



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



LUANA ISABELA MATHEUS

**FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Glycaspis brimblecombei* Moore,
1964 (Hemiptera: Aphalaridae) EM PLANTIOS COMERCIAIS DE
Eucalyptus spp. EM UMA MICRORREGIÃO DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

ARARAS - 2024



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



LUANA ISABELA MATHEUS

**FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Glycaspis brimblecombei* Moore,
1964 (Hemiptera: Aphalaridae) EM PLANTIOS COMERCIAIS DE
Eucalyptus spp. EM UMA MICRORREGIÃO DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Agrônoma – CCA/UFSCar para a obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques
Coorientadora: Bruna Mariani Polez

ARARAS – 2024

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, por me cobrir com seu infinito amor e graça e por guiar meus passos antes mesmo que meus pés pudessem pisar na universidade. À Ele todo o mérito de minhas conquistas, as quais só puderam ser alcançadas com o seu auxílio e poder. Ao Eterno toda honra, glória e louvor!

Aos meus pais, Andreia Rodrigues dos Santos e Edson Aparecido Matheus, pelo amor incondicional, apoio, carinho e por me instruírem a ser resiliente e a agir com firmeza em todos os momentos. Obrigada por me ensinarem a ter um coração grato, amoroso e compassivo, mesmo diante dos desafios. Eu não tenho palavras para agradecê-los!

À toda a minha família pela torcida, por sempre acreditarem em mim e por compreenderem a minha ausência em alguns momentos em prol das demandas da universidade. Obrigada por me fortalecerem em oração. Em especial, ao meu tio Elias Rodrigues dos Santos (*in memoriam*), por vibrar por minhas primeiras conquistas na graduação e pelo legado de fé e amor que ele me deixou. Nossa família é o nosso patrimônio mais valioso!

Aos amigos e amores que a universidade me proporcionou, em especial à Rafaela O. da Silva, Guillermo A. C. Grandini, José Gabriel M. Finazzi, Luiz Gustavo C. Guidetti, Gabriel Guimarães J. Sprocati, Jefferson C. Pereira, Gustavo Henrique Allegre, Vivian B. Gazzola, Maria Carolina C. Silva e José Luís S. B. Falciroli. Vocês moram em um lugar muito bonito do meu coração!

A outros amigos igualmente importantes que sempre estiveram ao meu lado, em especial à Cariris A. Negreiros, Gabriela Eduarda de Oliveira, Nayara P. P. Lima, Mariana D. A. Pires, Tayná de Lima, Família Paranhos, Família Cingano e Família Lima. Amo vocês!

Aos membros do Laspef, laboratório ao qual pertenci durante toda a minha graduação e em especial a Dr^a. Ana Carolina C. de Oliveira, a melhor coorientadora

de IC, incentivadora e parceira que eu poderia ter e ao Prof. Dr. Ricardo A. G. Viani, meu mentor acadêmico, por me orientar durante grande parte da minha graduação, acreditando no meu potencial. Ao querido amigo Guilherme A. M dos Santos pelo incentivo, pela ajuda e pela amizade leve e sincera.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo N. Marques, pela excepcional orientação e pelo apoio incondicional como coordenador de curso de graduação. À minha coorientadora, Bruna M. Polez, pelo apoio, cuidado, empenho e motivação durante a condução de todo o meu trabalho, ao Thiago W. G. de Oliveira pelo fornecimento dos dados climático e à Prof. Dr^a. Josiane Rodrigues pelas dicas preciosas acerca das análises estatísticas.

Aos membros do Departamento de Geoprocessamento da Sylvamo do Brasil LTDA, Thiago U. de Freitas, Adair D. Magalhães, Bruno C. Ribeiro e Paulo R. Faquinete, pelo cuidado, compreensão, auxílio e muita paciência durante a minha caminhada como estagiária e agora como analista de geoprocessamento. Ao Fernando Vieira, membro do time de inovação, pelo empenho e proatividade em extrair os demais dados para as análises estatísticas. Muito obrigada, companheiros!

À Sylvamo do Brasil LTDA pelo fornecimento dos dados e suporte durante a idealização do meu trabalho final de graduação e estágio obrigatório.

À Universidade Federal de São Carlos e ao Centro de Ciências Agrárias, *campus* Araras, instituição da qual sou “filha” com muito orgulho e prazer.

E à todos que, direta ou indiretamente, participaram desta caminhada tão importante e enriquecedora. Que o Eterno possa abençoá-los e fortalecê-los!

“Porque desde a antiguidade não se ouviu, nem com ouvidos se percebeu, nem com olhos se viu um Deus além de ti, que trabalha para aquele que nele espera”

- Isaías 64:4

RESUMO

No Brasil, a silvicultura de espécies exóticas é uma atividade em ascensão e espécies do gênero *Eucalyptus* são amplamente exploradas para a produção de papel e celulose. Contudo, a produção de eucalipto no Brasil sofre com alguns desafios, tais como a incidência de pragas como o psilídeo-de-concha, inseto exótico que pode ameaçar a produtividade das áreas comerciais. Portanto, o presente estudo objetivou verificar a flutuação populacional de ninfas do psilídeo-de-concha em uma microrregião do estado de São Paulo no ano de 2021 em três clones distintos de eucalipto e avaliar como as variáveis meteorológicas e os clones influenciam nos níveis de infestação. Para tanto, plantios comerciais jovens de três clones distintos foram amostrados de janeiro a dezembro de 2021 quanto aos níveis de infestação de ninfas, temperaturas máxima e mínima, déficit hídrico e precipitação. Os dados amostrados foram submetidos a uma análise dos componentes principais (PCA) para a obtenção dos resultados inerentes à correlação das variáveis e ao teste de Kruskal-Wallis e Teste de Dunn a 5% de significância. Observou-se que o material genético e o déficit hídrico influenciaram positivamente a PC1, componente responsável por 43,2% da variabilidade dos resultados observados e, conseqüentemente, dos níveis de infestação de ninfas. Para as médias de infestação de ninfas nos clones, houve diferença estatística entre os pares de clones 2 – 3 e 2 – 1, onde os clones 1 e 3 apresentam as maiores médias de níveis de infestação de ninfas. Além disso, os picos populacionais das ninfas do psilídeo-de-concha foram maiores durante a estação seca.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Psilídeo-de-concha; amostragem; eucalipto.

ABSTRACT

In Brazil, silviculture of exotic species is a growing activity and species of the genus *Eucalyptus* are widely exploited for the production of paper and pulp. However, eucalyptus production in Brazil faces some challenges, such as the incidence of pests such as the shell psyllid, an exotic insect that can threaten the productivity of commercial areas. Therefore, the present study aimed to verify the population fluctuation of shell psyllid nymphs in a microregion of the state of São Paulo in 2021 in three distinct eucalyptus clones and to evaluate how meteorological variables and clones influence infestation levels. For this purpose, young commercial plantations of three distinct clones were sampled from January to December 2021 regarding nymph infestation levels, maximum and minimum temperatures, water deficit, and precipitation. The sampled data were subjected to principal component analysis (PCA) to obtain the results inherent to the correlation of variables and to the Kruskal-Wallis test and Dunn's test at 5% significance. It was observed that the genetic material and water deficit positively influenced PC1, a component responsible for 43.2% of the variability of the observed results and, consequently, of the nymph infestation levels. For the average nymph infestation levels in the clones, there was a statistical difference between the pairs of clones 2–3 and 2–1, where clones 1 and 3 presented the highest average nymph infestation levels. In addition, the population peaks of the shell psyllid nymphs were higher during the dry season.

