



INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**VARIAÇÃO NA ESTIMATIVA DE HERBIVORIA FOLIAR DE ACORDO
COM DIFERENTES MÉTODOS TRADICIONAIS**

DISCENTE: KARINA AGRÉCIA DIAS BARBOSA

ORIENTADOR: PROF. DR. ESTEVÃO ALVES DA SILVA

Urutaí, GO
2025

KARINA AGRÉCIA DIAS BARBOSA

**VARIAÇÃO NA ESTIMATIVA DE HERBIVORIA FOLIAR DE ACORDO
COM DIFERENTES MÉTODOS TRADICIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas, sob orientação do Prof. Dr. Estevão Alves da Silva.

Urutaí, GO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

B238v

Barbosa, Karina Agrécia Dias.

Varição na estimativa de herbivoria foliar de acordo com diferentes métodos tradicionais [manuscrito] / Karina Agrécia Dias Barbosa. – Urutaí, GO: IF Goiano, 2025.

24 fls. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Estevão Alves da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2025.

1. Método de Grid. 2. Método de Ranks. 3. Tecnologia. 4.
Processamento de Imagem. 5. Eficiência. 6. Digitais. 7. Tradicionais.
I. Silva, Estevão Alves da. II. Título. III. Instituto Federal Goiano.

CDU 57.02

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

<input type="checkbox"/> Tese (doutorado)	<input type="checkbox"/> Artigo científico
<input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)	<input type="checkbox"/> Capítulo de livro
<input type="checkbox"/> Monografia (especialização)	<input type="checkbox"/> Livro
<input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)	<input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento
<input type="checkbox"/> Produto técnico e educacional - Tipo:	<input type="text"/>
Nome completo do autor:	Matrícula:
<input type="text" value="Karina Agrecia Dias Barbosa"/>	<input type="text" value="2021101220530054"/>
Título do trabalho:	
<input type="text" value="Variação na estimativa de herbivoria foliar de acordo com diferentes métodos tradicionais"/>	

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

gov.br
Documento assinado digitalmente
KARINA AGRECIA DIAS BARBOSA
Data: 12/03/2025 13:34:40-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

/ /
Local Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autogov.br

Documento assinado digitalmente
ESTEVÃO ALVES DA SILVA
Data: 12/03/2025 14:10:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 49/2025 - DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Às 14:02 horas do dia 06 de março de 2025, reuniram-se

Presencialmente

no Laboratório de Ensino e Educação, do Prédio da Biologia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí, a Banca Examinadora do Trabalho de Curso intitulado “**Variação na estimativa de herbivoria foliar de acordo com pesquisadores e métodos**” composta pelos avaliadores

1 Estevão Alves da Silva

2 André Luis da Silva Castro

3 Leandro Carvalho Ribeiro

para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito parcial para a obtenção do Grau de **Licenciado/a em Ciências Biológicas**. O Presidente da Banca Examinadora, Prof. **Estevão Alves da Silva**, passou a palavra à licencianda **Karina Agrécia Dias Barbosa** para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Banca Examinadora e respectiva defesa da licencianda. Logo após, a Banca Examinadora se reuniu, sem a presença da licencianda e do público, para expedição do resultado final. A Banca Examinadora considerou que a discente foi:

APROVADA

NÃO APROVADA

por unanimidade, tendo sido atribuído a nota 9.76 ao seu trabalho. O resultado foi então comunicado publicamente à licencianda pelo Presidente da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrada a defesa.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora	Notas
1. Estevão Alves da Silva	9.7
2. André Luis da Silva Castro	9.8
3. Leandro Carvalho Ribeiro	9.8

Média final:

9.76

Urutai-GO, 06 de março de 2025

Documento assinado eletronicamente por:

- **Estevo Alves da Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/03/2025 16:22:20.
- **Leandro Carvalho Ribeiro**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/03/2025 21:18:59.
- **Andre Luis da Silva Castro**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/03/2025 10:21:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/03/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 683286

Código de Autenticação: e90fa5b625



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pois foi devido à sua graça que consegui concluir mais uma etapa de minha vida com muito sucesso. Meus objetivos jamais teriam sido alcançados se não fosse pela sustentação que Ele deu a mim no decorrer dessa jornada.

Gostaria de agradecer aos meus pais Otávio Eustáquio Barbosa e Eliana Dias Ferreira por terem apoiado e acreditado em cada parte do meu sonho e por terem me incentivado a ser cada dia melhor do que antes. A presença de vocês fez toda a diferença nessa caminhada, jamais terei palavras e sentimentos suficientes para agradecê-los.

Ao meu irmão e padrinho Wanderson Roberto de Andrea, a pessoa que me é o meu porto seguro desde que me entendo por gente. Tenha certeza de que durante os anos de graduação, cada pequena conquista que tive foi devido à inspiração que sempre senti vendo suas próprias lutas e conquistas. Não conseguiria ter tanta garra se não tivesse seu apoio incondicional em tudo que decido fazer.

Aos meus avós José Dias Ferreira e Agrécia Ferreira da Silva (*in memoriam*), jamais poderei expressar o quanto sou grata por ter tido vocês como família em minha vida. Não sabem o quanto sinto falta de vocês e o quanto desejei que vocês estivessem aqui para poderem ver que consegui realizar mais um de meus sonhos. Espero que de algum lugar consigam olhar por mim e que sintam tanto orgulho de mim quanto sinto de vocês. Obrigada por cada ensinamento e por cada gesto de amor que me proporcionaram.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, por me fornecer a oportunidade de cursar um curso superior gratuito e com um núcleo de tamanha excelência. Os aprendizados que foram construídos no decorrer dos últimos anos fizeram com que eu conseguisse enxergar novas oportunidades do presente e do futuro profissional que está por vir.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET-BIO), onde fui bolsista durante toda a graduação e tive as melhores experiências que uma graduanda poderia ter em seus anos de faculdade. Aprendi de forma acolhedora e calorosa como trabalhar em equipe, como fazer projetos que envolvem o ensino e a extensão, além de escrever trabalhos que foram aprovados em eventos regionais. Me lembrarei com carinho de cada pessoa que fez parte da equipe e colaborou de alguma forma com a minha

carreira acadêmica.

As minhas amigas, com ênfase nas integrantes do PET-BIO, Daniela Justiniano, Gabrielly Martins, Ingrid Lorena, Thais Botelho e à minha amiga e companheira Pâmela de Souza. Agradeço imensamente por todo companheirismo que dividimos nesses últimos anos. Vocês mais do que ninguém sabem o quanto são importantes em minha vida e o quanto sou grata por compartilhar mais um momento tão especial com vocês. Já afirmei anteriormente e reafirmarei, vocês fazem parte da minha família, jamais se esqueçam do quanto podem cativar às pessoas que estão ao seu redor. Tenho muito orgulho de vocês!

