

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

Rinaldo Joaquim da Silva Júnior

**Mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae):
Distribuição potencial atual e futura, e estimativa de risco econômico para a produção de
coco *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) no Brasil.**

Rio Largo, AL

2025

RINALDO JOAQUIM DA SILVA JÚNIOR

**Mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae):
Distribuição potencial atual e futura, e estimativa de risco econômico para a produção de
coco *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) no Brasil.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Proteção de Plantas, do Campus de Engenharias
e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de
Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor em Proteção de Plantas.

Orientador: Dr. Elio Cesar Guzzo

Rio Largo, AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S586m Silva Junior, Rinaldo Joaquim da.

Mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae): distribuição potencial atual e futura, e estimativa de risco econômico para a produção de coco *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) no Brasil. / Rinaldo Joaquim da Silva Junior. – 2025.

121f.: il.

Orientador(a): Elio Cesar Guzzo.

Tese (Doutorado em Proteção de plantas) – Programa de Pós -Graduação em Proteção de plantas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Mosca-branca. 2. Mudanças climáticas. 3. Modelos de dinâmica de nicho. 4. Segurança alimentar. 5. Coqueiro. I. Título.

CDU: 632.9 : 634.61

Folha de Aprovação

RINALDO JOAQUIM DA SILVA JÚNIOR

**Mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae):
Distribuição potencial atual e futura, e estimativa de risco econômico para a
produção de coco *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) no Brasil.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título para obtenção do título de doutor em Proteção de Plantas.

Área de concentração: Entomologia

Aprovado em: 28/02/2025

Dr. Elio Cesar Guzzo – Embrapa Tabuleiros Costeiros
(Orientador)

Banca examinadora:

Dr. João Gomes da Costa – Embrapa Alimentos e Territórios
(Examinador externo)

Prof. Dr. Marcos Vinícius Carneiro Vital – Universidade Federal de Alagoas
(Examinador externo)

Profª. Dra. Izabel Vieira de Souza – Instituto Federal de Alagoas (Examinadora interna)

Rio Largo, AL

2025

Dedico a meu filho, pai, mãe e marido; pela presença,
acolhimento nas tempestades e pelos sorrisos e carinho na
calmaria.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas, juntamente com o Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, pela oportunidade de realização do curso e do trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Elio Cesar Guzzo, pela disponibilidade, paciência e profissionalismo.

Ao Dr. George Amaro pelos ensinamentos sobre modelagem e estimativa do risco econômico associado a espécies invasoras.

À Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju - SE, à Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP Rio Largo), pela permissão de uso da estrutura na execução das atividades e experimentos, em especial à Dra. Walane Maria Pereira de Mello Ivo, Coordenadora da UEP Rio Largo.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas.

Ao Raphael Florindo Amorim (Rapha) *in memoriam*, pelo modelo de ser humano, incentivo, compartilhamento de experiências ao longo dos nossos 10 anos de relacionamento e principalmente por ter sido o instrumento do universo para que eu recebesse o maior e melhor presente da vida, nosso filho.

Ao Kaio Joaquim Florindo Sanumã, meu filho, por ser exemplo de força e ressignificação de vida. Por ser a força motriz da minha cura na depressão, o beijo que me fez sorrir nos meus momentos de tristeza e o abraço que me confortou no desespero.

Ao meu pai, Rinaldo Joaquim da Silva e à minha mãe, Gilvanda Maria Oliveira da Silva, por terem abdicado do seu precioso tempo de vida para que eu continuasse na minha jornada de capacitação técnica.

Ao meu marido Leonardo D'Alessandro, por ter sido a luz que me inspirou e guiou, no recomeço.

Aos amigos de uma vida inteira, aos amigos recentes e aos colegas do Programa de Pós-Graduação pelo compartilhamento de sentimentos e incentivo.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram na realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

Ataques severos à cultura do coqueiro *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) pela mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) têm sido relatados em alguns municípios da região Nordeste do Brasil. Devido à recente identificação da espécie não-nativa, e sua importância como praga na cocoicultura brasileira, há necessidade de se criar estratégias de manejo, associadas à implementação de políticas fitossanitárias para evitar a dispersão e mitigar a praga. Modelos de nicho ecológico são usados para quantificar as relações entre registros de ocorrência conhecidos de uma determinada espécie e variáveis ambientais nesses locais. Maxent está entre os algoritmos mais amplamente usados para modelar a distribuição de espécies. Os dados foram coletados através de informações biológicas sobre a espécie, em bancos de dados científicos e de localização geográfica. Estes, foram utilizados para criar mapas de previsão do potencial de distribuição global presente e futura, além de analisar o risco econômico potencial da praga para a cultura do coco no Brasil. O modelo mostrou adequabilidade climática em todos os pontos de distribuição conhecidos da espécie, mostrando alta confiabilidade da modelagem. Os resultados mostram áreas de sobreposição entre a espécie e os principais hospedeiros presentes, com adequabilidade climática. Os mapas de previsão futura para *A. pseudugesii* mostram pequena diminuição nas áreas climaticamente adequadas, porém, as áreas no Caribe, Américas, África e Ásia, que abrangem os maiores produtores mundiais de coco, mostram alta adequabilidade até o fim do século em todos os cenários. Regiões brasileiras de alta dependência econômica à cocoicultura, apresentam risco econômico potencial da praga de R\$ 728 milhões/ano, o equivalente a 52% do valor da produção anual de coco. Dentre os trinta municípios mais afetados economicamente, quatro pertencem ao estado de Alagoas (Maragogi, Porto de Pedras, Coruripe e Piaçabuçu), impactando a economia do estado em 79,5 milhões de reais. Estes resultados indicam que *A. pseudugesii* tem um potencial significativo de impactos econômicos e sociais, fazendo-se necessário o desenvolvimento de técnicas de controle eficazes e fiscalização fitossanitárias para se evitar ou retardar a dispersão desta praga.

Palavras-chave: Mosca-branca. Mudanças climáticas. Modelos de dinâmica de nicho. Segurança alimentar. Coqueiro.

***Aleurodicus pseudugesii* MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE): CURRENT AND FUTURE POTENTIAL DISTRIBUTION, AND ESTIMATION OF ECONOMIC RISK FOR COCONUT *Cocos nucifera* L. (ARECACEAE) PRODUCTION IN BRAZIL.**

GENERAL ABSTRACT

Severe infestations of the coconut palm *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) by the whitefly *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) have been reported in several municipalities in the Northeast region of Brazil. Due to the recent identification of this non-native species and its significance as a pest in Brazilian coconut cultivation, it is crucial to develop management strategies alongside the implementation of phytosanitary policies to prevent its spread and mitigate its impact. Ecological niche models are employed to quantify the relationship between known species occurrence records and environmental variables. Among these, Maxent is one of the most widely used algorithms for modeling species distribution. Data were compiled from biological and geographic databases and used to generate predictive maps of the current and future potential global distribution of the pest, as well as to assess its potential economic impact on coconut production in Brazil. The model indicated climatic suitability across all known distribution points of the species, demonstrating high model reliability. Results also revealed areas of overlap between the pest and key host plants under suitable climatic conditions. Future projections for *A. pseudugesii* show a slight reduction in climatically suitable areas; however, regions such as the Caribbean, the Americas, Africa, and Asia—which encompass the world's leading coconut producers—are expected to remain highly suitable through the end of the century under all scenarios. Brazilian regions with high economic dependence on coconut farming face an estimated potential economic loss of R\$728 million per year due to the pest, representing 52% of the country's annual coconut production value. Among the thirty most economically affected municipalities, four are located in the state of Alagoas (Maragogi, Porto de Pedras, Coruripe, and Piaçabuçu), with an estimated economic impact of R\$79.5 million on the state. These findings highlight the significant economic and social threat posed by *A. pseudugesii* and underscore the urgent need for the development of effective control measures and rigorous phytosanitary monitoring to prevent or delay the pest's spread.

Keywords: Whitefly. Climate changes. Niche dynamics models. Food security. Coconut palm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pontos (em vermelho) de presença de <i>A. pseudugesii</i> utilizados para calibragem do modelo Maxent	42
Figura 2 - Correlação entre variáveis preditoras: A) a cor lilás com inclinação à direita indica uma correlação positiva, enquanto laranja com inclinação à esquerda indica uma correlação negativa. A intensidade do coeficiente de correlação aumenta à medida que a forma muda de círculo ($ \rho = 0$) para a elipse ($ \rho = \text{intermediário}$) e para linha ($ \rho = 1$); variáveis correlacionadas foram agrupadas pelo método de Ward (os grupos são mais homogêneos internamente, sendo mais heterogêneos entre si) através de análise hierárquica de clusters; B) valores estimados dos coeficientes de correlação entre as variáveis, seguindo o mesmo padrão de cor	49
Figura 3 - Gráficos da área sob a curva ROC (AUC) (A) e AUC parcial a 10% (B) do modelo Maxent final de <i>A. pseudugesii</i>	53
Figura 4 - Importância percentual de permutação das variáveis no modelo Maxent final para <i>A. pseudugesii</i>	54
Figura 5 - Histograma representando a ocorrência de <i>A. pseudugesii</i> em relação às variáveis ambientais. (a) temperatura média do trimestre mais frio (Bio11), variação média da temperatura diurna (Bio02), precipitação do trimestre mais frio (Bio19), Isotermalidade (Bio03), precipitação do trimestre mais chuvoso (Bio16), precipitação do trimestre mais quente (Bio18) e, temperatura máxima do mês mais quente (Bio05)	54
Figura 6 - Distribuição geográfica potencial de <i>A. pseudugesii</i> sob condições climáticas atuais e pontos de ocorrência confirmada da espécie	56
Figura 7 - Classes de probabilidade para a distribuição geográfica potencial de <i>A. pseudugesii</i> sob as condições climáticas atuais e estimativas de áreas e pontos de ocorrência confirmada da espécie	57
Figura 8 - Distribuição geográfica potencial de <i>A. pseudugesii</i> considerando a aplicação do <i>threshold</i> com adequação mínima para a espécie (probabilidade marginal de ocorrência, MTP) e do <i>threshold</i> que permite identificar as áreas mais adequadas (maior probabilidade maior probabilidade de ocorrência, 10MTP) e pontos de ocorrência confirmada da espécie	59
Figura 9 - Distribuição geográfica potencial de <i>A. pseudugesii</i> atual e futura, considerando a média de diferentes cenários climáticos, expressa pela probabilidade contínua (0 a 1) e classes de probabilidade.	62
Figura 10 - Matriz de Risco utilizada para definir as classes de risco a partir da importância da cultura hospedeira (ICn = impacto) e da probabilidade de ocorrência de uma espécie invasora ou praga	96
Figura 11 - Importância econômica (ICn) da produção de coco considerando a produção agrícola municipal, para todos os municípios do Brasil	99
Figura 12 - Risco econômico de <i>A. pseudugesii</i> à produção de coco no Brasil.	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das 19 variáveis bioclimáticas usadas na modelagem de distribuição de espécies de <i>Aleudodocus pseudugesii</i>	42
Tabela 2 - Estatísticas descritivas das covariáveis utilizadas nos modelos, considerando seus valores nas coordenadas de ocorrência de <i>A. pseudugesii</i>	49
Tabela 3 - Métricas de avaliação do modelo Maxent final de <i>A. pseudugesii</i>	50
Tabela 4 - Alteração percentual para as classes de probabilidade e para todos os cenários climáticos estabelecidos, de acordo com o modelo Maxent para a distribuição geográfica potencial de <i>A. pseudugesii</i>	72
Tabela 5 - Quantidade de municípios brasileiros (e percentual relativo ao total) em cada classe de risco econômico potencial para <i>A. pseudugesii</i>	100
Tabela 6 - Relação dos trinta municípios do Brasil com as maiores perdas potenciais estimadas na produção de coco devido aos riscos associados à probabilidade de ocorrência de <i>A. pseudugesii</i> , considerando a importância do produto relativamente à produção agrícola.	102
Tabela 7 - Relação dos municípios do estado de Alagoas com perdas potenciais estimadas na produção de coco devido aos riscos associados à probabilidade de ocorrência de <i>A. pseudugesii</i> , considerando a importância do produto relativamente à produção agrícola.	105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Aspectos botânicos do coqueiro.....	15
2.2 Ecofisiologia do coqueiro	15
2.2.1 Temperatura.....	16
2.2.2 Umidade	17
2.2.3 Pluviosidade	17
2.3 Aspectos socioeconômicos e produção do coqueiro	18
2.4 Insetos-praga na cocoicultura	19
2.4.1 Mosca-branca <i>A. pseudugesii</i> na cultura do coqueiro	20
2.4.2 Manejo integrado de pragas adaptado para <i>A. pseudugesii</i> na cocoicultura	22
2.5 Modelos de Nicho ecológico e zoneamento de risco econômico de espécies invasoras	22
REFERÊNCIAS	27
3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL ATUAL E FUTURA DE <i>Aleurodicus</i> <i>pseudugesii</i> MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE).....	36
ABSTRACT	37
3.1 Introdução	38
3.2 Material e Métodos	40
3.2.1 Dados de ocorrência	40
3.2.2 Dados ambientais e cenários de mudança climática	42
3.2.3 Área de calibração e seleção de <i>background</i>	44
3.2.4 Desenvolvimento dos modelos	44
3.3 Resultados e Discussão	46
3.3.1 Performance do modelo de distribuição de espécies e contribuição das variáveis	46
3.3.2 Distribuição potencial de <i>A. pseudugesii</i> sob condições climáticas atuais	52
3.3.3 Distribuição potencial sob condições climáticas futuras	60
3.4 Conclusões	76
REFERÊNCIAS	78
4 ESTIMATIVA DE RISCO ECONÔMICO DE <i>Aleurodicus pseudugesii</i> MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) PARA PRODUÇÃO DE COCO <i>Cocos nucifera</i> L. (ARECACEAE) NO BRASIL.....	89