Keywords: Integrated pest management; shell psyllid; sampling; eucalyptus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Inseto adulto de psílídeo-de-concha (<i>Glycaspis brimblecombei</i>) e representação da concha recém aberta na superfície foliar.....	15
Figura 2. Conchas do psílídeo-de-concha (<i>Glycaspis brimblecombei</i>) em folha de <i>Eucalyptus</i> spp.....	16
Figura 3. Danos na superfície foliar de <i>Eucalyptus</i> spp. ocasionados pela intensa infestação de adultos do psílídeo-de-concha (<i>Glycaspis brimblecombei</i>)	17
Figura 4. Municípios de alocação dos hortos estudados no estado de São Paulo.....	22
Figura 5. Cartão adesivo para armadilha.....	23
Figura 6. Representação dos níveis de infestação nulo (a), baixo (b), médio (c) e alto (d) da praga nas folhas de eucalipto, levando-se em consideração a presença de conchas, ninfas, posturas e insetos adultos.....	24
Figura 7. Layout inicial do formulário do aplicativo utilizado para a amostragem e monitoramento de pragas e doenças nas áreas de plantio de <i>Eucalyptus</i> spp.....	26
Figura 8. Gráfico de distribuição dos níveis de infestação de ninfas em folhas de eucalipto dos meses de janeiro a dezembro de 2021 do total de amostras coletadas para as análises.....	29
Figura 9. Relação entre as médias do déficit hídrico (mm) e da precipitação (mm) para os meses de janeiro a dezembro de 2021 nas áreas amostradas.....	30
Figura 10. <i>Biplot</i> das variáveis envolvidas na análise dos componentes principais para o ano de 2021, onde as variáveis que estão mais próximas à PC1 (eixo x) e PC2 (eixo y) são mais correlacionadas com a variabilidade dos resultados observados referentes aos níveis de ninfas.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Materiais genéticos amostrados nas áreas de plantio.....	23
Tabela 2. Representação dos níveis de infestação de ninfas de <i>G. brimblecombei</i> através do intervalo de contagem de insetos por folha.....	25
Tabela 3. Representação dos níveis de infestação de ninfas de <i>G. brimblecombei</i> adotados para as análises estatísticas.....	27
Tabela 4. Médias obtidas a partir do Teste de Dunn a 5% de significância para os níveis de infestação das ninfas em <i>Eucalyptus</i> spp. para três materiais clonais distintos.....	31
Tabela 5. Pesos distribuídos pela análise dos componentes principais para os dados referentes ao ano de 2021.....	32
Tabela 6. Variáveis latentes obtidas através das variáveis originais para os componentes principais do ano de 2021.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Histórico da produção de eucalipto no Brasil.....	13
2.2 Silvicultura no âmbito do mercado nacional e internacional em 2022.....	14
2.3 Incidência de pragas no eucalipto: o caso do psílídeo-de-concha <i>Glycaspis</i> <i>brimblecombei</i> (Hemiptera: Psyllidae) em cultivos comerciais do Brasil	15
2.4 Estratégias de monitoramento do psílídeo-de-concha e geotecnologias aplicadas.....	18
2.5 Controle do psílídeo-de-concha	19
2.6 A importância da análise de dados para o setor produtivo	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo Geral	21
3.2 Objetivos específicos	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Local do experimento e levantamento das condições climáticas regionais	22
4.2 Amostragem da praga-alvo.....	23
4.3 Aplicativo para amostragem e banco de dados	25
4.4 Análises estatísticas.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a silvicultura é uma atividade em ascensão e que sofre profundas alterações em sua estrutura econômica através do crescente aumento da demanda de seus produtos de consumo, ganhando espaço e reconhecimento no mercado do agronegócio (Ibá, 2023). Grande parte deste crescimento foi propiciado pela exploração de árvores do gênero *Eucalyptus*, representante da família Myrtaceae, cujos centros de origem se situam na Austrália e Tasmânia, com ampla distribuição na Indonésia, Papua Nova Guiné e Filipinas (Flores *et al.*, 2016; Gandolfo *et al.*, 2011; Rozefelds, 1996).

O sucesso dos plantios de eucalipto em solo nacional se deve a versatilidade de exploração, haja vista que suas folhas podem ser destinadas à produção de óleos essenciais, muito comumente utilizados pela indústria farmacêutica, de cosméticos e agrícola, sendo a última para produção de inseticidas e fungicidas naturais (Abiodun *et al.*, 2024; Anju *et al.*, 2022; Kardinan *et al.*, 2023; Shan *et al.*, 2023). A obtenção de madeira é o principal produto de exploração, destinada para marcenaria, produção de energia, papel e celulose, a principal força-motriz de uso do eucalipto no Brasil (Hua *et al.*, 2022; Nogueira *et al.*, 2020; Vieira *et al.*, 2021).

As propriedades da madeira e sua produtividade são fortemente influenciadas por características edafoclimáticas e o Brasil possui um clima favorável para o rápido desenvolvimento das árvores e incrementos positivos nas propriedades físico-químicas da madeira (Almeida *et al.*, 2023; Cunha *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2023).

Entretanto, a produção de eucalipto nacional ainda sofre com alguns desafios, tais como a eficiência da colheita florestal, a escolha dos sistemas de produção adequados, o monitoramento contínuo e de precisão, e o combate a doenças e pragas, cada vez mais emergentes em diversas regiões de produção, fator de extrema importância para a produtividade e longevidade das áreas comerciais (Barbosa *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2024).

O psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964) (Hemiptera: Aphalaridae) é uma praga exótica encontrada em diferentes regiões de plantio de eucalipto no Brasil, cuja ocorrência aumenta de forma proporcional ao aumento das

áreas plantadas e que pode, em curto intervalo de tempo, provocar a queda prematura das folhas, redução drástica da superfície fotossintética, morte de ramos apicais e brotações jovens; e morte precoce das árvores em casos de infestação intensa (Santana, 2005).

A fase ninfal é a responsável pelos maiores danos, haja vista que as ninfas permanecem fixadas no limbo foliar, consumindo seiva e secretando *honeydew* ao se alimentar da planta, este que provoca danos indiretos em detrimento da fumagina, doença fúngica que se desenvolve a partir do estabelecimento de diferentes agentes fitopatogênicos na superfície da região afetada que contém a presença do *honeydew*. Seu ciclo de vida varia com as condições ambientais, portanto, faz-se necessário o emprego de estratégias de monitoramento e amostragem eficientes para o controle da praga-alvo visando a redução da população infestante (Santana, 2005).

Desse modo, este estudo visa identificar os picos populacionais de *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae) em hortos comerciais de *Eucalyptus* spp. em uma microrregião do estado de São Paulo e relacionar variáveis climáticas, clones de *Eucalyptus* spp. e a incidência de ninfas de *G. brimblecombei*, visando contribuir com o conhecimento da praga-alvo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da produção de eucalipto no Brasil

As primeiras mudas das espécies *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus giganteae* foram introduzidas no Brasil em 1825 para fins paisagísticos ou para uso como quebra-ventos. Contudo, no início do século XX, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro necessitava de aporte madeireiro para suas construções, buscando espécies que pudessem sanar a demanda e, em 1914, Edmundo Navarro de Andrade, engenheiro agrônomo e pesquisador, trouxe ao Brasil 144 espécies de eucalipto coletadas na Austrália para dar andamento às pesquisas de produtividade madeireira (Foelkel, 2005; Schumacher; Vieira, 2015).

Após os ensaios realizados no município de Rio Claro/SP, comparando o desempenho do crescimento do eucalipto com outras espécies arbóreas nativas, concluiu-se que o eucalipto era a melhor opção em termos de rendimento e de velocidade de desenvolvimento, consolidando a eucaliptocultura como uma nova proposta de exploração agrícola viável e promissora em terras brasileiras (Foelkel, 2005; Schumacher; Vieira, 2015).

Contudo, por mais que a demanda por madeira era alta e o uso de eucalipto para a produção de celulose passou a ser adotado em meados dos anos 50, a produção florestal ainda era pequena e pouco tecnificada. Como uma estratégia de incentivo ao plantio florestal, novas leis foram fundamentadas em 1966 (Brasil, 1966) visando a dedução dos gastos com os plantios florestais, o fomento a indústrias de base florestal e o incentivo financeiro a escolas de engenharia florestal e institutos de pesquisa (Foelkel, 2005). Essa estratégia foi importante para induzir o investimento por parte do setor privado, haja vista que atividades silviculturais são de baixa liquidez e exigem um período extenso de amortização dos investimentos (Aquino, 2020).

Em meados dos anos 80, a silvicultura passa pela tecnificação intensa de seus processos de produção, mecanização e de melhoramento genético dos híbridos, fator crucial para o ganho de produtividade e de outras características desejáveis, tais como tolerância à seca, pragas e doenças, densidade de madeira e alta brotação dos propágulos clonais (Foelkel, 2005). Desde então, os pesquisadores têm investido em

tecnologia de precisão, sensoriamento remoto, transgenia, emprego de inventários florestais remotos e automação de processos com uso de inteligência artificial e redes neurais artificiais (Almeida *et al.*, 2021; Avisar *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2023).

2.2 Silvicultura no âmbito do mercado nacional e internacional em 2022

No âmbito das atividades agroindustriais, a silvicultura se encontra em crescente progresso e ocupa o 22º lugar entre as atividades com maior contribuição à economia nacional. Somente em 2022, a cadeia produtiva do setor florestal foi responsável pelo aumento de 1,3% do geral de 6,3% do PIB nacional, gerando uma receita de aproximadamente R\$ 260,0 bilhões de reais. Não obstante, no mesmo ano, ela gerou cerca de 2,6 milhões de empregos diretos e indiretos, contribuindo para a marca de produção de 11 milhões de toneladas de papel e corroborando para que o Brasil se tornasse o maior exportador de celulose do mundo (Ibá, 2023).