Ao professor Dr. Estevão Alves da Silva, por ter sido além de meu orientador um excelente tutor e colega. Sua dedicação e esforço refletem seu excelente profissionalismo. Agradeço a você por cada momento de ensinamento e ajuda que dedicou a mim no decorrer desses anos.

Aos professores do núcleo da biologia, em especial à professora Tania Maria de Moura, ao professor Leandro Carvalho Ribeiro e ao professor André Luis Castro, por quem tenho tamanho carinho e apreço pelo profissionalismo e pela humanidade que carregam em si como professores. Vocês me inspiraram no decorrer desses 4 anos de graduação e podem ter certeza de que continuarão inspirando vários outros discentes.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA

Análise de variância

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

Josué 1:9

Sumário

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Folhas utilizadas	4
2.2. Preparação das folhas	5
2.3. Análises estatísticas	7
3. RESULTADOS	7
3.1. Ranks de herbivoria	7
3.2. Grids de herbivoria	9
4. DISCUSSÃO	11
5. CONCLUSÃO	13
6. REFERÊNCIAS	14

RESUMO

A quantificação correta e apropriada da herbivoria foliar é essencial para compreendermos seus efeitos na ecologia das plantas. Cientistas avaliam de duas formas qualitativas a herbivoria foliar; no método de Ranks, a herbivoria é classificada em classes (e.g., 0%, 1–25%, 26–50%, 51–75%, > 75% de dano foliar) e no método de Grid, um papel milimetrado transparente é sobreposto às folhas e a herbivoria é estimada contando-se os quadradinhos. Neste estudo propomos fazer uma comparação de herbivoria foliar de acordo com diferentes participantes e métodos de mensuração de herbivoria foliar (métodos de Ranks e método de Grids). O problema central consistiu na avaliação de qual das abordagens oferecia maior precisão e eficiência. Folhas de *Mussaenda philippica* (Rubiaceae) foram usadas como modelo e editadas para que cada uma tivesse uma medida de perda de área foliar. Estas folhas foram apresentadas a diferentes participantes. Cada participante foi convidado a reportar valores de herbivoria de acordo com Ranks e Grids, e estes valores foram comparados com os dados reais. Os resultados mostraram que o método de Grids foi mais vantajoso, pois é um método rápido, com baixo custo e os valores de herbivoria que foram obtidos se assemelham bastante com os valores proporcionados por métodos digitais.

Palavras-chave

Método de Grid; Método de Ranks; Tecnologia; Processamento de Imagem; Eficiência; Digitais; Tradicionais.

1. INTRODUÇÃO

A herbivoria pode ser considerada como qualquer dano infringido nas estruturas vegetativas (folhas, ramos, raízes) e/ou reprodutivas (flores, frutos e sementes) das plantas pelos herbívoros (Silva & Maia, 2022). A herbivoria é um fenômeno amplamente estudado na ecologia, pois desempenha um papel fundamental na dinâmica das comunidades e na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Dourado et al., 2016). Diferentemente da região Afro tropical, onde os responsáveis pela herbivoria são grandes mamíferos que se alimentam de parte considerável da biomassa das plantas, na região Neotropical são os insetos que dominam (Cristoffer & Peres, 2003; Costa *et al.*, 2008; Dantas & Pausas, 2020). A diversidade de insetos herbívoros é elevada, como tripes e hemípteros, que possuem aparelho bucal sugador e deixam pequenas marcas nas flores (Camargo et al., 2011); e formigas, lagartas de borboletas, besouros e gafanhotos, que por terem aparelho bucal mastigador, acabam por remover parte das folhas (Leal; Castro, 2007; Otieno; Butler; Pryke, 2023).

A interação entre herbívoros e plantas é complexa e pode ter efeitos significativos deletérios para as plantas. Por exemplo, a herbivoria foliar pode deixar a planta mais suscetível a doenças, afetar seu crescimento, desenvolvimento, biomassa, alocação de nutrientes e até mesmo a reprodução (Maron, 1997; Aldea *et al.*, 2005; Massad *et al.*, 2011; Wheeler *et al.*, 2016). Na Flórida, pequenos insetos como tripes vem sendo implementados como controle biológico de plantas invasoras, pois os tripes conseguem se alimentar tão vorazmente que as plantas acabam morrendo (Cuda, 2016). Percebe-se desta maneira que os insetos podem prejudicar as plantas de diversas maneiras, inclusive sua persistência ou extinção no habitat.

A quantificação correta e apropriada da herbivoria foliar é essencial para compreendermos os efeitos dessas interações na ecologia das plantas. Cientistas avaliam de forma quantitativa e qualitativa a herbivoria por perda de área foliar. No primeiro caso é possível estimar a área do limbo foliar que foi perdida (Reis & Silva & Chagas, 2021). O segundo caso diz respeito aos insetos sugadores, e a avaliação é mais difícil, pois não envolve diretamente a perda de área foliar, apesar da área afetada ficar necrosada e perder o poder de fotossíntese (Menezes Filho & Souza Castro, 2019).

Análises de estimativa de perda de área foliar têm sido tradicionalmente feitas utilizando-se diferentes métodos, definidos aqui como “clássicos” e “digitais”. Métodos clássicos são considerados os mais tradicionais na ecologia, e que foram usados de forma

consistente por muito tempo, sendo a base de estudos de herbivoria. Esses métodos envolvem a coleta de amostras de folhas em áreas naturais, seguida pela medida da área danificada e pela classificação dos danos causados pelos herbívoros.

Em ecologia, basicamente dois métodos clássicos têm sido utilizados. Um deles, conhecido como estimativa em Ranks é baseado em uma classificação qualitativa da herbivoria, que é ranqueada em classes (e.g., 0%, 1–25%, 26–50%, 51–75%, > 75% de dano foliar) (Kersch & Fonseca 2005; Baker-Meio & Marquis 2012). Já a estimativa manual (método de Grid) consiste em sobrepor um papel milimetrado transparente nas folhas e contar os quadrados que perfazem a área foliar e os que estão sobrepostos à área de herbivoria (Farnsworth & Ellison 1991; Oliveira-Filho *et al.*, 2022). Um valor quantitativo da perda de área foliar é então obtido com medidas de porcentagem de herbivoria (Alves-Silva & Del-Claro, 2016). É interessante notar que apesar da existência de métodos digitais, os cientistas ainda usam os métodos clássicos para estimar a herbivoria foliar (Del-Claro & Marquis, 2015; Nogueira *et al.*, 2016; Oliveira-Filho *et al.*, 2022).