ABSTRACT	89
4.1 Introdução	90
4.2 Material e Métodos	92
4.2.1 Dados de ocorrência	92
4.2.2 Dados de produção	92
4.2.3 Índices de concentração produtiva	92
4.2.4 SDM e ICn para estimativa de risco econômico	95
4.3 Resultados e Discussão	96
4.4 Conclusão.....	107
REFERÊNCIAS	109
ANEXO 1	114
ANEXO 2	115

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as moscas-brancas causam sérios problemas em diversas culturas de importância econômica, tendo sido constantemente observadas na cultura do coqueiro *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) (OLIVEIRA et al., 2002; OMENA et al., 2012; JESUS-BARROS; FREITAS; GROSSI, 2013; SANTOS; CREÃO-DUARTE; LUNZ, 2015; FERREIRA et al., 2018). Quarenta e três espécies de moscas-brancas são listadas em palmeiras e, destas, cerca de 80% em coqueiro, sendo que a principal espécie na região Nordeste é *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae: Aleurodicinae) (HOWARD et al., 2001; FERREIRA et al., 2011). Populações desta espécie têm sido encontradas danificando coqueiros nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Sergipe (Nordeste), Pará (Norte) e Rio de Janeiro (Sudeste) (FERREIRA et al., 2011, OMENA et al., 2012, NORONHA et al., 2023). Santos (2024) apresenta o primeiro registro da espécie no Acre em *Euterpe precatoria* Mart. (Arecaceae), aumentando a gama de insetos-praga associados à palmeira açaí-solteiro na região amazônica, assim como amplia os hospedeiros de importância econômica para essa espécie de mosca-branca não-nativa ou exótica.

Esta praga ataca os folíolos do coqueiro, levando a um embranquecimento generalizado da folha, em consequência de uma camada cerosa secretada e do honeydew. Pelo fato de a descrição da espécie *A. pseudugesii* e o conhecimento da sua ocorrência no Brasil serem relativamente recentes (MARTIN, 2008; OMENA et al., 2012), ainda não se dispõe de informações básicas sobre flutuação e dinâmica populacional da espécie, inimigos naturais associados à praga e métodos de controle eficientes, os quais são extremamente necessários, principalmente dentro das estratégias do manejo integrado de pragas para a cultura.

O coqueiro é uma das fruteiras mais difundidas no mundo, ocorrendo praticamente em todos os continentes (MARTINS; CUENCA, 2018) exceto europeu e o antártico. Em virtude do seu alto grau de dispersão e adaptabilidade, é cultivada comercialmente em cerca de 90 países, onde há condições ótimas para seu pleno desenvolvimento e produtividade (solos arenosos, intensa radiação solar e alta precipitação) que destinam o fruto, principalmente, para a produção de copra e óleo, principais derivados do coco comercializados no mercado internacional. Indonésia, Filipinas e Índia, principais produtores mundiais, detêm 72,6% da área e 72,8% da produção mundial (BRAINER, 2021).

O Brasil ocupa o quarto lugar em produção de coco, com aproximadamente 2,7 milhões de toneladas por ano, representando 3,5% da produção mundial, sendo que o coqueiro é a quarta fruteira perene mais plantada no país, com área de 216.000 hectares (BRAINER, 2021;

FAOSTAT, 2022). Nacionalmente, a cocoicultura é de fundamental importância, estimando-se que gera emprego e renda no processo de produção, além dos inúmeros empregos indiretos gerados ao longo da cadeia produtiva (FONTES; FERREIRA, 2016). O aumento da produtividade e da qualidade dos seus produtos; assim como tolerância a pragas e doenças, são considerados desafios prioritários para o desenvolvimento e sustentabilidade da cocoicultura brasileira.

Apesar da importância econômica e social do coqueiro, a produtividade média nacional ainda é baixa, devido, em grande parte, ao cultivo de materiais não melhorados, como os gigantes, e materiais segregantes provenientes de coleta aleatória de sementes, os quais apresentam baixo potencial produtivo, baixa estabilidade de produção, e alta susceptibilidade a pragas e estresses abióticos (COSTA, 2016). Associados a esses fatores, os surtos são também favorecidos pelos desequilíbrios ocorridos em relação aos fatores ambientais, pela utilização de tratamentos culturais inadequados, e pela utilização indiscriminada de defensivos agrícolas no combate às pragas (FERREIRA, 2008).

Apesar de a cultura do coco ter grande importância econômica e social, existem poucos estudos sobre *A. pseudugesii*, havendo grande necessidade de entender a dinâmica populacional da espécie, a fim de elaborar estratégias de manejo que associem o uso de compostos químicos mais seletivos e inimigos naturais no controle deste inseto-praga, além de pressupor, através de estudos de modelagem, a possibilidade de dispersão para áreas com a ausência da espécie, e possíveis impactos socioeconômicos e ambientais.

A previsão de habitats potencialmente favoráveis para espécies exóticas é importante para dar suporte e auxiliar no planejamento e implementação de medidas fitossanitárias e políticas públicas que previnam ou retardem a dispersão no Brasil, especialmente para áreas cuja dependência econômica da produção de seus hospedeiros seja significativa.

A Modelagem de Distribuição de Espécies (SDM), onde modelos preditivos da distribuição geográfica de espécies são desenvolvidos com base nas condições ambientais dos locais de ocorrência (habitat favorável), tem aplicações no planejamento de políticas de conservação, ecologia, estudos de evolução, epidemiologia e gestão de espécies invasoras, entre outros campos (YOM-TOV; KADMON, 1998; CORSI et al., 1999; PETERSON et al., 1999; SCOTT et al., 2002; WELK et al., 2002; PETERSON; SHAW, 2003). Conforme Phillips et al. (2006), um modelo de distribuição de uma espécie, basicamente promove ajuste a uma função entre os pontos de ocorrência de uma espécie e um conjunto multivariado de dados ambientais.

Se, por um lado, as previsões para espécies invasoras têm sido cada vez mais realizadas por meio da SDM, por outro lado, identificar aqueles municípios que apresentem algum grau

de dependência econômica relativa ao cultivo de plantas hospedeiras de pragas quarentenárias e associar essa dependência com a probabilidade de ocorrência/adequabilidade ambiental dessas pragas, permite avaliar o risco potencial relativo à distribuição de espécies invasoras em reais produtoras (AMARO et al., 2021).

Não existe uma definição comumente aceita para o termo risco – nem nas ciências, nem na compreensão comum das pessoas. Todos os conceitos de risco têm, entretanto, um elemento em comum: há uma distinção entre realidade e possibilidade (RENN, 1998). Um método bastante difundido e utilizado para ranquear diferentes níveis de risco é a matriz de risco. Uma matriz de risco é definida como sendo um mecanismo para caracterizar e classificar os riscos de um processo, que são normalmente identificados por meio de uma ou mais análises multifuncionais (MARKOWSKI; MANNAN, 2008). Também é definida por Cox (2008) como uma tabela que tem várias categorias de probabilidade, possibilidade ou frequência, para suas linhas e várias categorias de gravidade, impacto ou consequências, para suas colunas, ou vice-versa.

Desta forma, este trabalho objetivou estimar a distribuição geográfica potencial presente e futura, através de dados climáticos atuais e projeções de mudanças climáticas, considerando três cenários diferentes, além de determinar o risco econômico potencial de *A. pseudugesii* para a cultura do coco nos municípios do Brasil, a partir da SDM e da análise da concentração espacial da produção dessas espécies, utilizando uma matriz de risco criada a partir do cruzamento dessas informações.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos botânicos do coqueiro

Cocos nucifera L. pertence à classe Monocotyledoneae, ordem Palmales, família Arecaceae (Palmae), subfamília Cocoideae e gênero *Cocos*. Este gênero apresenta somente a espécie *C. nucifera* que, por sua vez, é constituída de três variedades. Destas, as principais variedades usadas comercialmente são a Nana (Var. anã) e a Typica (Var. gigante); do cruzamento das duas obtém-se o híbrido intervarietal, também de bastante utilidade comercial, tanto *in natura*, quanto agroindustrial (LOIOLA, 2009).

O coqueiro é uma planta perene de porte ereto, sem ramificações, e de folhagem restrita ao topo. O caule é classificado como do tipo estipe, não ramificado, com uma única gema apical. Suas raízes são pouco profundas, do tipo fasciculada, com várias raízes primárias grossas, com pequena capacidade de absorção, tendo como função principal a forte fixação do coqueiro ao solo (LOIOLA, 2009). A folha do coqueiro é do tipo penada, sendo constituída pelo pecíolo, raquis e folíolos. Uma folha madura possui comprimento variável de até 130 cm, e 300 folíolos. Um coqueiro-gigante adulto emite de 12 a 14 folhas por ano e um coqueiro-anão adulto 18 folhas por ano, que permanecem no coqueiro por um período de até três anos (FOALE; HARRIES, 2009). O coqueiro possui inflorescências paniculadas e axilares, protegidas por brácteas grandes, chamadas espatas. A estrutura é composta pelo pedúnculo, espigas e flores. Cada espiga possui flores masculinas e femininas. O número de flores femininas é influenciado pelas condições nutricionais e hídricas da planta. O fruto do coqueiro é uma drupa, formada por epiderme lisa, ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso, ficando mais para o interior uma camada muito dura, o endocarpo. A semente é envolvida pelo endocarpo, que é constituído pelo tegumento, que fica entre o endocarpo e o albúmen (SOUZA; MELO; MACIN, 2017).

2.2 Ecofisiologia do coqueiro

Fatores edáficos (propriedades físicas e químicas do solo), fatores climáticos (pluviometria, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e ventos) e fatores bióticos (tratos culturais e pragas) afetam o crescimento e produtividade de uma espécie vegetal (FERREIRA et al., 2018). O coqueiro é uma planta que encontra condições climáticas favoráveis entre as latitudes 20° N e 20° S. No entanto, mesmo dentro desses limites

geográficos, os fatores climáticos interferem de diferentes modos no desenvolvimento dessa planta, a depender da região onde é cultivada. No Brasil, o coqueiro gigante é cultivado, em quase sua totalidade, no litoral do Nordeste. Com o crescimento da demanda pela água do fruto verde, novos plantios, em sua maioria de coqueiro anão, surgiram desde a região Norte até as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul (PASSOS et al., 2009).