Em suma, a celulose produzida é exportada para a China, Europa, América do Norte e, em menor quantidade, para a Ásia e o Oriente Médio (Ibá, 2023). Quanto ao papel, o mercado nacional consome aproximadamente 78% do volume produzido, percentual correspondente a 8,5 milhões de toneladas, enquanto que o restante é exportado para a América do Norte, Europa, América Central e África (Ibá, 2023).

No que tange à produção de painéis de madeira em 2022, houve uma redução significativa de 14,8% em relação ao ano anterior, 2021, nas vendas do insumo. No segmento de produção de painéis de MDF (*Medium-Density Fiberboard*), a China é o principal produtor de painéis de madeira reconstituída, deixando o Brasil na 8ª posição do ranking deste segmento de exploração (Ibá, 2023).

Por sua vez, quanto à produção de carvão vegetal, o Brasil se destaca liderando o ranking com uma produção de 7,0 milhões de toneladas que são majoritariamente destinadas ao mercado interno, mais especificamente para o setor da siderurgia e aço, que consumiu 6,9 milhões de toneladas do carvão produzido no ano de 2022 (Ibá, 2023).

No Brasil, estima-se que o total de florestas plantadas corresponda a 10 milhões de hectares, onde 7,5 são ocupados pela monocultura de eucalipto. As regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul são as maiores detentoras de florestas

plantadas, a última destaca-se como a maior fornecedora de madeira de *Pinus* spp., enquanto que o restante explora principalmente o eucalipto. Por fim, em termos de produtividade, o eucalipto se destaca produzindo aproximadamente 33 m³/ha/ano de madeira com casca, com duração média do ciclo de produção de 6,5 anos (Ibá, 2023).

2.3 Incidência de pragas no eucalipto: o caso do psíldeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) em cultivos comerciais do Brasil

O psíldeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964) (Hemiptera: Aphalaridae) (Figura 1) é uma praga de grande interesse econômico e característica por ser um inseto diminuto e saltador. O inseto é originário da Austrália e se alimenta de espécies de plantas do gênero *Eucalyptus*, preferencialmente *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. citriodora*, pertencentes à família Myrtaceae (Santana, 2005).

Figura 1. Inseto adulto de psíldeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) e representação da concha recém aberta na superfície foliar.



Fonte: Autoria própria (2024).

As primeiras observações do psíldeo-de-concha no Brasil foram em 2003, no município de Mogi-Guaçu, no estado de São Paulo. As informações acerca da via de entrada da praga em território nacional ainda não são conclusivas, mas sabe-se que ela se disseminou rapidamente pelas áreas de produção do estado e hoje representa uma grande ameaça à produção das áreas comerciais de eucalipto nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná (Barcik *et al.*, 2023; Santana, 2005). Além disso, o comportamento do psíldeo-de-concha é complexo, assim como a maioria dos representantes deste grupo, e ainda carece de muitos estudos específicos (Mauck; Gebiola; Percy, 2024).

O inseto apresenta aproximadamente 3 mm, coloração amarelada ou esverdeada e possui pequenas manchas pretas ou marrons espalhadas por todo o corpo. A fêmea da espécie, achatada dorsoventralmente, é caracterizada por apresentar manchas escuras mais intensas sobre o corpo, coloração amarelada nos primeiros ínstaes e alaranjada ou esverdeada nos últimos ínstaes. O macho apresenta cabeça larga, abdome de coloração amarela e com pequenas listras transversais escurecidas e pernas de coloração esbranquiçada. Ambos apresentam na cabeça projeções denominadas cones genais (Santana, 2005; Wilcken *et al.*, 2003).

Os ovos do psílídeo-de-concha apresentam coloração branca (Figura 2), mas quando estão próximos à eclosão, apresentam-se como de coloração amarelada ou alaranjada, brilhantes e com formato ovalado. Cada fêmea pode ovipositar cerca de 50 a 700 ovos, que são alocados em grupos com um pequeno pedúnculo internamente conectado ao tecido foliar para fixação. Após 15 a 20 dias, as ninfas eclodem e introduzem os estiletes na folha até os vasos condutores de seiva (Cabi, 2021; Santana, 2005).

Figura 2. Conchas do psílídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em folha de *Eucalyptus* spp.



Fonte: Autoria própria (2024).

Até atingir a fase adulta, as ninfas permanecem nas folhas secretando “honeydew” durante a sucção de seiva e construindo pequenas conchas brancas que servem de abrigo e proteção. Seu ciclo de vida varia de 25 a 50 dias, de acordo com

as condições ambientais, dependendo principalmente da temperatura (Cabi, 2021). Por mais que a espécie prefira o ataque em folhas e brotações jovens nas estações secas, o seu comportamento denota muita adaptabilidade a diferentes regiões e condições objetivando a sobrevivência e perpetuação da prole (Allison *et al.*, 2023; Santana, 2005).

Apesar de preferir épocas secas e com temperaturas amenas em torno de 22°C para o seu desenvolvimento, estudos recentes mostram que o psilídeo-de-concha é uma praga que pode apresentar alta adaptabilidade a diferentes regiões e variações climáticas, das quais a precipitação e temperatura apresentam alta influência na flutuação populacional do inseto, tornando o seu ciclo de vida muito variável (Barcik *et al.*, 2023; Ferreira-Filho *et al.*, 2017; Junk *et al.*, 2020; Santana, 2005).

A praga pode causar danos intensos aos indivíduos (Figura 3), representados por enrolamento e redução do limbo foliar, superbrotamento, surgimento de fumagina nas folhas, redução da superfície fotossinteticamente ativa, queda prematura das folhas, morte de ramos apicais jovens e morte prematura em casos de infestação intensa em clones suscetíveis (Allison *et al.*, 2023; Barbosa *et al.*, 2021; Santana, 2005).

Figura 3. Danos na superfície foliar de *Eucalyptus* spp. ocasionados pela intensa infestação de adultos do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*).



Fonte: Autoria própria (2024).

2.4 Estratégias de monitoramento do psilídeo-de-concha e geotecnologias aplicadas

Para o controle do psilídeo-de-concha é necessária a condução de um monitoramento rigoroso e eficiente que possa quantificar a população da praga, sendo esta etapa uma das mais importantes para o Manejo integrado de pragas (MIP). Comumente, o monitoramento do inseto é feito através da instalação de armadilhas adesivas de coloração amarela e contagem manual de insetos e conchas nas folhas e brotações jovens e maduras, sobretudo nos períodos mais secos do ano e quando o eucalipto ainda está em fase juvenil de desenvolvimento (Allison *et al.*, 2023; Santana, 2005).

Entretanto, o monitoramento de pragas, de maneira geral, necessita de novas perspectivas para o avanço tecnológico, otimizando as operações de amostragem em campo e fornecendo rapidez para a avaliação dos dados, reduzindo o período entre a recomendação e o controle e aumentando o rendimento operacional dos processos. Para tanto, com o advento da evolução tecnológica, novas estratégias de monitoramento que se utilizam de mecanismos oriundos da silvicultura de precisão vêm sendo utilizados, tais como o uso de imagens de satélite, software de geoprocessamento, sensoriamento remoto, classificação hiperespectral para a detecção da severidade do ataque de pragas, modelos para inteligência artificial, drones e *machine learning* (Gregori *et al.*, 2023; Iost Filho *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2023; Miranda Neto *et al.*, 2012).

Além disso, a amostragem, um dos principais procedimentos para avaliação da população de pragas, também pode ser otimizada a partir da adesão de aplicativos e softwares específicos que sejam capazes de identificar pragas e integrar informações sobre os níveis de infestação das pragas, clima da região, histórico de ocorrência e densidade (Dias; Saqui; Moreira, 2023; Macedo *et al.*, 2023; Sales; Júnior; Cardoso, 2021). Estas ferramentas são úteis para fornecer dados em tempo real acerca das situações de campo, reduzindo o período de resposta, agilizando as ações de controle e georreferenciando com precisão a área amostrada (Requia, 2013; Severtson; Congdon; Valentine, 2018).

2.5 Controle do psilídeo-de-concha

Geralmente, o controle da praga-alvo é feito através de vias químicas, tais como a aplicação de inseticidas do grupo dos piretroides e neonicotinoides (Agrofit, 2024). Todavia, o uso de produtos sistêmicos, sobretudo restrito a poucos sítios de ação, somando-se ao fato da praga se dispersar rapidamente a longas distâncias e a apresentar muitos ciclos ao ano, pode ser ineficiente e oneroso a longo prazo (Santana, 2005). Além disso, é sabido que os inseticidas do grupo dos neonicotinóides podem afetar a população de insetos não-alvo, tais como abelhas, caso sejam administrados de forma incorreta, levando o seu uso a ser proibido em 28 países da União Europeia, fator que instigou uma série de discussões no Ministério Público Federal (MPF) objetivando a proscrição do uso e pulverização dos neonicotinoides no Brasil (Shi *et al.*, 2020; Tóth, 2022; Varga-Szilay; Zhang *et al.*, 2023).