No entanto, com o avanço da tecnologia métodos digitais utilizam técnicas de processamento de imagem e análise computacional para conseguir quantificar danos nas folhas de forma automatizada (Pires, 2012). A análise da herbivoria foliar a partir de métodos digitais envolve a captura de imagens das folhas, seguida pela segmentação e quantificação dos danos utilizando algoritmos específicos (Dourado *et al.*, 2016). Esta abordagem tem se mostrado promissora, pois permite uma análise objetiva, além de reduzir a possível subjetividade associada à contagem manual. Apesar das vantagens dos métodos digitais, é importante ressaltar que eles também apresentam algumas limitações. Por exemplo, a qualidade das imagens capturadas pode influenciar a precisão da análise, sendo necessário garantir boas condições de iluminação e foco (Domingues *et al.*, 2005). A falta de equipamentos eletrônicos de qualidade é outro ponto negativo para a análise de herbivoria foliar, aliado ao alto custo financeiro para adquirir certos equipamentos ou softwares necessários para realizar as análises (Prado, 2023). Além disso, a segmentação dos danos nas folhas pode ser desafiadora, especialmente quando os danos são sutis ou estão próximos de outras estruturas da planta.

Assim como a análise de herbivoria foliar a partir de métodos digitais traz até nós alguns desafios, na análise a partir de métodos clássicos não é diferente. Uma das grandes limitações encontradas ao utilizar este método é decorrente da equipe envolvida para

realizar essas medidas, pois análises visuais ou quantitativas estão sujeitas à subjetividade e diferentes interpretações (Zvereva & Kozlov, 2019).

Neste estudo fizemos uma comparação de herbivoria foliar de acordo com diferentes participantes, e métodos clássicos de mensuração de herbivoria foliar (métodos de ranks e método de grids). Folhas foram editadas para que cada uma tivesse uma medida de perda de área foliar, e estas foram apresentadas à diferentes participantes (participantes). Cada participante foi convidado a reportar valores de herbivoria de acordo com Ranks e Grids, e estes valores foram comparados com os dados reais. De acordo com nossa hipótese, os valores de herbivoria estimados pelos participantes iriam variar entre si, e seriam diferentes dos valores reais. Nós também hipotetizamos que o método de Rank, por ser qualitativo, seria mais impreciso do que o método de Grid, que por sua vez é quantitativo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Folhas utilizadas

Para realizar a análise de herbivoria foliar utilizamos a espécie *Mussaenda philippica* A. Rich. LC. (Rubiaceae) como modelo. Esta planta é um arbusto nativo das Filipinas e comumente utilizado em diversos países, como o Brasil, como uma espécie de planta ornamental, que decora residências ou parques. Esta espécie possui folhas de cor verde intenso, medindo até 20 cm de comprimento e 10 cm de largura. As folhas possuem forma oval, com a base arredondada e a ponta acuminada; sua margem é lisa e suas nervuras são bem definidas, possuindo uma nervura central e nervuras secundárias que se ramificam; podem apresentar tricomas na superfície abaxial, mas em baixa quantidade (observação pessoal).

Os principais motivos que nos levaram a escolher esta espécie de planta para realizarmos o estudo de mensuração de herbivoria, foi justamente por apresentar folhas de tamanho relativamente grandes e por possuírem margens lisas, o que facilita o trabalho para quantificar a herbivoria de forma correta. Além disso, é uma espécie de planta ornamental muito conhecida e que naturalmente possui diversos predadores, como pulgões, lagartas e cochonilhas (Cosmo & Galeriani, 2020).

2.2. Preparação das folhas

Uma folha contendo margem e limbo perfeitos, e sem sinal de herbivoria foi escolhida como modelo. Esta folha foi herborizada e posteriormente fotografada ao lado de uma régua (usada como escala). Escolhemos usar somente uma folha modelo a fim de evitar variações que pudessem influenciar os resultados. A foto foi transferida a um computador e trabalhada no programa Image J®, onde foi replicada 10 vezes. Este programa foi usado para editar a perda de área foliar, e para tal, escalonamos a folha, retiramos partes de cada imagem e medimos essa perda em mm² e porcentagem de dano, para nosso controle (**Tabela 1**). Esta medida de perda de área foliar foi utilizada posteriormente nas análises, para compararmos sua relação com cada metodologia clássica (Ranks e Grid). Cada folha poderia conter de 1 a 5 marcas de herbivoria (partes consideradas como perda de área foliar) (**Tabela 1**). Porém a quantidade de marcas de herbivoria não tinha relação com % de dano, ou seja, folhas com mais orifícios não eram as que tinham elevada taxa de dano ($R^2 = 0.12$, $F_{1,8} = 1.18$, $P > 0.05$).

As folhas com a herbivoria conhecida foram organizadas em pranchas (2 linhas e 5 colunas). A primeira prancha continha as folhas para a análise dos Ranks de herbivoria, e na segunda prancha, colocamos um grid transparente em cada folha, simulando o papel milimetrado que é usado no método de Grid (**Figura 1**). Cada prancha foi impressa a cores e em papel A4, para ser distribuída aos participantes do estudo.

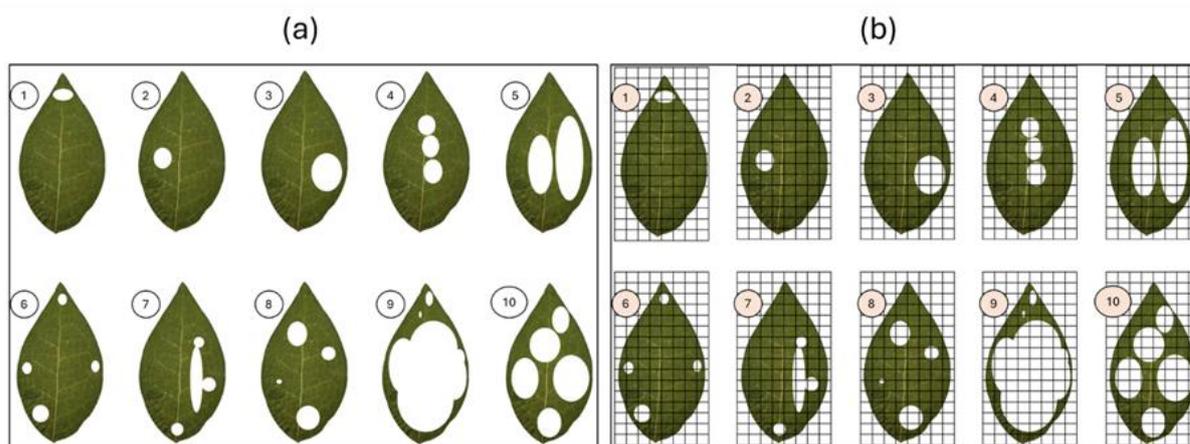


Figura 1: (a) Danos de herbivoria analisados sem o papel quadriculado. (b) Danos de herbivoria analisados com o papel milimetrado.