No Nordeste, as elevadas taxas de evapotranspiração, associadas à irregularidade na distribuição das chuvas, provocam déficits hídricos estacionais. Tais déficits constituem-se no principal fator limitante do desenvolvimento do coqueiro que, por ter crescimento e produção contínuos, exige condições de clima muito próximas do ideal durante todo o ano. Nesta região, a média anual de precipitação está em torno de 1.500 mm anuais, concentrados em cinco meses do ano (FERREIRA et al., 2011). Na região Norte, a maior pluviosidade ocorre de dezembro a maio. Para o município de Belém, a pluviosidade anual é de 2.800 mm, sem ocorrência de deficiência hídrica durante quase todo o ano. Fato semelhante ocorre no sul da Bahia, mais especificamente nos municípios próximos a Ilhéus e Canavieiras. Essas duas regiões não apresentam deficiência hídrica, todavia, a elevada umidade atmosférica, superior a 80% durante a maior parte do ano, favorece os problemas fitossanitários para a cultura (PASSOS et al., 2009). Nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, ao contrário do Nordeste, há maior pluviosidade nos meses mais quentes do verão, proporcionando elevada atividade fotossintética do coqueiro nesse período. Os meses mais frios de inverno, entre maio e agosto, são os de menor pluviosidade, ocorrendo deficiência hídrica nesse período. No entanto, a baixa umidade atmosférica nos meses mais frios, associada à menor disponibilidade de água no solo, promove redução no potencial hídrico da folha e na fotossíntese do coqueiro (PASSOS, 1999).

A expansão do cultivo comercial do coqueiro anão na região semiárida do Nordeste ocorreu nos perímetros irrigados dos polos produtores de frutas tropicais. Neste ecossistema, a precipitação anual pode ser inferior a 600 mm, com chuvas concentradas em menos de quatro meses. A umidade atmosférica mais baixa que no litoral e as altas temperaturas diurnas, associadas à baixa pluviosidade, proporcionam um déficit hídrico elevado durante a maior parte do ano. No entanto, o uso adequado da irrigação tem contribuído para que nos plantios comerciais, as plantas apresentem bom aspecto vegetativo e reprodutivo (PASSOS et al., 2009).

2.2.1 Temperatura

Climas quentes sem grandes variações diurnas de temperatura são altamente favoráveis ao crescimento e produção do coqueiro. Temperaturas médias anuais de 27°C, com oscilações diurnas de 7°C, são consideradas ótimas para o crescimento e a produção do coqueiro (CHILD, 1974). Temperaturas mínimas diárias inferiores a 15°C modificam a morfologia do coqueiro e, mesmo sendo de pequena duração, provocam desordens fisiológicas, tais como a parada do crescimento e o abortamento de flores (FRÉMOND et al., 1975). Pesquisas desenvolvidas por Passos et al. (1999) na região noroeste de São Paulo demonstraram que as temperaturas mais baixas dos meses de junho, julho e agosto retardam a germinação e reduzem o percentual de germinação das sementes. Temperaturas mais elevadas são toleradas, tornando-se prejudiciais apenas quando coincidem com baixa umidade atmosférica, agravadas pelos ventos quentes e secos, provocando alta taxa de transpiração foliar (PASSOS; SILVA, 1991).

2.2.2 Umidade

Pela distribuição geográfica da cultura do coqueiro, pode-se concluir que os climas quentes e úmidos são os mais favoráveis ao desenvolvimento dessa planta. Em regiões onde o lençol freático é pouco profundo, ou quando as condições favoráveis de umidade de solo são garantidas pela irrigação, há aumento da absorção de água e, conseqüentemente, de nutrientes pelas raízes. Umidade relativa do ar inferior a 60% é prejudicial ao desenvolvimento dessa planta, no entanto, condições de umidade muito elevadas reduzem a absorção de nutrientes devido à redução de transpiração e provoca a queda prematura dos frutos, além de favorecer a propagação de doenças fúngicas (MENON; PANDALAI, 1958; OCHS, 1977).

Na região Norte do Brasil, com maior pluviosidade e melhor distribuição das chuvas, além da alta umidade atmosférica, não há déficit hídrico, favorecendo o desenvolvimento da planta, que, ao mesmo tempo, enfrenta sérios problemas fitossanitários, por haver condições favoráveis ao desenvolvimento de patógenos e pragas. Por outro lado, na região Nordeste, o déficit hídrico é o principal fator limitante do desenvolvimento do coqueiro, no entanto, a menor umidade atmosférica torna os problemas sanitários menos graves (PASSOS et al., 2018).

2.2.3 Pluviosidade

A deficiência hídrica causada pela irregularidade na distribuição das chuvas é o principal fator limitante do crescimento e produção do coqueiro. Embora essa palmeira possua

mecanismos fisiológicos que permitam maior tolerância às situações de estresse hídrico, seu desenvolvimento é comprometido, resultando em queda acentuada da produção (PASSOS et al., 2005). As variações climáticas observadas nas diferentes estações do ano interferem no estado hídrico do coqueiro, influenciando no seu crescimento e produção, mesmo quando a umidade ideal do solo é garantida pelo uso da irrigação (PRADO et al., 2001; PASSOS et al., 2005).

O regime pluviométrico ideal é caracterizado por uma precipitação anual de 1.500 mm, com pluviosidades mensais nunca inferiores a 130 mm. Um período de três meses, com menos de 50 mm de precipitação por mês, é consideravelmente prejudicial ao coqueiro (CHILD, 1974; FRÉMOUND et al., 1975). Em plantio comercial irrigado, nos tabuleiros costeiros de Sergipe, Castro (2007) observou, durante a seca de verão, senescência precoce das folhas do coqueiro, com redução no número de folhas vivas.

2.3 Aspectos socioeconômicos e produção do coqueiro

O coqueiro tem um importante papel socioeconômico nos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil, onde é cultivado, em sua grande maioria, por pequenos produtores, nos solos arenosos e pobres, com baixa aptidão para outras atividades. Também é uma cultura importante para a sustentabilidade dos ecossistemas frágeis das ilhas e regiões tropicais costeiras, onde poucas espécies vegetais são capazes de sobreviver (FERREIRA et al., 2011). É considerada uma planta de múltiplas funcionalidades e elevado potencial econômico devido à gama de produtos que podem dele ser explorados. Dentre eles, destacam-se a casca do coco, usada na fabricação de cordas, tapetes e chapéus; a água, sendo suprida pelo comércio do fruto, principalmente, com o envasamento da água extraída por empresas de diversos portes; o óleo, largamente usado na indústria alimentícia, cosméticos, detergentes, sintéticos, sabão, velas, fluidos para freio de avião, entre outros; e a fibra do coco maduro; aproveitada pela indústria e agricultura brasileira. De forma prática, a planta é quase totalmente aproveitada (ALVES et al., 2018; BAPTISTELLA; COELHO, 2021).

Embora a cocoicultura no Brasil tenha se expandido para regiões não tradicionais, como o semiárido nordestino, região Centro-Oeste do Brasil, e norte do Paraná, observa-se o seu predomínio na região litorânea nordestina. Dentre os dez maiores estados produtores de coco do Brasil, sete são da região Nordeste. Em 2021, a liderança da produção foi do estado da Ceará seguido da Bahia e Sergipe. Atualmente, Alagoas manteve suas posições observadas no período pré-pandemia de COVID-19, ocupando a 4ª posição em área plantada, com uma média de

21.215 hectares plantados, e a 6ª posição em produção, com média de 90 milhões de frutos por ano (BRAINER, 2021; IBGE, 2023).

2.4 Insetos-praga na cocoicultura

Os insetos estão presentes em praticamente todos os ambientes, desde locais extremamente quentes até regiões com temperaturas abaixo de zero. O papel que desempenham nos diversos ecossistemas é inegável, estando envolvidos em vários processos e interações ecológicas, como polinização, ciclagem de nutrientes, herbivoria e controle biológico. Assim, compreender as funções ecossistêmicas desempenhadas pelos insetos e seu efeito sobre as plantas é, sem dúvida, um amplo entendimento que requer várias áreas do conhecimento (CAMARGO et al., 2015). Quase todas as estruturas do coqueiro podem ser fontes de alimento para diversas espécies de insetos e ácaros. Estes organismos são pragas específicas, seja da folhagem, das flores, dos frutos, do estipe ou das raízes, causando danos que variam de atraso no desenvolvimento, à morte da planta (FERREIRA; MICHEREFF-FILHO, 2002).

A diversidade de pragas nos coqueirais constitui um fator limitante à exploração, respondendo de forma significativa pelo depauperamento geral da cultura e pela redução da produtividade, visto que grande parte dos coqueirais brasileiros advém de pequenos agricultores, assim definidos aqueles que atuam em áreas de até 5 hectares, com dificuldade de acesso a tecnologias e a recursos financeiros, aumentando ainda mais a precariedade no manejo (MOURA; VILELA, 1998; BRAINER, 2021). Uma gama de insetos-praga está associada a Arecaceae, ocasionando injúrias, como por exemplo, os pulgões *Cerataphis lataniae* Boisduval, 1867 e *Cerataphis brasiliensis* Hempel, 1901 (Hemiptera: Aphididae); as moscas-brancas *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896), *Aleurodicus coccois* (Curtis, 1846) e *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae); as formigas cortadeiras *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae), os besouros *Rhynchophorus palmarum* L., 1758, *Rhinostomus barbirostris* Fabr., 1775, *Xyleborus* spp., *Metamasius hemipterus* L., 1758 (Coleoptera: Curculionidae), *Pachymerus nucleorum* Fabr., 1792 (Coleoptera: Chrysomelidae), e as lagartas *Synale hylaspes* (Stoll, 1781) (Lepidoptera: Hesperiiidae), *Opsiphanes invirae* (Huebner, 1818), *Brassolis sophorae* L., 1758 (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Eupalamides cyparissias* Fabr., 1777 (Lepidoptera: Castniidae) (OLIVEIRA et al., 2002; JESUS-BARROS; FREITAS; GROSSI, 2013; SANTOS; CREÃO-DUARTE; LUNZ, 2015).

A capacidade reprodutiva da maioria das espécies pode constituir ameaça à plantação de coco, principalmente, na ausência de fatores naturais de mortalidade, provocada pela

intervenção do homem, condições favoráveis do clima, ou ainda pela falta de um manejo integrado de pragas (FERREIRA, 2008). Dentre as principais preocupações fitossanitárias vinculadas a essa cultura, destaca-se a necessidade de pesquisas sobre o complexo de moscas-brancas, uma vez que estas vêm causando danos econômicos significativos em grandes países produtores de coco, como por exemplo, a Índia, que, em 2016, teve um grande impacto com o ataque de *Aleurodicus rugioperculatus* Martin, 2004 (Hemiptera: Aleyrodidae) (SUNDARARAJ; SELVARAJ, 2017).

2.4.1 Mosca-branca *A. pseudugesii* na cultura do coqueiro

O coqueiro é atacado por um complexo de moscas-brancas (HOWARD et al., 2001), sendo *A. pseudugesii* a principal espécie na região Nordeste. Esta espécie foi descrita em 2008 a partir de exemplares coletados no Equador, com parátipos no Peru e utilizando como hospedeiro *C. nucifera*. No Brasil, seu primeiro registro data de 2012, em coqueiro Anão Verde, que se apresenta bastante suscetível ao ataque dessa praga no país, e atualmente é citada na literatura como presente nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Sergipe (Nordeste), Acre, Pará (Norte) e Rio de Janeiro (Sudeste) (FERREIRA et al., 2011; OMENA et al., 2012; FERREIRA et al., 2018; NORONHA et al., 2023; SANTOS, 2024).

Esta praga ataca principalmente os folíolos, levando a um embranquecimento generalizado da folha, em consequência de uma camada cerosa secretada e do honeydew. Os aleirodídeos (Hemiptera: Aleyrodidae) são encontrados na face inferior das folhas, onde formam grandes colônias envoltas em densos filamentos cerosos, sugam de forma contínua a seiva do vegetal e provocam o amarelecimento das folhas (GRAZIA et al., 2024). Os danos causados pelos altos índices populacionais desta praga se devem principalmente ao desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp., também conhecido como fumagina, responsável pela diminuição da área foliar verde, podendo dificultar as trocas gasosas e a realização da fotossíntese, enfraquecendo a planta e fazendo com que as folhas e os frutos caiam.

Em geral, as moscas-brancas apresentam reprodução sexuada ou partenogenética. Os adultos são pequenos, medindo 1 a 2 mm de comprimento, possuem aparelho bucal picador-sugador e dois pares de asas de coloração branca. Os ovos são depositados na face inferior das folhas e presos por um pedúnculo curto, o formato da postura da espécie *A. pseudugesii* se assemelha a uma impressão digital (HAJI et al., 2005; GRAZIA et al., 2024). As ninfas são translúcidas e apresentam coloração do amarelo ao amarelo-claro. Logo após a eclosão, se locomovem sobre as folhas, procurando um local para se fixar e iniciar a sucção da seiva.

Quando próximo à emergência dos adultos, através do tegumento das ninfas, podem ser percebidos a forma do adulto e o aparecimento de olhos vermelhos (FERREIRA et al., 2018).

