostos para a reversão da perda de biodiversidade terrestre (SINGH; GRIAUD; COLLINS, 2021; WWF, 2020; FERRARO et al., 2013).

De acordo com a União Internacional para Conservação da Natureza - UICN, as áreas protegidas estão classificadas em seis categorias: Ia. Reserva Natural Estrita, Ib. Área selvagem, II. Parque Nacional, III. Monumento Natural ou característico, IV. Área de manejo de Habitats/Espécies, V. Paisagem Protegida ou paisagem marinha e VI. Áreas Protegidas com uso sustentável de recursos naturais (MITCHELL et al., 2018). Destas, apenas a categoria I não permite a visitação relacionada ao turismo e a recreação, de modo que o acesso público é restrito ao interesse científico, devido ao objetivo principal estar relacionado à proteção da biodiversidade e à condição natural das áreas (LEUNG, et al., 2018).

No Brasil, as áreas protegidas estão representadas pelas Unidades de Conservação (UCs), as quais compreendem espaços territoriais protegidos e instituídos legalmente, com objetivos de conservar os recursos naturais. Tais unidades constituem o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), cujos objetivos visam a: (i) contribuir para a manutenção da diversidade biológica; (ii) proteger as espécies ameaçadas de extinção; (iii) promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; (iv) proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica; (v) favorecer condições e promover a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico; entre outros (BRASIL, 2000).

O Brasil possui em seu território 2.544 Unidades de Conservação, destas 43,55% são de esfera administrativa estadual, das quais apenas 23,19% possuem Plano de Manejo e 688 UCs protegem o bioma de Mata Atlântica (MMA, 2021). Em Pernambuco, há 89 Unidades de Conservação da administração Estadual, das

quais cinco representam os Parques Estaduais - Mata de Duas Lagoas, Mata do Zumbi, Mata da Pimenteira, Serra do Areal e Dois Irmãos (CPRH, 2021).

Quanto ao objetivo de promover a recreação favorecendo a visitação nas Unidades de Conservação brasileiras, em acompanhamento ao quantitativo de visitantes, desde 2012, houve um notável crescimento observado a cada ano. Em 2018, foram realizadas 12,4 milhões de visitas em UCs federais, o que representa um aumento de 6,15% em relação ao ano de 2017, com registros de 10,7 milhões de visitas (ICMBIO, 2019). O crescente fluxo de visitantes em ambientes florestais, por meio de trilhas, porém, representa um alerta quanto ao processo de degradação dos ecossistemas, diante dos possíveis impactos negativos gerados pela atividade. Deste modo, para não comprometer a conservação da biodiversidade, foram lançadas as “Diretrizes para visitação em Unidades de Conservação” com o objetivo de orientar as ações para o planejamento, a gestão e implementação da visitação em Unidades de Conservação (MMA, 2006).

As trilhas também impactam positivamente as pessoas, na forma de inúmeros benefícios. A Avaliação Ecosistêmica do Milênio apresenta os benefícios oferecidos pelos ecossistemas para a sociedade e os classifica em quatro grupos: (i) Provisão - como, por exemplo, de alimento, água e lenha; (ii) Regulação - regulação do clima, controle de enchentes e desastres naturais, purificação da água; (iii) Suporte - formação de solos, ciclagem de nutrientes, processos ecológicos, para citar alguns; e (iv) Cultural - de lazer, inspiração, educação, entre outros (MEA, 2005). As trilhas estão incluídas no grupo dos serviços ecossistêmicos ou benefícios culturais.

Várias são, também, as contribuições da natureza para as pessoas classificadas pelo Relatório Planeta Vivo 2020 (WWF, 2020), em três categorias: a) Regulação de Processos Ambientais – criação e manutenção de habitat, polinização e dispersão de sementes, entre outros. b) Recursos e Assistências – recursos medicinais, bioquímicos e genéticos, alimentos e ração, por exemplo. c) Não Material – experiências físicas e psicológicas, aprendizagem e inspiração, para citar alguns. Esses benefícios, em grande maioria, estão com tendência global de diminuição (WWF, 2020).

## 2.2. Ecologia da recreação: impactos em Unidades de Conservação (UCs)

No âmbito da visitação, o impacto negativo provocado nas áreas protegidas está relacionado a possíveis alterações biofísicas, não desejadas, porém, fomentadas pela ação dos visitantes na área. Tais impactos consistem em comprometer o processo de regeneração vegetal, a estrutura edáfica e os recursos ofertados (MARION et al., 2016). Em remanescentes protegidos por áreas de conservação, os impactos negativos provocados pelas atividades de caminhada em trilhas resultam na perda de superfície de solo, variação na largura, supressão de área florestal, além de alterações estruturais, como perda de copa, baixa densidade das árvores e elevação na proporção de mudas, em relação ao ambiente florestal natural (BALLANTYNE; PICKERING, 2015a).

Neste sentido, os impactos oriundos da visitação provocados no solo, na vegetação e no ambiente natural são estudados, entre outras abordagens, pela Ecologia da Recreação (LEUNG, 2012). Tal conhecimento constitui uma considerável ferramenta para a gestão de UCs quanto à elaboração de estratégias para minimizar os impactos associados à área e para atuar de forma efetiva na gestão de áreas protegidas. Quanto à degradação, é fundamental conhecer os impactos quanto ao tipo, gravidade, extensão, distribuição e os fatores de influência (MARION et al., 2016).

As trilhas provocam diversos impactos na vegetação e no solo, com maior frequência relacionada à mudança na composição e estrutura, em sua maioria negativa, possibilitando a redução na riqueza de espécies e na atividade microbiana do solo. Os impactos (físicos, biológicos e de infraestrutura) provenientes da visitação estão relacionados à largura das trilhas, problemas de drenagem, sinais de erosão, abertura de trilhas secundárias, além do pisoteio da vegetação fora da trilha, cuja falta de manejo favorece a evidência dos impactos gerados (BALLANTYNE; PICKERING, 2015b; BURGARDT; MOREIRA, 2018).

O alargamento das trilhas representa uma variável do impacto proveniente tanto da caminhada quanto da atividade do ciclismo (*mountain bike*). Este último pode ser potencializado em solos mais úmidos e planos, provocando a erosão do mesmo e a degradação de trilhas. Além disso, há possibilidade de a bicicleta

transportar sementes de ervas daninhas, os ciclistas, em busca de emoção, abrem trilhas informais (EVJU et al., 2021; PICKERING et al., 2010).

Além de comprometer a vegetação e o solo, em trilhas com larguras acima do permitido, ocorre também a erosão laminar - resultante da exposição das raízes e do pisoteio - que comprometem a infiltração hídrica e absorção dos sais minerais (FERREIRA; CHIG; FAVARO, 2017). As consequências da visita refletem também na fauna, com abertura de trilhas secundárias, de modo a interferir no deslocamento dos animais, pela presença dos visitantes e pelo uso de veículos motorizados com a emissão de som, que provoca perturbação aos animais silvestres (MALDONADO-ORE; CUSTODIO, 2020).

A celeridade do caminhar do visitante também representa um impacto negativo, consideravelmente, às aves, além de comprometer a experiência das pessoas com limitação ao ouvir os sons da natureza e perceber o ambiente natural. Embora mesmo que considerados pontuais, os impactos da atividade do turismo em trilhas produzem efeito negativo na fauna (LEVENHAGEN et al., 2021; BARCELOS, 2018).

Vale ressaltar que a abertura das trilhas, em grande quantidade e muito largas, possibilita a fragmentação florestal com impacto nos animais. Além da redução no número de indivíduos e na taxa de reprodução, aumento na mortalidade, comprometimento da qualidade do habitat, alteração nas rotas de caminhada e na alimentação dos animais, atropelamento, aumento do ruído e redução na quantidade de tocas dos animais (COSTA; COSTA; MELLO, 2007; ZHONG et al., 2020; LUO et al., 2019).

Ainda assim, as trilhas ecológicas representam alternativas para minimizar os impactos negativos nas UCs, proporcionar bem-estar e agregar conscientização ambiental aos visitantes. Também provocam impactos socioeconômicos, com reflexo na economia, com possibilidades de movimentar o setor do comércio, serviços e emprego, geração de renda, além da renda monetária e não monetária gerada pelo turismo e manejo da biodiversidade (MARTINS; DUTRA, 2020; MALDONADO-ORE; CUSTODIO, 2020; JOLY, et al. 2019).

### **2.3. Unidades de Conservação como oportunidade de interação com a natureza**

Trilhas em Unidades de Conservação permitem que as pessoas experimentem o contato com a natureza, o que é fundamental para a conservação da biodiversidade. A ausência deste contato leva à “extinção da experiência”, que consiste na baixa interação entre o ser humano e a natureza e representa um obstáculo frente às questões ambientais, já que as pessoas são fundamentais no processo de conservação (SOGA et al., 2016). A extinção da experiência pode representar uma barreira para projetos conservacionistas bem-sucedidos, já que a conexão com a natureza possibilita o empenho na proteção do ambiente natural (SOGA et al., 2016; CHAWLA, 2020).

No entanto, as pessoas, principalmente as crianças, vêm interagindo cada vez menos com os ambientes naturais, devido ao crescimento no setor imobiliário e à supressão da vegetação para instalações de novos empreendimentos, que levam ao distanciamento do contato com a natureza. Espaços como quintais e jardins foram substituídos por algumas poucas plantas ornamentais, *playgrounds* e/ ou novas construções (SOGA; GASTON, 2016).

Atualmente, as restrições provocadas pela pandemia da COVID-19 interferem também na relação das pessoas com o ambiente natural urbano, principalmente nos idosos. O medo de infecção com o coronavírus, em alguns casos, levou à redução dos usos/ frequência de visitas aos ambientes naturais, de 3-4 dia/semana para 2-3 dia/semana (XIE et al., 2020; LEO; TRABUCCHI, 2020).

A localização da residência também está relacionada com a extinção da experiência, já que pessoas que residem na área rural tendem a apresentar maior conexão com a natureza e maior habilidade na identificação de fauna e flora da região onde reside, além da oportunidade de interagir com a natureza, ao contrário do que ocorre com os residentes da área urbana (BASHAN; COLLÉONY; SHWARTZ, 2021), o que justifica a importância das florestas urbanas. Tal relação também pode ser observada quanto às escolhas profissionais e atitudes relacionadas à conservação, pois resultam de influência das vivências realizadas ainda na infância, diante de valores familiares de respeito, unidade e proteção ao

meio ambiente, além da prática de atividades relacionadas ao voluntariado (PINDER; FIELDING; FULLER, 2020).

No entanto, a procura das pessoas pelo contato com a natureza pode ser motivada pelo estresse dos grandes centros urbanos. Atividades como a caminhada e o arborismo, por exemplo, têm sido desenvolvidas nos ambientes naturais como atrativos para proporcionar o contato e a vivência com a natureza (REIS; QUEIROZ, 2017).

O contato com o ambiente natural, além de possibilitar benefícios físicos, proporciona benefícios psíquicos com a melhora do humor, pois causa felicidade e sentimento positivo. A conectividade entre as pessoas e a natureza favorece também o aumento da biodiversidade, com reflexo no uso sustentável e na conservação (SCHWARTZ et al., 2019; UEHARA et al., 2019).

Nesta perspectiva, a interação com a natureza está relacionada à valorização, conexão emocional e o aumento da percepção positiva sobre o ambiente natural. Assim, entre os variados benefícios do contato com a natureza no âmbito da saúde e do bem-estar, a interação com ambientes naturais é considerada o ingrediente para uma vida saudável, além de possibilitar emoções de defesa ao meio ambiente (SOGA et al., 2016; SOGA & GASTON, 2016). Visando isso, práticas de comportamento interativo com a natureza têm reflexo na tomada de decisões e melhoria do consumo.

A interação da população com o ambiente natural também pode acontecer de forma indireta, por meio da observação de espaços naturais pela janela, seja próximo à residência ou ao ambiente de trabalho, por exemplo. Esta interação está relacionada ao estilo de vida, que envolve o tipo de residência (apartamento ou casa com quintal), além da atividade profissional, pois, em escritório, a pessoa passa muito tempo no ambiente fechado. Desse modo, considera-se valiosa a elaboração de políticas que proporcionem a conexão com a natureza nos ambientes urbanos (OH et al., 2020; BASHAN, COLLÉONY; SHWARTZ, 2021), seja na criação ou manutenção das florestas urbanas.

Pesquisadores têm investigado a chamada “Ecologia Personalizada” (*Personalised Ecology*), que consiste em compreender as interações entre o homem e a natureza, além das dimensões ecológicas. A urbanização tem comprometido a conexão do indivíduo com o meio natural, reduzindo as áreas

verdes. A interação homem-natureza é particular e ocorre por meio da visão, do som, cheiro ou tato, embora os primeiros predominem (GASTON, et al., 2018). Visando melhorar a interação humana com o meio natural, atrativos podem ser utilizados para promover a recreação em ambientes florestais urbanos, como atividades ao ar livre em locais com grandes proporções de povoamentos vegetais e estruturas únicas. No entanto, o acesso a ecossistemas sensíveis só deve ser implementado se não comprometer a saúde da floresta e trazer os benefícios positivos esperados às pessoas (GERSTENBERG et al., 2020).

#### 2.4. Trilhas: conceito e sistemas de classificação

A caminhada em trilhas representa uma modalidade do ecoturismo, atividade considerada antiga tanto quanto a humanidade. Antes usada para deslocamento entre locais, a caminhada em trilha foi introduzida no segmento do turismo e lazer, onde representa uma atividade barata e saudável, que possibilita descanso psicológico e reaproximação do indivíduo com o ambiente natural (ANDRADE; ROCHA, 2008). Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 15505-2/2008), a **trilha** é uma “via estreita, usualmente não-pavimentada e intransitável para veículos de passeio”, enquanto que **percurso** compreende todo o trajeto (início e fim) relacionado a uma atividade turística. Já a Federação de Esportes de Montanha do Estado do Rio de Janeiro (FEMERJ) utiliza o termo **trilha** para representar o caminho cujo trajeto de ida e volta é o mesmo (FEMERJ, 2015). Segundo o ICMBio (2018), uma trilha compreende um trajeto intencional com atividades de manejo limitadas, de atrativo turístico, recreativo e deslocamento não motorizado.

Quanto ao sistema de classificação, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da ABNT NBR 15505-2/2008, apresenta quatro critérios para percursos:

- a) severidade do meio: refere-se aos perigos e outras dificuldades decorrentes do meio natural, como temperatura, pluviosidade, riscos de quedas, facilidade de resgate, entre outros, que podem ser encontrados ao longo do percurso;
- b) orientação no percurso: refere-se ao grau de dificuldade para orientação, como presença de sinalização, trilhas bem marcadas,

presença de pontos de referência, entre outros, para completar o percurso;

c) condições do terreno: refere-se aos aspectos encontrados no percurso em relação ao piso e às condições para percorrê-lo, como tipos de pisos, trechos com obstáculos, trechos com pedras soltas, entre outros;

d) intensidade de esforço físico: refere-se à quantidade de esforço físico requerido para cumprir o percurso, levando em conta extensão e desníveis (subidas e descidas), considerando um cliente comum (ABNT, 2008 p. 2).

Cada critério apresenta requisitos específicos associados a atividades da caminhada, além de escalas norteadoras para a classificação, cujo resumo pode ser observado no quadro 01.

Quadro 01 – Classificação das trilhas pela ABNT

Critério de percurso	Classificação
 Severidade do meio	1 Pouco severo 2 Moderadamente severo 3 Severo 4 Bastante severo 5 Muito severo
 Orientação no percurso	1 Caminhos e cruzamentos bem definidos 2 Caminho ou sinalização que indica a continuidade 3 Exige a identificação de acidentes geográficos e de pontos cardiais 4 Exige habilidades de navegação fora do traçado 5 Exige navegação para utilizar trajetos alternativos e não conhecidos previamente
 Condições do terreno	1 Percurso em superfícies planas 2 Percurso por caminhos sem obstáculos 3 Percurso por trilhas escalonadas ou terrenos irregulares 4 Percurso com obstáculos 5 Percurso que requer técnicas verticais
 Intensidade de esforço físico	1 Pouco esforço 2 Esforço moderado 3 Esforço significativo 4 Esforço intenso 5 Esforço extraordinário

Fonte: ABNT, 2008

Pode-se observar que cada critério possui um símbolo correspondente e, junto à classificação, compõem as informações necessárias para a comunicação da mesma, que, segundo a ABNT, deve estar disponível no início das trilhas/percurso ou em locais de acesso aos visitantes.

Andrade e Rocha (2008), por meio do Manual de trilhas, publicado pelo Instituto Florestal de São Paulo, classifica as trilhas quanto a três critérios: função, forma e grau de dificuldade. Além de apresentar aspectos relacionados ao planejamento para implantação de trilhas, tais como: (i) Anatomia da trilha; (ii) Levantamento e Mapeamento – metragem, direção; declividade, observações gerais, materiais e mão-de-obra; (iii) Considerações Ambientais no Planejamento de Trilhas – solo, vegetação, declividade, fauna, água e paisagem; e (iv) Impactos decorrentes da implantação e uso de trilhas – negativos no solo, na vegetação e na fauna. Apresenta também informações relacionadas a obras – quanto ao traçado, clareamento, regularização/pavimentação, degraus e escadas, ordenamento da drenagem, ultrapassagem de corpos d’água, contenção de encosta, sinalização e recuperação de áreas degradadas.

Quanto à função, segundo Andrade e Rocha (2008), as trilhas podem ser utilizadas para serviços administrativos, com realização de atividades de fiscalização e patrulhamento ou pelo público visitante, para desenvolvimento de atividades de educação e/ou recreação. Quanto aos recursos de interpretação ambiental, as trilhas podem ser subclassificadas como guiada – quando realizada por acompanhamento de um guia ou condutor capacitado, de modo a favorecer a comunicação entre o ambiente e público; ou autoguiada – que permite que o visitante realize a trilha sem o acompanhamento de um condutor, utilizando os recursos de sinalização como orientação na realização da caminhada.

Já, com relação à forma, as trilhas podem apresentar formato: circular, em oito, linear ou de atalho. Quanto ao Grau de Dificuldade, as trilhas estão classificadas, conforme o IF (2008), quanto à: Graduação (1 fácil; 2 moderada e 3 extenuante), Atividades (grau A, B, C, D, e E, de acordo com a necessidade ou não de um bom condicionamento físico e de experiência em montanhismo).

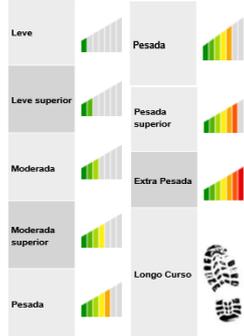
A Federação de Esportes de Montanha do Estado do Rio de Janeiro (FEMERJ) publicou, em 2015, o manual “Metodologia de Classificação de Trilhas”, com o objetivo de apresentar um sistema que permita classificar as trilhas com praticidade e clareza. O Sistema compreende atender quatro parâmetros para a classificação - Esforço Físico, Exposição ao Risco, Orientação e Insolação, os quais estão relacionados aos aspectos biofísicos. O manual compõe os

documentos técnicos apresentados no site da Confederação Brasileira de Montanhismo e Escalada (CBME).

Quanto ao tipo, a FEMERJ denomina **trilha** quando o percurso de ida e de volta ocorrem pelo mesmo caminho. Já **travessia** compreende uma trilha com trajeto que apresentam início e término em locais diferentes, enquanto que o **circuito** apresenta percurso com finalização no mesmo local do início, porém sem retornar pelo mesmo caminho, o que não permite o cruzamento entre os participantes da trilha. Com relação à acessibilidade, as trilhas podem apresentar condições favoráveis para atender pessoas com deficiências (PcD) físicas, crianças, idosos e carrinhos para bebê. Tais trilhas são caracterizadas pela FEMERJ (2015) como interpretativas. Nessas, há necessidade de adaptações para cadeirantes e/ou deficientes visuais, possibilitando a inclusão das pessoas com deficiências em atividades da caminhada realizadas em trilhas.

Os parâmetros para classificação das trilhas, segundo a FEMERJ (2015), apresentam indicadores em níveis crescentes, quanto à gravidade, com seus respectivos critérios que determinam o nível para classificação de determinado parâmetro (quadro 2).

Quadro 02 – Classificação das trilhas pela FEMERJ

Esforço Físico	
<p>Avalia o nível de esforço físico necessário para cumprir o percurso em função de parâmetros específicos. Critérios: duração, percurso, desnível, obstáculos e piso/terreno.</p>	
Exposição ao Risco	
<p>Avalia a dificuldade do trajeto em relação ao nível e à frequência de exposição a riscos. Critérios: tropeções, escorregões, queda, ataque de animais, fenômenos atmosféricos etc.</p>	

Orientação									
Avalia o grau de dificuldade para o usuário se manter orientado na trilha. Critérios: sinalização e bifurcação.	<table border="1"> <tr> <td>Fácil</td> <td></td> <td>Difícil</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td></td> <td>Muito Difícil</td> <td></td> </tr> </table>	Fácil		Difícil		Moderado		Muito Difícil	
Fácil		Difícil							
Moderado		Muito Difícil							
Insolação									
Avalia o percentual de exposição ao sol na trilha.	<table border="1"> <tr> <td>Baixa</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Média</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td></td> </tr> </table>	Baixa		Média		Alta			
Baixa									
Média									
Alta									

Cada parâmetro está representado por um símbolo associado ao nível de classificação, que pode ser utilizado no processo de sinalização e informação visual aos visitantes. Vale ressaltar que o Sistema de Classificação apresentado pela FEMERJ (2015) foi idealizado conforme características específicas das trilhas do Rio de Janeiro.

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), por meio do “Manual de Sinalização de Trilhas”, apresenta critérios para classificação das trilhas conforme adaptação de metodologia do Serviço Florestal dos Estados Unidos e de agências ambientais a nível mundial (ICMBio, 2018). Nesse sentido, quanto ao tipo, as trilhas podem ser: Terrestre - apresenta superfície com predominância de solo; e Aquática - apresenta superfície com predominância de água.

Quanto ao formato e extensão, as trilhas podem ser classificadas como (i) travessia – cruzam região ou UC entre 2 pontos de acesso (início ou fim da trilha); (ii) linear – inicia e finaliza no mesmo ponto, com retorno pelo mesmo percurso, conhecida como “bate e volta”; (iii) circular – com início e finalização no mesmo ponto sem repetir o percurso; (iv) oito – semelhante às circulares, iniciam e terminam no mesmo ponto e apresentam um ponto de cruzamento no centro; (v) circuitos – representa uma rede de trilhas com várias possibilidades de percurso; (vi) com pernoite – trilha com extensão que não possa ser realizada em 1 dia de caminhada; e (vi) de longo curso – trilhas com extensão acima de 10 km, permite cruzar e conectar UC’s (ICMBio, 2018).