A metodologia deste trabalho foi desenvolvida no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí e teve como participantes 9 alunas do 6º período do curso superior de Licenciatura em Ciências Biológicas. O pré-requisito que utilizamos para a escolha das

estudantes levou em consideração terem cursado a disciplina de ecologia no curso de Biologia, pois era necessário ter noções básicas sobre herbivoria, que é uma interação ecológica estudada na disciplina.

Após a escolha das participantes, marcamos uma reunião com elas para uma breve descrição do estudo que seria feito. Entregamos a cada uma as pranchas que continham as folhas já digitalizadas e acometidas por herbivoria. Explicamos como elas deveriam estimar a herbivoria segundo o método de Ranks e o método de grids, lhes instruindo a colocar os resultados de acordo com o que elas consideravam que fosse herbivoria. Além das pranchas com as folhas, cada participante também recebeu duas tabelas para relatarem as medidas de herbivoria de forma anonimada e de acordo com cada método (**Figura 2**).

(a)					(b)		
Investigador _____					Investigador _____		
	Categorias de dano foliar					Grid points	
Folhas	até 25%	de 26 a 50%	de 51% a 75%	mais que 75%	Folhas	Quadrinhos totais	Quadrinhos dano
Folha 1					Folha 1		
Folha 2					Folha 2		
Folha 3					Folha 3		
Folha 4					Folha 4		
Folha 5					Folha 5		
Folha 6					Folha 6		
Folha 7					Folha 7		
Folha 8					Folha 8		
Folha 9					Folha 9		
Folha 10					Folha 10		

Figura 2. Modelos de tabelas para as participantes relatarem seus resultados. (a) Método de Ranks. (b) Método de Grids.

As participantes precisavam analisar as impressões e apontar a quantidade de herbivoria foliar que encontraram. Nas impressões sem o papel quadriculado, poderiam classificar a porcentagem de danos causados nas folhas de acordo com os seguintes parâmetros: até 25%, de 26 a 50%, de 51% a 75%, ou > 75%. Já nas impressões com o papel quadriculado, os indivíduos deveriam analisar quantos quadradinhos consideravam acometidos por herbivoria em cada uma das folhas. Neste caso, cada uma decidiria se consideraria herbivoria apenas os quadradinhos inteiros ou se considerariam herbivoria qualquer parte da folha danificada que estivesse dentro dos quadradinhos. As participantes precisavam anotar em uma folha separada apenas a quantidade de herbivoria encontrada (**Figura 2**).

2.3. Análises estatísticas

Valores de estatística descritiva com média e desvio padrão são fornecidos para alguns dados. O teste de Fisher foi usado para se comparar o número de erros e acertos, ou seja, quantas folhas foram marcadas em seu rank correto de herbivoria e quantas folhas foram marcadas em ranks errados. O teste de Fisher também foi usado para vermos os acertos e erros de cada participante.

Análises de regressão linear foram usadas para avaliarmos se a quantidade de acertos dos participantes foi influenciada pelas marcas de herbivoria nas folhas (a quantidade de orifícios de herbivoria), e pela área real de herbivoria foliar.

No caso da herbivoria de grids, usamos um teste de t de Student para uma amostra a fim de verificarmos se a média real de herbivoria (19.5%) era diferente da média obtida dos dados dos participantes. Uma Análise de Variância (ANOVA) foi feita para compararmos as medidas de cada participante. Para verificarmos a relação entre as medidas reais de herbivoria (por folha) e as medidas dos participantes (média por folha), realizamos uma regressão linear.

A decisão de uso dos testes de ANOVA e regressão linear foi feita respeitando-se os preceitos de cada teste como normalidade dos dados (Anova e regressão), homogeneidade de variâncias (ANOVA) e normalidade dos resíduos (regressão). As análises e gráficos foram feitos no programa R utilizando-se os pacotes base e o ggplot2.

3. RESULTADOS

3.1. Ranks de herbivoria

Ao analisarmos os dados, foi possível observar a quantidade de erros e acertos obtidos na análise convencional em comparação com a análise digital gerada pelo Image J®. A maioria das folhas foi marcada em um rank errado (teste exato de Fisher $P < 0.0001$) (**Tabela 1, Figura 3**). Se todas as participantes acertassem o rank de herbivoria, a média seria igual a 9, porém a média de acertos foi 2.6 (± 2.7) e de erros foi 6.4 (± 2.8). Em um caso, como na Folha 10 (**Tabela 1, Figura 3**), nenhuma participante acertou o rank correspondente à herbivoria; já na Folha 1, todas participantes acertaram o rank de herbivoria.

Tabela 1. Dados descritivos da perda de área foliar, o rank correspondente (valores variam entre 0 e 4), e a quantidade de respostas corretas e incorretas de acordo com as 9 participantes.

Folhas	Marcas de herbivoria ¹	Herbivoria (%) ²	Rank correspondente (% de herbivoria)	Respostas corretas	Respostas erradas
Folha 1	1	2	Rank 1 ($\leq 25\%$)	9	0
Folha 2	1	3	Rank 1 ($\leq 25\%$)	6	3
Folha 3	1	10	Rank 1 ($\leq 25\%$)	1	8
Folha 4	3	10	Rank 1 ($\leq 25\%$)	2	7
Folha 5	2	32	Rank 2 (26-50%)	1	8
Folha 6	4	5	Rank 1 ($\leq 25\%$)	3	6
Folha 7	4	11	Rank 1 ($\leq 25\%$)	1	8
Folha 8	4	11	Rank 1 ($\leq 25\%$)	1	8
Folha 9	3	69	Rank 3 (51-75%)	2	7
Folha 10	5	42	Rank 2 (26-50%)	0	9

¹ corresponde à quantidade de orifícios criados nas folhas para simular a herbivoria

² a herbivoria corresponde à perda de área foliar em imagens editadas no programa Image J (ver Métodos).