O potencial reprodutivo da mosca-branca depende da fecundidade, duração do ciclo biológico e razão sexual (HILJE, 1995). O desenvolvimento da mosca-branca é influenciado pelo período quente e seco, sendo que a precipitação pluviométrica contribui para a redução de sua população. Segundo Ferreira et al. (2011), quanto mais quente e seco o clima, menor é o tempo entre as fases de ovo e adulto. Espécies de mosca-branca têm alta capacidade reprodutiva e rapidez de multiplicação, chegando a produzir até 16 gerações por ano. O reflexo do ataque da mosca-branca sobre a produção do coqueiro ocorre após dois anos, uma vez que o ciclo produtivo do coqueiro, da diferenciação dos primórdios florais à colheita, dura aproximadamente 24 a 32 meses (FERREIRA et al., 2011). Estudos realizados por Neves (2018) demonstram que a duração do período ovo-adulto de *A. pseudugesii*, a 25°C, é de 36 dias, e a longevidade, de aproximadamente 15 dias, variando entre machos e fêmeas, sendo as últimas mais longevas. Foi constatado também que, logo após o primeiro dia da oviposição, o número médio de ovos decresceu, estabilizando-se nos três últimos dias (5º ao 7º dia), sendo o número médio de ovos de 120,6 ovos/fêmea.

Segundo a literatura, esta espécie também possui como plantas hospedeiras *Inga edulis* Martius (Fabaceae); *Dyopsis lutescens* (H.Wendl.) Beentje & J. Dransf (Arecaceae); *Dieffenbachia amoena* Bull. (Araceae); *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill. (Annonaceae); *Leea rubra* Spreng. ex Blum (Vitaceae); *Musa* sp. (Musaceae); *Spathodea campanulata* P. Beau (Bignoniaceae), *Manihot esculenta* Crantz. (Euphorbiaceae) e *Euterpe precatoria* Mart. (Arecaceae) (TRINDADE et al. 2012; SANTOS, 2024). Segundo Santos (2024), a infestação de *A. pseudugesii* em plantas de *E. precatoria* sob condições de semi-campo ocorreu concomitantemente com a da cochonilha *Nipaecoccus nipae* (Maskell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae), com folíolos contendo ambas as populações. No entanto, com o aumento da população do pulgão-preto *C. brasiliensis* nas plantas, houve um declínio acentuado nas populações de mosca-branca e cochonilha em estufas sombreadas. Além disso, folíolos infestados simultaneamente por moscas-brancas e pulgões-pretos não foram observados.

Pelo fato de a descrição da espécie *A. pseudugesii* e o conhecimento da sua ocorrência no Brasil serem relativamente recentes (MARTIN, 2008; OMENA et al., 2012), ainda não se dispõe de informações sobre métodos de controle eficientes, os quais são extremamente necessários, principalmente dentro de uma filosofia holística do manejo integrado de pragas (MIP).

2.4.2 Manejo integrado de pragas adaptado para *A. pseudugesii* na cocoicultura

O conceito global de MIP foi estabelecido no final da década de 1950 e se baseia na ideia de que plantas cultivadas podem tolerar certos níveis de dano sem perdas economicamente relevantes (HIGLEY; PETERSON, 1996). Neste contexto, o MIP se torna crucial para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, utilizando técnicas e conhecimento associados, como determinação e o uso de níveis de dano econômico para insetos-praga, métodos eficientes de amostragem, o uso de inseticidas seletivos, de plantas resistentes, controle biológico aumentativo, entre outros, evitando assim o uso desnecessário de pesticidas sintéticos. Cada uma dessas estratégias pode fornecer um nível diferente de controle de pragas, mas seus efeitos aditivos podem reduzir significativamente as perdas (HIGLEY; PEDIGO, 1996; KOGAN, 1998; FERREIRA, 2008).

Inúmeros trabalhos apontam alternativas para o MIP na cultura do coco, em várias regiões do país, e todas demonstram a necessidade do manejo fitotécnico da cultura, aliado à prática preventiva de monitoramento da área, a fim de observar a presença e a(s) época(s) de maior ocorrência da praga. Devido a *A. pseudugesii* ser uma espécie exótica e recentemente descrita e identificada no Brasil, nenhuma dessas informações está disponível, fazendo com que as estratégias de controle aplicadas para esta espécie sejam adaptadas de outras espécies-praga, e sem dados reais de eficiência e efetividade.

Os inseticidas sintéticos foram rapidamente adotados desde sua criação, devido aos altos níveis de controle de pragas e facilidade de aplicação (NORRIS; CASWELL-CHEN; KOGAN, 2003), sendo o uso de agrotóxicos crucial nos programas de MIP em todo o mundo (VAN LEEUWEN et al., 2015). O tratamento químico é útil no controle de surtos populacionais ou na mitigação da dispersão de pragas (FOUNTAIN; HARRIS; CROSS, 2010; ASSIS et al., 2013), no entanto, o desafio é que o mesmo seja direcionado para o uso mais seguro à saúde humana, menos prejudicial para insetos benéficos (parasitoides, predadores e polinizadores), e que tenha curta persistência ambiental (DEKEYSER, 2005; VAN LEEUWEN et al., 2015). No entanto, especificamente na cultura do coqueiro, o porte elevado das plantas dificulta esta prática. Em muitas áreas cultivadas com a variedade gigante, o controle químico de pragas torna-se economicamente inviável (ARAGÃO, 2002). Outro problema encontrado pelo produtor de coco brasileiro é que, apesar dos inúmeros trabalhos acadêmico-científicos demonstrando a eficácia de diversos produtos no controle químico das principais pragas vinculadas à cultura, poucos são os registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA (AGROFIT, 2025). Segundo Ferreira et al. (2018), muitas das medidas de controle

químico apresentadas, embora testadas e consideradas eficientes, não possuíam registro para uso na cultura do coqueiro. Na época, havia apenas cinco inseticidas/acaricidas registrados para o controle da espécie-praga *Aceria guerreronis* Keifer, 1965 (Acari: Eriophyidae), e um inseticida fisiológico para o controle de *B. sophorae*, das 24 espécies catalogadas para esta palmácea.

Nos últimos anos, houve um aumento no número de registros de inseticidas e acaricidas para a cultura do coco, porém esses novos produtos dos grupos químicos avermectina, tetranortriterpenoide, piretroide, cetoenol, éter difenílico, pirazol, tiazolidinacarboxamida, neonicotinoide, oxadiazina, benzoiluréia, metilcarbamato de oxima, e piridazinona, continuam atendendo a um grupo restrito de pragas. Além das citadas anteriormente, a mudança desse quadro deve-se principalmente ao acréscimo de dois princípios ativos para *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae), fenpiroximato e abamectina (AGROFIT, 2025).

Wendling; Bargas (2024), avaliando a tomada de decisão na concessão de novos registros de agrotóxicos no Brasil entre 2017 e 2022, e, levando em consideração as aprovações, tipos de ingredientes ativos (IAs), número de produtos que possuem o mesmo princípio ativo e as aplicações em cultivos, verificaram que muitos ingredientes ativos têm a mesma finalidade, se repetem em muitos produtos, e possuem as mesmas funções. O aumento exponencial do número de registros também não satisfaz a intenção de modernizar o uso dos agrotóxicos, pois estes são, majoritariamente, constituídos por formulações antigas, ou repetições de IAs já utilizados, e, portanto, não representam avanço algum no setor. Para *A. pseudugesii*, não há produtos registrados ou trabalhos que indiquem eficiência de inseticidas em níveis experimentais. Ferreira et al. (2018) indicam que, para plantios jovens e em mudas atacadas, seja pulverizada quinzenalmente mistura de óleo de algodão bruto a 2% + detergente neutro a 1%, de forma emergencial. Porém, em plantios safreiros e de porte alto, não há constatação da eficácia deste método, fazendo com que produtores de coco façam uso indevido de produtos registrados para espécies de moscas-brancas em outras culturas.

O controle biológico, ou biocontrole, baseia-se na exploração de agentes vivos (incluindo vírus) para combater organismos que, por algum tipo de desequilíbrio, se tornaram pragas (STENBERG, 2021). Segundo Eilenberg et al. (2001), os termos “controle biológico inundativo” e “controle biológico inoculativo” são usados para diferenciar táticas de liberação de inimigos naturais, onde nenhuma reprodução é esperada no método inundativo, enquanto poucas gerações oriundas de reprodução do inimigo natural, em campo, são esperadas no inoculativo (HEIMPEL; MILLS, 2017). À medida em que se discute a produção integrada rumo a uma agricultura sustentável, o controle biológico assume importância cada vez maior em

programas de MIP (LACEY et al., 2001; 2015). O uso de produtos alternativos e práticas mais conscientes por parte do setor agrícola brasileiro tem crescido em resposta às demandas do mercado internacional, que são muito restritivas em relação aos resíduos químicos (SOARES et al., 2009). Ácaros predadores e fungos entomopatogênicos desempenham papel importante no controle biológico de pragas. A utilização de fungos para o manejo de pragas agrícolas é um método antigo, porém, novas pesquisas e novos isolados fúngicos com potencial para controlar pragas de grande importância econômica vêm sendo testados e registrados junto ao MAPA. O uso de fungos entomopatogênicos auxilia na redução do impacto ambiental relacionado ao uso de agrotóxicos, qualificando o controle biológico como uma prática sustentável e verde (SOUZA et al., 2021).

A busca por métodos de controle biológico para moscas-brancas tem intensificado o estudo de inimigos naturais associados, em diversas plantas cultivadas e regiões do mundo. A falta de pesquisas sobre inimigos naturais de *A. pseudugesii* força a observação de experiências e pesquisas realizadas para outras espécies de grande importância econômica. No Brasil, diversos inimigos naturais são associados a *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), como ácaros predadores da família Phytoseiidae, insetos predadores das famílias Coccinellidae (Coleoptera), Syrphidae (Diptera), Anthocoridae, Nabidae, Miridae (Hemiptera), Chrysopidae e Coniopterygidae (Neuroptera), e os himenópteros (Hymenoptera) parasitoides *Amitus* spp. (Platygastridae), *Eretmocerus* spp., *Encarsia* spp. (Aphelinidae) e *Euderomphale* spp. (Eulophidae) (BEZERRA et al., 2010; LOURENÇÃO et al., 2014; TORRES et al., 2014; COSTA-LIMA et al., 2016). Entre os entomopatógenos, os fungos mais comumente observados são *Isaria fumosorosea* (Wise) Brown & Smith (anteriormente conhecido como *Paecilomyces fumosoroseus*), *Aschersonia aleyrodidis* Webber, *Verticillium lecanii* (Zimmerman) Viegas e *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (DE QUATTRO et al., 1997; SOUZA et al., 2022).

Na cultura do coco, a mosca-branca *A. rugioperculatus* tem causado prejuízos com redução de aproximadamente 35% na produção do fruto em alguns países como Índia e EUA, o que tem estimulado o desenvolvimento de pesquisas para identificar potenciais inimigos naturais para uso em áreas de produção comercial. Na Flórida – EUA, dois parasitoides, *Encarsia guadeloupae* Viggiani, 1987 e *Encarsia noyesii* Hayat, 1983 (Hymenoptera: Aphelinidae), e o besouro predador *Nephaspis oculatus* (Blatchley, 1917) (Coleoptera: Coccinellidae), mostraram-se mais promissores para uso contra *A. rugioperculatus*, mas não estão disponíveis comercialmente (TARAVATI et al., 2013; FRANCIS et al., 2016). Em Andhra Pradesh – Índia, estudos demonstraram redução drástica na população de *A. rugioperculatus* em pomares de coqueiros pulverizados com o fungo *I. fumosorosea* a 5 g/L,

associado com a liberação introdutória do parasitoide exótico *E. guadeloupae*, resultando no manejo eficaz da mosca-branca no coco (CHALAPATHI RAO, 2023).

Para *A. pseudugesii*, foram realizadas avaliações nas folhas de plantas de coqueiro da variedade Anã Verde, com idade de seis a sete anos, localizada no município de Santa Izabel do Pará. Durante as observações, foram coletadas amostras de folhas com ninfas de mosca-branca apresentando coloração preta, indicadora de parasitismo. Houve a identificação de apenas um inimigo natural, o parasitoide *Aleuroctonus marki* Hansson & LaSalle, 2003 (Hymenoptera: Eulophidae), associado às ninfas de *A. pseudugesii* em coqueiro (NORONHA et al., 2023), porém sem dados sobre taxa de parasitismo, razão sexual dos parasitoides, viabilidade de criação massal da espécie e viabilidade de uso em escala comercial.