Buscando otimizar o controle do psilídeo-de-concha através de vias mais eficientes e sustentáveis, as estratégias de MIP tem empregado o uso de controle biológico a partir da liberação do parasitoide ninfal *Psyllaephagus bliteus* Riek, 1962 (Hymenoptera: Encyrtidae), inimigo natural do psilídeo-de-concha (Wilcken *et al.*, 2010). Os primeiros registros da vespa de origem australiana no Brasil se deram em 2003, em hortos comerciais nos estados de São Paulo. Posteriormente, sua ocorrência foi constatada em Minas Gerais, Paraná, Goiás e em algumas regiões do sul do Brasil, denotando que o inimigo natural, assim como *G. brimblecombei*, também se adapta a uma ampla diversidade de condições climáticas e regiões (Vieira *et al.*, 2018; Wilcken *et al.*, 2010).

A vespa ataca as ninfas do psilídeo-de-concha, provocando um orifício de entrada ao lado das conchas na superfície das folhas e o seu ciclo biológico, assim como o de seu hospedeiro, pode se completar em um intervalo de três a cinco semanas, dependendo muito das condições de temperatura e pluviosidade. A criação do endoparasitoide em ambiente controlado para posterior liberação é possível e tem sido amplamente empregada em diversas regiões do Brasil e do mundo, contribuindo para a difusão da prática (Pessoa *et al.*, 2008; Rocha *et al.*, 2008; Wilcken *et al.*, 2010).

2.6 A importância da análise de dados para o setor produtivo

Diante de toda a complexidade da amostragem, monitoramento e controle da praga-alvo, somado ao comportamento do psilídeo-de-concha, faz-se necessário compreender e analisar, a curto e longo prazo, os danos que o inseto provoca e os impactos na produtividade dos talhões comerciais. Atividades silviculturais necessitam de um planejamento adequado, haja vista que a idade ótima para o corte do eucalipto para papel, celulose e energia é de 6 a 8 anos, mas pode variar de acordo com as condições edafoclimáticas e o clone (Schumacher; Vieira, 2015).

Portanto, as indústrias do setor florestal, tais como a Sylvamo do Brasil LTDA, devem investir em estratégias de monitoramento e análise de dados eficientes, colaborando com o entendimento da importância dos impactos e danos que as pragas provocam nos plantios de eucalipto.

A Sylvamo do Brasil LTDA é uma empresa multinacional da indústria do papel e celulose sediada em Memphis, no estado do Tennessee e que está presente na Europa, América Latina e América do Norte. A Sylvamo é conhecida por produzir de forma sustentável e responsável uma ampla variedade de marcas confiáveis consolidadas no mercado, tais como o papel Chamex, Chamequinho, Chambril e HP Papers, além de papéis especiais destinados a diferentes usos derivados da celulose (Sylvamo, 2024).

No Brasil, a empresa está sediada na cidade de Mogi-Guaçu/SP desde 1960 e possui diversas certificações importantes para a cadeia de custódia da produção do papel. Outras duas unidades de produção estão localizadas em Luís Antônio/SP e Três Lagoas/MS, contribuindo para uma produção geral de mais de um milhão de toneladas de papel por ano a partir da exploração de 100.000 hectares de florestas comerciais (Sylvamo, 2024).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Identificar os picos populacionais de *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae) em hortos comerciais de *Eucalyptus* spp. em uma microrregião do estado de São Paulo.

3.2 Objetivos específicos

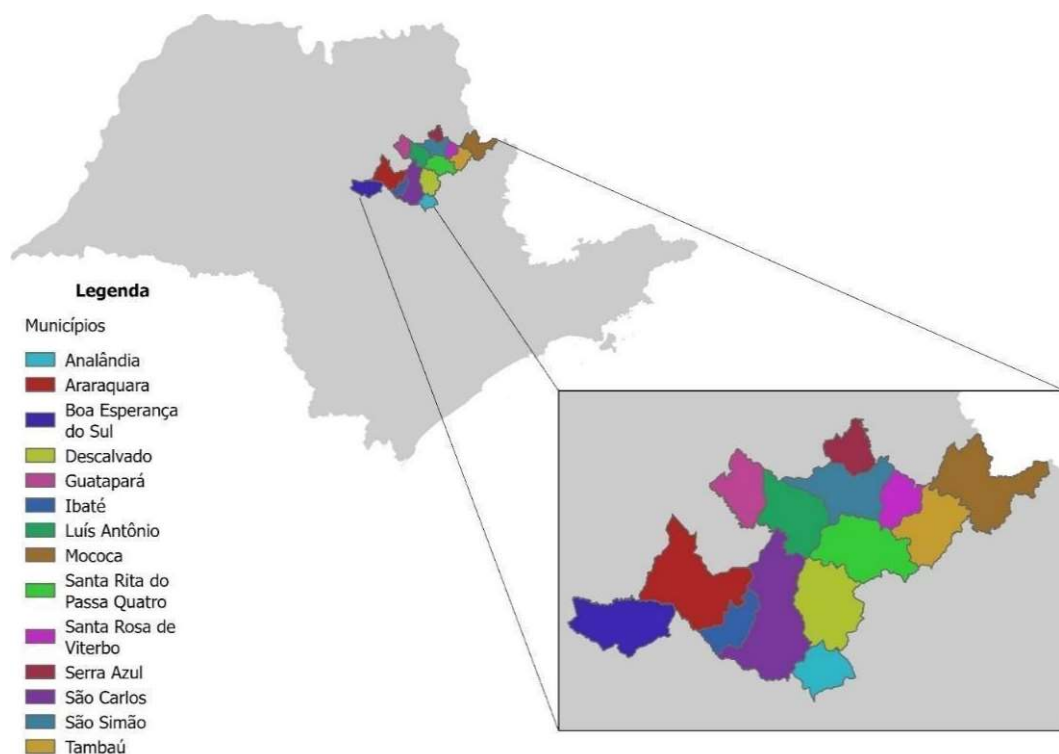
1. Analisar a incidência de ninfas de *G. brimblecombei* no ano de 2021;
2. Relacionar as variáveis climáticas e clones de *Eucalyptus* spp. e a incidência de ninfas de *G. brimblecombei* no ano de 2021.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento e levantamento das condições climáticas regionais

Para a condução das análises e obtenção dos dados, hortos comerciais com até quatro anos de idade de *Eucalyptus* spp. foram escolhidos em uma região que abrange 14 municípios (Figura 4), caracterizados como clima Cwa de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Alvares *et al.*, 2013). O levantamento de dados agrometeorológicos foi realizado por meio de coleta de dados mensais obtidos por estações meteorológicas em posse da GePlant, acerca de precipitação (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) e déficit hídrico (mm). Além disso, para a amostragem, selecionou-se três clones distintos do gênero *Eucalyptus* spp. (Tabela 1).

Figura 4. Municípios de alocação dos hortos estudados no estado de São Paulo.



Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 1. Materiais genéticos amostrados nas áreas de plantio.

Clone	Gênero	Nome Científico
1	<i>Eucalyptus</i>	<i>E. urophylla</i> S. T. Blake
2	<i>Eucalyptus</i>	<i>E. urophylla</i> S. T. Blake x <i>Eucalyptus</i> spp.
3	<i>Eucalyptus</i>	<i>E. urophylla</i> S. T. Blake x <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill. Ex. Maiden

Fonte: Sylvamo do Brasil LTDA (2024).

4.2 Amostragem da praga-alvo

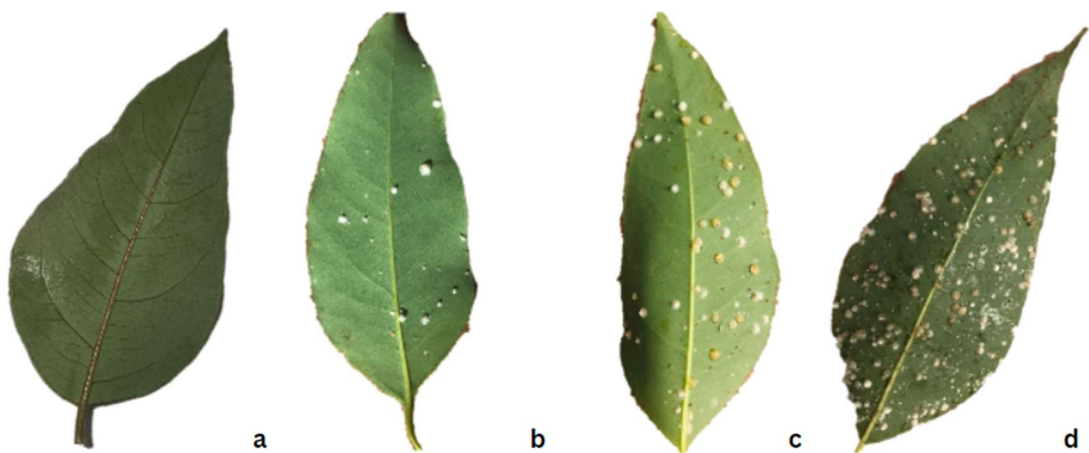
O levantamento populacional foi obtido a partir da instalação de armadilhas adesivas amarelas entre as árvores (Figura 5), distribuídas em pontos específicos dos talhões, a aproximadamente 1,5 m de altura do solo, sendo um cartão armadilha para cada 330 ha. Após recolhimento dos cartões adesivos, foi realizada uma avaliação rápida *in loco* em plantas para observação da presença de ninfas do psíldeo-de-concha.