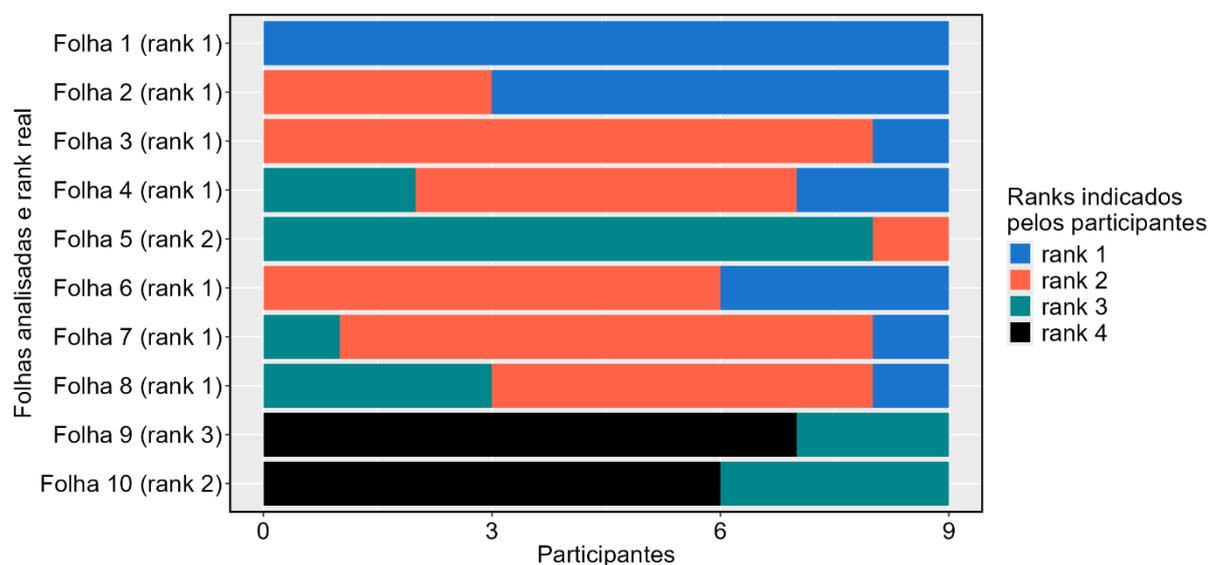


Figura 3. Ranks correspondentes à herbivoria foliar e respostas das estudantes. Na Folha 1, todas as participantes acertaram o rank de herbivoria; já na Folha 10, todas erraram.

Em relação as participantes, nenhuma acertou todas as categorias das folhas (teste exato de Fisher $P = 0.0148$) (**Figura 4**) e a média de acertos foi menor que a de e erros, ficando $2.88 (\pm 2.02)$ contra $7.11 (\pm 2.02)$, respectivamente. Uma participante (#1) cometeu erros em 9 das 10 folhas.

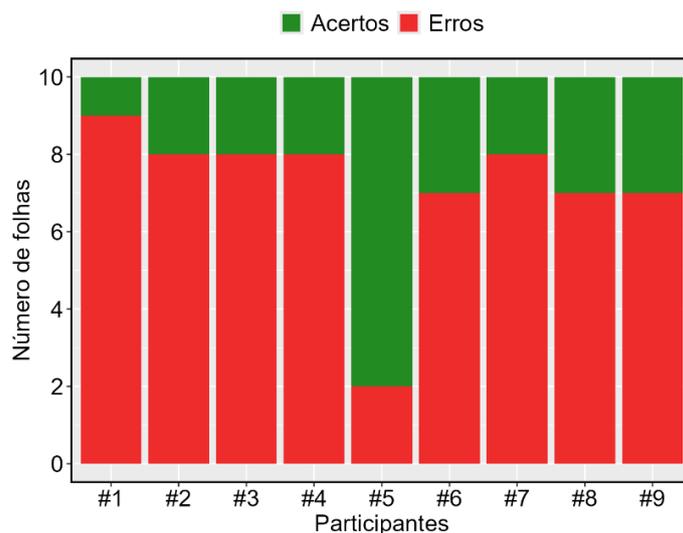


Figura 4. Respostas das participantes quanto às folhas analisadas. Nenhuma participante acertou o rank de todas as folhas.

A quantidade de acertos em relação aos ranks de herbivoria foi influenciada pela quantidade de marcas de herbivoria nas folhas ($R^2 = 0.40$, $F_{1,8} = 5.37$, $P = 0.0490$), e pelo dano foliar em si ($R^2 = 0.53$, $F_{1,8} = 9.07$, $P = 0.0167$). Ambas as variáveis foram negativamente relacionadas com os acertos (**Figura 5**).

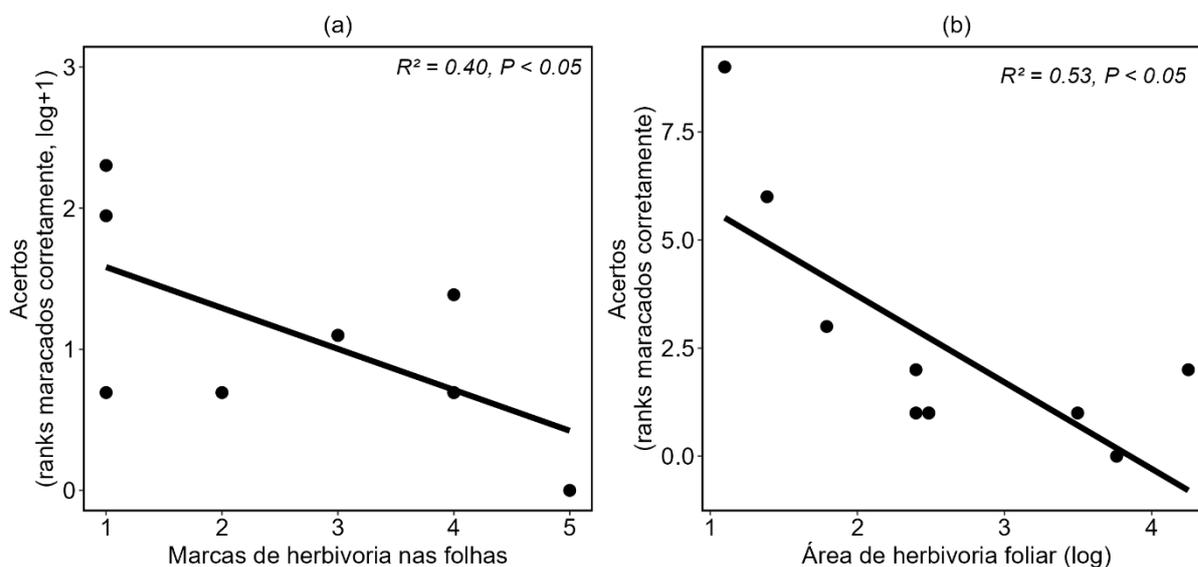


Figura 5. Relação negativa entre a quantidade de acertos e (a) as marcas de herbivoria nas folhas; e (b) a área real de herbivoria foliar.

3.2. Grids de herbivoria

A herbivoria artificial criada nas folhas (pelo programa Image J) foi de 19.5 (\pm 21.67%). Já a herbivoria analisada pelas participantes foi 18.14 (\pm 15.97%), e esta

diferença não foi significativa ($t = 0.80$, $gl = 89$, $P = 0.4229$). Apesar de existirem variações quanto as participantes (**Figura 6a**), estas também não foram significativas ($F_{8,81} = 0.904$, $P = 0.517$). Quando comparamos as medidas de cada participante com o valor real de herbivoria das folhas, notamos que em nenhum caso ambas medidas foram iguais (**Figura 6b**). No entanto a relação entre ambas medidas foi alta e significativa (**Figura 7**).