2.5 Modelos de Nicho Ecológico e Zoneamento de Risco Econômico de Espécies Invasoras

O interesse em descrever, compreender e prever a distribuição geográfica e ambiental das espécies existe há muito tempo (WALLACE, 1860; GRINNELL, 1917). Portanto, nas últimas décadas, vários métodos foram propostos para esse propósito (STOCKWELL; PETERSON, 2002; PHILLIPS et al., 2006; SOBERÓN et al., 2017; VALAVI et al., 2021). Em geral, tais modelos usam associações entre registros de ocorrência de espécies conhecidas e variáveis ambientais para estimar distribuições geográficas potenciais (ELITH, 2017). Duas terminologias principais têm sido usadas para se referir a métodos de modelagem que correlacionam registros de ocorrências conhecidas e condições ambientais: “modelos de distribuição de espécies” e “modelos de nicho ecológico” (PETERSON; SOBERON, 2012). Estes últimos são amplamente empregados em numerosos estudos sobre ecologia e evolução, incluindo aqueles focados na identificação de áreas adequadas para espécies invasoras (ZHU et al., 2012; ZHANG et al., 2021; MARCHIORO; KRECHEMER, 2023). Ao empregar esses modelos para estimar distribuições de espécies, são utilizadas (1) dados apenas de presença; (2) dados de presença-ausência, quando disponíveis; e (3) dados de presença e uma amostra de dados de base (SILLERO et al., 2021).

Os dados de base representam uma amostra da área de estudo que ajuda a caracterizar as condições ambientais em toda a região sob investigação, incluindo os locais acessíveis onde a espécie poderia potencialmente existir (FERNANDEZ et al., 2022). Nas últimas décadas, métodos que não dependem de dados de ausência tornaram-se populares, com o algoritmo de máxima entropia (Maxent), em particular, ganhando destaque (PHILLIPS et al., 2006). Maxent

é um algoritmo de “machine learning” que foi desenvolvido especificamente para estimar a distribuição potencial de espécies para cenários onde apenas dados de presença estão disponíveis (PHILLIPS et al., 2006; ELITH et al., 2011; MEROW et al., 2013) e mostra bom desempenho em comparação com outros métodos (ELITH et al., 2006; HEIKKINEN et al., 2012; VENETTE, 2017; FENG et al., 2019; JHA et al., 2022). Este algoritmo estima a adequação do habitat, contrastando os ambientes onde a espécie ocorre, para determinar quais combinações de variáveis que melhor predizem a possível distribuição (HIJMANS; ELITH, 2021).

Se, por um lado, as previsões para espécies invasoras têm sido cada vez mais realizadas por meio da Modelagem de Distribuição de Espécies (SDM), por outro lado, identificar aqueles municípios que apresentem algum grau de dependência econômica relativa ao cultivo de plantas hospedeiras de pragas exóticas e quarentenárias e associar essa dependência com a adequabilidade ambiental para a presença dessas pragas, permite avaliar o risco potencial relativo à distribuição de espécies invasoras em reais produtoras (AMARO et al., 2021). Um método bastante difundido e utilizado para ranquear diferentes níveis de risco é a matriz de risco. Uma matriz de risco é definida como sendo um mecanismo para caracterizar e classificar os riscos de um processo, que são normalmente identificados por meio de uma ou mais análises multifuncionais (MARKOWSKI; MANNAN, 2008). Também é definida por Cox (2008) como uma tabela que tem várias categorias de probabilidade, possibilidade ou frequência e várias categorias de gravidade, impacto ou consequências.

Dessa forma, entender as alterações potenciais nas áreas adequadas para o estabelecimento de espécies exóticas e de importância quarentenária, especialmente aquelas que afetam à produção agrícola e extrativista, sob diferentes cenários de mudanças climáticas, pode fornecer uma base para o controle de sua dispersão, informações para a tomada de decisão e estabelecimento de prioridades para o suporte à definição de políticas públicas fitossanitárias (AMARO et al., 2021; 2023). Nesse sentido, pesquisas têm sido desenvolvidas em todo o mundo para espécies de importância quarentenárias como *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 (Hemiptera: Pseudococcidae) (WEI et al., 2017), *Schizotetranychus hindustanicus* Hirst, 1924 (Acari: Tetranychidae) (AMARO et al., 2022), *R. indica* (AMARO et al., 2021; 2023), *Anastrepha suspensa* (Loew, 1862) (Diptera: Tephritidae) (SANTANA et al., 2023), *Sternochetus mangiferae* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Curculionidae) (AIDOO et al., 2024) e *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) (NINSIN et al., 2024).

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. 2018. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 16 jan. 2025.
- AIDOO, O. F.; AMARO, G. C.; SOUZA, P. G. C.; PICANÇO, M. C.; AWUAH-MENSAHF, K. A.; SIQUEIRA, R. S. Climate change impacts on worldwide ecological niche and invasive potential of *Sternochetus mangiferae*. **Pest Management Science**, v. 81, n. 2, p. 667-677, 2024.
- ALVES, K. N. A.; ALMEIDA, G. M.; LOBATO, W. T. S.; DE SOUZA, A. M. B.; DE SOUZA, A. A. S.; VIDAL, D. J. F.; SILVA, D. A. C.; PEREIRA, W. C. Estudo da evolução do cultivo de coco em municípios do estado do Pará e nos principais estados brasileiros produtores. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 209-224, 2018.
- AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S.; MEDEIROS, C. M. Current and potential geographic distribution of red palm mite (*Raoiella indica* Hirst) in Brazil. **Ecological Informatics**, v. 65, 101396, 2021.
- AMARO, G.; FIDELIS, E. G.; DE MEDEIROS, C. M.; SILVA, R. S. Risk analysis of the spread of the quarantine pest mite *Schizotetranychus hindustanicus* in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 88, p. 263-275, 2022.
- AMARO, G.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S.; MARCHIORO, A. C. Effect of study area extent on the potential distribution of Species: A case study with models for *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Ecological Modelling**, v. 483, 110454, 2023.
- ARAGÃO, W. M. (ed.). **Coco: Pós-colheita**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica (Frutas do Brasil, 29), 2002. 76 p.
- ASSIS, C. P. O.; MORAIS, E. G. F.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, n. 3, p. 357-365, 2013.
- BAPTISTELLA, C. S. L.; COELHO, P. J. Cocoicultura no Estado de São Paulo, 2015 a 2020. **Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo**, v. 16, n. 11, p. 1-6, 2021.
- BEZERRA, C. E. S.; TAVARES, P. K. A.; MACEDO, L. P. M.; FREITAS, S.; ARAUJO, E. L. Green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) associated with melon crop in Mossoró, Rio Grande do Norte State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 454-455, 2010.
- BRAINER, M. S. C. P. Coco: produção e mercado. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 6, n. 206, 2021.
- CAMARGO, A. J. A.; OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R.; SONODA, K. C.; CORRÊA, D. C. V. **Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens**. Brasília: Embrapa, 2015.

CASTRO, C. P. **Comportamento de cultivares de coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) nos Tabuleiros Costeiros do Norte de Sergipe**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistema) - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju.

CHALAPATHI RAO, N. B. V.; NEERAJA, B.; BHAGAVAN, B. V. K.; REDDY, R. V. S. K. Integrated management strategies adopted for suppressing invasive rugose spiraling whitefly, *Aleurodicus rugioperculatus* Martin in Andhra Pradesh, India. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 1179, 012002, 2023.

CHILD, R. **Coconut**. London: Longman, 1974. 335 p.

CORSI, F.; DUPRÉ, E.; BOITANI, L. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. **Conservation Biology**, v. 13, p. 50-159, 1999.

COSTA, E. F. N. Melhoria genética do coqueiro. Pesquisa na busca de soluções frente aos desafios da cultura. **Embrapa**, 2016.

COSTA-LIMA, T.C.; MICHEREFF-FILHO, M.; LIMA, M.F.; ALENCAR, J.A. **Guia sobre mosca-branca em meloeiro: monitoramento e táticas de controle**. Petrolina: Embrapa Semiárido (Embrapa Semiárido. Circular Técnica, 112), 2016. 8 p.

COX, L. A. J. What is wrong with risk matrices? **Risk Analysis**, v. 28, n. 2, 2008.

DE QUATTRO, J.; SENFT, D.; WOOD, M. The whitefly plan - 5 - year update. **Agricultural Research**, v. 45, n. 2, p. 4-12. 1997.

DEKEYSER, M. A. Acaricide mode of action. **Pest Management Science**, v. 61, n. 2, p. 103-110, 2005.

EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **Biocontrol**, v. 46, p. 387-400, 2021.

ELITH, J. Predicting distributions of invasive species. In: ROBINSON, A. P., WALSH, T., BURGMAN, M. A., NUNN, M. (Eds.), *Invasive species: Risk Assessment and Management*. **Cambridge University Press**, p. 93-129, 2017.

ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y. E.; YATES, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 43-57, 2011.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/>>. Acesso em: 18 out. 2023.

FENG, X.; PARK, D. S.; WALKER, C.; PETERSON, A. T.; PAPES, M. A checklist for maximizing reproducibility of ecological niche models. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, p. 1382-1395, 2019.

FERNANDEZ, M.; SILLERO, N.; YESSON, C. To be or not to be: the role of absences in niche modelling for highly mobile species in dynamic marine environments. **Ecological Modelling**, v. 471, 110040, 2022.

FERREIRA, J. M. S. Manejo integrado de pragas do coqueiro. **Ciência Agrícola**, v. 8, n. 1, p. 21-29, 2008.

FERREIRA, J. M. S.; DE LIMA, M. F.; DE QUEIROZ, D. L.; TEODORO, A. V.; MOURA, J. I. L.; DE SOUZA, L. A. Fitossanidade. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (org.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2018. p. 361-478.

FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P.; OMENA, R. P. M.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F. **Mosca-branca**: uma ameaça à produção de coqueiro no Brasil. Sergipe: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Circular Técnica, 62), 2011. 5 p.

FERREIRA, J. M. S.; MICHEREFF FILHO, M. Pragas e métodos de controle In: FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Sistemas de Produção, 1), 2002. 65 p.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (*Cocos nucifera* L.). In: ELEVITCH, C. R. (ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**. Holualoa, Hawaii: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009. Disponível em: <http://agroforestry.net/images/pdfs/Coconut_specialty_crop.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. (ed.). **A cultura do coqueiro**. 2. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica (Sistemas de Produção, 1), 2016. 97 p.

FOUNTAIN, M. T.; HARRIS, A. L.; CROSS, J. V. The use of surfactants to enhance acaricide control of *Phytonemus pallidus* (Acari: Tarsonemidae) in strawberry. **Crop Protection**, v. 29, n. 11, p. 1286-1292, 2010.

FRANCIS, A. W.; STOCKS, I. C.; SMITH, T. R.; BOUGHTON, A. J.; CATHARINE M. MANNION, C. M.; OSBORNE L. S. Host plants and natural enemies of rugose spiraling whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) in Florida. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 1, p. 150-153, 2016.

FREMOND, Y.; ZILLER, R.; LAMOTHE, M. N. **El cocotero**. Barcelona: Blume (Coleccion Agricultura tropical), 1975. 236 p.

GRAZIA, J.; TAKIYA, D. M.; WOLFF, V. R. S.; SCHWERTNER, C. F.; MEJDALANI, G.; CAVICHIOLI, R. R.; PERONTI, A. L. B. G.; QUEIROZ, D. L.; BURCKHARDT, D.; FERNANDES, J. A. M.; MOREIRA, F. F. F.; GIL-SANTANA, H. R.; FERREIRA, P. S. F.; CARRENHO, R.; BRUGNERA, R.; GUIDOTI, M Hemiptera Linnaeus, 1758. In: RARAE, J.A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S.; CONSTANTINO, R. (ed.). **Insetos do Brasil**: diversidade e taxonomia. 2. ed. Manaus: INPA, 2024. cap. 25, p. 368-456.

GRINNELL, J. The niche-relationships of the California thrasher. **The Auk**, v. 34, n. 4, p. 427-433, 1917.

HAJI, F. N. P.; MATTOS, M. A. A.; ALENCAR, J. A.; BARBOSA, F. R.; PARANHOS, B. **J. Manejo da mosca-branca na cultura do tomate**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido (Circular Técnica, 81), 2005. 16 p.