Há também a categoria de cinco classes de trilhas quanto ao grau de desenvolvimento. São elas: Trilha classe 1 - Mínima intervenção; Trilha classe 2 - Muito baixa intervenção; Trilha classe 3 - Baixa intervenção; Trilha classe 4 - Média intervenção; e Trilha classe 5 - Alta intervenção. Quanto ao uso, a classificação está relacionada ao tipo e à classe das trilhas. Caminhada, corrida em trilhas, ciclismo, cavalgada e patinação são exemplos de possíveis usos em trilhas terrestres. Enquanto que a canoagem, flutuação, “*Stand up paddle*”, “*Bóiacross*” e “*Rafting*” representam exemplos de usos em trilhas aquáticas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15505-2. **Turismo com atividades de caminhada parte 2: Classificação de percursos.** 14 p., 2008.
- ANDRADE, W. J. DE; ROCHA, R. F. DA. **MANEJO DE TRILHAS: UM MANUAL PARA GESTORES.** São Paulo: Instituto Florestal, v. 35, 74 p., 2008.
- BALLANTYNE, M.; PICKERING, C. M. Differences in the impacts of formal and informal recreational trails on urban forest loss and tree structure. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 15, n. 159, p. 94–105, 2015a.
- BALLANTYNE, M.; PICKERING, C. M. The impacts of trail infrastructure on vegetation and soils: Current literature and future directions. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 164, p. 53 – 64, 2015b.
- BARCELOS, Daniele Cristina. **Efeitos da atividade turística sobre a fauna de mamíferos terrestres em um Parque Nacional brasileiro.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília. - Brasília. 2018.
- BASHAN, D.; COLLÉONY, A. SHWARTZ, A. Urban versus rural? The effects of residential status on species identification skills and connection to nature. . **People and Nature**, Londres, v. 3, n. 2, p. 347-358, 2021.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília, 18 jul. 2000.
- BURGARDT, S.; MOREIRA, J.C. Análise dos Impactos Ambientais Relacionados ao Uso Público na Furna do Buraco do Padre, Parque Nacional dos Campos Gerais (PR). **Revista Brasileira de Espeleologia**, Brasília, v. 1, n. 9, p. 1-20, 2018.
- CHAWLA, L. Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. **People and Nature**, Londres, v. 2, n. 3, p. 619-642, 2020.
- COSTA, N. M. C.; COSTA, V. A. C.; MELLO, F. A. P. Planejamento de trilhas no contexto do manejo e gestão do ecoturismo de unidades de conservação urbanas. **OLAM Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 115-136, 2007.
- CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação do Estado de Pernambuco.** CPRH, 2021. Disponível em: [http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Unidades\\_de\\_conservacao\\_estaduais\\_Atualizado\\_2.pdf](http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Unidades_de_conservacao_estaduais_Atualizado_2.pdf). Acesso em: 24 mar 2021.

DUDLEY, N. **Guidelines for Applying Protected Area Management Categories**. Protected Area Guidelines Series No. 21. Gland, Switzerland: IUCN, International Union for Conservation of Nature, 143 p., 2008.

EVJU, M. et al. Effects of mountain biking versus hiking on trails under different environmental conditions. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 278, n. 2, p.1-9. 2021.

FEMERJ – FEDERAÇÃO DE MONTANHISMO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Metodologia de Classificação de Trilhas**. 53 p., 2015.

FERRARO, P.J. et al. More strictly protected areas are not necessarily more protective: evidence from Bolivia, Costa Rica, Indonesia, and Thailand. **Environmental Research Letters**, Reino unido, v. 8, n. 2, p. 1-8, 2013.

FERREIRA, T. H. C.; CHIG, L. A.; FAVARO, E. G. P. Estudo de Caso: Avaliação de Impactos Ambientais no Horto Florestal – Tote Garcia em Cuiabá – Mato Grosso. **UNICIÊNCIAS**, Paraná, v. 21, n. 2, p. 74-80. 2017.

GASTON, k.J. et al. Personalised Ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, Holanda, v. 33, n. 12, p. 916-925, 2018.

GERSTENBERG, T. et al. Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. **Landscape and Urban Planning**, Holanda, v. 203, n. 11, p. 1-15, 2020.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Manual de Sinalização de Trilhas**. Brasília, 68 p., 2018.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Visitação em Parques Nacionais bate novo recorde em 2018**. Brasília, 2019.

JOLY, C. A. et al. **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade & Serviços Ecosistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 350 p., 2019.

LEO, D.; TRABUCCHI, M. COVID-19 and the Fears of Italian Senior Citizens. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Suíça, v. 17, n. 10, p. 1-5. 2020.

LEUNG, Y. et al. **Tourism and visitor management in protected areas: Guidelines for sustainability**. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 27. Gland, Switzerland: IUCN, International Union for Conservation of Nature, 120 p., 2018.

LEUNG, Y.-F. Recreation ecology research in East Asia's protected areas: Redefining impacts? **Journal for Nature Conservation**, Alemanha, v. 20, n. 6, p. 349–356. 2012.

LEVENHAGEN, M. J. et al. Ecosystem services enhanced through soundscape management link people and wildlife. **People and Nature**, Londres, v. 3, n.1, p. 176-189, 2021.

LUO, Q. H. et al. Effects of tourism disturbance on the habitat and water quality for *Andrias davidianus* in Zhangjiajie, Hunan, China. **Journal of Applied Ecology**, Reino Unido, v. 30, n. 6, p. 2101-2108, 2019.

MALDONADO-ORÉ, E. M.; CUSTODIO, M. Visitor environmental impact on protected natural areas: An evaluation of the Huaytapallana Regional Conservation Area in Peru. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, Reino Unido, v. 31, n. 4, p. 1-13. 2020.

MARION, J.L. et al. A Review and Synthesis of Recreation Ecology Research Findings on Visitor Impacts to Wilderness and Protected Natural Areas. **Journal of Forestry**, Washington, v. 114, n. 3, p. 352-362, 2016.

MARTINS, G.S.; DUTRA, V.C. Estruturação de trilhas com foco na sustentabilidade: uma proposta para a trilha da Serra do Espírito Santo no Parque Estadual do Jalapão (TO). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.12, n.5, p. 866-886. 2020.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Synthesis Report of the Ecosystem Assessment of the Millennium**. Estados Unidos, 57 p., 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.446.aspx.pdf>>. Acesso em: 18 set 2019.

MELATTI, C.; ARCHELA, R.S. **Avaliação dos impactos do uso público em trilhas**: uma metodologia baseada no estudo de uma trilha interpretativa - Parque Estadual Mata dos Godoy, Paraná. *Confins* [Online], 2014. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/8901>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MITCHELL, B. et al. **Guidelines for privately protected areas**. Gland, Switzerland: IUCN, 100 p., 2018.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação CNUC: Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. MMA, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs.html>. Acesso em: 15 mai 2021.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação**. Brasília, 86 p., 2006.

OH, R.Y.R. et al. Factors influencing nature interactions vary between cities and types of nature interactions. **People and Nature**, Londres, v. 3, n. 4, p. 1-13, 2020.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 13.787, de 08 de junho de 2009. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências**. Pernambuco, 08 jun. 2009.

PICKERING, C.M. et al. Comparing hiking, mountain biking and horse riding impacts on vegetation and soils in Australia and the United States of America. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 91, n. 3, p. 551-562, 2010.

PINDER, J.; FIELDING, K.S.; FULLER, R.A. Conservation concern among Australian undergraduates is associated with childhood socio-cultural experiences. **People and Nature**, Londres, v. 2, n. 4, p. 1158-1171, 2020.

REIS, A. F.; QUEIROZ, O. T. M. M. Visitação no parque estadual da Cantareira (PEC): Reflexões sobre o uso recreativo de uma Unidade de Conservação (UC). **Revista de Turismo Contemporâneo**, Rio Grande do Norte, v. 5, n. 1, p. 42-60, 2017.

SARAIVA, A.C.R. Impactos aos Atributos Físicos do Solo em Trilhas ocasionados pelo Ecoturismo em Ubatuba-SP. **Revista Univap**, São Paulo, v. 17, n. 29, p. 32-40, 2011.

SCHWARTZ, A.J. et al. Visitors to urban greenspace have higher sentiment and lower negativity on Twitter. **People and Nature**, Londres, v. 1, n. 4, p. 476-485, 2019.

SINGH, M.; GRIAUD, C.; COLLINS, C. M.; An evaluation of the effectiveness of protected areas in Thailand. **Ecological Indicators**, Holanda, v. 125, n. 2, p 1-9. 2021.

SOGA, M. et al. Urban residents' perceptions of neighbourhood nature: Does the extinction of experience matter? **Biological Conservation**, Holanda, v 203, n. 11, p. 143-150, 2016.

SOGA, M.; GASTON, K. J. Extinction of experience: the loss of human–nature interactions. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 14, n. 2, p. 94-101, 2016.

UEHARA, T. et al. Satoumi: Re-connecting people to nature for sustainable use and conservation of coastal zones. **People and Nature**, Londres, v. 1, n. 4, p. 435-441, 2019.

WWF - WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **RELATÓRIO PLANETA VIVO 2020: Reversão da Curva de Perda de Biodiversidade**. Suíça:WWF, 48 p., 2020.

XIE, J. et al. Urban Parks as Green Buffers During the COVID-19 Pandemic. **Sustainability**, Suíça, v.12, n. 17, p. 1-17, 2020.

ZHONG, L. et al. Recreation ecology research in China's protected areas: progress and prospect. **Ecosystem Health and Sustainability**, Reino Unido, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2020.

## CAPÍTULO I

### IMPACTO NEGATIVO DE TRILHAS FORMAIS E INFORMAIS SOBRE UMA CRONOSSEQUÊNCIA DE MATA ATLÂNTICA EM ÁREA PROTEGIDA

BARBOSA, GRAZIELA DA SILVA. Impacto negativo de trilhas formais e informais sobre uma cronossequência de Mata Atlântica em área protegida. 2021. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Carolina Borges Lins e Silva.

#### RESUMO

Trilhas recreativas em florestas oferecem oportunidades para atividades baseadas no contato com a natureza, educação e pesquisa, mas podem impactar negativamente a biodiversidade. Poucos estudos analisam os impactos de trilhas em florestas de proteção integral na Mata Atlântica brasileira. Este estudo teve como objetivo examinar o impacto negativo de trilhas em uma área protegida de Mata Atlântica, o Parque Estadual Dois Irmãos, em Pernambuco, Brasil, ao longo de uma cronossequência (floresta madura, secundária tardia e secundária jovem). Todas as trilhas foram mapeadas e classificadas quanto aos seus tipos (vigilância, educação ambiental e informal). Foram distribuídos pontos amostrais (N = 340) a cada 100 m ao longo das trilhas, a partir das quais foram coletados os valores de largura da trilha (m) e perda de biomassa (de acordo com o estágio sucessional, em Mg ha<sup>-1</sup>) (variáveis dependentes), bem como inclinação e distância até a borda. As médias foram analisadas usando Análise de Variância; para cada variável dependente, foi realizado um Modelo Linear Generalizado (GLM), incluindo todas as variáveis explicativas (tipo de trilha, estágio sucessional da floresta, declividade, distância até a borda). Foram mapeados 28.547,04 m de trilhas (24,65 m ha<sup>-1</sup>), a maioria (78%) para vigilância, 11% para educação ambiental e 11% para informal. No geral, as trilhas de vigilância ocorreram longe das bordas e foram mais impactantes devido a sua largura média significativamente maior (1,84 m) e extensão, atraindo usuários informais. Trilhas informais foram significativamente mais íngremes e mais próximas das bordas. A maioria das trilhas ocorreu em florestas mais jovens, enquanto as trilhas de educação ambiental existem apenas na floresta madura. A análise de GLM identificou que estágios sucessionais, declive e distância da borda influenciam negativa e significativamente a largura das trilhas. Na floresta madura e em áreas com maior declividade e distantes da borda, as trilhas possuem menores larguras. Além disso, trilhas em áreas mais íngremes tiveram menor perda de biomassa. A gestão do parque deve intensificar o monitoramento e as práticas educacionais com os usuários para controlar os impactos negativos das trilhas. Os resultados deste trabalho reforçam a importância da pesquisa sobre os efeitos negativos das trilhas em áreas de Mata Atlântica, visando prevenir maiores danos a este *hotspot* de biodiversidade global.

Palavras-chave: biomassa; conservação; mapeamento; gestão de parques; recreação; floresta tropical.

## NEGATIVE IMPACT OF FORMAL AND INFORMAL TRAILS ALONG A CHRONOSEQUENCE OF ATLANTIC FOREST IN A PROTECTED AREA

BARBOSA, GRAZIELA DA SILVA. Negative impact of formal and informal trails along a chronosequence of Atlantic Forest in a protected area. 2021. Advisor: Prof. Dr. Ana Carolina Borges Lins e Silva.

### ABSTRACT

Recreation trails in forests provide opportunities for nature-based activities, education and research, but can negatively impact biodiversity. Few studies analyse the impacts of trails in protected forests in the Brazilian Atlantic Forest. This study aimed to examine the negative impact of trails in a protected area of Atlantic Forest, the Dois Irmãos State Park, in Pernambuco, Brazil, along a chronosequence (mature, old secondary and young secondary forest). All trails were mapped and classified according to their types (surveillance, environmental and informal education). Sampling points ( $N = 340$ ) were distributed every 100 m along the trails from which the values of trail width (m) and biomass loss (according to the successional stage, in  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) (dependent variables), as well as slope and distance to edge. Means were analysed using Analysis of Variance; for each dependent variable, a Generalized Linear Model (GLM) was performed, including all explanatory variables (type of trail, forest successional stage, slope, distance to the edge). 28,547.04 m of trails ( $24.65 \text{ m ha}^{-1}$ ) were mapped, most (78%) for surveillance, 11% for environmental education and 11% for informal. Overall, surveillance trails occurred farther from edges and were more impactful due to their significantly greater average width (1.84 m) and length, attracting informal users. Informal trails were significantly steeper and closer to the edges. Most of the trails took place in younger forests, while the environmental education trails exist only in mature forest. The GLM analysis identified that successional stages, slope and distance from the edge negatively and significantly influence the width of the trails. In mature forest and in areas with greater declivity and away from the edge, the trails have smaller widths. In addition, trails in steeper areas had less biomass loss. Park management should intensify monitoring and educational practices with users to control the negative impacts of trails. The results of this work reinforce the importance of research on the negative effects of trails in Atlantic Forest areas, aiming to prevent further damage to this hotspot global biodiversity.

Keywords: Biomass; conservation; mapping; park management; recreation; tropical forest.

## 1. INTRODUÇÃO

Considerado um dos principais instrumentos de governo no âmbito socioambiental, as áreas protegidas incluem as Unidades de Conservação (UCs), as áreas indígenas, demais comunidades locais e outras relacionadas à conservação (JOLY, et al. 2019). As áreas protegidas têm a conservação da natureza como principal objetivo, o que não limita que outras áreas com objetivo relacionado sejam incluídas. Porém, em caso de antagonismo, a prioridade será a conservação da natureza (MITCHELL et al., 2018).

De acordo com o 1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (JOLY et al., 2019), a atividade de visitação em áreas protegidas movimentada em torno de R\$ 4 bilhões ao ano e gera 43 mil empregos, além de propiciar lazer, aprendizagem e conexão espiritual. Essas áreas apresentam várias atividades para uso dos visitantes e compreendem mais de 1,6 mil km de trilhas. A adequada análise e classificação dos percursos permite informar ao visitante as características da atividade de caminhada em determinada trilha, de modo a possibilitar uma experiência satisfatória diante da possível expectativa criada ao planejar a atividade, além de permitir filtrar o público adequado à atividade (FREITAS; COSTA; PEREIRA, 2020; FEMERJ, 2015).

Estudos científicos comprovam os impactos negativos provocados à biodiversidade pela atividade de trilhas em ambientes naturais. Por exemplo, trilhas que apresentam declividade em seu percurso mostram erosão e perda de solo com possibilidade de serem provocadas pela drenagem e pisoteio dos visitantes (FREITAS; COSTA; PEREIRA; 2020). Em estudo desenvolvido em quatro florestas distintas localizadas na Suíça e na França, foi comprovada a redução na densidade e riqueza em espécies de aves, com variação de efeitos relacionados às características da espécie (BOTSCH, et al., 2018). Trilhas também influenciam a taxa de reprodução, comprometimento da qualidade do habitat e a alimentação dos animais, devido à perturbação da vida selvagem e emissão de ruído (ZHONG et al., 2020; MALDONADO-ORÉ; CUSTODIO, 2020). Em estudo realizado em oito áreas protegidas localizadas em Belize e Costa Rica, entre os impactos identificados oriundos da recreação, podem-se destacar a elevada erosão do solo, exposição das raízes, presença de lama e abertura de trilhas secundárias (FARRELL; MARION, 2001). A presença de lama, devido ao

acúmulo de água, representa um risco de acidentes aos visitantes, com possibilidades de quedas (CRUZ; BARROS; ARAUJO, 2018).

Nesta perspectiva, o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) foi selecionado para o desenvolvimento de presente estudo, por representar uma UC com práticas de atividades recreativas, além de estar localizado próximo a uma instituição acadêmica - a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). No Parque, há trilhas formais de Educação Ambiental, pesquisa e vigilância e informais de uso não autorizado pela gestão, o que amplia a suscetibilidade da floresta aos impactos relacionados à visitação. De acordo com o Plano de Manejo do PEDI (SEMAS, 2014), há poucas informações referentes às trilhas, de modo que os resultados obtidos neste estudo possibilitam contribuir com a gestão quanto ao manejo das trilhas e seus possíveis impactos.

Os impactos provocados pela atividade de recreação em ambientes florestais podem ser analisados por meio de caminhamentos e mapeamentos, utilizando de tecnologia relacionada a dados espaciais. O geoprocessamento possui ferramentas que contribuem no processo de coleta e análise de dados relacionados a trilhas e na gestão do espaço. Permite, por exemplo, que as trilhas sejam caracterizadas e analisadas quanto à declividade, como em estudo realizado no Parque Nacional da Tijuca (PNT), no Rio de Janeiro (FREITAS; COSTA; PEREIRA; 2020). A identificação remota de dados permite também fornecer informações úteis e em tempo real sobre a perda de florestas e a mudança da cobertura da terra (BEATTY; COX; KUZEE, 2018).

Visando compreender e analisar os impactos negativos da existência de trilhas de formais (Educação Ambiental e Fiscalização) e informais, em uma área protegida de Mata Atlântica, além de contribuir para compatibilizar os usos das trilhas e a conservação florestal em suporte à gestão de Unidades de Conservação, neste trabalho, foram avaliados os impactos sobre a biodiversidade causados pela presença de trilhas, no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Pernambuco. Deste modo, após o georreferenciamento e mapeamento das trilhas existentes no PEDI, foi analisada a influência das variáveis de declividade, distância até a borda e estágio sucessional da floresta na largura e biomassa perdida acima do solo (BAS) nas trilhas para diversos usos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

## 2.1. Área de estudo

Estima-se que restam 28% da cobertura vegetal da Mata Atlântica no Brasil, sendo 26% da superfície do bioma composto por regiões florestais (REZENDE et al., 2018), intensamente fragmentadas (RIBEIRO et al., 2009). Tais florestas têm grande complexidade, proveniente de fatores naturais, como clima e fisiografia, e antropogênicos (LINS-E-SILVA; FERREIRA; RODAL, 2021). Quanto à biodiversidade, o bioma abriga 16.146 espécies de plantas e 2.420 espécies animais, das quais 1.544 e 598 estão ameaçadas de extinção, respectivamente (JOLY et al., 2019). Na Região Canavieira do Nordeste, o percentual remanescente da Mata Atlântica é de apenas 13%, principalmente devido à cultura da cana-de-açúcar, sendo os remanescentes florestais na maioria pequenos (LINS-E-SILVA; FERREIRA; RODAL, 2021).

O Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) é um fragmento de Mata Atlântica localizado na Região Político Administrativa RPA 3, no município de Recife (região noroeste), em Pernambuco, entre as coordenadas 8°00'52"S, 34°56'23"W e 7°57'40"S, 34°57'31"W (FONSÊCA; MEUNIER; LINS-E-SILVA, 2020). O PEDI possui área total de 1.158 ha; destes, 384 ha constituem um fragmento de floresta madura (FM), enquanto que os demais 774 ha constituem um grande fragmento de floresta jovem (FJ), compostos por florestas em dois estágios sucessionais de vegetação secundária recente (Figura 1). Desse modo, a composição estrutural do PEDI consiste na união de dois fragmentos florestais bem distintos, separados por uma estrada asfaltada de acesso à área urbana em suas margens.

A cronossequência no PEDI, baseada na análise de fotografias aéreas (1968 e 1981) e imagens de satélite (2015), que possibilitou identificar os estágios sucessionais da área, compreende: Floresta Madura (FM), a cobertura vegetal que atingiu o máximo desenvolvimento há pelo menos 60 anos; Floresta Secundária Antiga (FSA), com idade variando de 38 e 50 anos; e Floresta Secundária Recente (FSR), com menos de 38 anos, sendo as idades calculadas em 2020 (CUNHA et al. 2021).

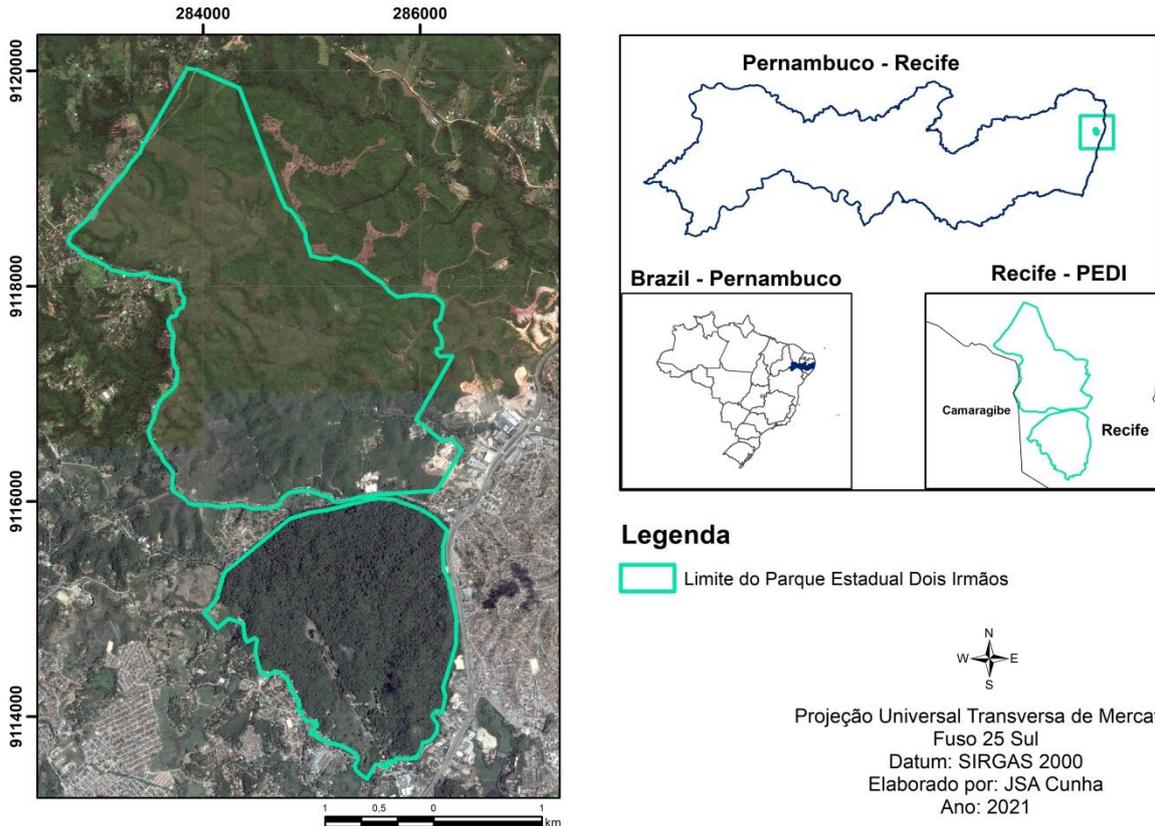


Figura 1 - Localização da área de estudo, Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Pernambuco-Brasil.