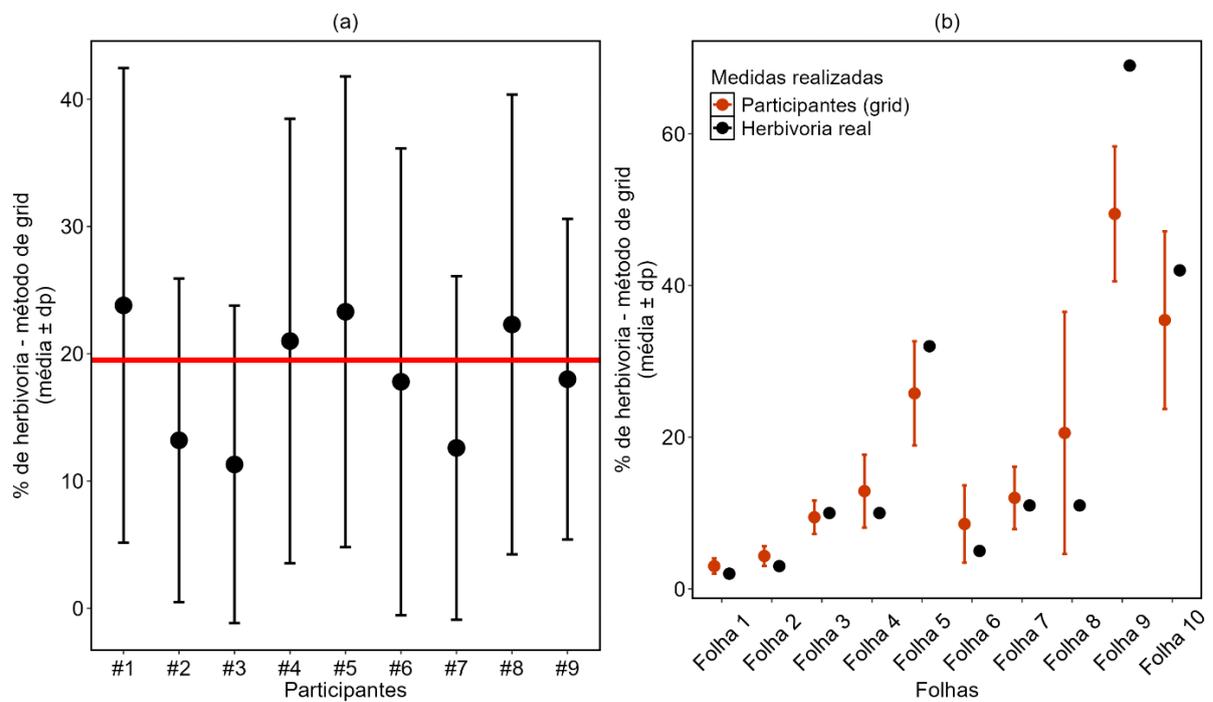


Figura 6. (a) Estimativas visuais de acordo com cada participante usando o método de Grid. A linha horizontal vermelha indica a média real de herbivoria. No geral, as medidas das participantes foram próximas à média real. (b) Comparação entre as folhas medidas pelas participantes e a herbivoria real. Algumas medidas foram bem próximas, já outras desviaram bastante.

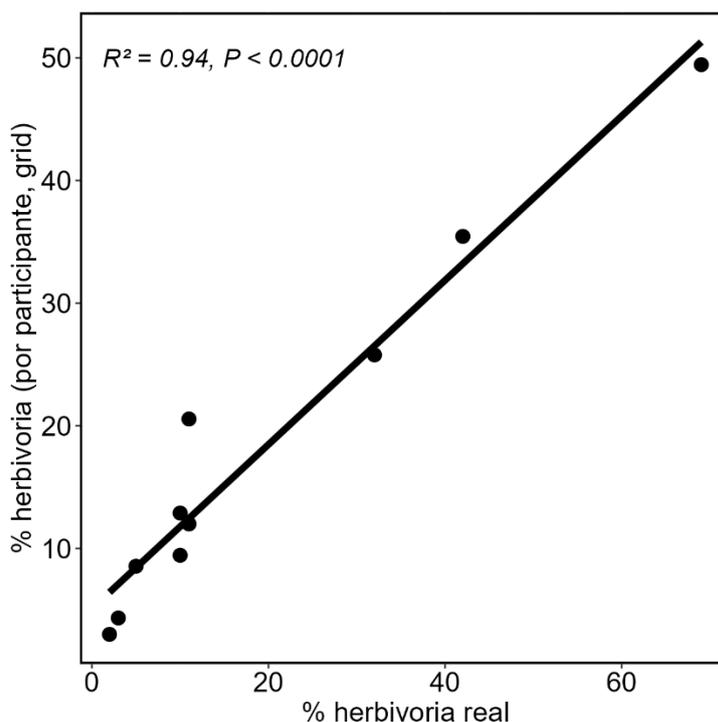


Figura 7. Relação entre as estimativas das participantes e a herbivoria real nas folhas. A relação entre as variáveis foi altamente positiva e significativa.

4. DISCUSSÃO

A análise dos dados encontrados nos possibilitou avaliar o método de Grids como mais eficaz do que o método de Ranks. Algumas questões foram apontadas para que obtivéssemos este resultado, entre elas a objetividade e maior simplicidade na quantificação de herbivoria proporcionado pelo método de Grids garantiu estatisticamente menores chances de falhas na apuração total do valor de herbivoria encontrada nas folhas (Pannuti; Pocius; Oliveira, 2007).

O método de Ranks foi bem impreciso, pois a maioria das folhas foi medida em um Rank diferente do real. Apenas a Folha #1 foi medida corretamente por todas as participantes; enquanto a Folha #10 foi medida incorretamente por todas. Isso indica uma grande variabilidade no Método Ranks devido a pouca confiabilidade que este método passa. A quantidade de acertos obtidos foi influenciada pelas características das folhas modelo, a partir da quantidade de marcas de herbivoria e da própria área de herbivoria percebida pelas participantes. Por exemplo, a Folha #9 continha aparentemente uma grande área de perda de foliar, e a maioria das participantes classificou esta folha como Rank 4 (> 75% de herbivoria). A herbivoria real desta folha era de 69%, colocando a

folha como Rank 3. Já a folha #10, que apresentava cinco marcas de herbivoria, foi a que obteve a maior quantidade de erros nas respostas.