HEIKKINEN, R. K.; MARMION, M.; LUOTO, M. Does the interpolation accuracy of species distribution models come at the expense of transferability? **Ecography**, v. 35, p. 276-288, 2012.

HEIMPEL, G. E.; MILLS N. J. **Biological control - ecology and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. The EIL concept. In: HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. (ed.) **Economic threshold for integrated pest management**. Lincoln: University of Nebraska Press, p. 9-40, 1996.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. **Species distribution models**. 2021.

HILJE, L. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* em Mesoamerica. **Manejo Integrado de Plagas**, n. 35, p. 46-54, 1995.

HOWARD, F. W.; MOORE, D.; GIBLIN-DAVIS R. M.; ABAD, R. G. **Insects on palms**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. 400 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2023.

JESUS-BARROS, C. R.; FREITAS, L. S.; GROSSI, P. C. Report of *Macraspis pseudochrysis* Landin, 1956 (Coleoptera: Scarabaeidae: Rutelinae) on açai palms (*Euterpe oleracea* Mart.) in floodplains in the state of Amapá, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, p. 380-382, 2013.

JHA, A.; PRAVEEN, J.; NAMEER, P. O. Contrasting occupancy models with presenceonly models: does accounting for detection lead to better predictions? **Ecological Modelling**, v. 472, 110105, 2022.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 243-270, 1998.

LACEY, L. A.; FRUTOS, R.; KAYA, H. K.; VAIL, P. Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? **Biological Control**, v. 21, n. 3, p. 230-248, 2001.

LACEY, L. A.; GRZYWACZ, D.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; FRUTOS, R.; BROWNBRIDGE, M.; GOETTEL, M. S. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1-41, 2015.

LOIOLA, C. M. **Comportamento de cultivares de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em diferentes condições agroecológicas dos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro**. 2009.

74 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, SE.

LOURENÇÃO, A. L.; COSTA, V. A.; SILVEIRA PEREIRA, L.; CARDOSO PRADO, J. Occurrence of *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 160-162, 2014.

MARCHIORO, C. A.; KRECHMER, F. S. Climatic niche shift and distribution of *Melanagromyza sojae* under current and future climate scenarios: does this species pose a risk to soybean production? **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 171, p. 461-474, 2023.

MARKOWSKI, A. S.; MANNAN, M. S. Fuzzy risk matrix. **Journal of Hazardous Materials**, p. 152-157, 2008.

MARTIN, J. H. A revision of *Aleurodicus* Douglas (Sternorrhyncha, Aleyrodidae), with two new genera proposed for palaeotropical natives and an identification guide to world genera of Aleurodicinae. **Zootaxa**, v. 1835, p. 1-100, 2008.

MARTINS, C. R.; CUENCA, M. A. G. Panorama da produção e comércio mundial. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2018.

MENON, K. P. V.; PANDALAI, K. M. **The coconut palm: a monograph**. Ernakulam: Indian Central Coconut Committee, 1958. 384 p.

MEROW, C.; SMITH, M. J.; SILANDER, J. A. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. **Ecography**, v. 36, p. 1058-1069, 2013.

MOURA, J. I. L.; VILELA, E. F. **Pragas do coqueiro e dendezeiro**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 1998.

NEVES, J. D. S. **Biologia e estudos sobre resistência à mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae: Aleurodicinae)**, em coqueiro. 2018. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Alagoas.

NINSIN, K. D.; SOUZA, P. G. C.; AMARO, G. C.; AIDOO, O. F.; DJIBRIL, E. J.; BARRY, V.; SILVA, R. S.; OWUSU, J. O.; DOFUOR, A. K.; ABLORMETI, F. K.; WILLIAM K. HEVE, W. K.; EDUSEI, G.; LAKPO KOKU AGBOYI, L. K.; BESEH, P.; BOAFO, H. A.; CHRISTIAN BORGEMEISTER, C.; SÉTAMOU, M. Risk of spread of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in Ghana. **Bulletin of Entomological Research**, v. 114, n. 3, p. 327-346, 2024.

NORONHA, A. C. S.; COSTA, V. A.; LIMA, A. F.; SILVA, L. C.; DUARTE, L. S.; VIEIRA, R. C. Parasitism of *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) by *Aleuroctonus marki* Hansson & LaSalle, 2003 (Hymenoptera: Eulophidae) in coconut trees in the state of Pará, Brazil. **Entomological Communications**, v. 5, ec05001, 2023.

NORRIS, R. F.; CASWELL-CHEN, E. P.; KOGAN, M. Pesticides. In: NORRIS, R. F.; CASWELL-CHEN, E. P.; KOGAN, M. (ed.). **Concepts in Integrated Pest Management**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. 586 p.

OCHS, R. Les contraintes écologiques du développement des oléagineux du développement des oléagineux pérennes (palmier et cocotier) en Afrique Occidentale et Centrale. **Oleagineux**, v. 32, n. 11, p. 461-477, 1977.

OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; MULLER, C. H. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental (Circular Técnica, 26), 2002. 17 p.

OMENA, R. P. M.; GUZZO, E. C.; FERREIRA, J. M. S.; MENDONÇA, F. A. C.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F.; SANTANA, A. E. G. First report on the whitefly, *Aleurodicus pseudugesii* on the coconut palm, *Cocos nucifera* in Brazil. **Journal of Insect Science**, v. 12, n. 26, p. 1-6, 2012.

PASSOS, C. D.; PASSOS, E. E. A. M.; PRADO, C. H. B. A. Comportamento sazonal do potencial hídrico e das trocas gasosas de quatro variedades de coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 248-254, 2005.

PASSOS, E. E. M. Clima e exigências hídricas do coqueiro gigante. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; FERREIRA, J. M. S. (ed.). **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no Nordeste do Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2009. p. 75-89.

PASSOS, E. E. M. Ecofisiologia do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2018.

PASSOS, E. E. M.; PRADO, C. H. B. A.; LEAL, M. L. S. Condutância estomática, potencial hídrico foliar e emissão de folhas e inflorescências em três genótipos de coqueiro-anão. **Agrotrópica**, v. 11, n. 3, p. 147-152, 1999.

PASSOS, E. E. M.; SILVA, J. V. Determinação do estado hídrico do coqueiro através do método dendrométrico. **Oléagineux**, v. 46, n. 6, p. 233-238, 1991.

PETERSON, A. T.; SHAW, J. *Lutzomyia* vectors for *cutaneous leishmaniasis* in Southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. **International Journal for Parasitology**, n. 33, p. 919-931, 2003.

PETERSON, A. T.; SOBERON, J. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. **Natureza & Conservação**, v. 10, p. 102-107, 2012.

PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; SANCHEZ-CORDERO, V. Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. **Science**, n. 285, p. 1265-1267, 1999.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, p. 231-259, 2006.

PRADO, C. H. B. A.; PASSOS, E. E. M.; MORAES, J. A. P. V. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *cocos nucifera* in wet and dry seasons. **South African Journal of Botany**, v. 67, p. 169-176, 2001.

SANTANA, G. S.; RONCHI-TELES, B.; SANTOS, C. M.; SOARES, M. A.; FIDELIS, E. G.; AMARO, G. C.; SILVA, R. S. Global potential distribution, climate dynamics, and essential climate variables for *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) using the CLIMEX model. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 152, p. 1259-1270, 2023.

SANTOS, R. S. First record of *Aleurodicus pseudugesii* Martin (Hemiptera: Aleyrodidae) on single assai palm in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, e79723, 2024.

SANTOS, R. S.; CREÃO-DUARTE, A. J.; LUNZ, A. M. P. Infestação de *Aetalion reticulatum* (Linnaeus) (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Aethalionidae) em plantas de *Euterpe oleracea* Martius (Arecaceae) no estado do Acre. **EntomoBrasilis**, v. 8, n. 1, p. 69-73, 2015.

SCOTT, J. M.; HEGLUND, P. J.; MORRISON, M. L.; HAUFLE, J. B.; RAPHAEL, M. G.; WALL, W. A.; SAMSON, F. B. (Ed.). **Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale**. Washington: Island Press, 2002.

SILLERO, N.; BARBOSA, M. Common mistakes in ecological niche models. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 35, p. 213-226, 2021.

SOARES, M. A.; GUTIERREZ, C. T.; ZANUNCIO, J. C.; PEDROSA, A. R. P.; LORENZON, A. S. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de los hospederos. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 35, n. 1, p. 62-65, 2009.

SOBERON, J.; OSORIO-OLIVEIRA, L.; PETERSON, T. Conceptual differences between ecological niche modeling and species distribution modeling. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 88, p. 437-441, 2017.

SOUZA, D. S.; BARTH, A. I.; BERTÉ, A. L. W.; BIZARRO, G. L.; HEIDRICH, D.; SILVA, G. L.; MACIEL, M. J. Evaluation of the activity of filamentous fungi isolated from soils of the Pampa biome applied in the biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 85, n. 1, p. 19-30, 2021.

SOUZA, F. M.; SILVA, R. A.; MAGALHÃES, L. S.; LOUREIRO, E. S. Fungos entomopatogênicos associados ao controle da mosca-branca: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, e252111133536, 2022.

SOUZA, O. P.; MELO, B.; MANCIN, C. A. **Cultura do coqueiro**. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/coqueiro.html#_Toc42252495>. Acesso em: 20 mar. 2024.

STENBERG, J. A.; SUNDH, I.; BECHER, P. G.; BJÖRKMAN, C.; DUBEY, M.; PAUL, A.; EGAN, P. A.; FRIBERG, H.; GIL, J. F.; JENSEN, D. F.; JONSSON, M.; KARLSSON, M.; KHALIL, S.; VELEMIR NINKOVIC, V.; REHERMANN, G.; VETUKURI, R. R.; MARIA

- VIKETOFT, M. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. **Journal of Pest Science**, v. 94, p. 665-676, 2021.
- STOCKWELL, D. R. B.; PETERSON, A. T. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. **Ecological Modelling**, v. 148, p. 1-13, 2002.
- SUNDARARAJ, R.; SELVARAJ, K. Invasion of rugose spiraling whitefly, *Aleurodicus rugioperculatus* Martin (Hemiptera: Aleyrodidae): a potential threat to coconut in India. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 12, p. 71-74, 2017.
- TARAVATI, S.; MANNION, C.; OSBORNE, L. S. Management of Rugose Spiraling Whitefly (*Aleurodicus rugioperculatus*) in the South Florida Landscape. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 126, p. 276-278, 2013.
- TORRES, L. C.; LOURENÇÃO, A. L.; COSTA, V. A.; SOUZA, B.; COSTA, M. B.; TANQUE, R. L. Records of natural enemies of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 43, p. 189-191, 2014.
- TRINDADE, T.; RACCA-FILHO, F.; LIMA, A. F. *Aleurodicus* Douglas (Hemiptera: Aleyrodidae, Aleurodicinae) no estado do Rio de Janeiro e primeiro registro de *Aleurodicus trinidadensis* Quaintance and Baker para o Brasil. **Entomotropica**, v. 27, n. 2, p. 57-70, 2012.
- VALAVI, R.; ELITH, J.; LAHOZ-MONFORT, J. J.; FUILLERA-ARROITA, G. Modelling species presence-only data with random forests. **Ecography**, v. 44, p. 1731-1742, 2021.
- VAN LEEUWEN, T.; TIRRY, L.; YAMAMOTO, A.; NAUEN, R.; DERMAUW, W. The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 12-21, 2015.
- VENETTE, R. C. Climate analyses to assess risks from invasive forest insects: simple matching to advanced models. **Current Forestry Reports**, v. 3, p. 255-268, 2017.
- WALLACE, A. R. On the zoological geography of the Malay Archipelago. **Journal of the Proceedings of the Linnean Society: Zoology**, v. 4, p. 172-184, 1860.
- WEI, J.; ZHANG, H.; ZHAO, W.; ZHAO, Q. Niche shifts and the potential distribution of *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) under climate change. **PLOS ONE**, n. 7, p. e0180913, 2017.
- WELK, E.; SCHUBERT, K.; HOFFMANN, M. H. Present and potential distribution of invasive mustard (*Alliaria petiolata*) in North America. **Diversity and Distributions**, n. 8, p. 219-233, 2002.
- WENDLING, G. G.; BARGOS, C. D. Análise dos altos números de concessões de registro à agrotóxicos de 2017 à 2022 no brasil e suas possíveis consequências. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 110, p. 7-31, 2023.
- YOM-TOV, Y.; KADMON, R. Analysis of the distribution of insectivorous bats in Israel. **Diversity and Distributions**, n. 4, p. 63-70, 1998.