O clima da região é classificado como As' na classificação Köppen-Geiger (quente e úmido), com temperatura média mensal acima de 23 °C e precipitação média anual de 2.263,4 mm, com período chuvoso no outono-inverso (dados do repositório do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil, período 1981-2010, [portal.inmet.gov.br/normais](http://portal.inmet.gov.br/normais)). Os solos predominantes na área são latossolos, argissolos e neossolos quartzarênicos, de acordo com o levantamento de solos dos estados do Nordeste (Embrapa Solos UEP Recife, <http://solosne.cnps.embrapa.br>).

O PEDI apresenta cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas com dossel acima de 20 m de altura e indivíduos que ultrapassam os 30 m de altura (IBGE, 2012; SEMAS, 2014). As famílias botânicas mais abundantes na área são *Fabaceae*, *Lecythidaceae*, *Anacardiaceae*, *Melastomataceae* e *Moraceae* e as espécies arbóreas mais comuns são *Eschweilera ovata* (Cambess.) Mart. ex Miers, *Pogonophora schomburgkiana* Miers ex Benth, *Helicostylis tomentosa* (Poepp. & Endl.) Rusby, *Chamaecrista ensiformis* (Vell.) H.S.Irwin & Barneby e *Thyrsodium spruceanum* Benth.

A região apresenta estrutura geológica constituída por terrenos sedimentares (Formação Barreiras) inseridos na planície costeira em áreas de morro, com formação de tabuleiros com topos planos, variando de 10 a 100 m de altitude (LIMA, 2015) e predominância do solo podzólico de característica textural areno-argiloso, com variação de profundos a muito profundos e índices de acidez variando entre média à elevada.

O PEDI é uma unidade de conservação na categoria Parque, de acordo com a legislação federal e estadual (BRASIL, 2000; PERNAMBUCO, 2009), que corresponde à Categoria II da IUCN (DUDLEY, 2008). A sua proteção formal como Parque foi efetivada em 1998 para a FM (PERNAMBUCO, 1998) e, em 2014, para a FJ (PERNAMBUCO, 2014). O entorno do PEDI possui população urbana, pequenas propriedades rurais e acadêmica, devido à proximidade com o *campus* principal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). No interior da FM, há quatro açudes que contribuem para o abastecimento de água do Recife e são atrativos da população para o banho nos reservatórios, embora seja proibido. Na área inteira do PEDI, há vários usos pelas pessoas, alguns compatíveis com os objetivos do Parque, de fins educativo, recreativo, fiscalização e científico, para citar alguns, e outros não compatíveis, como a retirada de madeira, descarte de resíduos sólidos, prática de esportes como ciclismo e motocross, o que contribui na abertura de novas trilhas.

O Parque dispõe do Centro Vasconcelos Sobrinho de Educação Ambiental (CEA), cujos objetivos visam socializar e promover os conhecimentos em várias áreas, entre elas a Educação Ambiental, com realização de eventos comemorativos em atendimento ao calendário ecológico e pedagógico (Semana do Índio, Dia da Criança, Semana do Meio Ambiente, entre outros), colônia de férias (Zoo Férias), exposições temáticas, cursos e palestras sobre o meio ambiente, com foco na conservação, preservação e reciclagem (SEMAS, 2019a).

O PEDI apresenta um público formal para visitação diversificado, composto por pesquisadores, estudantes e visitantes em geral (SEMAS, 2019b), além de moradores da área do entorno. O público de estudantes é formado por grupos escolares, constituídos por crianças e adolescentes do ensino fundamental ao médio/técnico e universitários. Segundo a gestão do PEDI, a média de visitantes agendados em 2019 se aproximou de 1.198 pessoas, com destaque para os

meses de setembro, outubro, agosto, junho, maio e novembro, respectivamente. Já a baixa procura para visita o ocorreu nos meses de fevereiro (sem registro) e janeiro (215 visitantes). Do total de visitantes agendados, 1.417 optaram por realizar trilha.

## 2.2. Coleta de dados

Para mapeamento e caracteriza o das trilhas do PEDI, arquivos do tipo *shapefiles* referentes aos segmentos de trilhas foram reunidos a partir de bancos de dados existentes no Laboratório de Ecologia Vegetal - LEVE, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Os dados foram coletados presencialmente por pesquisadoras do laboratório (AGUIAR, 2014; SANTOS, 2018; BELÉM, 2019), em caminhadas com rotas gravadas em GPS e registros em ficha para coletas de dados e imagens fotográficas, permitindo o mapeamento de todas as trilhas na  rea. No processo de coleta, foi utilizado o equipamento GPS Garmin, modelos GPS 60 CSx e GPSMAP 64SC, cujas informa es de trajeto foram importadas com o auxílio do software GPS TrackMaker 13.9.

Os dados geográficos obtidos foram organizados e posteriormente inseridos no software QGIS *version* 3.4.1 (QGIS Development Team, 2018) para processamento. O sistema de referência adotado na pesquisa foi o SIRGAS 2000, utilizando Sistema Universal Transversa de Mercator-UTM (Zona 25S). O processamento dos dados resultou no primeiro mapa de representa o geral das trilhas existentes nas florestas do PEDI. Foram utilizados neste estudo os dados relacionados   largura, comprimento e localiza o das trilhas mapeadas. Em conjunto com a gestão do PEDI, todos os segmentos de trilhas foram classificados quanto   formalidade (formal ou informal); as trilhas formais foram classificadas de acordo com o uso (fiscaliza o ou educa o ambiental), o que resultou em três classes de uso de trilhas: Fiscaliza o, Educa o Ambiental e Informal (Figura 2A).

Os dados de estágio sucessional do PEDI foram obtidos a partir de imagens vetorizadas, resultantes do levantamento aerofotogramétrico histórico da floresta regenerante no banco de dados da Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM) e do Serviço Geológico do Brasil

(CPRM) dos anos de 1968 e 1981, além de imagens de satélite provenientes do Google Earth (2015) na escala de 1:10.000, como descrito em Cunha et al. (2021). Após digitalizadas, georreferenciadas, na projeção UTM, Zona 25 Sul e Geodetic Reference System SAD 69 (South American Datum 1969), as imagens foram sobrepostas ao shapefile do PEDI (Figura 2B).

O Modelo Digital de Terreno (MDT), proveniente do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), com resolução espacial de um metro, permitiu a geração de um raster de declividade média em uma área de 100 m<sup>2</sup> (10m x 10m) (Figura 2C). A partir dos limites do PEDI, foi criada uma camada de buffer multianéis, a cada um metro de distância da borda do PEDI. Em seguida, os buffers foram transformados em uma camada *raster* contendo a distância entre cada pixel à borda mais próxima (Figura 2D).

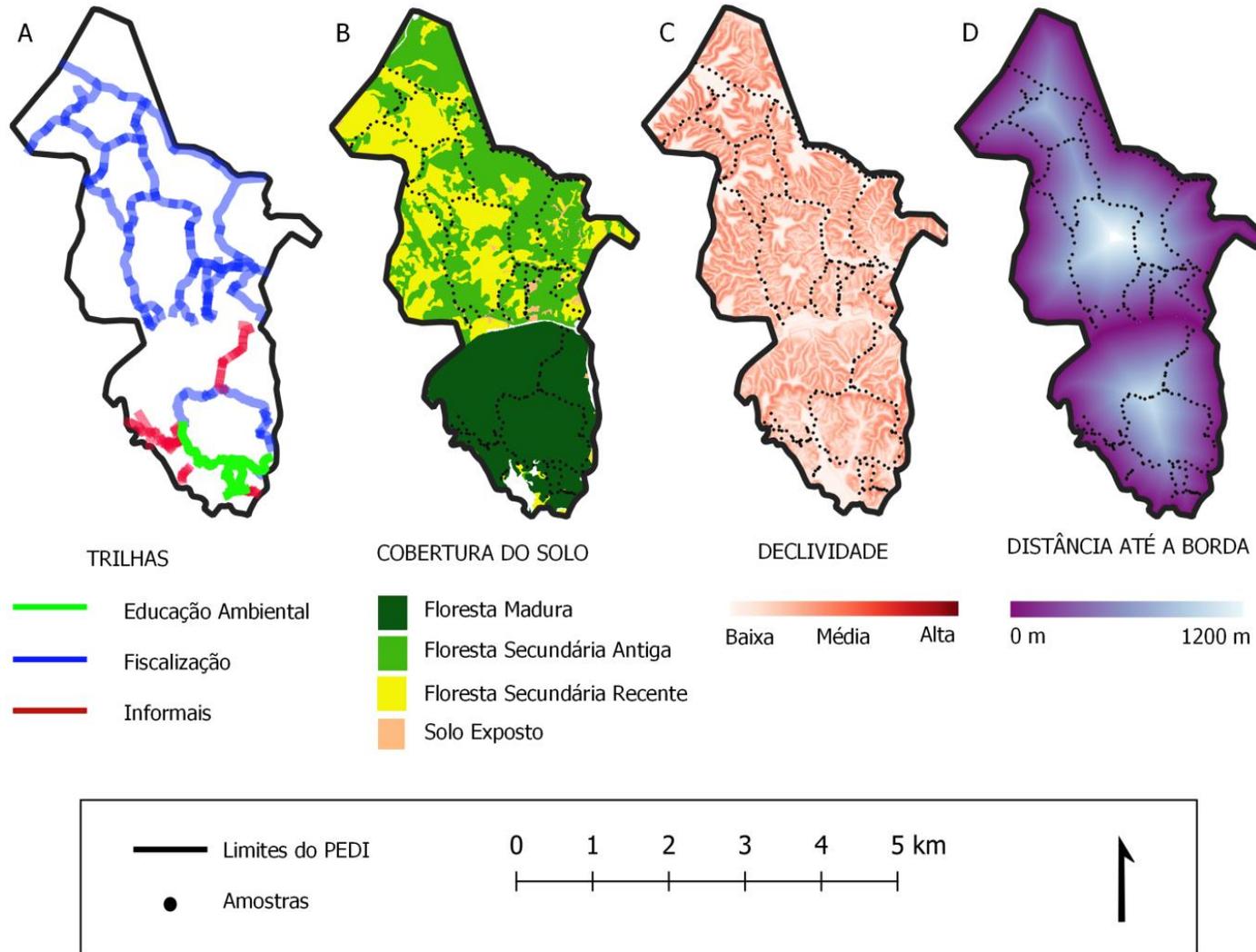


Figura 2 - Distribuição das trilhas e pontos amostrais, no Parque Estadual de Dois Irmãos - PEDI, Recife, Pernambuco, Brasil. (A) Mapeamento das trilhas por classificação; (B) Mapeamento das trilhas por idade sucessional; (C) Mapeamento das trilhas por declividade; e (D) Mapeamento das trilhas por distância da borda. Mapas criados no QGis Versão 3.16.

A partir do arquivo vetorial, abrangendo as trilhas classificadas como de Fiscalização, Educação ambiental e Informais (Figura 2A), sobreposto ao arquivo contendo a cronosequência definida no PEDI (Figura 2B) e aos mapas de declividades (Figura 2C) e distâncias da borda (Figura 2D), foi gerado um arquivo de pontos amostrais, distribuídos a cada 100 metros ao longo das trilhas, totalizando 340 pontos. Em cada ponto, foram coletados dados de localização (latitude e longitude), largura da trilha, classificação do uso da trilha, declividade, distância à borda mais próxima, estágio sucessional e biomassa perdida (ver descrição abaixo). Foi verificada também a presença de pontos de trilhas em área de solo exposto, onde está ausente a cobertura vegetal. Em seguida, os atributos das trilhas foram inseridos em uma planilha para análises.

Visando avaliar a perda da biomassa florestal como variável de impacto à biodiversidade, devido a existência das trilhas na floresta e ausência dos indivíduos florestais, foi estimada a biomassa acima do solo por estágio na cronosequência. A biomassa arbórea acima do solo foi calculada pelo uso da equação alométrica de Pearson et al. (2005), a partir de um banco de dados arbóreos de 10 hectares, conforme descrito em Cunha et al. (2021). Desse modo, para a cobertura vegetal da FM, a biomassa estimada foi de  $266,56 \text{ Mg ha}^{-1}$ , para a FSA, de  $56,16 \text{ Mg ha}^{-1}$ , enquanto que, na FSR, a biomassa foi de  $13,84 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Os valores da estimativa da perda de biomassa por trecho de trilha foram obtidos da biomassa estimada para cada estágio sucessional ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), multiplicada pela área (em hectare) obtida da largura vezes o comprimento de cada trecho de trilha. Para estimativa da perda de biomassa por ponto amostral, consideramos um segmento de 100 m multiplicado pela largura da trilha e biomassa ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) no respectivo estágio sucessional. Para a estimativa do ganho de biomassa com a regeneração em trilhas desativadas, foram considerados os segmentos informais e os de fiscalização com largura superior a 6 metros. Desse modo, foi considerada a ausência de indivíduos vegetais nas trilhas e calculada a biomassa conforme a estimativa para cada estágio sucessional, seguindo o mesmo procedimento utilizado para a identificação da biomassa perdida.

### 2.3. Análise dos dados

Primeiramente, foi testada a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro Wilk e também observada a homogeneidade das variâncias por meio do teste de Levene. Em seguida, os dados com distribuição não normal foram submetidos à transformação logarítmica para ajuste dos dados. A análise entre as médias da 'largura da trilha' e 'biomassa perdida' por tipo de uso de trilha e por estágio sucessional na cronossequência foi obtida por meio da Análise da Variância (ANOVA) ao nível de probabilidade de 5%, seguida pelo teste de Tukey, para os pontos amostrados. O valor do F de Welch foi adotado para dados com variâncias desiguais.

Adicionalmente, cada variável dependente ('largura da trilha' e 'biomassa perdida') foi avaliada em relação ao conjunto de quatro variáveis independentes (tipos de uso, idade sucessional, declividade e distância à borda mais próxima), todas calculadas por ponto amostral. Variáveis preditoras foram padronizadas à média 0 e desvio padrão 1, usando o método Standardize da função decostand (R package Vegan, Oksanen et al., 2020). Para testar a hipótese, para cada uma das duas variáveis dependentes, foi calculado um Modelo Linear Generalizado (GLM), incluindo todas as variáveis independentes. Foi utilizada a distribuição Gaussiana em ambos os modelos. Foi feito procedimento de simplificação dos modelos, a partir da remoção de variáveis não significativas ( $p > 0,05$ ), visando aumentar o ajuste do modelo e reduzir a estrutura de correlação entre as variáveis independentes; em seguida, foi usado o critério de Akaike (Akaike Information Criterion, AIC) para escolha do melhor modelo em cada caso (ZUUR; IENO, ELPHICK, 2010).

Para avaliar a existência de autocorrelação espacial dos resíduos, foi realizado teste de Moran's I, baseado em uma matriz de distância dos pontos amostrais, para cada modelo gerado. No caso de um resultado não significativo para o teste de Moran's I, para uma variável dependente, o resultado do GLM pôde ser usado para avaliar a associação entre variáveis dependentes e as preditoras. No caso de um resultado do teste de Moran's I significativo, revelando uma autocorrelação espacial dos resíduos, o modelo a ser usado seria o dos mínimos quadrados generalizados (generalised least square, GLS), que

explicitamente incorpora os erros correlacionados. Para o teste de Moran's I, a função utilizada foi a `glS` (package `nlme`). Nas análises, o programa R, versão 3.6.0, foi usado (R Development Core Team, 2019), com as funções `lme` (Package `nlme`; Pinheiro et al. 2017) e `glmer` (Package `lme4`; Bates et al., 2015).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Caracterização geral das trilhas**

Foram mapeados 167 segmentos de trilhas em toda extensão do PEDI, totalizando 28.547,04 m de trilhas, considerando as trilhas em vegetação e em área de solo exposto, com uma densidade de 24,65 m por hectare do parque (Figura 2A). Destes, a maior parte (78%) é de trilhas para fiscalização e monitoramento da área protegida, 11% são de Educação Ambiental e 11% são de uso informal. Quanto à distribuição das trilhas na cronosequência, foram identificados: 9.013 m na floresta madura (FM), que consistem em 34,61% de trilhas de Educação Ambiental, 31,74% de Fiscalização e 33,65% de trilhas Informais, provocadas por aberturas sem a participação da gestão do PEDI. Há 9.814,69 m na Floresta Secundária Antiga (FSA), que, embora classificadas pela gestão como trilhas de Fiscalização, são também usadas pela população do entorno, o que pode justificar o longo comprimento; e 7.813,93 m de trilhas na Floresta Secundária Recente (FSR), que consistem em quase todas (99,50%) também de Fiscalização. Além desses, 1.905,44 m de trilhas foram registradas em área de solo exposto resultante da ausência da cobertura vegetal que reflete num solo passível aos impactos de forma direta (SILVA, 2019), onde foi identificado, nas proximidades, o uso de recurso madeireiro e não madeireiro (Tabela 1). Tais informações são fundamentais para o manejo de trilhas, pois identificam a extensão e localização dos segmentos, de modo a facilitar na determinação de áreas prioritárias para ação.

Foram amostrados 340 pontos ao longo das trilhas, sendo: 243 nas trilhas de Fiscalização, 61 nas trilhas Informais e 36 nas trilhas de Educação Ambiental. Na FM, foi obtida uma amostra com 127 pontos, sendo 34 pontos nas trilhas de Educação Ambiental, 33 e 60 pontos nas trilhas de Fiscalização e Informais,

respectivamente. Na FSA, os 116 pontos obtidos correspondem às trilhas de fiscalização, único tipo de uso registrado neste estágio sucessional. Conseqüentemente, observa-se a ausência de trilhas informais na FSA, o que pode está relacionado à possibilidade de o estágio intermediário da vegetação representar um limitante na abertura de novos segmentos. Na FSR, foram amostrados 97 pontos: dois nas trilhas de Educação Ambiental, 94 nas trilhas de Fiscalização e um nas trilhas informais.

Tabela 1. Informações métricas e médias das trilhas quanto ao uso e estágio sucessional. Significados das siglas: EA - Educação Ambiental; FISC - Fiscalização; INF - Informais; FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; FM - Floresta Madura; e DP - desvio padrão. Os valores em negrito indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) obtidas pela ANOVA, seguido do teste de Tukey

Trilhas			Comprimento (m)	Biomassa perdida (Mg)	Pontos amostrais (unid)	Média ( $\pm$ DP) para cada variável (m), obtidas dos pontos amostrais			
						Largura (m)	Biomassa perdida(Mg)/ 100 m de trilha	Declividade (graus)	Distância da Borda (m)
Uso	EA	FM	3.119,35	144,5	34	1,39 m $\pm$ 0,64	3,54 $\pm$ 1,89	8,37 $\pm$ 6,59	329,58 $\pm$ 127,52
		FSA	0	0	0				
		FSR	27,33	0,42	2				
		Total	3.146,68	144,92	36				
	FISC	FM	2.860,70	115,61	33	<b>1,84 <math>\pm</math> 1,21</b>	<b>1,08 <math>\pm</math> 1,13</b>	9,13 $\pm$ 7,79	<b>406,25 <math>\pm</math> 243,90</b>
		FSA	9.814,69	135,94	116				
		FSR	7.774,56	23,1	94				
		Total	20.449,95	274,65	243				
	INF	FM	3.032,93	168,91	60	<b>1,25 <math>\pm</math> 0,95</b>	3,25 $\pm$ 2,54	9,82 $\pm$ 7,07	<b>274,18 <math>\pm</math> 190,22</b>
		FSA	0	0	0				
		FSR	12,04	0,14	1				
		Total	3.044,97	169,05	61				
Estágio sucessional	FM	9.012,98	429,02	127	<b>1,27 <math>\pm</math> 0,76</b>	<b>3,38 <math>\pm</math> 2,02</b>	9,58 $\pm$ 7,18	345,69 $\pm$ 224,81	
	FSA	9.814,69	135,94	116	2,09 $\pm$ 1,38	<b>1,17 <math>\pm</math> 0,78</b>	9,02 $\pm$ 8,0	393,16 $\pm$ 249,36	
	FSR	7.813,93	23,66	97	1,76 $\pm$ 1,09	<b>0,24 <math>\pm</math> 0,15</b>	8,84 $\pm$ 7,49	389,69 $\pm$ 213,63	
Solo exposto			1.905,44						
Total			28.547,04	588,62	340				

### 3.2. Largura das trilhas de acordo com usos e estágio sucessional florestal

Quanto aos usos, as trilhas de fiscalização e informais demonstraram a maior e menor médias de largura, com 1,84 m e 1,25 m, respectivamente, e diferença significativa ( $F = 14,88$  e  $p < 0,01$ ) entre os dois tipos (Figura 3A). As trilhas de Educação Ambiental tiveram menor variação nas suas larguras, com média de  $1,39 \pm 0,64$  m. Diante da grande variação entre as larguras, limitar e monitorar tal variável representa importância para o manejo adequado de trilhas (TEIXEIRA; MICHELIN, 2017). Desse modo, a largura da trilha constitui um indicador de impacto da visitação, classificado como físico, e seu avanço pode ser minimizado com uso de corrimão ou corda para limitar o acesso do visitante ao recurso natural (SMA, 2011; CORRÊA; ABESSA, 2013). O corrimão também representa um mecanismo de segurança para os visitantes (MORAES; CANDIOTTO, 2015).

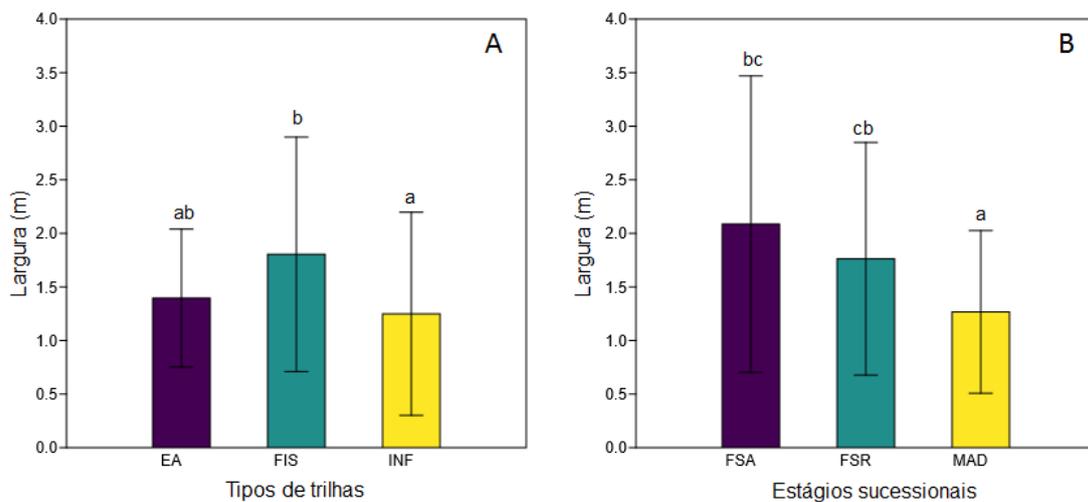


Figura 3. Diferença entre as médias da largura e desvio padrão por tipo de uso e estágio sucessional das trilhas. Letras diferentes significam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ). Significados das siglas: EA - Educação Ambiental; FIS - Fiscalização; INF - Informais; FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura.