Durante a análise de herbivoria, as participantes tiveram uma maior margem de erro ao analisarem as folhas a partir do método de Ranks. Há fatores que podem ter inferido diretamente nesses resultados, como a abordagem qualitativa, que faz com que a intensidade do dano encontrado seja atribuída a uma categoria (Fox; Bellwood, 2008). Porém, o método não apresenta dados numéricos de herbivoria exatos, logo, mesmo que uma folha tenha apresentado um dano real de herbivoria com 20% ou 30%, ela pode ser classificada de maneira parecida com uma folha que apresenta danos maiores, como 40% a 50%. Apesar de sua fácil acessibilidade e aplicabilidade, as desvantagens que o método de Ranks possui acaba chamando mais atenção do que suas vantagens, pois a variação dos dados encontrados na quantificação de herbivoria feita pelas participantes é grande, podendo afetar o estudo como um todo. A diversidade de avaliação visual do observador pode inferir diretamente na interpretação dos dados (Morrison, 2016).

Considerando todos estes fatores, podemos classificar o Método de Ranks como o mais impreciso e menos confiável, e sua aplicação em estudos ecológicos deve ser feita com muita cautela, ou ainda seria preferencial que os pesquisadores utilizassem outros métodos mais acurados.

Já o Método de Grids foi mais efetivo em fornecer dados de herbivoria, visto que a relação entre os dados de Grid e as medidas reais de herbivoria foi de 94%. Isso indica que as medidas foram bastante aproximadas, e este método seria uma alternativa mais confiável em comparação ao Método de Ranks. O Método de Grids mostra-se mais eficaz devido a rapidez apresentada para processar os dados de herbivoria. É possível realizar o processamento de quantificação de áreas acometidas por herbivoria e obter um resultado preciso em pouco tempo e com ainda menos margem de erros, sem utilizar métodos digitais que dependem de softwares para processar estes mesmos dados. Por exemplo, Del-Claro & Marquis (2015) utilizaram o método de Grids para amostrar a herbivoria ao longo de três anos em diferentes grupos de plantas. Essa abordagem permitiu a obtenção instantânea dos dados, poupando tempo que seria dedicado à coleta e preparação das folhas, e análises posteriores em computador (Nogueira *et al.*, 2012; Vilela *et al.*, 2014).

Os métodos clássicos de análise de herbivoria possuem algumas vantagens em relação aos métodos digitais, como o baixo custo e a facilidade de aplicação (Silva *et al.*, 2023). Este método exige dos participantes apenas a capacidade de contagem manual e/ou escalas de dano visual, sem a necessidade de investimentos em equipamentos

tecnológicos para a instalação dos softwares digitais, o que torna o método mais acessível (Siqueira *et al.*, 2023). Para a análise, os observadores precisam apenas de alguma orientação básica para realizar a contagem, sem ter que se preocupar em desenvolver habilidades especializadas para classificar os dados (Silva *et al.*, 2023). No entanto, diferentes observadores podem ter uma percepção diferente da quantidade de herbivoria encontrada, além de precisarem de grande disponibilidade de tempo para realizarem a avaliação necessária (Morrison, 2016).

A escolha da melhor ferramenta para realizar a quantificação dos dados de herbivoria dependerá da necessidade da pesquisa. Sem dúvidas o método grids é mais eficaz, tendo em vista a facilidade de sua aplicabilidade, a baixa margem de erro estatística e seu custo econômico. Sua abordagem detalhada permitiu uma avaliação mais fiel das áreas que foram danificadas pelas herbivoria, algo que o método ranks não conseguiu realizar de forma tão precisa (Silva *et al.*, 2023). A avaliação feita a partir do método de Grids evidenciou quando o grau de dano apresentado nas folhas era moderado, ou seja, onde os danos não eram uniformemente distribuídos.

Portanto, os resultados encontrados confirmam que o método de Grids possui maior precisão na análise quantitativa de herbivoria encontrada nas folhas, reduzindo a margem de erros que foram encontradas na análise feita pelo método de Ranks. Ao colocar os quadradinhos nas superfícies das folhas e avaliar o dano de forma mais sistemática, ele fornece uma estatística mais precisa e menos sujeita à interpretação individual do observador. Isso resulta em dados mais confiáveis e com menor variação entre diferentes pesquisadores ou repetições de análise.

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa mostrou a eficácia que o método de Grids possui em termos de precisão ao compararmos com os métodos de Ranks. No entanto, os dois métodos tradicionais possuem algumas limitações, principalmente o método de Ranks, mas ainda assim pode ser válido em algumas situações específicas, como a necessidade de avaliar casos de herbivoria foliar sem a necessidade de alta precisão nos resultados. A utilização do método tradicional de Grids mostrou-se vantajosa na quantificação de dados de herbivoria devido à confiabilidade dos resultados que são entregues, fornecendo dados precisos que são analisados com grande rapidez pelos pesquisadores. Outro fator crucial que torna este método vantajoso é com relação ao seu baixo custo de investimento, sendo

necessário apenas uma folha com papel milimetrados para quantificar a área afetada pela herbivoria.

Algumas sugestões que poderiam ser feitas para deixar o estudo ainda mais concreto seria aumentar a diversidade de espécies de plantas, mensurando a herbivoria de diferentes tamanhos de folhas e de margens (serreada, lobada ou partidas) e aplicar as metodologias diretamente no campo, com folhas que foram acometidas por herbivorias reais. Outra sugestão diz respeito a quantidade de participantes, que poderia ter um n amostral maior para verificarmos se haveria alterações nos resultados que foram encontrados no estudo, além de medir o tempo gasto para aplicar diferentes metodologias na mensuração da herbivoria encontrada.

6. REFERÊNCIAS

ALDEA, M.; HAMILTON, J.G.; RESTI, J.P.; ZANGERL, A.R.; BERENBAUM, M.R.; DELUCIA, E. H. Indirect effects of insect herbivory on leaf gas exchange in soybean. *Plants, Cell and Environment*, v. 28, n. 3, p. 402–411, 2005.

ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Herbivory causes increases in leaf spinescence and fluctuating asymmetry as a mechanism of delayed induced resistance in a tropical savanna tree. *Plant Ecology Evolution*, v. 149, 73–80, 2016.

BAKER-MÉIO, B.; MARQUIS, R.J. Context-dependent benefits from ant–plant mutualism in three sympatric varieties of *Chamaecrista desvauxii*. *Journal Ecology*, v. 100, 242–252, 2012.

CAMARGO, J.M.M.; MORAES, J.C.; ZANOL, K.R.M.; QUEIROZ, D.L. Interação silício e insetos-praga: defesa mecânica ou química. *Revista de Agricultura*, v. 86, n. 1, p. 62-79, 2011.

COSTA, A.N.; VASCONCELOS, H.L.; VIEIRA-NETO, E.H.M.; BRUNA, E.M. Do herbivores exert top-down effects in Neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. *Journal of Vegetation Science*, v. 19, n. 6, p. 849–854, 1 dez. 2008.