ZHANG, Y.; TANG, J.; REN, G.; ZHAO, K.; WANG, X. Global potential distribution prediction of *Xanthium italicum* based on Maxent model. **Scientific Reports**, v. 11, 16545, 2021.

ZHU, G.; BU, W.; LIU, G. Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). **PLoS ONE**, v. 7, e31246, 2012.

3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL ATUAL E FUTURA DE *Aleurodicus pseudugesii* MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)

RESUMO

A modelagem preditiva tem sido aplicada para analisar a distribuição geográfica de espécies a partir de extrapolações das características ambientais dos locais conhecidos de ocorrência. O interesse por este tipo de modelagem deve-se à necessidade de respostas rápidas e fundamentadas para as ameaças que as espécies têm enfrentado devido à perda de hábitat, invasão de espécies exóticas e, mudanças climáticas. Maxent está entre os algoritmos mais utilizados para modelar a distribuição de espécies e tem demonstrado melhor desempenho em comparação com outros métodos. A mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) foi recentemente descrita e registrada atacando coqueiros no Equador, Peru e no Brasil. Considerando a limitada quantidade de informações sobre a presença/ausência da espécie e a grande importância da cultura hospedeira, este trabalho teve por objetivo estimar a distribuição geográfica global potencial, atual e futura, de *A. pseudugesii*. O modelo de distribuição geográfica atual obtido pelo método Maxent indicou alta probabilidade para o estabelecimento da espécie nas regiões próximas à Linha do Equador, como a região sul dos Estados Unidos da América (Flórida), litoral mexicano, América Central, Caribe, Equador, Peru, Bolívia, e litoral e parte da região Centro-Oeste do Brasil. A região central da África Ocidental, Ilha de Madagascar, além de Índia, China, Indonésia, Filipinas, Sri Lanka, Malásia, se estendendo pelo Sul Asiático, Papua Nova Guiné e parte nordeste da Austrália, também apresentam condições ambientais para o seu estabelecimento. As variáveis que mais influenciam a distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii* foram e variação média da temperatura diurna (Bio02), isothermalidade (Bio03), temperatura média do trimestre mais frio (Bio11), precipitação do trimestre mais chuvoso (Bio16), precipitação do trimestre mais quente (Bio18) e precipitação do trimestre mais frio (Bio19). Para a distribuição geográfica futura, foi observada uma tendência na diminuição das áreas com probabilidade de classe alta para todos os cenários de mudanças climáticas nos três períodos avaliados (2021-2040; 2041-2060; 2061-2080). Porém, permanece alta a sobreposição entre condições ótimas para o estabelecimento da espécie nas principais áreas produtoras de coco. A projeção destes modelos para o Brasil apresentou alta probabilidade de estabelecimento de *A. pseudugesii* no litoral do Nordeste e do Sudeste, com destaque para os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, no Mato Grosso do Sul, no Centro-Oeste, e na região Norte, nos estados do Acre, Pará, Rondônia e Roraima. Estes resultados indicam que *A. pseudugesii* tem um potencial significativo de impactos econômicos e sociais, uma vez que as regiões favoráveis se sobrepõem àquelas áreas com cultivos e produção de coco, fazendo-se necessário o desenvolvimento de técnicas de controle eficazes, tais como a adoção de medidas fitossanitárias para se evitar ou retardar a dispersão desta praga.

Palavras-chave: Invasões biológicas. Modelos de dinâmica de nicho. Maxent. Segurança alimentar.

3 CURRENT AND FUTURE POTENTIAL GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *Aleurodicus pseudugesii* MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)

ABSTRACT

Predictive modeling has been widely applied to analyze the geographic distribution of species based on extrapolations from the environmental characteristics of known occurrence sites. Interest in this approach stems from the need for rapid, evidence-based responses to threats faced by species due to habitat loss, biological invasions, and climate change. Maxent is among the most widely used algorithms for modeling species distributions and has shown superior performance compared to other methods. The whitefly *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) was recently described and recorded infesting coconut palms in Ecuador, Peru, and Brazil. Given the limited distribution data available for this species and the economic relevance of its host crop, this study aimed to estimate its potential global geographic distribution under current and future climate conditions. The current distribution model, generated using Maxent, indicated a high probability of species establishment in regions near the Equator, including the southern United States (Florida), Mexico's coastal regions, Central America, the Caribbean, Ecuador, Peru, Bolivia, and the coastal and central-western regions of Brazil. Central West Africa, Madagascar, India, China, Indonesia, the Philippines, Sri Lanka, Malaysia, South Asia, Papua New Guinea, and northeastern Australia also exhibit suitable environmental conditions for establishment. The most influential variables for the potential distribution of *A. pseudugesii* were: mean diurnal temperature range (Bio02), isothermality (Bio03), mean temperature of the coldest quarter (Bio11), and precipitation during the wettest (Bio16), warmest (Bio18), and coldest (Bio19) quarters. Future projections under all climate change scenarios across three time periods (2021–2040; 2041–2060; 2061–2080) showed a trend of decreasing areas classified as highly suitable. However, overlap remains high between favorable conditions and major coconut-producing regions. Model projections for Brazil indicated a high probability of establishment along the Northeast and Southeast coasts—particularly in the states of Espírito Santo and Rio de Janeiro—as well as in Mato Grosso do Sul (Central-West), and in the North, including the states of Acre, Pará, Rondônia, and Roraima. These findings indicate that *A. pseudugesii* poses a significant potential threat in terms of economic and social impacts, given the overlap between suitable areas and key coconut-producing zones. This highlights the urgent need for effective control strategies, including the adoption of phytosanitary measures, to prevent or delay the spread of this pest.

Keywords: Biological invasions. Niche dynamics models. Maxent. Food security.

3.1 Introdução

Alterações climáticas e invasões biológicas, especialmente frente ao aumento do comércio global, são duas grandes preocupações mundiais que estão interligadas (GENTILI et al., 2021). Existe previsão de que a temperatura média aumente de 1,8 a 4 °C até o final do século XXI (SKENDŽIĆ et al., 2021), e organismos marinhos, de água doce e terrestres estão alterando suas distribuições para permanecer dentro de suas condições ambientais preferidas (CHEN et al., 2011; LENOIR; SVENNING, 2014). Embora os limites de distribuição geográfica das espécies sejam dinâmicos e flutuem com o tempo, as mudanças climáticas estão impulsionando uma redistribuição universal da vida na Terra (PECL et al., 2017). Diversos insetos têm expandido rapidamente sua distribuição em resposta às mudanças climáticas (HULME, 2017; TAHERI; GARCÍA-CALLEJAS; ARAÚJO, 2021), sobretudo pela sua capacidade adaptativa, que facilita tanto a reprodução quanto a dispersão (KLEM; ZASPEL, 2019). As espécies são afetadas pelo clima de várias maneiras e os principais efeitos relacionam-se às mudanças de alcance, mudanças na abundância relativa nas áreas de distribuição, e mudanças mais sutis no tempo de atividade e uso de micro-habitat (BATES et al., 2014; GE et al., 2017). Com a mudança de clima, tais espécies podem migrar ou ser introduzidas em novas áreas, tornando-se com o tempo invasoras.

Invasões biológicas podem causar impactos negativos na biodiversidade, nos serviços ecossistêmicos, na saúde humana e na economia (MOONEY; CLELAND, 2001; PEJCHAR; MOONEY, 2009; VILÀ et al., 2011; KLEM; ZASPEL, 2019). Para um manejo eficaz dessas espécies exóticas, é necessário compreender sua distribuição atual e potencial. Estudos sobre os custos econômicos globais nos últimos 50 anos indicam que as espécies exóticas invasoras são responsáveis por pelo menos US\$ 1,288 trilhão em danos, um número que cresce constantemente ao longo do tempo (DIAGNE et al., 2021).

A cultura do coqueiro *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) é atacada por um complexo de moscas-brancas, sendo que a principal delas na região Nordeste do Brasil é a espécie exótica *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae), descrita a partir de exemplares coletados no Equador e Peru e relatada pela primeira vez no Brasil em 2012 (OMENA et al., 2012). Esta espécie é de interesse econômico, dada a extensão de prejuízos que pode causar à cocoicultura (FERREIRA et al., 2011; OMENA et al., 2012) e às outras culturas hospedeiras, além das restrições impostas por mercados importadores internos e externos.

No Brasil, o coqueiro Anão Verde é bastante suscetível ao ataque dessa praga (FERREIRA et al., 2018). A espécie se alimenta prioritariamente dos folíolos, causando um

embranquecimento generalizado da folha, em consequência de uma camada cerosa secretada pelas ninfas, e secretando o honeydew, que serve de meio para o desenvolvimento de um fungo do gênero *Capnodium* sp. (fumagina). Essas camadas diminuem a área fotossintética e, conseqüentemente, interferem nos processos de fotossíntese e respiração da planta, e geram queda na produtividade, na qualidade e no valor de mercado dos frutos (HILJE, 1995).

Dentre os locais afetados, são citados os municípios de Jandaíra, Camaçari, Ituberá, Camamu (BA); Aracaju (SE), Maceió (AL), Lucena (PB), Paracuru (CE) e Seropédica (RJ) (FERREIRA et al., 2011). Levantamentos mais recentes demonstram uma expansão territorial no país, sendo registrada também nos municípios de Moju (PA), Petrolina (PE), Mosqueiro, Itaporanga D'Ajuda (SE), Barra Grande de Camamu, Conde (BA) (FERREIRA et al., 2018) e Rio Branco (AC) (SANTOS, 2024).

A cocoicultura brasileira tem área atual de 187,5 mil ha, distribuídos por todo o território brasileiro, com produção de 1,6 bilhão de frutos. Na região Nordeste, concentram-se 80,9% da área colhida de coco do país e 73,5% de sua produção. A segunda maior área de coco está na região Norte, onde prevalece a variedade híbrida. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, a variedade mais plantada é o coqueiro-anão, destinado à produção de água. Sudeste é a segunda maior região em produção, em função do maior rendimento (15.503 frutos/ha), e Centro-Oeste destaca-se por ter elevado rendimento (11.930 frutos/ha) e por apresentar a maior produtividade física (15.178 reais/ha), ou seja, o valor da produção em relação à área colhida (BRAINER, 2021).

Muitos estudos têm mostrado que os modelos de distribuição de espécies (SDM) podem ser usados para projetar as distribuições geográficas potenciais das espécies. Esses modelos incluem ANUCLIM/BIOCLIM, CLIMATE, CLIMEX, DOMAIN, GARP, HABITAT e Maxent (PHILLIPS et al., 2006; SHABANI et al., 2012; 2015; RAMIREZ-CABRAL et al., 2016). Maxent é um algoritmo de aprendizado de máquina que foi desenvolvido especificamente para estimar a distribuição potencial de espécies para cenários onde apenas dados de presença estão disponíveis (PHILLIPS et al., 2006; ELITH et al., 2011; MEROW et al., 2013; ZHAO et al., 2020), e mostra bom desempenho em comparação com outros métodos (ELITH et al., 2006; HEIKKINEN et al., 2012; VENETTE, 2017; FENG et al., 2019; JHA et al., 2022). Este algoritmo estima a adequação do habitat contrastando ambientes onde a espécie ocorre com aqueles amostrados como background para determinar quais combinações de variáveis melhor preveem a distribuição conhecida da espécie. Portanto, os dados de background estabelecem o domínio ambiental do estudo, enquanto os dados de presença devem estabelecer sob quais

condições uma espécie tem mais probabilidade de estar presente mapeando habitats que podem ser adequados para ela (ELITH et al., 2011; HIJMANS; ELITH, 2023).

Os SDM são ferramentas importantes para apoiar e orientar o desenvolvimento e implementação de políticas ambientais, fitossanitárias e programas de gestão (ADDISON et al., 2013; SCHUWIRTH et al., 2019; MARTIN et al., 2020; MUKHERJEE; BANERJEE; RAGHU, 2021). Prever a distribuição potencial de espécies invasoras como *A. pseudugesii*, que têm a capacidade de causar perdas econômicas significativas, é crucial para a implementação de medidas fitossanitárias que visam prevenir ampliação na distribuição da espécie e auxiliar na identificação de regiões com maior risco de dispersão e estabelecimento (PETERSON, 2003; MCGEOCH et al., 2010; JIMÉNEZ-VALVERDE et al., 2011). Assim, o presente trabalho visou estimar a distribuição geográfica potencial presente e futura de *A. pseudugesii* no mundo, a partir da utilização do Maxent, usando dados atuais de sua ocorrência e a seleção de variáveis bioclimáticas.