Figura 5. Cartão adesivo para armadilha.

Fonte: Autoria própria (2024).

Nos locais onde os níveis de ninfas atingiram a classificação média ou alta, um ramo de 6 folhas foi coletado e avaliado para a observação e abertura das conchas, identificando as ninfas. O nível de infestação da praga foi determinado através de classificações visuais distintas, sendo elas: nulo, baixo, médio e alto (Figura 6), de acordo com a metodologia padrão adotada para exemplificar os intervalos de níveis de infestação da praga por folha (Tabela 2). Este método pode ser caracterizado como um método de amostragem direta, técnica muito utilizada para monitorar e estimar a quantidade de pragas em uma área delimitada em que, através da observação direta e contagem de insetos, pode-se fazer o registro com precisão e detalhamento (Lemes; Zanuncio, 2021; Macedo *et al.*, 2023). Após 30 dias, retornou-se até a área para a verificação dos níveis de infestação, conduzindo o monitoramento por um período de um ano, de janeiro a dezembro de 2021, resultando em 1850 amostras.

Figura 6. Representação dos níveis de infestação nulo (**a**), baixo (**b**), médio (**c**) e alto (**d**) da praga nas folhas de eucalipto, levando-se em consideração a presença de conchas, ninfas, posturas e insetos adultos.



Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 2. Representação dos níveis de infestação de ninfas de *G. brimblecombei* através do intervalo de contagem de insetos por folha.

Níveis de infestação	Contagem de indivíduos correspondentes a cada intervalo
Nulo	0
Baixo	1 a 89
Médio	90 a 177
Alto	178 a 268

Fonte: Sylvamo do Brasil LTDA (2024).

4.3 Aplicativo para amostragem e banco de dados

As informações inerentes à amostragem da praga-alvo foram coletadas em campo através de aplicativo para amostragem (Figura 7). O ArcGIS Survey123 da Esri® é um aplicativo de coleta de dados personalizável semelhante a um formulário que pode ser acessado via dispositivo móvel e integrado ao ArcGIS Online e ArcGIS Enterprise, softwares de geoprocessamento elaborados pela Esri®, possibilitando a coleta de dados georreferenciados e sincronizados em tempo real e o armazenamento dos dados coletados em banco de dados seguro. Este aplicativo é utilizado por diferentes empresas do setor florestal, mas cada uma delas o personaliza de acordo com as suas necessidades e objetivos.

Figura 7. Layout inicial do formulário do aplicativo utilizado para a amostragem e monitoramento de pragas e doenças nas áreas de plantio de *Eucalyptus* spp.

Fonte: Autoria própria (2024).

O monitor de campo acessa o aplicativo via *smartphone* durante o monitoramento no momento da amostragem e insere as informações de identificação da área, sistema de plantio, idade e tipos de clone e níveis de infestação. Após a coleta dos dados, as informações são inseridas, automaticamente, em um banco de dados georreferenciado com os pontos de localização da amostragem contendo todos os dados informados e são utilizadas para a formalização do pedido de controle da área infestada de acordo com os resultados das análises. Essa metodologia de amostragem foi implantada pela Sylvamo do Brasil LTDA em 2019, a qual mantém o banco de dados sob sua responsabilidade.

4.4 Análises estatísticas

Para verificar como as variáveis meteorológicas e os clones estão relacionadas com a flutuação populacional das ninfas do psíldeo-de-concha, utilizou-se a Análise dos Componentes Principais (PCA). Este é um tipo de análise que avalia múltiplas variáveis ou medidas em cada amostra. Com ela, é possível reduzir um grande conjunto de dados correlacionados entre si sem que haja perda de dados substancialmente importantes, gerando os chamados componentes principais, dos quais cada um deles representa, de forma independente entre si, a combinação das variáveis originais que mais influenciam os resultados a serem observados (Houngyu; Sandanielo; Oliveira Junior, 2016).

Objetivando correlacionar as variáveis meteorológicas (temperaturas máxima e mínima, precipitação e déficit hídrico), os três clones distintos e níveis populacionais de ninfas de *G. brimblecombei* (Tabela 3), hortos comerciais jovens, com até quatro anos de idade, foram amostrados mensalmente durante o período de janeiro a dezembro de 2021. Durante a amostragem, avaliou-se o nível de ninfas, determinadas de acordo com as metodologias adotadas pela organização (Figura 6) e aferiu-se as variáveis meteorológicas. Os dados coletados *in situ* através do aplicativo foram armazenados em uma base de dados georreferenciada, em posse da Sylvamo do Brasil LTDA, com informações precisas de localização.

Tabela 3. Representação dos níveis de infestação de ninfas de *G. brimblecombei* adotados para as análises estatísticas.

Níveis de infestação	Representação numérica
Nulo	0
Baixo	1
Médio	2
Alto	3

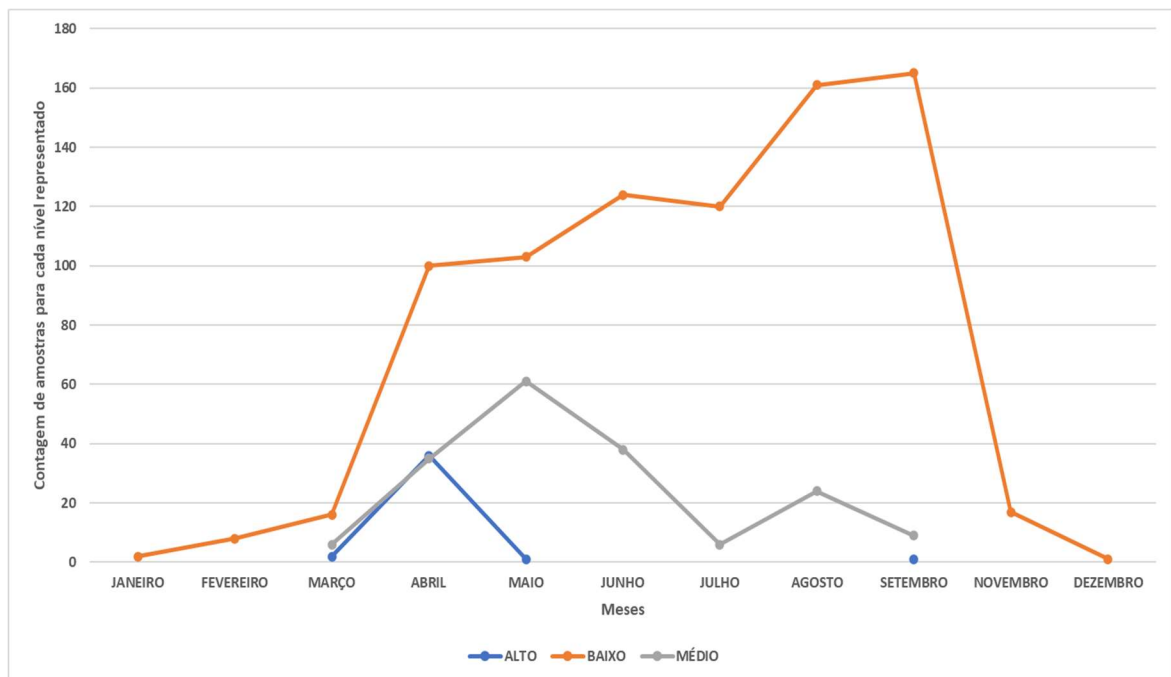
Fonte: Autoria própria (2024).

Para comparar os diferentes níveis de infestação de ninfas (nulo, baixo, médio e alto) nos três materiais clonais utilizados, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. O teste formula duas hipóteses, onde a hipótese nula (H_0) pressupõe que as distribuições dos grupos são iguais, enquanto a hipótese alternativa (H_1) sugere que pelo menos um dos grupos difere dos outros. A partir das amostras mensais, as quais representam uma repetição cada, e para verificar quais materiais apresentaram médias de infestação diferentes entre si, os resultados foram submetidos ao Teste de Dunn a 5% de significância e ajuste através do método de Bonferroni (Kruskal; Wallis, 1952).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região onde as amostras foram coletadas é caracterizada por apresentar um clima tropical de altitude, com verões chuvosos e quentes, invernos secos e com altos índices de déficit hídrico nas estações mais secas do ano, condição que reduz a disponibilidade de recursos hídricos para as árvores (Alvares *et al.*, 2013; Villa *et al.*, 2022). Períodos secos favorecem o ataque das ninfas do psilídeo-de-concha e aumentam a flutuação populacional dentro das áreas de plantio (Ferreira *et al.*, 2009; Wilcken *et al.*, 2003), tal qual foi constatado para o ano de 2021 nos meses de abril a setembro, em que as quantidades de amostras cujos níveis são representados por baixo, médio e alto passam a ser maiores, indicando aumento no pico da população de *G. brimblecombei* (Figura 8).