Embora utilizadas e, conseqüentemente, classificadas pela gestão como apenas de fiscalização, foram identificados outros usos nessas trilhas por parte da população (Figura 4), tais como ciclismo, motocross, acesso para descarte de resíduos sólidos, acesso a pontos atrativos (campo de futebol e banho de açude), caminhada e corrida, para citar alguns. Diante do acesso não controlado, esses usos favorecem o pisoteio da vegetação e alargamento das trilhas, além de interferirem no comprimento também, contribuindo para maior impacto ao ecossistema florestal. De forma contrária, outros estudos, como os realizados na Austrália (BALLANTYNE; PICKERING, 2015; PICKERING et al., 2010), Argentina (BARROS; GONNET; PICKERING, 2013) e Estados Unidos (WIMPEY; MARION, 2011), verificaram que trilhas não formais são mais impactantes. Outro aspecto observado é com relação ao desvio de obstáculos provocados por galhos ou poças de lama que, se não monitorados, também tendem a influenciar na largura das trilhas. Tais obstáculos, embora naturais, podem resultar em trilhas secundárias, cujo desvio pode, também, está relacionado ao encontro de visitantes no percurso – ida e volta (BURGARDT; MOREIRA, 2018).



Figura 4. Outros usos identificados nas trilhas de Fiscalização: prática de motocross (A), acesso a campo de futebol (B) e descarte de resíduos sólidos (C).

Quanto à cronosequência, as trilhas da Floresta Madura tiveram a menor média de largura ( $1,27 \text{ m} \pm 0,76 \text{ m}$ ), que difere estatisticamente das demais ( $F = 29,65$  e  $p < 0,01$ , Figura 3B). As trilhas da Floresta Secundária Antiga possuem a maior média de largura ( $2,09 \text{ m} \pm 1,38 \text{ m}$ ), seguida da Floresta Secundária Recente ( $1,76 \text{ m} \pm 1,09 \text{ m}$ ). A vegetação mais jovem, diante da sua fragilidade e menor porte, é mais vulnerável ao manuseio e à supressão (ação de vandalismo), favorecendo o alargamento das trilhas em áreas de cobertura vegetal recente. Isso contribui para aumentar os impactos negativos à biodiversidade no parque, já que a largura e extensão das trilhas refletem na perda de área florestal (BALLANTYNE; PICKERING, 2015).

Recomenda-se que trilhas para caminhada apresentem largura máxima de até 2,0 m conforme a necessidade dos visitantes (SMA, 2009). Para Andrade e Rocha (2008), a largura para pisoteio pode se aproximar de 1,20 m. Conforme Queiroz; Bradford (2013), a largura corresponde ao tipo da trilha, havendo as Populares: 2 m; Semipopulares: 1,5 m; Tradicionais: 1 m. Observando as larguras apresentadas na literatura, percebe-se que não há uma padronização quanto à largura adequada para trilhas. No entanto, a largura recomendada não ultrapassa os 2 m, com média de 1,73 m. Neste sentido, padronizar a largura dos segmentos corresponde a uma estratégia de manejo para mitigar o impacto no solo provocado pelo pisoteio (MORAES; CANDIOTTO, 2015)

Vale ressaltar que a fiscalização no PEDI, segundo a gestão, é realizada por caminhada nas trilhas ou a cavalo. Já no perímetro do Parque, os seguranças utilizam veículo motorizado. Desse modo, a atividade de fiscalização não justifica o alargamento das trilhas. A ausência do planejamento, monitoramento e fiscalização pode comprometer a conservação/manutenção das áreas protegidas (MOREIRA, et al., 2020; REZENDE; CUNHA, 2014). Nesse sentido, faz-se necessário um plano de ação por parte da gestão do PEDI, no âmbito das trilhas informais, o que pode representar uma lacuna, diante das poucas informações contidas no Plano de Manejo do PEDI.

Recomenda-se intensificar o monitoramento das trilhas, de modo a acompanhar e evitar o alargamento dos segmentos com menos de 2 m. Quanto às trilhas com largura maiores que 2 m (foram identificados 22 segmentos),

recomenda-se o isolamento dos trechos excedentes para processo de regeneração natural ou manejada, visando favorecer o ganho de biodiversidade.

A atividade de recreação em Unidade de Conservação pode provocar desequilíbrio no comportamento da fauna, como a mudança do hábito alimentar, devido ao contato com alimentos oferecidos pelos visitantes (MOREIRA, et al., 2020). Embora o impacto provocado pelas trilhas, como a perda de estrato florestal, por exemplo, possa ser considerado menos importante diante os danos provocados pelo desmatamento (agricultura), o alargamento e aumento da extensão de trilhas, a longo prazo, pode alcançar o interior florestal (BALLANTYNE; PICKERING, 2015).

### **3.3. Biomassa perdida em trilhas**

Com relação à biomassa perdida nos diferentes tipos de trilhas, de modo geral, aquelas de Fiscalização respondem pela maior perda total (46,66%). Em seguida, as trilhas de Educação Ambiental e Informais impactam com perda de biomassa de 24,62% e 28,72% da perda total, respectivamente. Na FM, foi estimada perda de biomassa de 429,02 Mg, resultante das trilhas de Educação Ambiental (33,68%), Fiscalização (26,95%) e Informais (39,37%). Na FSA, a perda de biomassa ocorreu somente nas trilhas de Fiscalização e equivale a 135,94 Mg e, na FSR, a 23,66 Mg (1,78% trilhas de Educação Ambiental, 97,63% de Fiscalização e 0,59% Informais).

Diante dos possíveis benefícios associados à atividade de caminhada em trilhas guiadas – conscientização ambiental, saúde e bem-estar humano – justifica-se a manutenção das trilhas formais de Educação Ambiental. Já quanto ao resultado da perda de biomassa pelas trilhas informais, a situação é preocupante diante dos danos provocados à biodiversidade, pois representam espaços de uso não autorizado, no qual há o descarte inadequado de resíduos sólidos, supressão de vegetação, abertura de trilhas secundárias, bifurcação, queimadas e degradação. Recomenda-se à gestão rever as estratégias adotadas, propor parcerias de modo a tentar reverter os danos provocados, já que as trilhas podem representar uma ameaça (danos) para o ambiente florestal (BALLANTYNE; PICKERING, 2015).

A comparação das médias da perda de biomassa entre os diferentes estágios sucessionais revelou que a perda por ponto amostral é maior na Floresta Madura ( $3,38 \pm 2,02$  Mg), seguido da Floresta Secundária Antiga ( $1,17 \pm 0,78$  Mg), enquanto a Floresta Secundária Recente possui a menor média de biomassa perdida ( $0,24 \pm 0,15$  Mg). Foi comprovada a diferença significativa ( $F = 689,9$  e  $p < 0,01$ ) das médias da biomassa perdida entre os três estágios sucessionais (Figura 5), o que está relacionado ao fato da cronossequência possuir valores diferentes de biomassa, com diferenças em grandeza que não superam as diferenças em largura. A FM, por exemplo, embora possua a menor média das larguras das trilhas, ainda mantém a maior perda de biomassa.

Os pontos amostrados das trilhas de Fiscalização apresentam menor média de perda de biomassa ( $1,08 \pm 1,13$  Mg), enquanto que as trilhas de Educação Ambiental e Informais possuem valores médios próximos, com  $3,54 \pm 1,89$  Mg e  $3,25 \pm 2,54$  Mg, respectivamente. A análise identificou que há diferença significativa ( $F = 89,15$  e  $p < 0,01$ ) nas médias de biomassa perdida entre os pontos amostrados nas trilhas de Fiscalização comparadas às médias de trilhas de Educação Ambiental e Informais e não há homogeneidade na variância.

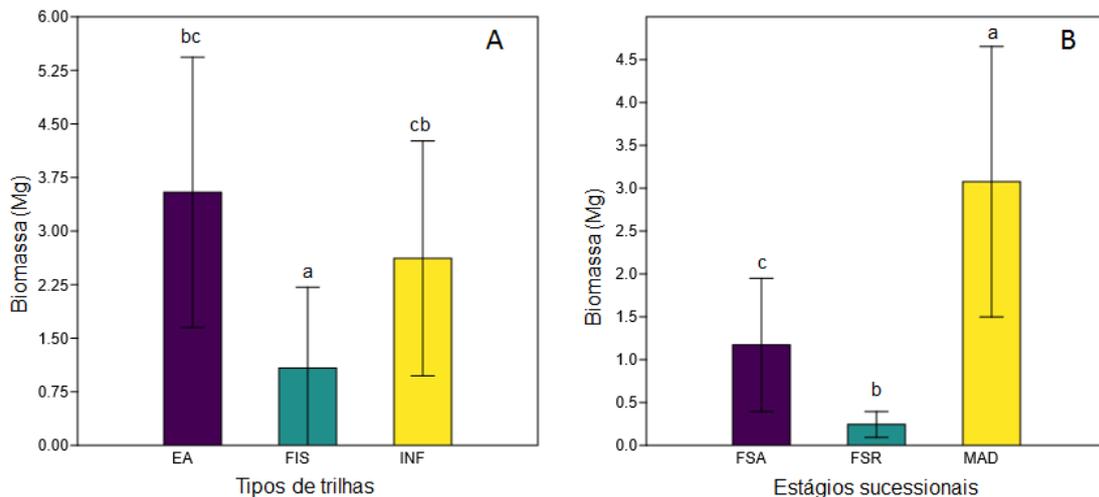


Figura 5. Diferença entre as médias da biomassa perdida e desvio padrão, por tipo de uso (A) e estágio sucessionais (B). Letras diferentes significam diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ). Significados das siglas: EA - Educação Ambiental; FIS - Fiscalização; INF - Informais; FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura.

Com relação às trilhas na Floresta Madura mantidas para atividades de Educação Ambiental e pesquisa científica monitoradas pelo Parque, além da Fiscalização, justificam-se as condições destas em relação à extensão e largura, já que práticas de EA em trilhas e o controle no uso tendem a favorecer a manutenção de boas condições das mesmas (MELATTI; ARCHELA, 2014). As trilhas de Educação Ambiental são utilizadas como ferramentas educativas para a conservação (LAZZARI et al., 2017). Já a fiscalização e o monitoramento tendem a contribuir com a conservação e manutenção das áreas protegidas (MOREIRA, et al., 2020; REZENDE; CUNHA, 2014). A perda de biomassa provocada pelas trilhas da Floresta Madura é devido ao estágio sucessional comportar maior biomassa na cronossequência e possuir árvores de maior porte, que reflete no valor da biomassa removida. Já as trilhas Informais, cujo uso está fora do controle da gestão, representam uma ameaça para o ambiente florestal, pois são propícias ao alargamento no decorrer do tempo e seus impactos devem ser considerados no processo de conservação, de modo a inibir a concentração desse tipo de trilha (BALLANTYNE; PICKERING, 2015).

O estágio sucessional florestal com maior estoque de biomassa é um atrativo para a extração de madeira (CUNHA et al., 2021). Desse modo, as trilhas informais presentes na Floresta Madura podem servir de acesso aos locais de coleta do recurso madeireiro, o que justifica a presença dessas trilhas no fragmento. Mesmo que curtas, as trilhas Informais podem favorecer a fragmentação e seu avanço precisa ser restringido (BALLANTYNE; PICKERING, 2015; BARROS; GONNET; PICKERING, 2013), como também levar ao corte seletivo de madeira com possibilidade de reduzir a população de algumas espécies. Deste modo, a fiscalização continuada se torna necessária para avaliação dos impactos, quanto ao avanço ou regresso dessas trilhas (BURGARDT; MOREIRA, 2018).

Já os estágios sucessionais mais jovens possuem os resultados obtidos devido à estrutura vegetal ser mais suscetível ao impacto provocado pelas trilhas, decorrente da fase de regeneração, com árvores de menor porte. Enquanto árvores de maior porte dificultam a abertura de novos segmentos e o alargamento das trilhas (MELATTI; ARCHELA, 2014), a concentração de árvores finas facilita a

abertura. O fragmento de floresta jovem não possui trilhas para Educação Ambiental, pois era uma propriedade privada, sendo incorporado ao Parque recentemente (SEMAS, 2014). Devido ao processo de regularização posterior ao atual plano de manejo, não está inserido nas atividades recreativas da área e é registrada também ausência de estrutura física necessária ao apoio às atividades recreativas e de EA, como banheiro e estacionamento (WIMPEY; MARION, 2011).

### **3.4. Trilhas em relação à declividade e distância às bordas**

As médias dos pontos das trilhas em relação à distância à borda mais próxima mostraram variação de  $393,16 \pm 249,36$  m para a FSA,  $389,69 \pm 213,63$  m para a FSR e  $345,69 \pm 224,81$  m para a FM, sem diferenças entre as idades. Quanto aos tipos de usos, a maior média identificada referente à distância à borda foi para as trilhas de Fiscalização ( $406,25 \pm 243,90$  m), seguida das trilhas de Educação Ambiental ( $329,58 \pm 127,52$  m) e das Informais ( $274,18 \pm 190,22$  m). As médias dos pontos referentes à borda diferem ( $F = 9,159$  e  $p < 0,01$ ) entre as trilhas de Fiscalização e informais, por representarem a maior e menor média em relação à borda mais próxima.

Neste estudo, áreas mais inclinadas tendem a ser evitadas por visitantes, devido aos obstáculos que possuem, o que dificulta a abertura de trilhas informais em áreas naturais com maior declividade. Enfatiza-se que este resultado é positivo e precisa ser mantido por meio do monitoramento, já que trechos de encosta são suscetíveis ao deslizamento, que, conseqüentemente, representa um obstáculo a ser desviado no percurso, devido ao acúmulo de terra e impede a passagem do visitante. A declividade é uma variável-chave com influência na impactação das trilhas (WIMPEY; MARION, 2011; OLIVE; MARION, 2009). Diante disso, evitar trilhas em locais de difícil acesso e distantes representa uma estratégia na seleção das áreas, inclusive para exploração, visando evitar impedimentos. Esse padrão registrado neste trabalho difere da literatura, já que trilhas informais possuem maior declividade e menos sustentabilidade, caracterizando que os visitantes são maus desenvolvedores de trilhas (WIMPEY; MARION, 2011).

### 3.5. Largura e biomassa perdidas em trilhas são explicadas pela declividade, distância às bordas e estágio sucessional?

A análise do GLM e a simplificação dos modelos gerados para as variáveis respostas em relação a todas as variáveis preditoras (Tabela 2) identificou que a largura das trilhas é influenciada significativamente pelos estágios sucessionais, com trilhas mais largas menos encontradas na Floresta Madura ( $p < 0,05$ ), devido ao elevado desenvolvimento da vegetação, que dificulta a remoção dos indivíduos florestais. Ao contrário do esperado pelo estudo, a Floresta Secundária Recente ( $p < 0,05$ ) influencia negativamente na largura da trilha, mesmo sendo de uso para a fiscalização, com possibilidade de acesso da comunidade. A Floresta Secundária Antiga ( $p < 0$ ) influencia na presença de trilhas mais largas. As variáveis de declividade e borda ( $p < 0$ ) confirmaram que trilhas em áreas com maior declividade e mais distantes da borda possuem larguras menores.

Tabela 2. Resultados do modelo linear generalizado (GLM) para a variável dependente largura. Significados das variáveis: FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura

Variável dependente	Variáveis independentes	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Largura da trilha	Intercepto (FSA)	2.8539839	0.1500897	19.015	$p < 0$
	DECLIVIDADE	-0.0409665	0.0074158	-5.524	$p < 0$
	BORDA	-0.0010118	0.0002432	-4.161	$p < 0$
	FSR	-0.3354423	0.1415414	-2.370	$p < 0,01$
	FM	-0.8445488	0.1326893	-6.365	$p < 0$

glm (fórmula = LARGURA ~ DECLIV + BORDA + COBERTURA)

Foi identificado que o aumento da biomassa perdida nas trilhas não é influenciado pela distância à borda. A variável declividade revelou que, quanto maior a declividade da trilha, menor é a biomassa perdida ( $p < 0,05$ ), o que

demonstra que áreas mais inclinadas tendem a ter menor supressão da vegetação. O resultado do GLM (Tabela 3) também comprovou que o estágio na cronossequência influencia positivamente na perda de biomassa ( $p < 0,05$ ) ao longo das trilhas; desse modo, o estágio sucessional da vegetação não representa um obstáculo no processo de supressão dos indivíduos florestais.

Tabela 3. Resultados do modelo linear generalizado (GLM) para a variável biomassa perdida. Significados das variáveis: FSA - Floresta Secundária Antiga; FSR - Floresta Secundária Recente; e FM - Floresta Madura

Variável dependente	Variáveis independentes	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Biomassa perdida	intercepto (FSA)	1.7009794	0.1885571	9.021	$p < 0$
	DECLIVIDADE	-0.0336283	0.0093165	-3.610	$p < 0$
	BORDA	-0.0005743	0.0003055	-1.880	0.061001
	FSR	0.9361482	- 0.1778179	-5.265	$p < 0$
	FM	2.1977316	0.1666970	13.184	$p < 0$

glm (fórmula = BIOMASSA ~ DECLIV + BORDA + COBERTURA)

Observa-se que os visitantes na área de estudo evitam abertura de trilhas em locais íngremes, o que difere do estudo realizado nos EUA, que identificou que segmentos declivosos são projetados pela população e, conseqüentemente, mais favoráveis à degradação, concluindo que os visitantes não são bons elaboradores de trilhas (WIMPEY; MARION, 2011). Assim como trilhas mais largas estão localizadas próximas à borda, inclusive as trilhas informais estão mais concentradas nas margens do Parque, devido à preferência das pessoas por percursos menores, evitando o distanciamento da via de acesso. Desse modo, cabe à gestão do Parque intensificar a vigilância nas margens da floresta para evitar a abertura de trilhas nesses locais, pois, mesmo em pequenas escalas, toda perturbação possui conseqüências significativas para a sucessão florestal (SPECHT et al., 2015; TABARELLI, 2010). De modo que áreas florestais mais próximas do perímetro urbano tendem a ter espécies florestais mais exploradas, por serem mais acessíveis (CUNHA et al., 2021). Vale ressaltar que a remoção regular de indivíduos arbóreos, como também a manutenção das trilhas pode ultrapassar a capacidade de regeneração florestal (CHAZDON, 2003).

O teste do Moran's I (Tabela 4) identificou que não há autocorrelação espacial para os resíduos dos dois modelos ( $p > 0,05$ ). Desse modo, como as distâncias não influenciam os dados amostrais, o modelo GLS não foi aplicado.

Tabela 4. Resultados para o teste de Moran's I para os resíduos dos Modelos GLM para largura da trilha e biomassa perdida

---

Global Moran I for regression residuals		
model: glm(formula = BIOMASSA ~ DECLIV + BORDA + COBERTURA)		
Moran I statistic standard deviate = -0.081286, <b>p-value = 0.5324</b>		
alternative hypothesis: greater		
sample estimates:		
Observed Moran I	Expectation	Variance
-0.006786992	-0.002898696	0.002288161

---

model: glm(formula = LARGURA ~ DECLIV + BORDA + COBERTURA)		
Moran I statistic standard deviate = -0.63566, <b>p-value = 0.7375</b>		
alternative hypothesis: greater		
sample estimates:		
Observed Moran I	Expectation	Variance
-0.033305339	-0.002898696	0.002288161

---

Os maiores impactos provocados pelas trilhas de fiscalização se devem a sua maior extensão, maiores larguras e perda geral de biomassa no fragmento de cobertura florestal mais jovem, superando as trilhas de recreação, uma das atividades esperadas em parques (BRASIL, 2000; MITCHELL et al., 2018). Este fato compromete o processo de recuperação da floresta devido ao pisoteio e à compactação da superfície (RAWAT et al., 2021), afeta a oferta de serviços ecossistêmicos florestais, como o de regulação climática pelo estoque de carbono (JOLY et al., 2019; COSTA et al., 2020), levando à perda de biomassa acima do solo (FONSÊCA; MEUNIER; LINS-E-SILVA 2020) e à interferência na densidade e riqueza da fauna (BOTSCH et al., 2018). Além disso, representa um desafio para o manejo de áreas protegidas, especialmente em áreas urbanas, cuja proximidade facilita o acesso e requer a fiscalização, já que o monitoramento tende a contribuir com a conservação e manutenção dessas áreas (MOREIRA, et al., 2020; REZENDE; CUNHA, 2014).

Trilhas formais podem levar ao uso informal e, quando em excesso, induzir à abertura de novos segmentos não formais. Desse modo, por serem projetadas e gerenciadas, deveriam apresentar melhores condições e maior sustentabilidade

(WIMPEY; MARION, 2011). Quanto mais atividades forem realizadas nas trilhas e maior a intensidade do uso ou número de visitantes pisoteando a área, mais impacto a trilha causará (RAWAT et al., 2021). Diante disso, pesquisas que quantifiquem o impacto de trilhas em fragmentos florestais são fundamentais para a gestão de áreas protegidas. Ao conhecer os impactos, sua gravidade e como mitigá-los, os gestores podem equilibrar a conservação e a recreação nessas áreas (BARROS; GONNET; PICKERING, 2013).

Neste sentido, cabe à gestão intensificar o trabalho educativo com a população do entorno, já que o contato pessoal contribui para a redução do uso das trilhas (BARROS; GONNET; PICKERING, 2013; HOCKETT; MARION; LEUNG, 2017), em paralelo à fiscalização, para inibir usos informais nas trilhas formais. É também necessário adotar o uso da sinalização nas trilhas com informações para o público visitante, visando conscientizar para o uso sustentável do Parque, já que o turismo sustentável possibilita reduzir os impactos ambientais da recreação nas áreas protegidas (ZHONG et al., 2020). Imprescindível também continuar a desenvolver parcerias com a academia/ciência, possibilitando identificar áreas prioritárias para o monitoramento. Quando a longo prazo, o monitoramento da área pode identificar a evolução interativa entre a recreação e as alterações no ecossistema (ZHONG et al., 2020). O incentivo a novas pesquisas para identificação de novos indicadores de uso, investigação da proporção do impacto, levantamento dos atrativos ao ambiente e possibilidade de cálculo da capacidade de suporte para as trilhas. A concentração de informações possibilita compreender os impactos provocados (NG et al, 2018), já que a ausência de dados precisos tem limitado as pesquisas de recreação, como mostrado na China (ZHONG et al., 2020).

Os impactos referentes à perda de área e biomassa florestal foram significativamente explicados pelos direcionadores escolhidos, de estágios sucessionais, tipos de uso das trilhas e declividade com exceção para a distância à borda quanto à biomassa, o que pode estar relacionado às diferenças de estimativa por estágio sucessional. Escolher bons direcionadores e variáveis adequadas para caracterização dos impactos representam um desafio para a ecologia da recreação, diante da lacuna existente na comparação de impactos na vegetação entre trilhas distintas (PICKERING; NORMAN, 2017), para a ciência da

conservação e para o manejo de áreas protegidas, diante da preocupação provocada pelos distintos impactos das trilhas e da recreação (FARRELL; MARION, 2001). As variáveis geralmente escolhidas pela ciência envolvem tipo e largura das trilhas, perda de solo, densidade de árvores (BALLANTYNE; PICKERING, 2015), abertura de trilhas secundárias, extração de espécies, pisoteio de plantas e raízes expostas (BURGARDT; MOREIRA, 2018), densidade e riqueza de aves (BOTSCH et al., 2018) e presença de resíduos orgânicos e inorgânicos (MALDONADO-ORÉ; CUSTODIO, 2020).