COSMO, B.M.N.; GALERIANI, T.M. Pragas dos citros: cochonilhas, pulgões, minador dos citros, cigarrinhas, bicho furão e mosca branca dos citros. *Revista Agronomia Brasileira*, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2020.

CRISTOFFER, C.; PERES, C.A. Elephants versus butterflies: the ecological role of large herbivores in the evolutionary history of two tropical worlds. *Journal of Biogeography*, v. 30, n. 9, p. 1357–1380, 2003.

CUDA, J.P. The Brazilian Peppertree Thrips *Pseudophilothrips ichini* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) as a Biological Control Agent: A Reappraisal of the Timeline of Events and Attribution of Credit. *Florida Entomology*, v. 99, 799–800, 2016.

DANTAS, V.L.; PAUSAS, J.G. Megafauna biogeography explains plant functional trait variability in the tropics. *Global Ecology and Biogeography*, v. 29, n. 8, p. 1288–1298, 2020.

SILVA, R.N.; SILVA, L.J.; COSTA, A.C.B.; OLIVEIRA, J.P.S.; SILVA, J.M. Análise da herbivoria foliar em *Schinus terebinthifolius* Raddi em espaços públicos urbanos. *Scientia Naturalis*, v. 5, n. 1, 2023.

DEL-CLARO, K.; MARQUIS, R.J. Ant species identity has a greater effect than fire on the outcome of an ant protection system in Brazilian Cerrado. *Biotropica*, v. 47, 459–467, 2015.

MENEZES FILHO, A.C.P.; SOUZA CASTRO, C.F. Identificação das classes de metabólitos secundários nos extratos etanólicos foliares de *Brosimum gaudichaudii*, *Qualea grandiflora*, *Rollinia laurifolia* e *Solanum cernuum*. *Revista Multitexto*, v. 7, n. 1, 2019.

DOMINGUES, D.; LANA, P.C.; CARRILHO, J.C. Variação nos níveis de herbivoria foliar em dois manguezais da baía de Paranaguá (Paraná–Brasil). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 9, n. 2, p. 1-4, 2005.

DOURADO, A.C.P.; SÁ-NETO, R.J.; GUALBERTO, S.A.; CORRÊA, M.M. Herbivoria e características foliares em seis espécies de plantas da Caatinga do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 14, n. 3, 2016.

FARNSWORTH, E.J.; ELLISON, A.M. Patterns of herbivory in Belizean mangrove swamps. *Biotropica* 23, 555–567, 1991.

FOX, R.J.; BELLWOOD, D.R. Direct versus indirect methods of quantifying herbivore grazing impact on a coral reef. *Marine Biology*, v. 154, p. 325–334, 2008.

KERSCH, M.F.; FONSECA, C.R. Abiotic factors and the conditional outcome of an ant-plant mutualism. *Ecology*, v. 86, p. 2117–2126, 2005.

LEAL, I.R.; PERINI, M.A.; CASTRO, C.C. Estudo fenológico de espécies de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga. In: *Congresso de Ecologia do Brasil*, p. 1-2, 2007.

MARON, J.L. Interspecific competition and insect herbivory reduce bush lupine (*Lupinus arboreus*) seedling survival. *Oecologia*, v. 110, n. 2, p. 284–290, 1997.

MASSAD, T.J.; CHAMBERS, J.Q.; ROLIM, S.G.; JESUS, R.M.; DYER, L.A. Restoration of pasture to forest in Brazil's Mata Atlântica: the roles of herbivory, seedling defenses, and plot design in reforestation. *Restoration Ecology*, v. 19, n. 201, p. 257–267, 2011.

MORRISON, L.W. Observer error in vegetation surveys: a review. *Journal of Plant Ecology*, v. 9, n. 4, p. 367–379, 2016.

NOGUEIRA, A.; REY, P.J.; ALCÁNTARA, J.M.; LOHMANN, L.G. Evidence of between-population differences in natural selection on extra-floral nectaries of the shrub *Anemopaegma album* (Bignoniaceae). *Botany*, v. 94, p. 201–213, 2016.

OLIVEIRA-FILHO, L.A.; CALIXTO, E.S.; SANTOS, D.F.B.; DEL-CLARO, K. Negative cascading effects of a predatory fly larva on an ant-plant protective mutualism. *Arthropod Plant Interactions*, v. 16, p. 373–385, 2022.

OTIENO, N.E.; BUTLER, M.; PRYKE, J.S. Fallow fields and hedgerows mediate enhanced arthropod predation and reduced herbivory on small scale intercropped maize farms – $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ stable isotope evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 349, p. 108448, 2023.

PANNUTI, M.I.R.; POCIUS, O.; OLIVEIRA, A.A. Estimando a herbivoria foliar: comparação entre três metodologias. Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo: *Sociedade de Ecologia do Brasil*, 2007.

PIRES, A.C.V.; PEREIRA, S.R.; FERNANDES, G.W.; OKI, Y. Efeito de *Brachiaria decumbens* na herbivoria e no desenvolvimento de duas leguminosas nativas de cerrado. *Planta Daninha*, v. 30, p. 737-746, 2012.

PRADO, E.V. Fenotipagem de plantas por meio de ferramentas digitais. *Revista Gestão em Foco*, e. 15, p. 101-110, 2023.

REIS, A.R.S.; SILVA, K.P.; CHAGAS, D.R. Análise da superfície foliar e agrupamento de 10 espécies arbóreas: uma ferramenta na identificação de espécies amazônicas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. 58-61, 2021.

SILVA, R.J.R.; MAIA, R.C. Herbivoria foliar em um bosque de mangue no Ceará, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 32, p. 122-140, 2022.

SIQUEIRA, R.S.; SILVA, A.T.D.S.; CRUZ, V.C.; MARIANO, D.C.; OKUMURA, R.S. Uso da geoestatística no mapeamento de herbivoria em espécies nativas em área de recuperação florestal urbana no sudeste paraense. *Revista Agroecossistemas*, v. 15, n. 1, p. 124-133, 2023.

VILELA, A.A.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M.; DEL-CLARO, K. Conditional outcomes in ant-plant-herbivore interactions influenced by sequential flowering. *Flora*, v. 209, p. 359–366, 2014.

WHEELER, G.S.; KAY, F.M.; VITORINO, M.D.; MANRIQUE, V.; DIAZ, R.; OVERHOLT, W.A. Biological control of the invasive weed *Schinus terebinthifolia* (Brazilian Peppertree): a review of the project with an update on the proposed agents. *Southeastern Naturalist*, v. 15, n. 8, p. 15–34, 1 out. 2016.

ZVEREVA, E.L.; KOZLOV, M.V. Biases in studies of spatial patterns in insect herbivory. *Ecology Monography*, v. 89, 2019.