Figura 8. Gráfico de distribuição dos níveis de infestação de ninfas em folhas de eucalipto dos meses de janeiro a dezembro de 2021 do total de amostras coletadas para as análises.

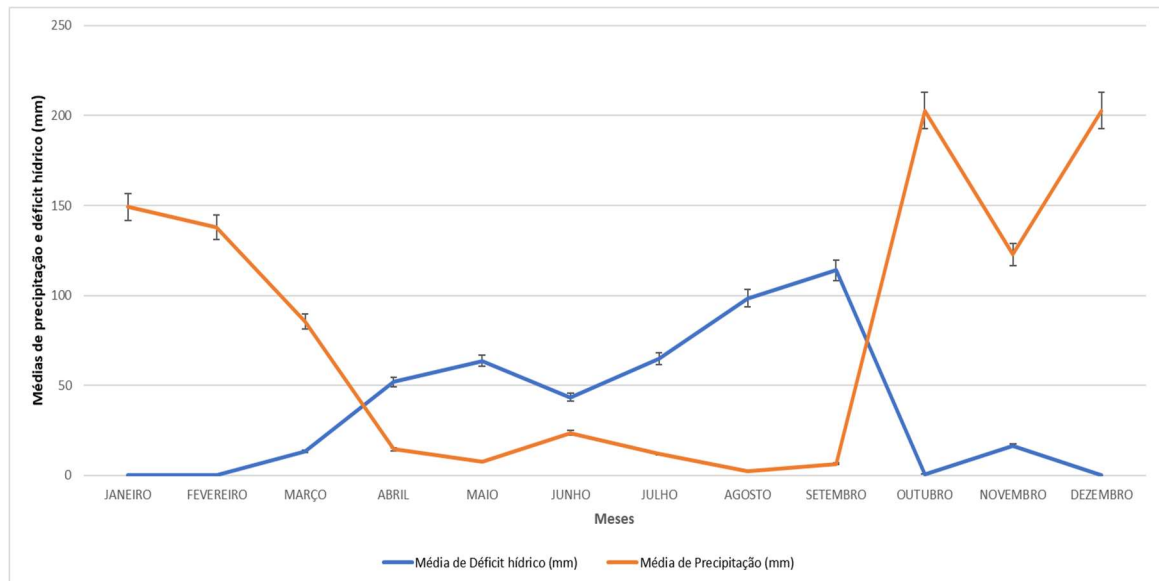


Fonte: Autoria própria (2024).

A temperatura é um fator de importância para o comportamento do psílídeo-de-concha, tendo em vista que o inseto apresenta alta adaptabilidade a diferentes ambientes, mas que prefere temperaturas amenas entre 17° C e 25° C, fazendo com que o seu ciclo de vida dure em torno de 26 a 58 dias (Ferreira-Filho *et al.*, 2017; Santana, 2005). Firmino (2004) observou que a temperatura mais adequada para o desenvolvimento das ninfas é de 26° C e que temperaturas superiores a 30° C desfavorecem a praga.

O ano de 2021 foi considerado o ano mais seco da história e o quarto ano com menor histórico de precipitação desde 1985, favorecendo o aumento do déficit hídrico, este podendo provocar estresse hídrico das plantas hospedeiras e favorecer os impactos do ataque das ninfas do psílídeo-de-concha (Ferreira *et al.*, 2009; IPCC, 2021; NOAA, 2020; Silva *et al.*, 2007). Para o ano de 2021, a precipitação foi alta nos meses de setembro à fevereiro, enquanto que o déficit hídrico passou a aumentar no final de março até início de setembro com a entrada da estação seca (Figura 9), período em que a praga-alvo encontra condições favoráveis para a sua reprodução.

Figura 9. Relação entre as médias do déficit hídrico (mm) e da precipitação (mm) para os meses de janeiro a dezembro de 2021 nas áreas amostradas.



Fonte: Autoria própria (2024).

Percebeu-se que os meses de novembro a fevereiro, cujas precipitações aumentaram, foram os meses com menor incidência da praga-alvo, representada pelo maior número de amostras de classificação baixa referente ao nível de ninfas nas áreas de plantio (Figura 8). As estações chuvosas desfavorecem o estabelecimento das conchas na superfície foliar do eucalipto por conta do impacto mecânico das gotas de chuvas, fator relevante para o ciclo de vida do inseto (Favaro, 2006; Ramirez; Mancera; Guerra-Santos, 2002), haja vista que a concha mantém a ninfa protegida de agentes bióticos e abióticos (Santana, 2005).

Como uma estratégia para a manutenção da produtividade das áreas comerciais diante dessa adversidade, os materiais clonais utilizados para essa região apresentam características genéticas que permitem o desenvolvimento das árvores sem que haja redução da produtividade em função das adversidades climáticas. O pressuposto de normalidade da Análise de Variância (ANOVA) não foi atendido, entretanto verificou-se, através do teste de Kruskal-Wallis, que existe uma diferença nos níveis de infestação de ninfas entre as médias dos diferentes clones de eucalipto (p -valor = 0,00943). As médias dos níveis de infestação dos clones 1 e 3 não são diferentes entre si. Entretanto, as médias de infestação de ninfas entre os pares de

clones 2 e 3 e 1 e 2 são diferentes entre si. A média do nível de infestação de ninfas foi maior para os clones 1 e 3 (Tabela 4). Esses resultados indicam potenciais características de resistência do clone 2 ao psilídeo-de-concha, devendo ser investigado com maior profundidade.

Tabela 4. Médias obtidas a partir do Teste de Dunn a 5% de significância para os níveis de infestação das ninfas em *Eucalyptus* spp. para três materiais clonais distintos.

Clones	Médias de nível de infestação*
1	1,05 a
2	0,893 b
3	1,01 a

*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Dunn para um nível de significância de 5%.

Fonte: Autoria própria (2024).

Este precedente é de vital importância pois sabe-se que o psilídeo-de-concha é potencialmente atraído para o consumo de algumas espécies de eucalipto muito específicas, tais como *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*. Geralmente, essas espécies são utilizadas para os cruzamentos genéticos com *E. grandis*, muito utilizado nos cruzamentos devido ao seu rápido crescimento e alta produtividade de madeira (Moraes *et al.*, 2014; Santana, 2005). As primeiras ocorrências de altas infestações do psilídeo-de-concha no Brasil foram observadas em clones de *E. urograndis*, híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, onde o primeiro é correspondente ao material genético referente ao clone 1 e 2 (Tabela 1) e o cruzamento em si é correspondente ao clone 3. Os cruzamentos são de suma importância para gerar indivíduos clonais com boa qualidade de madeira, alta homogeneidade, boa produtividade e resiliência e adaptabilidade ao estresse ambiental. Entretanto, algumas características indesejáveis, tais como a suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, também são herdáveis e podem convergir para os novos clones desenvolvidos (Zuffo; Aguilera, 2022).

As duas componentes principais, eixo PC1 e eixo PC2, correspondem a 66,4% da variabilidade dos resultados observados (Tabela 5). Nota-se que a primeira

componente, explica aproximadamente 43,24% da variabilidade, enquanto que a segunda 23,16%. Por sua vez, a PC3, PC4, PC5 e PC6 correspondem a 16,54%, 14,22%, 2% e 0,3%, respectivamente. Além disso, as variáveis latentes foram geradas (Tabela 6).

Tabela 5. Pesos distribuídos pela análise dos componentes principais para os dados referentes ao ano de 2021.

Componente	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Desvio Padrão	1,6102	1,1784	0,9960	0,9236	0,3828	0,1489
Coefficiente de Variância	0,4324	0,2316	0,1654	0,1422	0,0244	0,0037
Proporção Acumulada	0,4324	0,6641	0,8295	0,9785	0,9962	1,000

Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 6. Variáveis latentes obtidas através das variáveis originais para os componentes principais do ano de 2021.