A variável densidade de trilhas, que foi calculada neste estudo, é um indicador de impacto pouco explorado nos estudos, mas muito efetivo. Diante da ausência de escala e parâmetros para densidade de trilhas definidos no Brasil e na Mata Atlântica, este estudo recomenda que o resultado obtido (24,65 m/ ha) seja utilizado como valor máximo para impor limites na recreação por trilhas, contribuindo com o manejo da área. A densidade de trilhas permite avaliar o impacto da atividade, comparando área protegida com não protegida (KUTIEL, 1999) e representa um indicador de trilhas informais (LEUNG et al., 2011) com possibilidade de avaliar a exploração espacial destas trilhas (WIMPEY; MARION, 2011). Considerando o quantitativo de trilhas no PEDI além do suficiente, não havendo necessidade da abertura de novas trilhas, indicamos que as trilhas informais sejam desativadas, de forma que a densidade de 22 m/ ha seja o limite aceitável nesta situação. Este limite poderia ser ainda menor, caso, a partir de novas pesquisas sobre o uso informal das trilhas formais, alguns segmentos atualmente de fiscalização sejam destinados à regeneração natural. Haveria, assim, redução na quantidade de trilhas formais na Floresta Secundária, visando restabelecer a estrutura florestal comprometida pelas trilhas (BARROS; GONNET; PICKERING, 2013) e favorecer as relações ecológicas no fragmento de Mata Atlântica, cuja biodiversidade e serviços ecossistêmicos estão ameaçados (FONSÊCA; MEUNIER; LINS-E-SILVA 2020), sendo o *hotspot* brasileiro com 60% da fauna e flora sob ameaça de extinção (REZENDE et al., 2018).

A metodologia utilizada foi adequada e eficaz para atender ao objetivo da pesquisa. Como vantagens, trata-se de um método com processo de coleta simples que não exige excesso de idas a campo, otimizando o tempo do pesquisador, com baixo custo, como indicado por GLEASON; IM, 2011; PHAM et

al., 2019 e WIJAYA et al., 2010, além de não necessitar da instalação de parcelas na área (SARAIVA, 2011) e ser fácil de replicar. É também sustentável e de baixo impacto, pois não gera resíduos provenientes da coleta de dados, como etiquetas de identificação, fitas e estacas para sinalização e demarcação do local pesquisado, para citar alguns, como utilizado no estudo de Melatti e Archela (2014). Para reproduzir o procedimento metodológico utilizado, é necessário apenas o uso de GPS com boa precisão, adequado para uso em floresta, que possibilita identificar o posicionamento das trilhas de forma rápida, fornecendo informações essenciais quanto ao arranjo das trilhas (PICKERING et al., 2010; WIMPEY; MARION, 2011). Somam-se ao mapeamento, estudos prévios referentes a estimativas de biomassa acima do solo para o local e o mapeamento da área disponível. Em vista disso, a abordagem com o emprego de informações espaciais é indicada na identificação inicial dos impactos provocados pelas trilhas de usos distintos. Desse modo, propomos um método diferenciado dos disponíveis na literatura, por utilizar a biomassa como indicador de impacto, considerado importante pelo volume e armazenamento de carbono (COSTA et al., 2020). Outras variáveis possíveis, mas de maior tempo e custo, são a compactação do solo (BALLANTYNE; PICKERING, 2015; NG et al., 2017), a cobertura da superfície com serapilheira (PICKERING; NORMAN, 2017) ou perda do solo (OLIVE; MARION, 2009).

De acordo com o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC, o Brasil possui 490 parques, o que corresponde a 20% do número e 14% da área protegida no País, dos quais 15% são da esfera federal, 46% estaduais e 39% municipais (MMA, 2021). Apesar do alto número, nota-se uma carência de estudos sobre os impactos de trilhas nesses espaços, aproximando a ciência da gestão de tais áreas, com informações científicas para subsidiar o manejo. A maioria das pesquisas em trilhas nas áreas protegidas no Brasil está relacionada a avaliar as trilhas como recurso pedagógico (LAZZARI et al., 2017), Educação Ambiental (MELATTI; ARCHELA, 2014) e avaliação do impacto da visitação no solo (SARAIVA, 2011). A presente pesquisa foi motivada a investigar os impactos com base em estudos realizados em trilhas da Austrália, diante da semelhança nos objetivos e delimitação metodológica, ao analisar os impactos quantitativamente, por tipos de trilhas em remanescentes florestais. Vale ressaltar que pesquisas

relacionadas à ecologia da recreação são mais desenvolvidas na América do Norte, Europa e Oceania (ZHONG et al., 2020).

Outro aspecto importante é quanto à localização do PEDI, pois, a proximidade da Unidade de Conservação com a área urbana favorece o uso irregular, por meio das trilhas informais, além da presença de lixo, entulho, uso de entorpecentes e barulho de carros (REIS; QUEIROZ, 2017). Ao todo, os dados apresentados permitem refletir sobre um possível futuro cenário sob as atuais circunstâncias de aberturas e alargamento das trilhas, promovendo a perda da biomassa. Dessa forma, faz-se necessária uma mudança visando o fechamento das trilhas e buscando o ganho de floresta. Com base nestes resultados, se houver fechamento de todas as trilhas informais e das trilhas de fiscalização, com largura maior que seis metros e próximas ao perímetro urbano, pode-se estimar, que antes de 38 anos, as áreas atinjam ganho de biomassa de 2,17% (12,78 Mg) da perda de biomassa total das trilhas mapeadas no parque, entre 38 e 50 anos, alcancem 8,83% (51,96 Mg) e, após os 60 anos, obtenham 41,90% (246,63 Mg). Esse ganho afetará positivamente o funcionamento do ecossistema, a capacidade de regeneração, o aumento do fluxo gênico, a sucessão florestal e, a longo prazo, transformará a estrutura para uma floresta madura, trazendo bem-estar ao futuro das populações humanas.

#### **4. CONCLUSÕES**

Neste estudo, foram analisados os impactos de trilhas em ambiente florestal: largura e perda de biomassa de acordo com o estágio sucessional ocupado e uso. Após mapear e analisar os 28.547,04 m de trilhas, o estudo permitiu concluir que trilhas formais também geram impactos negativos ao ecossistema, o que está relacionado ao fluxo previsto e não previsto de pessoas e à intensidade das atividades. Tais impactos podem favorecer ou intensificar outros danos, com reflexo não somente na vegetação, devido à retirada dos indivíduos florestais, mas com possibilidade de comprometer os habitats, a fauna, a flora, o ecossistema florestal, a biodiversidade.

Os resultados obtidos neste estudo fortalecem a importância de pesquisas quanto aos impactos de trilhas em áreas florestais, visando a prevenção de possíveis danos ao ecossistema. São disponibilizadas novas informações e dados referentes aos impactos relacionados às trilhas, úteis ao manejo da área, almejando o equilíbrio das atividades recreativas e a menor perda para a biodiversidade. Devido ao desenvolvimento do estudo durante a pandemia da COVID-19 e, conseqüentemente, fechamento do parque para atividades de campo, não foi possível incluir no estudo variáveis de serapilheira, resíduos sólidos e compactação do solo nas trilhas. Desse modo, recomenda-se que pesquisas futuras sejam desenvolvidas e tais informações sejam inseridas no banco de dados gerado, visando ampliar os conhecimentos quanto ao impacto das trilhas no ambiente florestal. Apesar disso, os resultados apontam para a importância de avaliar e monitorar todo tipo de trilha, já que as de uso para Fiscalização, monitoramento e Educação Ambiental impactam tanto quanto as informais.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, W. J. DE; ROCHA, R. F. DA. **MANEJO DE TRILHAS: UM MANUAL PARA GESTORES**. São Paulo: Instituto Florestal, v. 35, 74 p., 2008.
- BALLANTYNE, M.; PICKERING, C. M. Differences in the impacts of formal and informal recreational trails on urban forest loss and tree structure. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 159, n. 13, p. 94–105, 2015.
- BARROS, A.; GONNET, J.; PICKERING, C. Impacts of informal trails on vegetation and soils in the highest protected area in the Southern Hemisphere. **Environmental Management**, Londres, v. 127, p. 50–60, 2013
- BATES, D.; et al. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software** 67. 2015.
- BEATTY, C.R.; COX, N.A.; KUZEE, M.E. **Diretrizes de biodiversidade para avaliações de oportunidades de restauração da paisagem florestal**. Gland, Suíça: UICN, 52 p., 2018.
- BOTSCH, Y. et al. Effect of Recreational Trails on Forest Birds: Human Presence Matters. **Frontiers in Ecology Evolution**, Washington, v. 6, n. 175, p. 1-10, 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília, 18 jul. 2000.

BURGARDT, S.; MOREIRA, J.C. Análise dos Impactos Ambientais Relacionados ao Uso Público na Furna do Buraco do Padre, Parque Nacional dos Campos Gerais (PR). **Revista Brasileira de Espeleologia**, Brasília, v. 1, n. 9, p. 1-20, 2018.

CHAZDON, R.L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, Alemanha**, v. 6, n. 1-2, p. 51–71, 2003.

CORRÊA, K. M.; ABESSA, D. M. S. ESTUDO DOS INDICADORES DE IMPACTO DA VISITAÇÃO NA TRILHA DOS SURFISTAS, PARQUE ESTADUAL XIXOVÁ-JAPUÍ (SP). **Nature and Conservation**, Sergipe, v. 6, n. 2, p. 43-58, 2013.

COSTA, V. A. M. et al. Assessing the utility of airborne laser scanning derived indicators for tropical forest management. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Inglaterra, v. 82 n. 4, p. 352-358, 2020.

CRUZ, I. M.; BARROS, L.C.; ARAÚJO, A. V. Diagnóstico de impactos ambientais adversos causados pela visitação da população na Gruta do Sumidouro – Campo Formoso (BA). **Scientia Plena**, Sergipe, v. 14, n. 12, p. 1-12. 2018.

CUNHA, J.A.S. da. et al. Selective logging in a chronosequence of Atlantic Forest: drivers and impacts on biodiversity and ecosystem services. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 286-292, 2021.

DUDLEY, N. **Guidelines for Applying Protected Area Management Categories.** Protected Area Guidelines Series No. 21. Gland, Switzerland: IUCN, International Union for Conservation of Nature, 143 p., 2008.

FARRELL, T.A.; MARION, J. Identifying and assessing ecotourism visitor impacts at eight protected areas in Costa Rica and Belize. **Environmental Conservation**, Reino Unido, v. 28, n. 3, p. 215-225, 2001.

FEMERJ – FEDERAÇÃO DE MONTANHISMO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Metodologia de Classificação de Trilhas.** p. 53, 2015.

FONSÊCA, N.C.; MEUNIER, I.M.J.; LINS-E-SILVA, A.C.B. Can fallen trees enhance aboveground biomass estimation? A proposal for the Brazilian Atlantic Forest. **Revista de Biología Tropical**, Costa Rica, v. 68, n. 4, p. 1284–1297, 2020.

FREITAS, L.B; COSTA, N.M.C.; PEREIRA, R.A. Caracterização e Análise da declividade das trilhas do Parque Nacional da Tijuca subsídios para a gestão da visitação. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 75, p. 556-579, 2020.

GLEASON, C., IM, J. A review of remote sensing of forest biomass and biofuel: Options for small-area applications. **GIScience and Remote Sensing**, Reino Unido, v. 48, n. 2, p. 141-170, 2011.

HOCKETT, K.S., MARION, J.L., LEUNG, Y.F. The efficacy of combined educational and site management actions in reducing off-trail hiking in an urban-proximate protected area. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 203, n. 1, p. 17–28, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 272 p., 2012.

JOLY, C. A. et al. **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade & Serviços Ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 350 p., 2019.

Kutiel, P. Tendencies in the development of tracks in open areas. **Environmental Management**, Londres, v 23, n. 3, p. 401–408, 1999.

LAZZARI, Z.G. et al. Trilha ecológica: um recurso pedagógico no ensino da Botânica. **Scientia cum Industria**, Caxias do Sul, v. 5, n. 3, p. 161–167, 2017.

LEUNG, Y.F., et al. Developing a monitoring protocol for visitor-created informal trails in Yosemite National Park, USA. **Environmental Management**, Londres, v. 47, n. 1, p. 93–106, 2011.

LIMA, Maria Salomé de. **Relações solo-floresta em Fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

LINS-E-SILVA, A. C. B.; FERREIRA, P. S. M.; RODAL, M. J. N. The North-Eastern Atlantic Forest: Biogeographical, Historical, and Current Aspects in the Sugarcane Zone. In: Marques M.C.M, Grelle C.E.V. (eds). **The Atlantic Forest History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**. Springer: Cham, 2021. p. 45-62.

MALDONADO-ORÉ, E. M.; CUSTODIO, M. Visitor environmental impact on protected natural areas: An evaluation of the Huaytapallana Regional Conservation Area in Peru. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, Reino Unido, v. 31, n. 4, p. 1-13. 2020.

MELATTI, C.; ARCHELA, R.S. **Avaliação dos impactos do uso público em trilhas**: uma metodologia baseada no estudo de uma trilha interpretativa - Parque Estadual Mata dos Godoy, Paraná. *Confins* [Online], 2014. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/8901>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MITCHELL, B. et al. **Guidelines for privately protected areas**. Gland,

Switzerland: IUCN, 100 p., 2018.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação CNUC: Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. MMA, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs.html>. Acesso em: 15 mai 2021.

MORAES, D.I. CANDIOTTO, L.Z.P. Análise de risco, vulnerabilidade e impactos ambientais em duas trilhas ecológicas de um estabelecimento rural no município de Francisco Beltrão/PR. **Revista Formação**, São Paulo, v. 2, n. 22, p. 319-345, 2015.

MOREIRA, L.P. et al. Impact of tourism on two trails in the Sustainable Development Reserve of Barra do Una, Peruíbe City, State of São Paulo, Brazil. **Research, Society and Developmen**, [S. l.] v. 9, n. 10, p. 1-22, 2020.

Ng, S.L. et al. Land degradation effects initiated by trail running events in an urban protected area of Hong Kong. **Land Degradation and Development**, Reino Unido, v. 29, n. 3, p. 422–432, 2018.

OLIVE, N.D.; MARION, J.L. The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails. **Environmental Management**, Londres, v. 90, n. 3, p. 1483–1493. 2009.

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. **Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects**. World Bank, Washington, DC, United States of America, 2005.

PERNAMBUCO. Decreto nº 40.547, de 28 de março de 2014. **Amplia os limites da unidade de conservação Parque Estadual de Dois Irmãos**. PERNAMBUCO, 28 mar. 2014.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 11.622, de 29 de dezembro de 1998. **Dispõe sobre a mudança de categoria, de Manejo das Reservas Ecológicas de Caetés e Dois Irmãos e dá outras providências**. PERNAMBUCO, 30 dez. 1998.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 13.787, de 08 de junho de 2009. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências**. Pernambuco, 08 jun. 2009.

PHAM, T.D. et al. Remote sensing approaches for monitoring mangrove species, structure, and biomass: Opportunities and challenges. **Remote Sensing**, Suíça, v. 11, n. 3, p. 1-24, 2019.

PICKERING, C.M. et al. Comparing hiking, mountain biking and horse riding impacts on vegetation and soils in Australia and the United States of America. **Environmental Management**, Londres, v. 91, n. 3, p. 551-562, 2010.

PICKERING, C.M., NORMAN, P. Comparing impacts between formal and informal

recreational trails. **Environmental Management**, Londres, v. 193, n. 10, p. 270–279, 2017.

PINHEIRO, J. et al. <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>, 2017.

PIRES, P. T. L. et al. **Dicionário de Termos Florestais**. Curitiba. FUPEF. 2018.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System (version 3.4.1)**. Software, 2018.

QUEIROZ, D.; BRADFORD, K.. **Manejo de visitação em áreas naturais**. Rio de Janeiro. FEMERJ, 37 p., 2013.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.r-project.org> 2020.

RAWAT, M., et al. Visitors off the trail: Impacts on the dominant plant, bryophyte and lichen species in alpine heath vegetation in sub-arctic Sweden. **Environmental Challenges**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 1–9. 2021.

REIS, A. F.; QUEIROZ, O. T. M. M. Visitação no parque estadual da Cantareira (PEC): Reflexões sobre o uso recreativo de uma Unidade de Conservação (UC). **Revista de Turismo Contemporâneo**, Rio Grande do Norte, v. 5, n. 1, p. 42-60, 2017.

REZENDE, C.L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, p. 208–214. 2018.

REZENDE, V. L.; CUNHA, F. L. Os desafios do uso de trilhas em unidades de conservação. **Periódico eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v.10, n. 3, p. 29-41, 2014.

RIBEIRO, M.C.et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Holanda, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

SARAIVA, A.C.R. Impactos aos Atributos Físicos do Solo em Trilhas ocasionados pelo Ecoturismo em Ubatuba-SP. **Revista Univap**, São Paulo, v. 17, n. 29, p. 32-40, 2011.

SEMAS - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Centro Vasconcelos Sobrinho de Educação Ambiental**. Pernambuco. 2019a. Disponível em: <<http://www.portaisgoverno.pe.gov.br/web/parque-dois-irmaos/centro-vasconcelos-sobrinho-de-educacao-ambiental>> acesso em: 15 set 2019a.

SEMAS - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Parque Dois Irmãos - Visitação e regras**. Pernambuco. 2019b. Disponível

em:<<http://www.portaisgoverno.pe.gov.br/web/parque-dois-irmaos/visitacao>>. Acesso em: 20 set 2019b.

SEMAS - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Plano de Manejo: Parque Estadual Dois Irmãos**. Pernambuco, 75 p., 2014.

SILVA, Hyago Martins Calaço. **Avaliação de Impactos Ambientais negativos em Trilhas Ecológicas no Parque Estadual do Lajeado em Palmas-TO**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

SMA – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Manual de construção e manutenção de trilhas**. São Paulo, 172 p., 2009.

SMA – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Manual de Monitoramento e Gestão dos Impactos da Visitação em Unidades de Conservação**. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?27544/Manual-de-Monitoramento-e-Gestao-dos-Impactos-da-Visitacao-em-Unidades-de-Conservacao#>. Acesso em: 22 dez 2020.

SPECHT, M.J. et al. Burning biodiversity: Fuelwood harvesting causes forest degradation in human-dominated tropical landscapes. **Global Ecology and Conservation**, Holanda, v. 3, n. 1, p. 200–209, 2015.

TABARELLI, M. Tropical Biodiversity in Human-Modified Landscapes: What is our Trump Card? **Biotropica**, Nova Iorque, v. 42, n. 5, p. 553–554, 2010.

TEIXEIRA, P.R.; MICHELIN, R.L. Mapeamento dos indicadores de impacto ambiental e manejo na trilha do Parque Nacional do Viruá – Roraima. **Turismo: Visão e Ação**, Santa Catarina, v. 19, n. 2, p. 270-291, 2017.

WIJAYA, A. et al. Improved strategy for estimating stem volume and forest biomass using moderate resolution remote sensing data and GIS. **Journal of Forestry Research**, China, v. 21, n. 1, p. 1–12, 2010.

WIMPEY, J.; MARION, J.L. A spatial exploration of informal trail networks within Great Falls Park, VA. **Environmental Management**, Londres, v. 92, n. 3, p. 1012–1022, 2011.

ZHONG, L. et al. Recreation ecology research in China's protected areas: progress and prospect. **Ecosystem Health and Sustainability**, Reino Unido, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2020.

ZUUR, A.F., IENO, E.N., ELPHICK, C.S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, Estados Unidos, v. 1, n. 1, p. 3–14, 2010.

## CAPÍTULO II

### TRILHAS EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE MATA ATLÂNTICA: INTERAÇÃO COM O PLANO DE MANEJO

BARBOSA, GRAZIELA DA SILVA. Trilhas em uma área protegida de mata atlântica: interação com o plano de manejo. 2021. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Carolina Borges Lins e Silva.

#### RESUMO

A atividade turística e recreativa em áreas protegidas movimentou o turismo, a economia, gera emprego e renda. No entanto, sua prática em Unidades de Conservação, com atividades em trilhas, pode resultar em impactos negativos para a biodiversidade, alterando a flora, a fauna e os recursos ecossistêmicos fornecidos. O presente estudo objetivou relacionar as trilhas existentes em uma área protegida de Mata Atlântica com o plano de manejo vigente, no Parque Estadual de Dois Irmãos, em Recife, Pernambuco, conforme os usos planejados para os espaços definidos no zoneamento e identificar, com uso de tecnologia, possíveis trilhas desconhecidas pela gestão. Todas as trilhas no Parque foram mapeadas e classificadas quanto ao tipo, formalidade, função, atividade, modo de realização, distâncias, forma, acessibilidade e percurso. Foram identificados 167 segmentos de trilhas, distribuídos entre os dois fragmentos do Parque, correspondentes a 28.547,04 m de trilhas (24,65 m ha<sup>-1</sup>). De modo geral, as trilhas apresentam compatibilidade de uso com o Plano de Manejo, mas há muitas trilhas informais na área. Trilhas de fiscalização existem em todas as zonas e apresentam outros usos pela população. Um mapa das trilhas ocultas (17.456,93 m) foi também obtido por meio da tecnologia LIDAR. A maioria das trilhas ocultas foi identificada no Setor de Regularização Fundiária. Os gestores do parque devem intensificar o monitoramento e as práticas educacionais com os usuários para controlar os impactos negativos das trilhas. Os resultados do presente estudo reforçam a importância de pesquisas sobre os efeitos positivos e negativos de trilhas em áreas de Mata Atlântica, visando prevenir danos a este bioma. Além de contribuir com a ecologia da recreação, o estudo possibilitou apresentar informações e sugestões que podem auxiliar a gestão na tomada de decisão frente à conservação dos ecossistemas florestais.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Gestão de parques; Mapeamento; Floresta tropical.

## TRAILS IN AN ATLANTIC FOREST PROTECTED AREA: INTERACTION WITH THE MANAGEMENT PLAN.

BARBOSA, GRAZIELA DA SILVA. Trails in an Atlantic Forest protected area: interaction with the management plan. 2021. Advisor: Prof. Dr. Ana Carolina Borges Lins e Silva.

### **ABSTRACT**

Tourist and recreational activity in protected areas drives tourism, the economy, generates employment and income. However, its practice in Conservation Units, with activities on trails, can result in negative impacts on biodiversity, altering the flora, fauna and ecosystem resources provided. The present study aimed to relate the existing trails in a protected area of Atlantic Forest with the current management plan, in the Dois Irmãos State Park, in Recife, Pernambuco, according to the planned uses for the spaces defined in the zoning and to identify with the use of technology possible trails unknown by management. All trails in the Park were mapped and classified as to type, formality, function, activity, mode of realization, distances, form, accessibility and route. 167 trail segments were identified, distributed between the two fragments of the Park, corresponding to 28,547.04 m of trails (24.65 m ha<sup>-1</sup>). In general, the trails are compatible with the Management Plan, but there are many informal trails in the area. Inspection trails exist in all areas and have other uses by the population. A map of the hidden trails (17,456.93 m) was also obtained using LIDAR technology. Most of the hidden trails were identified in the Land Regularization Sector. Park managers should intensify monitoring and educational practices with users to control the negative impacts of trails. The results of the present study reinforce the importance of research on the positive and negative effects of trails in Atlantic Forest areas, aiming to prevent damage to this biome. In addition to contributing to the ecology of recreation, the study made it possible to present information and suggestions that can help management in decision-making regarding the conservation of forest ecosystems.

Keywords: Conservation Unit; Park management; Mapping; Tropical forest.

## 1. INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UCs) ou áreas protegidas, conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), são constituídas por setores provenientes do zoneamento, que apresentam manejo e normas específicas (BRASIL, 2000), de modo que cada zona ou setor possua suas particularidades (FOLETO; ZIANE, 2013). O zoneamento visa concretizar os objetivos estabelecidos na UC com eficiência (BRASIL, 2000). Portanto, por meio dos estudos biológicos nas zonas, é possível delimitar áreas que, devido a sua composição biótica e abiótica, necessitem de restrições (FOLETO; ZIANE, 2013). Estudos nas áreas zoneadas são de fundamental importância para o manejo de áreas protegidas, inclusive quanto à visitação, já que o plano de manejo comporta as atividades compatíveis/permitidas nas zonas.

Atividades turísticas que priorizam o contato e aprendizado em ambientes naturais correspondem ao Ecoturismo. Deste, fazem parte as trilhas interpretativas, que podem influenciar a relação do visitante nas áreas protegidas com a conservação ambiental (MARTINS; DUTRA, 2019). O ecoturismo compreende uma atividade de Educação Ambiental não formal, com a sensibilização coletiva no cuidado com o ambiente (BRASIL, 1999) e, espera-se que seja, uma modalidade do turismo sustentável (ZHONG; et al., 2020).

Desse modo, é possível identificar na literatura materiais com metodologias para a classificação das trilhas como ferramenta de suporte para a gestão, diante das informações obtidas, úteis para o direcionamento das atividades em trilhas. Além de fornecer dados padronizados e de acesso facilitado, a classificação das trilhas é considerada um instrumento favorável à atividade recreativa segura (ABNT NBR 15505-2/2008).

No entanto, a visitação em Unidade de Conservação pode impactar negativamente, de modo a interferir nos serviços naturais ofertados (MARION et al., 2016). Nas atividades em trilhas, pode ocorrer o alargamento dos segmentos e o aumento na perda da cobertura vegetal (BALLANTYNE; PICKERING, 2015). Além disso, podem possibilitar outros usos, como o descarte de resíduos orgânicos e inorgânicos, dar acesso a áreas para práticas de rituais religiosos (MALDONADO-ORÉ; CUSTODIO, 2020) identificados no PEDI, que impactam

diante dos resíduos abandonados, tais como animais mortos, alimentos, garrafas, velas, entre outros.

Neste estudo, foram avaliadas as trilhas e sua relação com o zoneamento e programas determinados no Plano de Manejo de uma área protegida em Pernambuco, o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI). As trilhas foram classificadas e avaliadas em cada zona, além de serem identificados os tipos de uso de trilhas no PEDI pela população e mapeadas trilhas desconhecidas pela gestão do parque, de forma remota, por meio do geoprocessamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) está localizado na Região Político Administrativa RPA 3, no município de Recife (região noroeste), em Pernambuco, situado entre as coordenadas 8°00'52"S, 34°56'23"W e 7°57'40"S, 34°57'31"W (FONSÊCA; MEUNIER; LINS-E-SILVA, 2020). O PEDI possui área total de 1.158 ha; destes, 384 ha constituem um fragmento de floresta madura (FM), enquanto que os demais 774 ha constituem um grande fragmento de floresta jovem (FJ), compostos por florestas em dois estágios sucessionais de vegetação secundária recente (Figura 1). Desse modo, a composição estrutural do PEDI consiste na união de dois fragmentos florestais bem distintos, separados por uma estrada asfaltada de acesso à área urbana em suas margens.

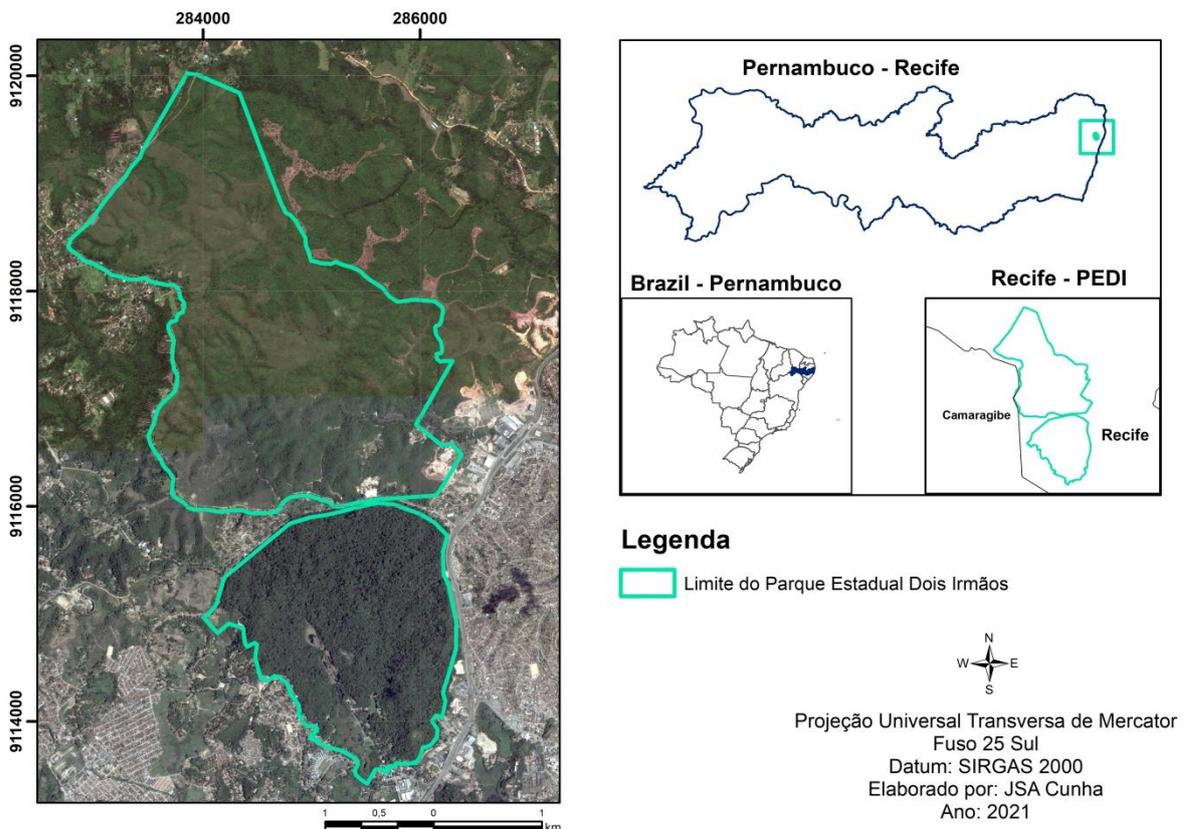


Figura 1 - Localização da área de estudo, Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Pernambuco-Brasil.

O clima da região é classificado como As' na classificação Köppen-Geiger (quente e úmido), com temperatura média mensal acima de 23 °C e precipitação média anual de 2.263,4 mm, com período chuvoso no outono-inverso (dados do repositório do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil, período 1981-2010, [portal.inmet.gov.br/normais](http://portal.inmet.gov.br/normais)). Os solos predominantes na área são latossolos, argissolos e neossolos quartzarênicos, de acordo com o levantamento de solos dos estados do Nordeste (Embrapa Solos UEP Recife, <http://solosne.cnps.embrapa.br>).

O Plano de Manejo do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) foi elaborado em 2014 e permanece vigente, em fase de atualização. Os dados do presente estudo têm contribuído quanto ao diagnóstico das trilhas na UC.

## **2.2. Coleta de dados**

### **Mapeamento das trilhas**

Para mapeamento e caracterização das trilhas do PEDI, arquivos do tipo *shapefiles* referentes aos segmentos de trilhas foram reunidos a partir de bancos de dados existentes no Laboratório de Ecologia Vegetal - LEVE, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Os dados foram coletados presencialmente por pesquisadoras do laboratório (AGUIAR, 2014; SANTOS, 2018; BELÉM, 2019), em caminhadas com rotas gravadas em GPS e registros em ficha para coletas de dados e imagens fotográficas, permitindo o mapeamento de todas as trilhas na área. No processo de coleta, foi utilizado o equipamento GPS Garmin, modelos GPS 60 CSx e GPSMAP 64SC, cujas informações de trajeto foram importadas com o auxílio do software GPS TrackMaker 13.9.

Os dados geográficos obtidos foram organizados e posteriormente inseridos no software QGIS *version* 3.4.1 (QGIS Development Team, 2018) para processamento. O sistema de referência adotado na pesquisa foi o SIRGAS 2000, utilizando Sistema Universal Transversa de Mercator-UTM (Zona 25S). O processamento dos dados resultou no primeiro mapa de representação geral das trilhas existentes nas florestas do PEDI. Foram utilizados neste estudo os dados relacionados à largura, comprimento, localização e sinais de uso público das trilhas mapeadas.

## **Classificação das trilhas aplicada à gestão do parque**

A classificação das trilhas foi realizada por meio de adaptação, conforme os aspectos estruturais do PEDI, já que, na literatura consultada (ABNT NBR 15505-2/2008, ANDRADE; ROCHA, 2008; FEMERJ, 2015; ICMBio, 2018), as classificações identificadas estão relacionadas a trilhas maiores com necessidade de um tempo maior para realização e que apresentam vários níveis e obstáculos em seus percursos.

Após caracterização quanto à largura e comprimento dos segmentos de trilhas identificados, com base nos critérios de classificação existentes na literatura e normas, foi elaborada uma matriz (Apêndice 1) para classificação das trilhas quanto ao uso. Os requisitos para coleta dos dados foram previamente selecionados e organizados numa planilha, conforme adaptação dos sistemas de classificação disponíveis, à realidade do PEDI.

Foram obtidas informações nas consultas bibliográficas realizadas, confirmadas em encontros com a equipe gestora do PEDI. As trilhas foram classificadas quanto à/ao:

- i. Tipo - terrestre ou aquática;
- ii. Formalidade - formal ou informal;
- iii. Função - serviços ou visitação;
- iv. Atividade - fiscalização ou educação ambiental - EA/caminhada;
- v. Distância - curta, média ou longa;
- vi. Modo de realização - guiada ou autoguiada;
- vii. Forma - linear, circular, formato de oito ou atalho;
- viii. Acessibilidade - adequadas para deficientes, crianças/carrinho de bebê e idosos; e
- ix. Percurso – severidade (pouco severo, moderado, severo, muito severo ou não apresenta severidade); orientação (fácil, moderada ou difícil); esforço (leve, moderado ou pesado); exposição ao risco (pequena, média ou alta); e insolação (baixa, média ou alta).

As trilhas de uso para a Educação Ambiental/caminhada possuem nomenclaturas conforme atrativo da área - (i) trilha dos Macacos; (ii) trilha do Tigre; (iii) trilha da Macaxeira; (iv) trilha Chapéu do Sol; (v) trilha das Bromélias; (vi) trilha Caminho do Prata; e (vii) trilha do Leão (desativado). E foram também

analisadas de acordo com os percursos ofertados aos visitantes, que resulta da combinação de segmentos: (i) trilha dos Macacos e trilha do Tigre; (ii) trilha dos Macacos, trilha do Tigre e trilha da Macaxera; e (iii) trilha Chapéu do Sol, trilha das Bromélias e trecho da trilha do Tigre (saída).

Foram adquiridos arquivos do tipo *shapefiles*, utilizados em associação com os dados de mapeamento de trilhas, obtidos por meio do banco de dados da Gestão do Parque Estadual Dois Irmãos/SEMAS, referente ao Plano de Manejo vigente (SEMAS, 2014), visando relacionar as trilhas existentes com o zoneamento do Parque, em uma análise comparativa com o mapa resultante das trilhas mapeadas e o Plano de Manejo vigente do PEDI (SEMAS, 2014). Além disso, foi possível avaliar a largura das trilhas por área zoneada.

### **Identificação de trilhas ocultas**

Para identificação ainda de possíveis trilhas, denominadas neste estudo de “trilhas ocultas”, presente na estrutura do PEDI, foram utilizados os dados oriundos do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), obtidos por meio de um escaneamento a laser aerotransportado, de uso da tecnologia Light Detecting And Ranging – LIDAR ou Sistemas LiDAR Aerotransportados, que possibilita calcular métricas relacionadas à densidade do sub-bosque no ambiente florestal. Foi utilizada a métrica do Modelo de Densidade Relativa (RDM – Relative Density Model), cuja representação se dá por meio de uma imagem (*raster*) constituída por células (*pixel*), que correspondem à razão, após nuvem de pontos do LIDAR, entre a densidade de pontos em um determinado intervalo de altura e o total dos pontos existentes abaixo do limite superior do intervalo selecionado (D’OLIVEIRA et al., 2012). O RDM possibilita identificar possíveis perturbações na estrutura vertical florestal, seja proveniente de ocorrência natural ou resultante da exploração madeireira (D’OLIVEIRA; FIGUEIREDO; PAPA, 2014). Nuvens de pontos são lançadas sobre a área estudada, conforme a altura desejada, o RDM é calculado com base no número de pontos de retorno obtidos pelo LIDAR, de modo que o número de pontos entre os limites superior e inferior é dividido pela quantidade desses pontos somados aos pontos dispostos abaixo do limite inferior (Figura 2).

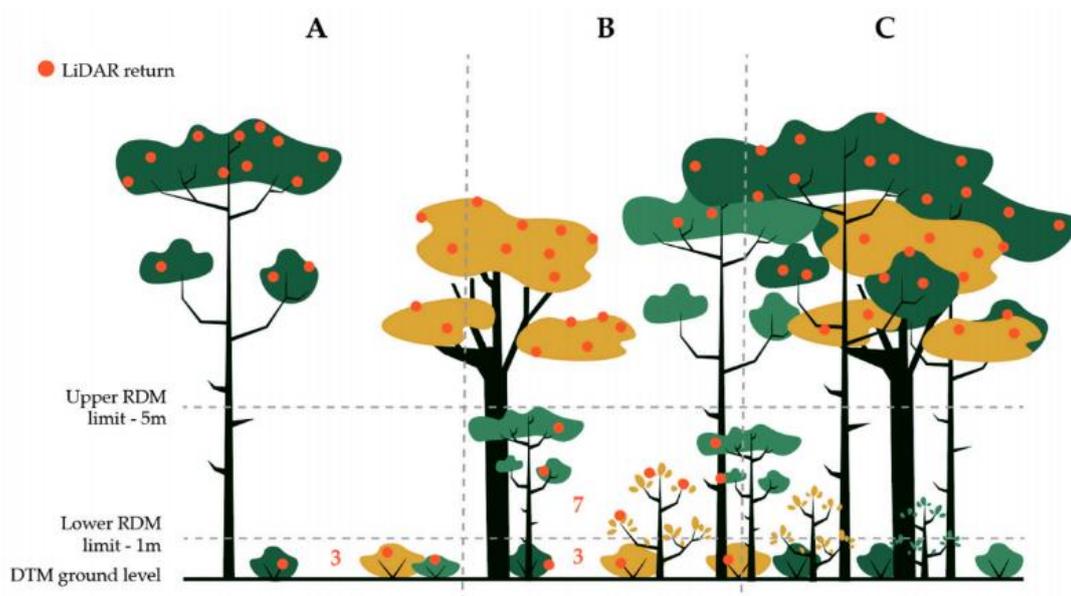


Figura 2 - Representação do método de cálculo do modelo de Densidade Relativa (RDM) Fonte: Dupuis et al. (2020).

De acordo com a Figura 2, conforme Dupuis et al. (2020), a estrutura florestal foi dividida em três áreas (A, B e C). Na área A, pode-se observar que o RDM é igual a  $0 \rightarrow 0 / (0 + 3)$ , o que indica que a vegetação rasteira provavelmente foi removida. Na área B, o RDM é  $0,7 \rightarrow 7 / (7 + 3)$ , o que representa que a vegetação rasteira possui pouca ou nenhuma perturbação na faixa de 1 - 5 m de altura. Já na área C, cujo RDM é indefinido, igual a  $0 / (0 + 0) =$ , o que indica que a floresta apresenta elevada densidade, com um dossel considerado intacto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Classificação das trilhas

A classificação foi realizada com as trilhas das zonas existentes no fragmento de floresta madura, diante da dificuldade da gestão em classificar as trilhas do Setor de Regularização Fundiária, já que as mesmas são destinadas para atividades de fiscalização.

Desse modo, quanto ao tipo de trilhas (terrestre ou aquática), foram classificadas como terrestres, já que não há trilhas aquáticas no PEDI. Com

relação à forma de realização, as trilhas formais de EA existentes no Parque são utilizadas com o acompanhamento de um guia ou condutores habilitados com autorização prévia, conforme mencionado nas normas de uso do PEDI (SEMAS, 2014). Quando analisados individualmente, os segmentos do Parque foram classificados como de forma linear.

Quanto à formalidade, 73% das trilhas foram classificadas como formais. Destas, 27% apresentam função de serviços, enquanto que 55% são destinadas para visitação. Observa-se que há uma diferença no percentual de trilhas quanto à relação entre a formalidade e função. Isso ocorre devido à trilha do Caminho do Prata estar enquadrada em duas modalidades – serviço e visitação. As trilhas informais, por serem de abertura ilegal, não apresentam função, já que as atividades realizadas nas mesmas não são autorizadas pelo PEDI. Quanto à atividade nas trilhas interpretativas, são realizadas caminhadas com ênfase na Educação Ambiental, enquanto que as trilhas de serviços são destinadas para atividades de fiscalização e monitoramento do PEDI.

Quanto às distâncias abrangidas, pode-se observar que 36% das trilhas formais apresentam classificação média, com comprimento de 200 m a 500 m (Figura 5). No entanto, 27% das trilhas foram classificadas com distâncias consideradas longas, superiores a 500 m. A maioria das trilhas informais nas zonas apresenta distâncias de classificação curta, o que pode favorecer no processo de reversão do dano ao fragmento de floresta.

Das trilhas informais, uma apresenta distância maior que 267 m, classificada como moderada. Visando atender um pedido da gestão, as trilhas próximas (ramificação) foram classificadas em conjunto. Quanto à relação entre a função das trilhas e suas distâncias, foi diagnosticado que as trilhas de fiscalização apresentam o mesmo percentual (11%) para as três classes – curta, média e longa. Já as trilhas destinadas à visitação não apresentam trilhas de categoria curta, porém apresentam o mesmo percentual (33%) de trilhas com distâncias classificadas nas modalidades média e longa.

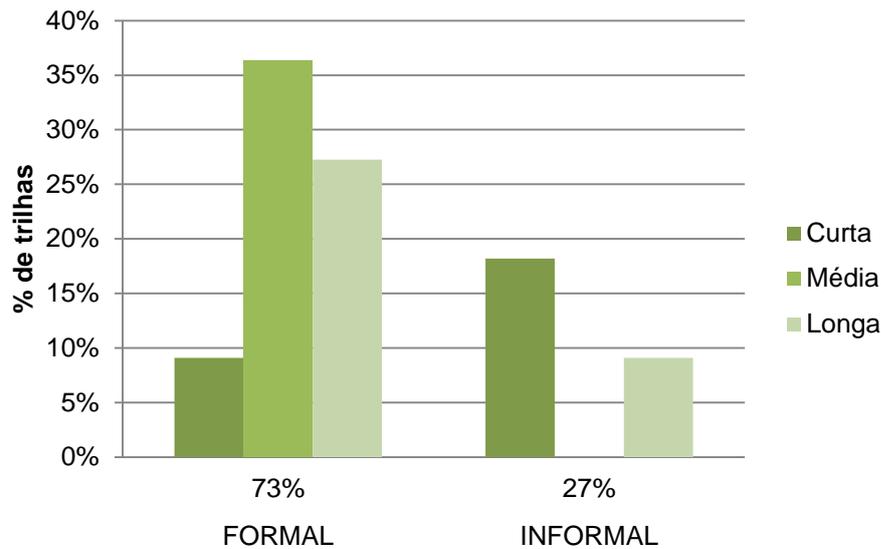


Figura 5 – Percentual de trilhas quanto à formalidade e distância no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE

Com relação à acessibilidade, 27% das trilhas formais são adequadas para receber crianças e idosos com capacidade para locomoção, enquanto que 9% das trilhas interpretativas estão adequadas para pessoas com deficiência, cuja experiência foi realizada com deficientes visuais. Neste sentido, a trilha dos Macacos está adequada para receber visitantes com deficiência visual, crianças e idosos; já as trilhas do Tigre e Caminho do Prata apresentam condições para atender ao público, constituído por crianças e idosos.

De acordo com as Regras de acessibilidade ao meio físico para o deficiente, publicadas pelo Instituto Brasileiro dos Direitos da Pessoa com Deficiência – IDBB (2020), para deslocamento em linha reta de uma cadeira de rodas, a largura mínima é de 0,80 m. Já para a circulação de um pedestre e uma cadeira de rodas, a largura confortável é de 1,20 m. Vale ressaltar que as regras apresentadas pelo IDBB (2020) estão relacionadas a residências e locais de trabalho.

Analisando as três trilhas quanto à acessibilidade para deficientes físicos (cadeirantes), observa-se que a trilha Caminho do Prata apresenta largura inicial, já que é composta pela união de dois segmentos, pouco inferior a 0,80 m (tabela 2). No entanto, considerando a experiência da Trilha dos Macacos em receber o deficiente visual em seu percurso, e por apresentar largura de 1,6 m, sugere-se verificar a possibilidade de incluir o deficiente físico, por meio de projeto de

acessibilidade inclusiva a ser divulgado na atualização do Plano de Manejo e nas mídias do Parque. A Trilha dos Macacos foi classificada quanto ao percurso: não apresenta severidade, de orientação fácil, esforço considerado leve, exposição ao risco pequena com baixa insolação. Segundo Lima (2016), o ICMBio, objetivando favorecer o acesso de deficientes ou pessoas com mobilidades reduzidas às Unidades de Conservação, tem desenvolvido adequação desses ambientes, além de possibilitar a quebra de barreiras contra a inclusão.

Tabela 2 – Largura e comprimento das trilhas com acessibilidade do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife/PE

<b>Trilha</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Comprimento (m)</b>
Trilha dos Macacos	1,6	339,96
Trilha do Tigre	1,0	376,43
Trilha Caminho do Prata	0,77	155,11
	2,0	414,75

A classificação do percurso nas trilhas foi realizada por etapas. A etapa 1 permitiu relacionar a formalidade com a severidade e a orientação. Neste sentido, pode-se observar (figura 6) que 36% das trilhas formais apresentam pouca severidade, enquanto que 9% não apresentam severidade, 45% foram consideradas de fácil orientação e 18% de orientação moderada. Já as trilhas informais apresentam 27% com pouca severidade e 18% de difícil orientação.

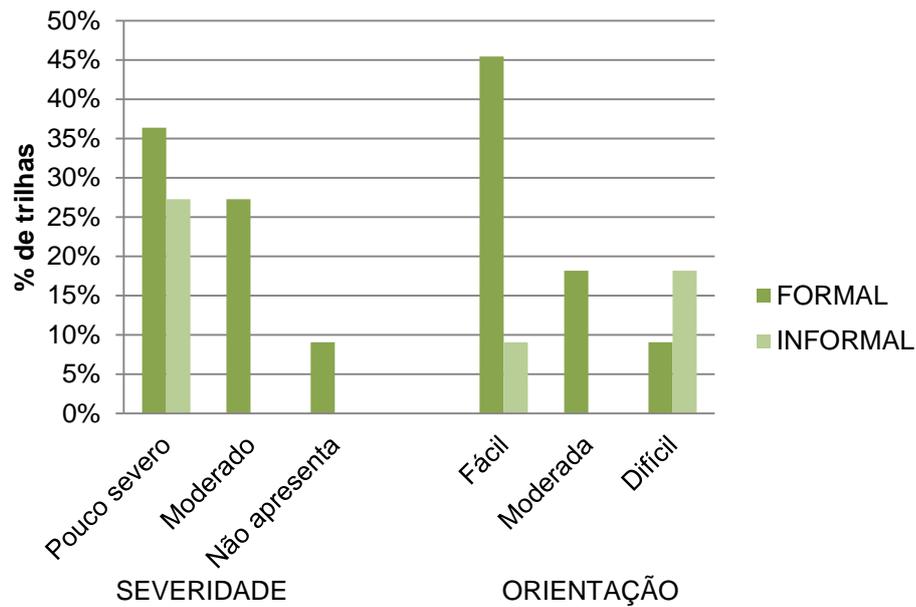


Figura 6 – Percentual de trilhas classificadas quanto à formalidade em relação à severidade e orientação no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/ PE.