Variável	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Clone	0,4001	0,0964	0,9934	0,0276	0,0222	0,000
Temperatura Máxima	- 0,3581	- 0,6803	0,0771	0,0643	0,2112	0,5950
Temperatura Mínima	- 0,5626	- 0,3209	0,0549	0,1526	0,0396	- 0,7433
Déficit Hídrico	0,5004	- 0,5633	0,0573	- 0,3062	- 0,6340	- 0,1523
Precipitação	- 0,5497	0,3057	0,0115	0,0903	- 0,7251	0,2648
Nível de Ninfas	0,3000	- 0,1179	- 0,0261	0,9326	- 0,1596	0,0048

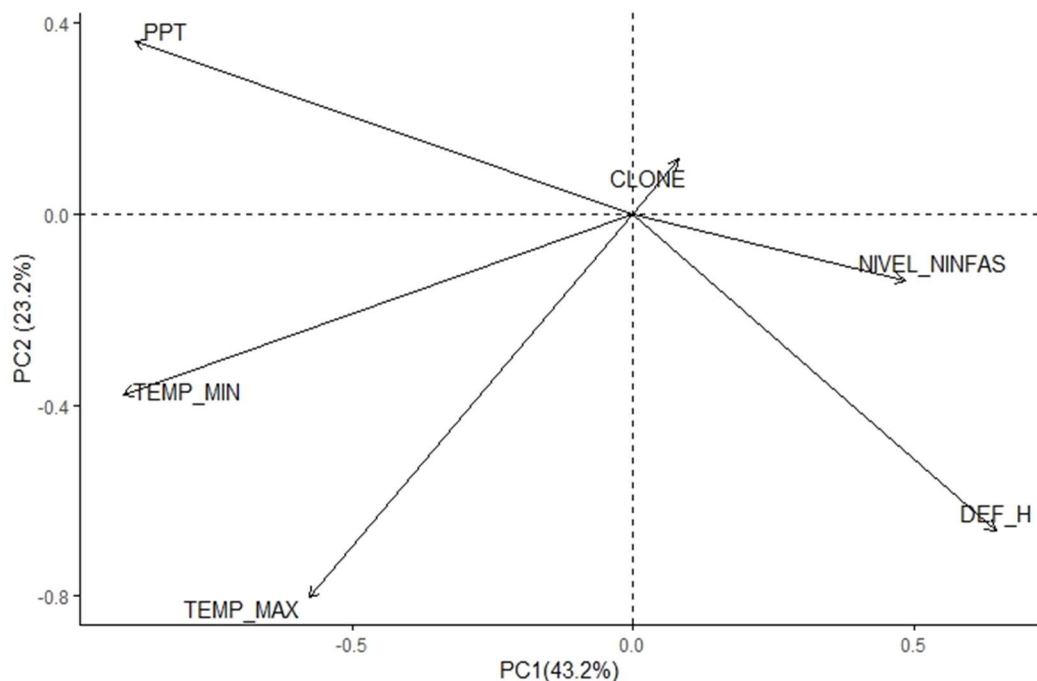
Fonte: Autoria própria (2024).

As variáveis representadas pelas temperaturas máximas (TEMP_MAX) e mínimas (TEMP_MIN) são correlacionadas negativamente em direções opostas ao PC1 e PC2. A precipitação (PPT) está relacionada de forma inversamente proporcional com a temperatura máxima e se localiza próxima a temperatura mínima,

indicando que essas variáveis podem estar positivamente correlacionadas, mas em si, a precipitação contribui negativamente para PC1 e PC2.

Por sua vez, o nível de ninfas (NIVEL_NINFAS) e déficit hídrico (DEF_H) estão correlacionados entre si, influenciando positivamente o eixo PC1, sugerindo que essas variáveis são positivamente correlacionadas e o déficit hídrico contribui negativamente para a PC2 (Figura 10).

Figura 10. *Biplot* das variáveis envolvidas na análise dos componentes principais para o ano de 2021, onde as variáveis que estão mais próximas à PC1 (eixo x) e PC2 (eixo y) são mais correlacionadas com a variabilidade dos resultados observados referentes aos níveis de ninfas.



Fonte: Autoria própria (2024).

Tratando-se de uma praga muito danosa e que se adapta a diferentes condições climáticas, é preciso compreender o comportamento das ninfas do psilídeo-de-concha com profundidade em diferentes regiões do Brasil, sobretudo no cenário atual em que as mudanças no clima são cada vez mais significativas e em que o melhoramento genético está empenhado em desenvolver materiais mais resilientes e produtivos.

O psilídeo-de-concha é um inseto que apresenta alta especificidade com o hospedeiro, comportamento complexo e muito adaptável ao ambiente (Santana,

2005), carecendo de novos estudos para que seja possível prever os ataques da praga em função das condições climáticas como uma estratégia de redução dos impactos nas áreas comerciais. Além disso, as geotecnologias aplicadas em campo, assim como o aplicativo utilizado para a amostragem nos hortos de plantio, podem contribuir para a agilidade no monitoramento da praga, reduzindo o período entre a tomada de decisão e o controle, tornando-o mais curto e efetivo, fator crucial para o MIP (Manejo Integrado de Pragas).

6. CONCLUSÃO

- Os picos populacionais de ninfas do psílídeo-de-concha nos níveis baixo, médio e alto foram maiores para a estação seca, de abril a setembro;
- As variáveis representadas por clone, temperaturas máxima e mínima e déficit hídrico influenciaram os níveis de infestação da praga-alvo.
- As médias dos níveis de infestação do inseto-alvo variaram de acordo com os materiais utilizados para a produção comercial de eucalipto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIODUN, A. K. *et al.* Antibacterial Efficacy of *Eucalyptus* Essential Oil against Respiratory Infection Pathogens and Characterization of its Bioactive Compounds. **Journal of Pharmacy Research**, v. 23, n. 1, p. 61-67, 2024.

AGROFIT. **Banco de informações sobre os produtos agroquímicos e afins registrados no Ministério da Agricultura**. 2024. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 ago. 2024.

ALLISON, J. D. *et al.* **Forest Entomology and Pathology**. 1. ed. South Africa: Springer, 2023. 810 p.

ALMEIDA, A. A. A. *et al.* Artificial neural networks and remote sensing for volumetric prediction in a *Eucalyptus* sp. plantation. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e250101220466, 2021.

ALMEIDA, M. N. F. *et al.* Wood density variations of *E. urophylla* clone among growth sites are related to climate. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 53, n. 5, p. 343-353, 2023.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANJU K, A. *et al.* Chemical composition, in vitro and in silico evaluation of essential oil from *Eucalyptus tereticornis* leaves for lung cancer. **Natural Product Research**, v. 37, n. 10, p. 1656–1661, 2022.

AQUINO, A. L. The formation of the Brazilian cellulosic forest complex. **Desenvolvimento em Debate**, v. 8, n. 1, p. 11-33, 2020.

AVISAR, D. *et al.* Genetically engineered eucalyptus expressing pesticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* for insect resistance: a risk assessment evaluation perspective. **Front. Bioeng. Biotechnol**, v. 12, n. 5, p. 1322985, 2024.

BARBOSA, L. *et al.* Pragas de eucaliptos. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JUNIOR, J. E. (ed). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2021. 1160 p.

BARCIK L, Z. *et al.* Flutuação populacional de *Glycaspis brimblecombei* mais em híbridos de *Eucalyptus camaldulensis* x *E. grandis* na região Sul do Brasil. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 9, n. 21, p. 11880-11894, 2023.

BRASIL. Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 1966. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-5106-2-setembro-1966-368482-norma-pl.html#:~:text=EMENTA%3A%20Disp%C3%B5e%20s%C3%B4bre%20os%20incentivos%20fiscais%20concedidos%20a%20empreendimentos%20florestais.&text=Observa%C3%A7%C3%A3o%3A%20Proposi%C3%A7%C3%A3o%20origin%C3%A1ria>

%3A%20PLN%2011, tramita%C3%A7%C3%A3o%20registrada%20pelo%20Senado%20Federal. Acesso em: 10 ago. 2024.

CABI. ***Glycaspis brimblecombei* (red gum lerp psyllid)**. 2021. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.25242>. Acesso em: 15 jun. 2024.

CUNHA, T. Q. G. *et al.* Genotype and environment interaction on the wood quality of *Eucalyptus* spp. for energy purposes. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 54, n. 4, p. 389-397, 2024.

DIAS, C. E.; SAQUI, D.; MOREIRA, H. R. Desenvolvimento de um aplicativo para classificação de doenças e pragas em folhas de café utilizando deep learning. **Jornada Científica e Tecnológica**, v. 15, n. 3, p. 1-4, 2023.

FAVARO, R. M. **Aspectos bionômicos de *Glycaspis* (*Glycaspis brimblecombei*) (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae) e seu controle com fungos entomopatogênicos**. 2006. Tese (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006. 43p.

FERREIRA, R. A. *et al.* Flutuação Populacional de Psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae) em *Eucalyptus* spp. no município de Graça, SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 1, n. 4, p. 29-26, 2009.