Na etapa 2, as trilhas foram classificadas pela relação da formalidade com o esforço, a exposição ao risco e a insolação (figura 7). As trilhas formais apresentaram 45% com classificação de esforço leve, 45% com exposição ao risco de categoria pequena e 55% com baixa insolação. Já as trilhas informais foram classificadas em sua totalidade de esforço considerado leve, de exposição ao risco considerada pequena e insolação baixa. Tais informações quanto ao percurso podem ser inseridas em recursos de sinalização das trilhas (formais) e servem como atrativo para o público que não gosta de trilhas com obstáculos e aventura.

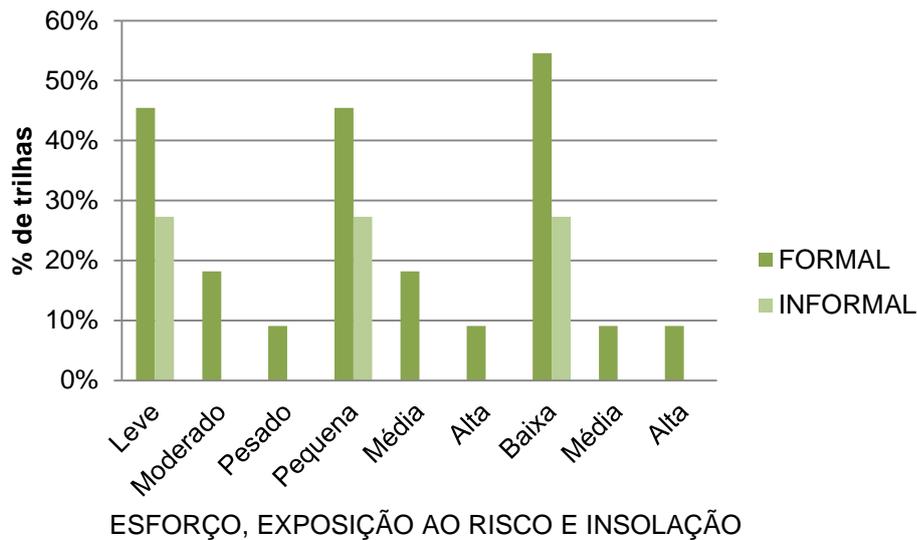


Figura 7 – Percentual de trilhas classificadas quanto à formalidade em relação ao esforço, exposição ao risco e insolação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE

A junção de elementos funcionais e morfológicos permite visualizar, descrever e classificar trilhas de recreação na natureza, além de fortalecer o ecoturismo e seus aspectos sociais e econômicos relacionados, impulsiona a conscientização ambiental (MELLO, 2019). Desse modo, as informações obtidas neste estudo possibilitam contribuir com a gestão do Parque, visando impulsionar a visibilidade das atividades em trilhas e fortalecer as atividades de Educação Ambiental.

Com relação ao Plano de Manejo vigente do PEDI, poucas informações estão relacionadas às trilhas, limitando as regras de uso e possibilidades quanto ao zoneamento (SEMAS, 2014). O mesmo ocorre no *site* institucional do Parque, que disponibiliza os temas abordados durante os percursos realizados pelos visitantes (desmatamento, biodiversidade, cadeia alimentar, comportamento animal, destinação do lixo e preservação ambiental) e informações referentes ao agendamento (<http://www.portaisgoverno.pe.gov.br/web/parque-dois-irmaos/>).

As atividades de Educação Ambiental, com públicos agendados, são realizadas por combinações de trilhas. Desse modo, o PEDI dispõe em suas instalações de cinco percursos: (i) trilha dos Macacos e trilha do Tigre; (ii) trilha dos Macacos, trilha do Tigre e trilha da Macaxera; (iii) trilha Chapéu do Sol, trilha

das Bromélias e trecho da trilha do Tigre (saída); (iv) trilha Caminho do Prata; e (v) trilha do Leão. Destes, o percurso v se encontra desativado em estágio de regeneração ainda desconhecido, até o dia da classificação e visita à gestão do Parque. Já o percurso iv foi analisado na classificação individual das trilhas.

Os percursos são realizados por trilhas terrestres (tipo), formais (formalidade), para visitação (função), guiada (realização) e linear com suaves curvas (forma). Quanto à distância, os três percursos foram classificados como longos por terem comprimento superior a 500 m. Porém, o percurso constituído pelas trilhas dos Macacos e Tigre é adequado para grupos compostos por crianças e idosos com capacidade de locomoção (Figura 8). Sugere-se que, para evitar o cansaço de tais públicos, sejam realizadas pausas prolongadas, já que a distância é considerada longa.

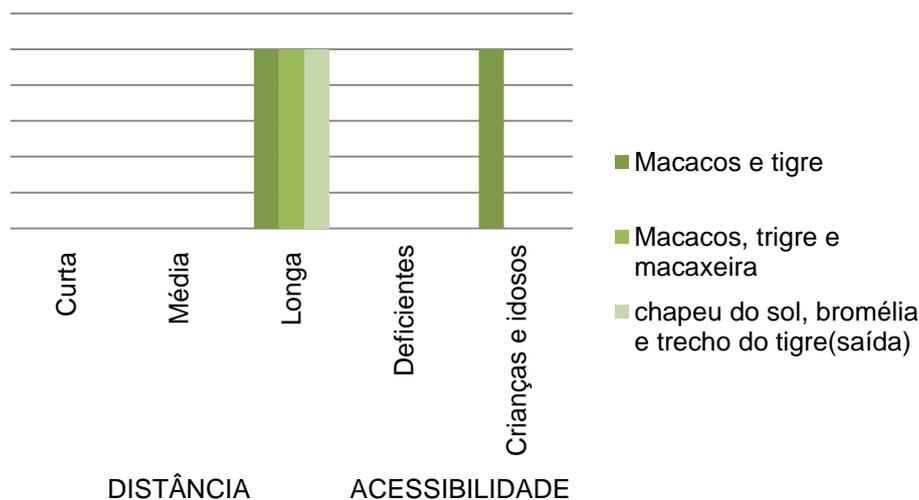


Figura 8 - Classificação dos percursos de trilhas por distância (tamanho) e acessibilidade do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE

Com relação ao grau de severidade, relacionado à possibilidade de desprendimento de pedras, trechos escorregadios e pedregosos, por exemplo, o percurso Macacos/Tigre foi classificado como pouco severo, enquanto que os demais percursos possuem grau de severidade moderado (Figura 9). Já quanto à orientação, o percurso formado pelas trilhas dos Macacos, Tigre e Macaxeira foi classificado como difícil. Trilhas desta classe não possuem sinalização, possuem bifurcação e mata fechada, para citar alguns.

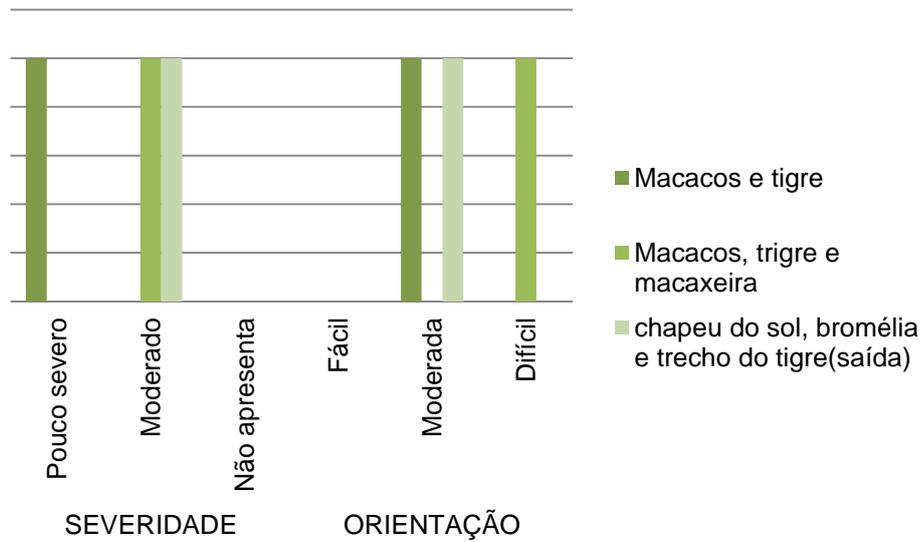


Figura 9 - Classificação dos percursos de trilhas por severidade e orientação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE

O percurso composto pelas trilhas dos Macacos e Tigre possui esforço de classe leve, exposição ao risco pequena e insolação baixa. Já o percurso constituído pelas trilhas dos Macacos, Tigre e Macaxeira foi classificado de esforço moderado, média exposição ao risco e insolação. Quanto ao percurso Chapéu do Sol/trilha das Bromélias/trecho da trilha do Tigre possui esforço classificado como pesado, exposição ao risco alta e insolação baixa (Figura 10).

Observa-se, nos meios de divulgação (mídias sociais) do Parque e reportagens na TV, como principal atrativo o zoológico com divulgação de informações relacionadas ao comportamento e cuidado com os animais. Desse modo, sugere-se inserir a UC na divulgação como atrativo para visitação e turístico.

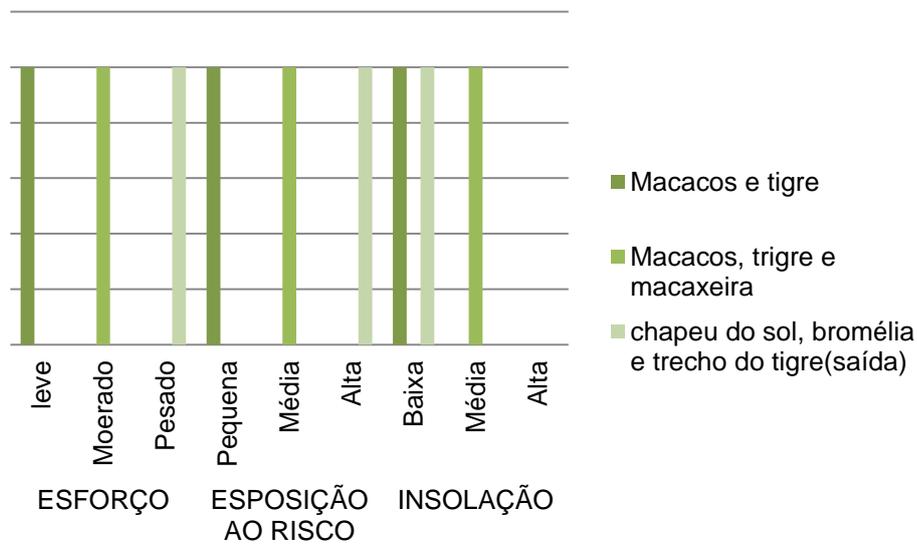


Figura 10 - Classificação dos percursos de trilhas quanto ao esforço, exposição e insolação do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE

### 3.2. Relação entre a existência, função das trilhas e o zoneamento do PEDI

No seu plano de manejo (SEMAS, 2014), o PEDI está dividido em quatro zonas, duas subzonas e três setores. Quanto às zonas, têm-se: Zona de Amortecimento - ZA (área do entorno da UC); Zona de Atenção Especial - ZAE (área de vigilância prioritária); Zona de Ambiente Natural - ZAN (área de proteção integral do ecossistema); e Zona de Uso Antrópico - ZUA (área de conservação, visitação e interação com o ambiente natural). Esta última apresenta as Subzonas do Zoológico e Administração – SZA e Cultural – SZC.

Quanto aos setores, o PEDI apresenta o Setor de Regularização Fundiária – SF (área com desapropriação posterior à elaboração do Plano de Manejo), Setor de Conflito – SC (área de uso incompatível com o objetivo da UC) e Setor de Restauração – SR (área alterada, em processo de recuperação ou regeneração). A comparação entre as trilhas mapeadas e o zoneamento do Parque resultou na figura 3 e Tabela 1. Na figura 3, pode-se observar o limite do PEDI conforme o Plano de Manejo vigente e o limite atual do parque, obtido após consulta à escritura e mapas anteriores da área.

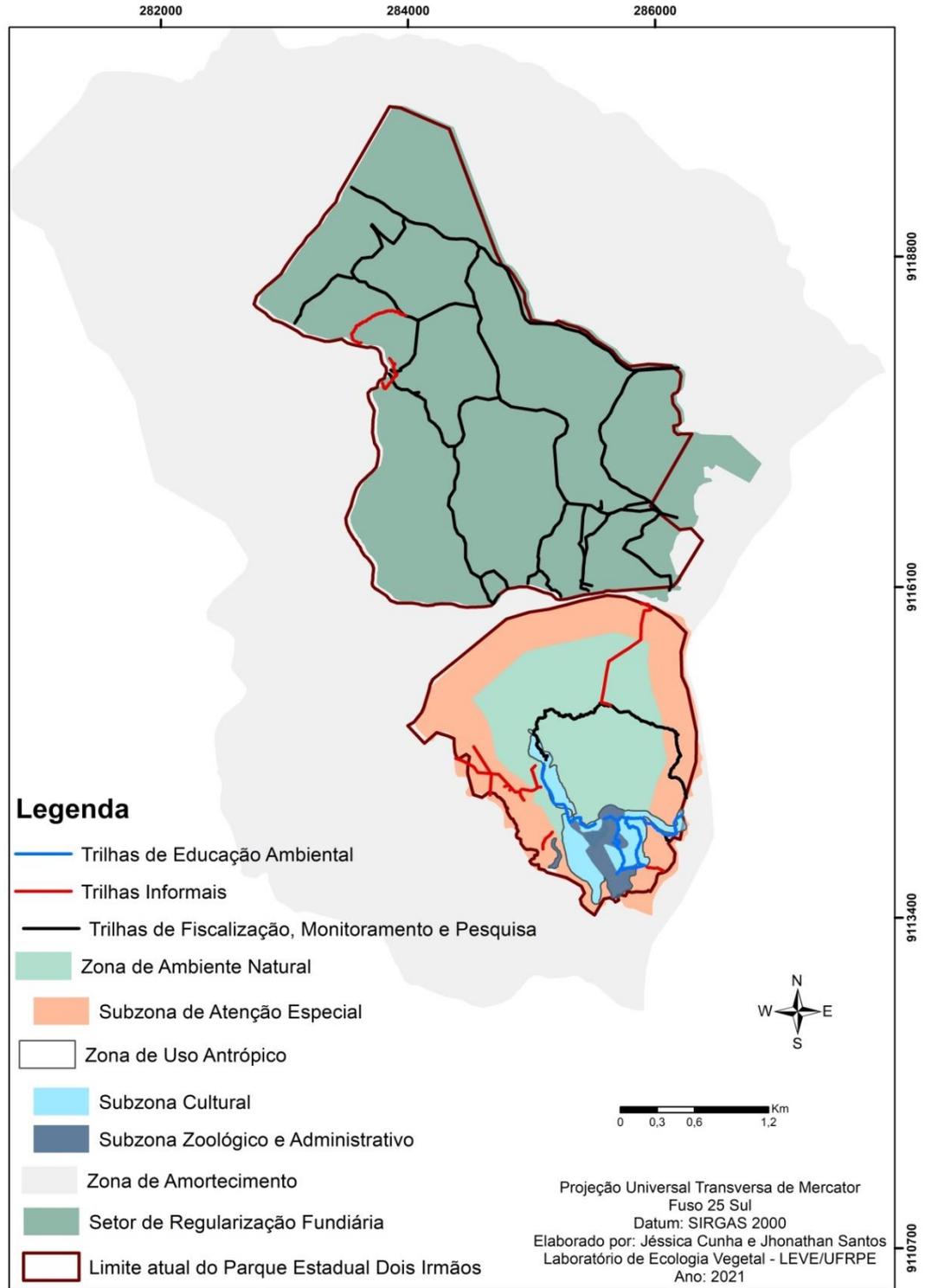


Figura 3 – Mapeamento das trilhas e zoneamento do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife/ PE.

Tabela 1 – Largura média (L), comprimento total (C) e área total (A) ocupadas por trilhas, por classe de uso e por zona, de acordo com o zoneamento do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/ PE

		<b>L (m)</b>	<b>C (m)</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Fiscalização</b>	SF	1,84	19.498,07	38.042,86
	ZAE	1,5	950,12	1.359,06
	ZAN	1,00	1634,28	1.706,70
	ZUA	0,65	276,78	180,72
<b>EA</b>	ZAE	0,98	532,62	555,79
	ZAN	2,00	230,74	423,43
	ZUA	1,15	2.385,65	3.307,66
<b>Informal</b>	ZA	2,00	9,67	19,35
	ZAE	1,31	2.040,76	2.468,66
	ZAN	1,3	996,47	1.344,32

### 3.2.1. Setor de Regularização Fundiária - SF

Os segmentos localizados nesta área constituem trilhas formais e apresentam função de serviços, com desenvolvimento da atividade de fiscalização realizada pela segurança patrimonial ou ambiental do PEDI. Não há estrutura de edificação no SF, embora, segundo o Plano de Manejo do Parque (SEMAS, 2014), o uso é permitido desde que a edificação seja para fins de apoio às atividades realizadas no mesmo. Há também a permissão de uso para Restauração Florestal e plantio de espécies nativas. É proibido o uso para plantio de espécies exóticas e realização de atividades econômicas opostas ao objetivo da UC.

Das trilhas identificadas, 9.792,11 m são utilizados com maior frequência na atividade de fiscalização, localizadas em cada lateral da área e ao centro (figura 3). Tal informação pode influenciar no processo de seleção, desativação e, conseqüentemente, regeneração de algumas trilhas utilizadas com menor frequência, já que os impactos são considerados inevitáveis, pois, quanto maior o fluxo de uso das trilhas, maior o efeito impactante (MELLO, 2019).

As trilhas variam em largura de 0,80 m a 10,15 m. Esta última, de maior largura, inicia na Estrada dos Macacos e dá acesso à trilha central, uma das mais usadas na fiscalização. Apresenta média de 1,5 m de largura e 120,72 m de comprimento, valores abaixo das médias obtidas nas trilhas totais, tanto do PEDI quanto de fiscalização, o que não parece estar relacionado à necessidade de regularização fundiária, mas talvez ao fato de serem utilizadas por atividade monitorada, a depender da modalidade (caminhada, a cavalo, em moto ou carro).

Quanto ao uso esperado das trilhas identificadas, em relação ao Plano de manejo do PEDI, no SF, embora as trilhas não estejam previstas nos usos tolerados do Plano, há compatibilidade, já que as mesmas são prioritariamente destinadas a atividades de fiscalização. Conforme as normas de uso do PEDI, a fiscalização é uma atividade constante e permanente em todas as zonas (SEMAS, 2014). Sugere-se avaliar a necessidade de manutenção de todas as trilhas existentes, já que algumas são utilizadas com menos frequência e outras apresentam bifurcação, que favorece a perda de vegetação e amplia o impacto na área (MORAES; CANDIOTTO, 2015). Tais trilhas podem ser inseridas na priorização da regeneração natural, favorecendo a recuperação do ecossistema. Assim, é necessário isolar a área de modo a favorecer o retorno da vegetação, seguido do monitoramento, visando identificar a eficácia do método escolhido. Além disso, é importante observar a proximidade da área com remanescentes de vegetação nativa, a compactação do solo e a presença de gramíneas, fatores que podem comprometer o processo regenerativo (EMBRAPA, 2020).

### **3.2.2. Zona de Atenção Especial – ZAE**

Embora seja permitida apenas a realização de estudos e pesquisa científica nesta zona, além de atividades de monitoramento e fiscalização, foram identificados segmentos que constituem trilhas informais, com presença de trilhas secundárias, cuja maioria está localizada próxima ao Setor de Conflito e uma se localiza em sentido à Estrada dos Macacos, que pode ser o ponto de seu surgimento. As trilhas secundárias resultam de “atalhos” provocados pela extensão das trilhas, que refletem na retirada da vegetação e podem iniciar e finalizar em diferentes pontos da trilha (FERREIRA; CHIG; FAVARO, 2017).

Há 11 segmentos de trilhas na área (950,12 m), que correspondem à única trilha de fiscalização na floresta madura, cujo uso é compatível com o Plano de Manejo. Apresenta segmentos com média de 1,5 m de largura e 74,08 m de comprimento, variando de 1 m a 1,5 m de largura. Com relação às trilhas de educação ambiental, a média de largura dos segmentos equivale a 0,98 m e 133,16 m para o comprimento. Os segmentos apresentam 0,8 m e 1,3 m de menor e maior largura, respectivamente. Quanto aos segmentos de trilhas informais, apresentam média de largura de 1,31 m e 60,02 m de comprimento, com larguras que variam de 0,4 m a 4 m.

Na ZAE, foram identificados segmentos informais que também se localizam na ZAN, no sentido ao Setor de Conflito e a ZAN e no sentido à Subzona Cultural, que equivalem a 37,95 m. Sugere-se a avaliação por meio da equipe gestora quanto à necessidade do fortalecimento da fiscalização na área. No caso da trilha sentido à Estrada dos Macacos, verificar a possibilidade e necessidade da mesma ser formalizada para fiscalização e acesso ao SF. As demais trilhas informais podem ser inseridas no processo de regeneração, conforme sugerido no SF (EMBRAPA, 2020).

### **3.2.3. Zona de Ambiente Natural – ZAN**

Na ZAN, é permitida a realização de estudos e pesquisa científica, além de atividades de fiscalização, segundo o Plano de Manejo vigente (SEMAS, 2014). No entanto, foi identificado que, além da trilha de uso para monitoramento e fiscalização, há segmentos de trilhas informais no sentido ao Setor de Conflito e à Estrada dos Macacos, de modo a facilitar o acesso irregular de visitantes à área.

Os segmentos de trilhas de fiscalização na ZAN apresentam média de largura correspondente a 1,0 m e 275,44 m de comprimento. A menor largura identificada apresenta 0,65 m, enquanto que a maior possui 1,5 m e ocupa 0,17 ha da área. Quanto às trilhas de educação ambiental, as larguras apresentam média de 2 m e 59,05 m de comprimento, com larguras variando de 0,77 m a 2,8 m. Já com relação as trilhas informais, os segmentos apresentam média de 1,3 m de largura e 40,39 m de comprimento. As larguras variam de 0,5 m a 4 m.

A ZAN, além dos segmentos que constituem a trilha sentido à Estrada dos Macacos com possibilidade de dar continuidade ao processo de fiscalização, há mais duas trilhas, das quais uma corresponde à trilha principal e ramificada da ZAE e a outra está direcionada à ZUA (Figura 3), o que pode estar relacionado ao acesso de pessoas à área.

#### 3.2.4. Zona de Uso Antrópico - ZUA

A ZUA possibilita a interação das pessoas com o ambiente natural, sendo permitido o uso para realização de trilhas interpretativas, instalação de equipamentos de segurança e sinalização de apoio aos visitantes e desenvolvimento das atividades do Plano de Manejo, além de atividades relacionadas à pesquisa, proteção e educação ambiental - EA (SEMAS, 2014). A ZUA possui duas subzonas que correspondem ao zoológico e ao setor administrativo do PEDI e à área de importância cultural, com duas modalidades de trilha formal. Na ZUA, há trilhas de uso para Educação Ambiental, além de trecho do segmento relacionado à fiscalização. Os segmentos correspondentes à EA apresentam média de largura equivalente a 1,3 m e 358,19 m de comprimento, com larguras variando de 1 m a 1,6 m. Já o segmento relacionado à fiscalização está localizado na subzona cultural, apresentando largura equivalente a 0,65 m e comprimento de 276,78 m.

Segundo a equipe gestora, há possibilidades da existência de pequenas trilhas informais no parque, de modo geral, abertas pela comunidade do entorno, em alguns casos para o descarte de resíduos sólidos, sendo fundamental a intensificação da fiscalização e da conscientização da comunidade do entorno por meio da Educação Ambiental. Quanto à ramificação ou trilha secundária, pode estar relacionada ao desvio do visitante de obstáculos oriundos da erosão (REZENDE; CUNHA, 2014).

### 3.3. Trilhas e uso público

Embora o Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) apresente regras de uso em seu Plano de Manejo, não possui Plano de Uso Público – PUP, documento técnico com objetivo no uso e manejo, com reflexo na visitação em unidade de conservação (ICMBIO, 2019). No entanto, além das Trilhas Interpretativas na Mata, segundo a gestão do PEDI, várias outras atividades são planejadas e disponibilizadas para os visitantes, tais como: pesquisa científica, visitas ao zoológico, domingo no zoo, zoo férias, zoo noturno, zoo assombrado, bicho do mês, semana das crianças, zoo vai (escolas), exposições, aniversários (do PEDI e do zoológico) e eventos do calendário ambiental.

Vale ressaltar que as trilhas possibilitam outros usos pela comunidade, seja para realização de caminhada, corrida, ciclismo, motocross e observação de aves por grupos organizados. Além de servir de acesso para áreas de descarte de resíduos sólidos, uso religioso, campo de futebol, coleta de recursos madeireiros e não madeireiros e incidência de incêndios. Desse modo, algumas trilhas de uso para a fiscalização foram reclassificadas como de múltiplos usos (Figura 11), que foram identificados no processo de coleta de dados. O presente estudo recomenda que a gestão avalie a possibilidade de selecionar trilhas da Floresta Jovem para regularização de atividades recreativas já realizadas pela população. Inclusive, é necessária a adequação dos segmentos para o manejo sustentável dos mesmos (BARROS; GONNET; PICKERING, 2013). Esta ação levará à aproximação com a comunidade do entorno, de modo a substituir o comportamento impactante para o de protetor do parque e da biodiversidade envolvida (ZHONG et al., 2020). É primordial estreitar relações com representantes das atividades recreativas (WIMPEY; MARION, 2011) realizadas informalmente, tais como ciclismo, corrida e caminhada, visando a adequação às normas do parque para a sustentabilidade do ecossistema.

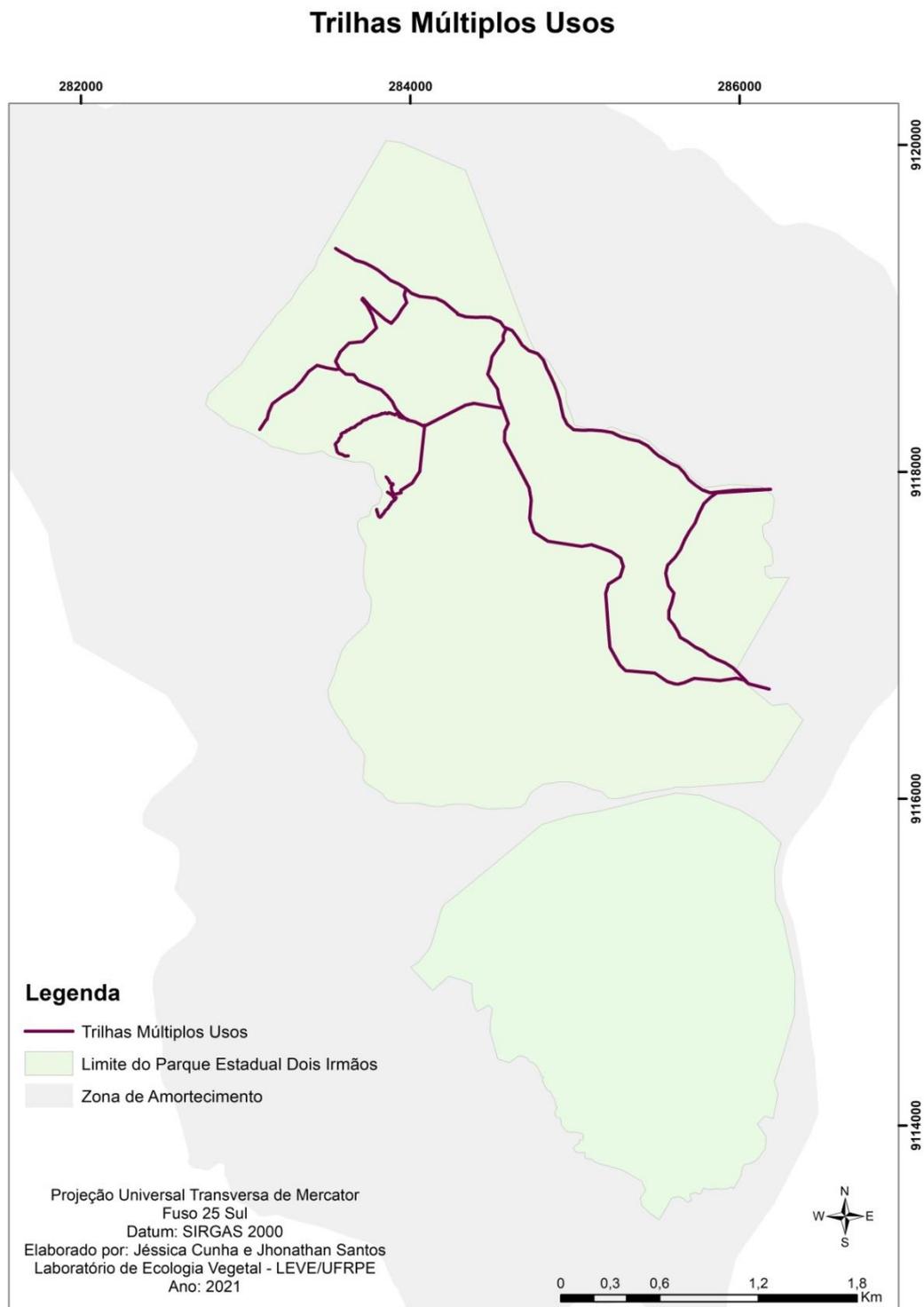


Figura 11 – Localização das trilhas de múltiplos usos do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife/ PE.

### 3.4. Trilhas ocultas

A tecnologia do LIDAR possibilitou identificar possíveis espaços no limite do PEDI, que, devido à feição de geometria linear ou baixa densidade do sub-bosque florestal, apresentam formato semelhante a trilhas. Tais áreas foram aqui denominadas de **trilhas ocultas**, não identificadas por levantamento de campo, diante dos limites de acesso ou desconhecimento da gestão. O Modelo de Densidade Relativa RDM foi obtido a limite superior com distância de 5,0 m e limite inferior a 0,1 m do solo.

Foram identificados 17.456,93 m de trilhas ocultas, cujo maior percentual está localizado no Setor de Regularização Fundiária, no fragmento de floresta jovem, conforme pode ser observado na Figura 4. Na maioria, estão localizadas em direção às trilhas de fiscalização, próximas a possíveis pontos de olho d'água, bica, fonte de água mineral e à estrada no entorno do PEDI. Em estudo realizado na Alemanha, quanto aos atrativos em florestas urbanas, corpos d'água e habitats protegidos foram citadas entre as características mais importantes para explicar a intensidade de uso por ciclistas e pedestres (GERSTENBERG et al., 2020).

A densa cobertura de dossel dificulta a penetração da tecnologia LIDAR, o que comprometeu a identificação de mais trilhas ocultas nos demais setores, sendo identificadas apenas três possíveis trilhas (uma com bifurcação) na Zona de Atenção Especial. Caso confirmadas presencialmente, tais trilhas devem ser conduzidas ao processo de regeneração. O uso de novas tecnologias no levantamento de trilhas, segundo Marion, Wimpey & Park (2011), possibilita melhorias na gestão de forma remota, visando otimizar o tempo em atividade de campo. Além disso, justifica medidas para planejamento e tomada de decisão, como, por exemplo, a necessidade de ampliar a equipe gestora diante dos impactos provocados pelas trilhas.

Em estudos prévios, o LIDAR foi utilizado, por exemplo, para estimar os impactos da exploração seletiva madeireira na Amazônia. O estudo confirmou a possibilidade do monitoramento, diante da qualidade na acurácia relacionada à área explorada, além da mensuração dos impactos quanto ao sub-bosque e dossel mapeados, de modo que as informações obtidas possibilitam identificar

anormalidades e atuar com rapidez (LOCKS; MATRICARDI, 2019; COSTA et al., 2020).

O uso da tecnologia permite monitorar áreas maiores e que não seja possível realizar o inventário florestal, obter dados biofísicos e estruturais, além de informações não obtidas em campo (COSTA et al., 2020; SATO, 2017). As geotecnologias também apresentam como vantagem a possibilidade de aquisição de informação para a implementação de trilhas em Unidades de Conservação, contribuindo com a gestão para a escolha de percursos adequados para os visitantes e o ambiente natural. Além disso, possibilitam caracterizar área de estudo quanto a informações relacionadas à declividade e hipsometria e fornecer dados precisos favoráveis à tomada de decisão por órgãos ambientais e reduzir ou eliminar a necessidade de idas a campo (FETTER; HENKE-OLIVEIRA; SAITO, 2012; ARAGÃO; DUARTE, 2016).

Mesmo diante das várias vantagens e benefícios, a varredura a laser aerotransportada pode ser comprometida por obstáculos, como a estrutura do dossel e as espécies das árvores (KUKKONEN et al., 2021). Sugere-se atualizar o levantamento realizado em campo, para verificar a compatibilidade com o resultado obtido por meio do LIDAR e uso de outras tecnologias, de forma a aprimorar o estudo e identificar ferramentas adequadas para necessidades específicas.

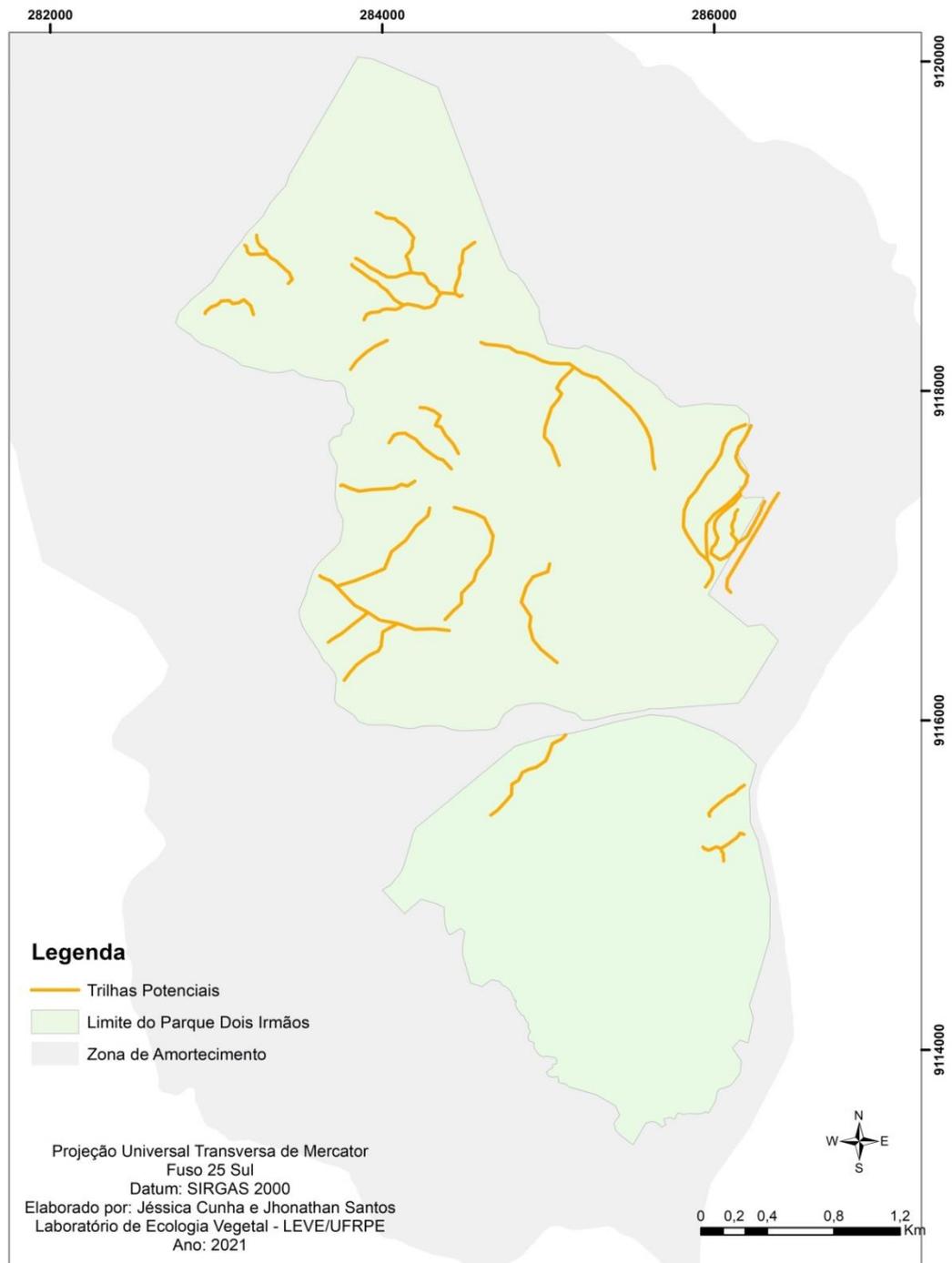


Figura 4 – Mapeamento das trilhas ocultas e zoneamento do Parque Estadual de Dois irmãos, Recife/PE

#### **4. CONCLUSÕES**

O estudo possibilitou compreender a interação das trilhas com o zoneamento do Parque Estadual de Dois Irmãos e avaliar a compatibilidade dos segmentos em comparação ao seu Plano de Manejo. Desse modo, as trilhas compatíveis foram identificadas na Zona de Uso Antrópico e no Setor de Regularização Fundiária. Já na Zona de Atenção Especial e na Zona de Ambiente Natural, há trilhas incompatíveis devido à informalidade no uso.

Quanto ao uso público das trilhas, o estudo permitiu identificar que há outros usos por parte da população, que resultou na reclassificação de algumas trilhas destinadas para a fiscalização. Também, foram identificadas e mapeadas possíveis trilhas por meio de recurso da tecnologia LiDAR, localizadas em grande maioria no Setor de Regularização Fundiária e ainda desconhecidas pela gestão do Parque.

As informações espacializadas permitem contribuir com a gestão do Parque quanto à tomada de decisão e manejo de áreas que requerem priorização. Desse modo, os resultados obtidos neste estudo fortalecem a importância de pesquisas quanto à existência de trilhas em unidades de conservação, visando a prevenção de possíveis danos ao ecossistema. São disponibilizadas novas informações e dados referentes aos impactos relacionados às trilhas por zoneamento, úteis ao manejo da área, almejando contribuir com o parque no processo de atualização do plano de manejo.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Quanto aos impactos negativos, resultantes da existência das trilhas em área protegida de Mata Atlântica, o estudo confirmou a predição de que as trilhas impactam negativamente o ecossistema florestal. Desse modo, os impactos da largura e biomassa perdida foram explicados significativamente no capítulo 1, pelas variáveis: cronossequência, tipo de uso, declividades e distância até a borda, este apenas para largura. Observa-se que os impactos são intensificados pela frequência de uso das trilhas.

Com relação à compatibilidade das trilhas com o zoneamento disposto no instrumento de gestão do parque, em maioria, as trilhas são compatíveis, no entanto, há trilhas informais em algumas áreas que requerem monitoramento para mitigar os impactos gerados. Desse modo, a classificação das trilhas e a identificação dos múltiplos usos e das trilhas desconhecidas permitem complementar o diagnóstico das trilhas no Parque Estadual de Dois Irmãos, útil para a atualização do plano de manejo e determina as medidas de ação de mitigação dos impactos relacionados às atividades recreativas em trilhas ecológicas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15505-2. **Turismo com atividades de caminhada parte 2: Classificação de percursos.** 14 p., 2008.
- ANDRADE, W. J. DE; ROCHA, R. F. DA. **MANEJO DE TRILHAS: UM MANUAL PARA GESTORES.** São Paulo: Instituto Florestal, v. 35, 74 p., 2008.
- ARAGÃO, J. G.; DUARTE, S. M. A. Uso das geotecnologias para a caracterização do Parque Estadual dois Irmãos, Recife-PE. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 1, p. 26-36, 2016.
- BALLANTYNE, M.; PICKERING, C. M. Differences in the impacts of formal and informal recreational trails on urban forest loss and tree structure. **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 159, n. 13, p. 94–105, 2015.
- BARROS, A.; GONNET, J.; PICKERING, C. Impacts of informal trails on vegetation and soils in the highest protected area in the Southern Hemisphere. **Environmental Management**, Londres, v. 127, n. 15, p. 50–60, 2013
- BRASIL. Lei Federal nº 9.795 de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.** Brasília, 27 abr. 1999.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Brasília, 18 jul. 2000.
- COSTA, V. A. M. et al. Assessing the utility of airborne laser scanning derived indicators for tropical forest management. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Inglaterra, v. 82 n. 4, p. 352-358, 2020.
- D'OLIVEIRA, M. V. N. et al. Estimating forest biomass and identifying low-intensity logging areas using airborne scanning lidar in Antimary State Forest, Acre State, Western Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, Estados Unidos, v. 124, n. 9, p. 479–491, 2012.
- D'OLIVEIRA, M. V. N.; FIGUEIREDO, E. O.; PAPA, D. DE A. Uso do Lidar como ferramenta para o manejo de precisão em florestas tropicais. **Embrapa Acre-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 130 p., 2014.
- DUPUIS, C. et al. How can remote sensing help monitor tropical moist forest degradation? A systematic review. **Remote Sensing**, Suíça, v. 12, n. 7, p. 1-24, 2020.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estratégia de recuperação: Regeneração natural sem manejo.** Brasília. 2020.

Disponível em : <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/regeneracao-natural-sem-manejo>>. Acesso em 14 dez 2020.

FEMERJ – FEDERAÇÃO DE MONTANHISMO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Metodologia de Classificação de Trilhas**. 53 p., 2015.

FERREIRA, T. H. C.; CHIG, L. A.; FAVARO, E. G. P. Estudo de Caso: Avaliação de Impactos Ambientais no Horto Florestal – Tote Garcia em Cuiabá – Mato Grosso. **UNICIÊNCIAS**, Paraná, v. 21, n. 2, p. 74-80, 2017.

FETTER, R.; HENKE-OLIVEIRA, C.; SAITO, C. H. Técnicas de Viewshed para planejamento de trilhas de visita o em Unidades de Conserva o da natureza. **Revista brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p.94-102, 2012.

FOLETO, E. M.; ZIANI, P. ZONEAMENTO AMBIENTAL E DIRETRIZES PARA O PLANO DE MANEJO DO PARQUE DO MORRO EM SANTA MARIA/RS. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 15-37, 2013.

FONSÊCA, N. C.; MEUNIER, I. M. J.; LINS-E-SILVA, A. C. B. Can fallen trees enhance aboveground biomass estimation? A proposal for the Brazilian Atlantic forest. **Revista de Biología Tropical**, Costa Rica, v. 68, n. 4, p. 1284–1297, 2020.

GERSTENBERG, T.; BAUMEISTER, C.F.; SCHRAML, U.; PLIENINGER, T. Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. **Landscape and Urban Planning**, Holanda, v. 203, n. 11, p. 1-15, 2020.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVA O DA BIODIVERSIDADE. **Manual de Sinaliza o de Trilhas**. Brasília, 68 p., 2018

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVA O DA BIODIVERSIDADE. **Visita o em Parques Nacionais bate novo recorde em 2018**. Brasília, 2019.

KUKKONEN, M. et al. Fusion of crown and trunk detections from airborne UAS based laser scanning for small area forest inventories. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Holanda, v. 100, n. 102327, p. 1-8, 2021.

LIMA, Lorene. **ICMBio investe em acessibilidade nos parques**. 2016. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/8248-icmbio-investe-em-acessibilidade-nos-parques>. Acesso em: 15 maio 2021.

LOCKS, C. J.; MATRICARDI, E. A. T. Estimativa de impactos da extra o seletiva de madeiras na Amazônia utilizando dados LIDAR. **Ciência Florestal**, Rio Grande do Sul, v. 29, n. 2, p. 481-495, 2019.

MALDONADO-OR , E. M.; CUSTODIO, M. Visitor environmental impact on protected natural areas: An evaluation of the Huaytapallana Regional Conservation

Area in Peru. **Journal of Outdoor Recreation and Tourism**, Reino Unido, v. 31, n. 4, p. 1-13. 2020.

MARION, J.L. et al. A Review and Synthesis of Recreation Ecology Research Findings on Visitor Impacts to Wilderness and Protected Natural Areas. **Journal of Forestry**, Washington, v. 114, n. 3, p. 352-362, 2016.

MARION, J.L.; WIMPEY, J.F.; PARK, L.O. The science of trail surveys: Recreation ecology provides new Recreation ecology provides new tools for managing wilderness trails. **Park Science**, [S.l.], v. 28, n. 3, p. 60-65, 2011.

MARTINS, G.S.; DUTRA, V.C. Estruturação de trilhas com foco na sustentabilidade: uma proposta para a trilha da Serra do Espírito Santo no Parque Estadual do Jalapão (TO). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, Rio de Janeiro, v.12, n.5, p.866-886, 2019.

MELLO, F. A. P. Contribuição para a sistematização de classificação morfológica e funcional de trilhas em áreas protegidas. **Revista Eletrônica Uso Público em Unidades de Conservação**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 11, p. 1-14, 2019.

MORAES, D.I. CANDIOTTO, L.Z.P. Análise de risco, vulnerabilidade e impactos ambientais em duas trilhas ecológicas de um estabelecimento rural no município de Francisco Beltrão/PR. **Revista Formação**, São Paulo, v. 2, n. 22, p. 319-345, 2015.

REZENDE, V. L.; CUNHA, F. L. Os desafios do uso de trilhas em unidades de conservação. **Periódico eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v.10, n. 3, p. 29-41, 2014.

SATO, Luciane Yumie. **Tecnologia lidar para quantificação dos impactos de incêndios na estrutura florestal no sudoeste da Amazônia**. 2017. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 2017.

SEMAS - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Plano de Manejo: Parque Estadual Dois Irmãos**. Pernambuco, 75 p., 2014.

WIMPEY, J.; MARION, J.L. A spatial exploration of informal trail networks within Great Falls Park, VA. **Environmental Management**, Londres, v. 92, n. 3, p. 1012–1022, 2011.

ZHONG, L. et al. Recreation ecology research in China's protected areas: progress and prospect. **Ecosystem Health and Sustainability**, Reino Unido, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2020.