FERREIRA-FILHO, P. J. *et al.* Influence of temperature and rainfall on the population dynamics of *Glycaspis brimblecombei* and *Psyllaephagus bliteus* in *Eucalyptus camaldulensis* plantations. **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 43, n. 1, p. 1-6, 2017.

FIRMINO, D. C. **Biologia do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera: Psyllidae) em diferentes espécies de eucalipto e em diferentes temperaturas**. 2004. Tese (Mestrado em Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agronômicas (Universidade Estadual Paulista), Botucatu - São Paulo, 2004. 49p.

FLORES, T. B. *et al.* ***Eucalyptus* no Brasil: Zoneamento climático e guia de identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Revista Visão Agrícola**, v. 1, n. 4, p. 66-69, 2005.

GANDOLFO, M. A. *et al.* Oldest known eucalyptus macrofossils are from South America. **Plos One**, v. 6, n. 6, p. e21084, 2011.

GREGORI, G. S. D. *et al.* Machine Learning in the Hyperspectral Classification of *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) Attack Severity in *Eucalyptus*. **Remote Sensing**, v. 15, n. 24, p. 5657, 2023.

HOUNGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.

HUA, S. *et al.* Engineering wood products from *Eucalyptus* spp: A review. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 1, n. 20, p. 1-14, 2022.

IBÁ. **Relatório Anual 2023**. IBÁ: Brasília, Brasil, 2023. 91 p.

Intergovernmental panel on climate change (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. 2021. Disponível em:

<https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

IOST FILHO, F. H. L. *et al.* Drones: Innovative Technology for Use in Precision Pest Management. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 1, p. 1-25, 2020.

JUNK, J. *et al.* Re-Visiting the Incidence of Environmental Factors on a Pre-Imaginal Population of the Red Gum Lerp Psyllid, *Glycaspis brimblecombei* Moore. **Insect**, v. 11, n. 12, p. 860, 2020.

KARDINAN, A. *et al.* Efficacy of *Eucalyptus citriodora* and *Syzygium aromaticum* essential oil as insecticidal, antiovipositant, and fumigant against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Entomological and Acarological Research**, v. 55, n. 1, p. 11670, 2023.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. se of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 1, n. 47, p. 583-621, 1952.

LEMES, P. G.; ZANUNCIO, J. C. **Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras**. 1 ed. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2021. 998 p.

LIU, D. *et al.* Detection of Forestry Pests Based on Improved YOLOv5 and Transfer Learning. **Forests**, v. 14, n. 7, p. 1484, 2023.

MACEDO, A. F. *et al.* Métodos de monitoramento de pragas na agricultura moderna. **Desenvolvimento Rural e Sustentabilidade: energia e novos mercados**, v. 2, n. 1, p. 107-117, 2023.

MAUCK, K. E.; GEBIOLA, M.; PERCY, D. M. The Hidden Secrets of Psylloidea: Biology, Behavior, Symbionts, and Ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 69, n. 1, p. 277-302, 2024.

MIRANDA NETO, A. M. *et al.* Silvicultura de precisão: aplicações e implicações. **Revista do Instituto Florestal**, v. 24, n. 2, p. 211-223, 2012.

MORAES, C. B. *et al.* Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção de árvores de *Eucalyptus*. **Science Forest**, v. 42, n. 104, p. 623-629, 2014.

National Centers for Environmental Information (NOAA). **Annual 2020 Global Climate Report**. 2020. Disponível em:

[https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202013#:~:text=With%20a%20slightly%20cooler%20end,C%20\(%2B1.76%C2%B0F\)](https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202013#:~:text=With%20a%20slightly%20cooler%20end,C%20(%2B1.76%C2%B0F)). Acesso em 10 ago. 2024.

NOGUEIRA, M. C. J. A. *et al.* Evaluation of *Eucalyptus triantha* Timber for Structural Applications. **Silva Lusitana**, v. 28, n. 1, p. 1-13, 2020.

PESSOA, M. C. P. Y. **Simulação da dinâmica populacional do psílideo-de-concha, *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) e identificação de estratégias para a criação laboratorial de seu parasitóide *Psyllaephagus***

***bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae).** 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2008.

RAMIREZ, A. L. G.; MANCERA, G. M.; GUERRA-SANTOS, J.J. **Análisis del efecto de las condiciones ambientales en la fluctuación poblacional del psílido del eucalipto en el estado de México.** Cuautitlán Izcalli: Editorial Habana, 2002. 5p.

REQUIA, G. H. **Desenvolvimento de aplicativos: CR Campeiro Móbile – Caso de teste: Sistema Operacional Android.** 2013. Tese (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Colégio Politécnico, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 70, 2013.

ROCHA, A. B. O. *et al.* Metodologias para coleta de insetos no campo e para armazenamento em laboratório de criação de *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae) visando o controle biológico do psílido-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) em hortos florestais. In: **O Biológico**, v. 70, n.2, p.170, 2008.

ROZEFELDS, A. *Eucalyptus* phylogeny and history: A brief summary. **Tasforests**, v. 8, n. 1, p.15-26, 1996.

SALES, G. A. G.; JÚNIOR, E. A. S.; CARDOSO, A. M. S. TheBug: Software Mobile for Insect Identification. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 5255–5264, 2021.

SANTANA, D. L. Q. **Psílídeos em Eucaliptos no Brasil.** Embrapa: PR. Circular Técnica 109, ISSN 1517-5278, p. 1-14, 2005.

SANTOS, J. S. S. *et al.* Predicting *eucalyptus* plantation growth and yield using Landsat imagery in Minas Gerais, Brazil. **Ecological Informatics**, v. 75, n. 9, p. 102120, 2023.

SCHUMACHER, M. V.; VIEIRA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil.** 1. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2015. 308 p.

SEVERTSON, D.; CONGDON, B. S.; VALENTINE, C. Apps, traps and LAMP's: 'Smart' improvements to pest and disease management. In: **Grains Research Updates.** Australia: GRDC Perth, 2018.

SHAN, N. S. *et al.* Bioactive antioxidante and antimicrobial Properties of chemically fingerprinted essential oils extracted from *Eucalyptus globulus*: in vitro and in-silico investigations. **Front. Chem**, v. 11, n. 1, p. 1287317, 2023.

SHI, J. *et al.* Sublethal acetamiprid doses negatively affect the lifespans and foraging behaviors of honey bee (*Apis mellifera* L.) Workers. **Science of The Total Environment**, v. 738, n. 3, p. 139924, 2020.

SILVA, A. J. F. *et al.* Determinação da eficiência energética em máquinas de colheita florestal em sistemas Full-tree. **Delos: Desarrolla Local Sustentable**, v. 17, n. 54, p. e1390, 2024.

SILVA, J. O. *et al.* Efeitos da variação temporal e da superfície foliar de ataque de *Glycaspis brimblecombei* MOORE (Hemiptera: Psyllidae) em plantios de eucalipto no norte de Minas Gerais. In: **Anais [...]**, Caxambu - MG, 2007.

SYLVAMO. **Sylvamo: The world's paper company**. Disponível em: <https://www.sylvamo.com/us/en/>. Acesso em: 10 set. 2024.

VARGA-SZILAY, Z.; TÓTH, Z. Is acetamiprid really not that harmful to bumblebees (Apidae: *Bombus* spp.)?. **Apidologie**, v. 53, n. 2, p. 1-14, 2022.

VIEIRA, R. L. *et al.* Primeiro registro de *Psyllaephagus bliteus* parasitando *Glycaspis* brimblecombei em Chapadão do Sul, MS. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p.87-90, 2018.

VIEIRA, T. A. S. *et al.* Determinação da Composição Química de *Eucalyptus* spp. para Produção de Pasta Celulósica. **Florestas**, v. 12, n. 1, p. 1649, 2021.

VILLA, B. *et al.* Climatological water balance: a review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e50211626669, 2022.

WILCKEN, C. F. *et al.* Ocorrência do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) (Hemiptera: Psyllidae) em florestas de eucalipto no Brasil. IPEF: **Documentos Técnicos**, v.1, n. 201, p.1-11, 2003.

WILCKEN, C. F. *et al.* Sistema de criação do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) e de seu parasitóide *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae) para programa de controle biológico em plantações de eucalipto. IPEF: **Documentos Técnicos**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2010.

YANG, L. *et al.* A simulates drier climate reduces growth and alters functional traits of *Eucalyptus* trees: a three-year experiment in South China. **Forest Ecology and Management**, v. 549, n. 1, p. 121435, 2023.

ZHANG, C. *et al.* A critical review on the accumulation of neonicotinoid insecticides in pollen and néctar: Influencing factors and implications for pollinator exposure. **Science of The Total Environment**, v. 899, n. 2, p. 165670, 2023.

ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. **Pesquisas agrárias e ambientais**. 1. ed. Nova Xavantina: Editora Pantanal, 2022. 143p.