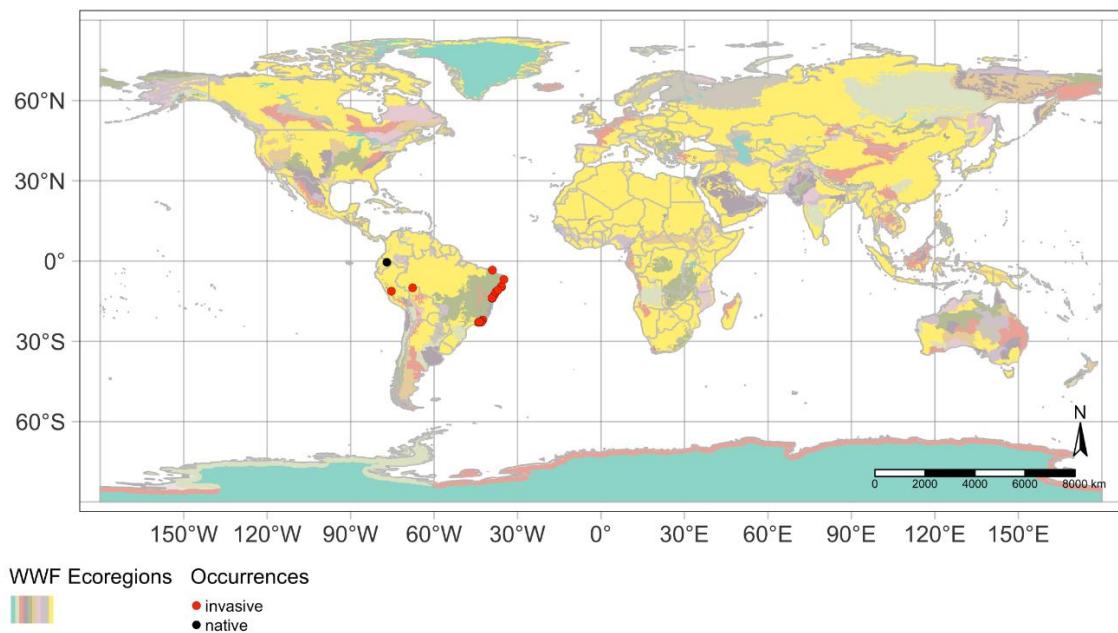
3.2 Material e Métodos

O processo de modelagem foi dividido em quatro etapas principais: (i) obtenção de dados de espécies e limpeza; (ii) obtenção e seleção de variáveis ambientais; (iii) previsões Maxent; e (iv) criação de mapas de adequação de habitat.

3.2.1 Dados de ocorrência

As coordenadas geográficas (convertidas em graus decimais e Datum WGS 84) dos pontos de ocorrência de *A. pseudugesii* (Figura 1) foram obtidas a partir de literatura disponível até o momento (FERREIRA et al., 2011, 2018; OMENA et al., 2012; SANTOS, 2024), de dados online do Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI, 2024), do Global Biodiversity Informations Facility (www.gbif.org) e de levantamentos e observações realizados nos estados de Alagoas e Sergipe durante pesquisas de campo. Foram identificadas 20 ocorrências de *A. pseudugesii* (Anexo 1), no entanto esses dados de distribuição foram submetidos a um processo de filtragem para remoção de inconsistências.

Figura 1 - Pontos de presença (em vermelho) de *A. pseudugesii* utilizados para calibragem do modelo Maxent.



Fonte: Autor (2025).

Para limpeza dos dados de ocorrência (HIJMANS; ELITH, 2013; ZIZKA et al., 2019; RIBEIRO et al., 2023), foram adotados os seguintes procedimentos: a) foram retidos para análise apenas os registros com uma resolução espacial ≤ 1 km; b) foram removidos os registros de ocorrência com um raio de 10 km ao redor dos centros das capitais e 5 km ao redor dos centros de países, estados, províncias/municípios; c) foram removidos os registros com longitude e latitude absolutas iguais, raio de 0,5 grau ao redor da sede do Global Biodiversity Information Facility - GBIF, coordenadas duplicadas e valores zero; d) foram removidos os registros localizados na água ou que não tivessem sido associados a todas as variáveis ambientais selecionadas.

O particionamento dos dados de ocorrência para avaliação do desempenho do modelo foi feito através do uso de validação cruzada em blocos espaciais (*spatial block cross-validation*), uma vez que esse método permite controlar a autocorrelação espacial potencial entre dados de treinamento e de teste do modelo e avaliar sua transferibilidade de forma mais adequada, comparativamente a outros métodos de particionamento (ROBERTS et al., 2017; VALAVI et al., 2019). Métodos de particionamento de dados geograficamente estruturados são especialmente úteis para avaliar a transferibilidade de modelos para diferentes regiões ou períodos (ROBERTS et al., 2017; SANTINI et al., 2021).

Para selecionar o melhor tamanho de grade (blocos quadrados, semelhantes ao esquema *checkerboard*), foram geradas 20 grades com resoluções variando de 0,5 (~ 56 km) a 5 graus (~ 557 km), em cinco partições, com pelo menos uma ocorrência por partição, utilizando 100%

dos dados para teste de autocorrelação, sendo selecionada aquela com: a) a menor autocorrelação espacial, pelo I de Moran; b) a máxima similaridade ambiental, considerando a distância Euclidiana; e c) a diferença mínima de quantidade de registros entre dados de treinamento e teste, dada pelo desvio padrão (VELAZCO et al., 2019).

3.2.2 Dados ambientais e cenários de mudança climática

Um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas contendo temperatura e precipitação, da base de dados Worldclim versão 2.1 (FICK; HIJMANS, 2017), com resolução espacial média de 30 segundos (~ 1 km na Linha do Equador) para os anos 1970-2000, obtidas com o pacote *{geodata}* versão 0.6-2 (HIJMANS et al., 2023), foi utilizado para avaliar as condições climáticas atuais (históricas), uma vez que captam as variações anuais e os fatores limitantes que são conhecidos por influenciarem a distribuição geográfica da espécie (O'DONNELL; IGNIZIO, 2012). Foi adicionada uma variável de elevação, cuja fonte principal é a *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), cujos dados estão disponíveis entre -60° e 60° de latitude, suplementados com dados GTOP30 para as latitudes mais altas (> 60°) (Tabela 1).

Para projeção do modelo para o Brasil nas condições climáticas atuais, utilizou-se o conjunto de 19 variáveis bioclimáticas geradas a partir das normais climatológicas do período 1991-2020, com dados BR-DWGD (XAVIER et al., 2022), juntamente com a mesma variável de elevação, em resolução de 30 segundos. A seleção de variáveis para o modelo foi executada através de um processo iterativo (*data-driven*), a partir de ajustes e refinamentos de modelos Maxent (VIGNALI et al., 2020), durante o procedimento de modelagem, sendo as variáveis resultantes avaliadas e complementadas, com relação à relevância biológica.

Os caminhos socioeconômicos compartilhados (SSPs – *Shared Socioeconomic Pathways*) junto com os caminhos de concentração representativos (RCPs – *Representative Concentration Pathways*) simulam cenários futuros diante diferentes circunstâncias climáticas com base em distintas conjunturas políticas climáticas e forçamentos radiativos (O'NEILL et al., 2016; OLIVEIRA, 2023). Desse modo, os cenários utilizados no presente estudo são compostos por duas siglas “SSP-RCP”, a primeira representa o cenário socioeconômico e a segunda o forçamento radiativo em watts por metro quadrado (W/m²). Logo, foram testados em três cenários: SSP1-2.6, SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

Tabela 1. Descrição das 19 variáveis bioclimáticas usadas na modelagem de distribuição de espécies de *Aleudodictus pseudugesii*.

Variáveis Bioclimáticas	Descrição
Bio 01	Temperatura média anual
Bio 02	Variação diurna média de temperatura
Bio 03	Isotermalidade
Bio 04	Sazonalidade de temperatura
Bio 05	Temperatura máxima do mês mais quente
Bio 06	Temperatura mínima do mês mais frio
Bio 07	Amplitude térmica atual
Bio 08	Temperatura média do trimestre mais úmido
Bio 09	Temperatura média do trimestre mais seco
Bio 10	Temperatura média do trimestre mais quente
Bio 11	Temperatura média do trimestre mais frio
Bio 12	Precipitação anual
Bio 13	Precipitação do mês mais chuvoso
Bio 14	Precipitação do mês mais seco
Bio 15	Sazonalidade da precipitação
Bio 16	Precipitação do trimestre mais chuvoso
Bio 17	Precipitação do trimestre mais seco
Bio 18	Precipitação do trimestre mais quente
Bio 19	Precipitação do trimestre mais frio
Elev	Elevação

Fonte: Autor (2025).

O cenário SSP1-2.6 foi escolhido para representar o cenário mais otimista, nele são adotadas práticas mais sustentáveis (O'NEILL et al., 2016), resultando em menores emissões de gases do efeito estufa, com forçamento baixo de 2,6 W/m² até 2100 (IPCC, 2021). Além disso, o cenário SSP1-2.6 atenderia o objetivo definido no Acordo de Paris, firmado na 21^a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, de manter o aquecimento abaixo de 2 °C da temperatura média global (O'NEILL et al., 2016; IPCC, 2021; OLIVEIRA, 2023).

O cenário SSP2-4.5 representa um caminho intermediário, pois nele a sociedade enfrentaria uma vulnerabilidade intermediária frente às alterações climáticas, há um nível de forçamento intermediário 4,5 W/m² até 2100 e a temperatura não ultrapassaria 3 °C até 2100 (O'NEILL et al., 2016; OLIVEIRA, 2023).

No entanto, o cenário mais pessimista é representado por SSP5-8.5, que é caracterizado por um desenvolvimento econômico intenso e dependente de combustíveis fósseis (O'NEILL et al., 2016). O cenário SSP5-8.5 representa o único cenário político que a taxas de emissões poderiam gerar o maior forçamento radiativo, 8,5 W/m² em 2100, resultando em um aquecimento global de quase 5 °C até 2100 (O'NEILL et al., 2016; OLIVEIRA, 2023).

Para prever a distribuição potencial futura de *A. pseudugesii* em escala global, foram utilizadas simulações para três vias de concentração representativas: SSP1 2.6 (baixas emissões de Gases do Efeito Estufa – GEEs); SSP2 4.5 (médias emissões de GEEs); SSP 8.5 (altas emissões de GEEs), obtidas da quinta avaliação do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas, para os períodos de 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080.

3.2.3 Área de calibração e seleção de *background*

Considerou-se que a área de calibração (CA) é equivalente à região M do Diagrama BAM (SOBERON; PETERSON, 2005; PHILLIPS et al., 2009; SOBERÓN, 2010; ELITH et al., 2011; OWENS et al., 2013). Foi utilizada a abordagem de área acessível do *framework Business Agility Management* (BAM), isto é, a CA é o alvo teórico para definir a área acessível (disponível) à espécie. Estas áreas dependem de oportunidades e restrições ao movimento das espécies (M), incluindo áreas onde as espécies potencialmente possam estar presentes (SOBERÓN, 2010; BARVE et al., 2011; COOPER; SOBERÓN, 2018; MENDES et al., 2020). A CA do modelo foi determinada considerando as zonas de Köppen–Geiger – KG Zones ocupadas pelas espécies.

Considerando o método de *biogeographic entities* (ROJAS-SOTO et al., 2024), foram utilizadas as ecorregiões terrestres (OLSON et al., 2001) como regiões bióticas, ou seja, unidades climáticas e geográficas que partilham das adaptações ambientais e históricas da espécie (BARVE et al., 2011) para criar um polígono contínuo, considerando aquelas áreas que contenham pelo menos uma ocorrência. Dessa forma, foram selecionados 10.000 pontos, aleatoriamente distribuídos pela área de calibração (PHILLIPS; DUDÍK, 2008; BARBET-MASSIN et al., 2012), igualmente estratificados aos pontos de presença em cada partição (HIRZEL; GUIBAN, 2002).

3.2.4 Desenvolvimento dos modelos

Todos os procedimentos referentes ao tratamento dos dados, desenvolvimento de modelos e mapas e gráficos, foram realizados com o ambiente R, versão 4.4.0 “Puppy Cup” (R CORE TEAM, 2023), em um *framework* totalmente automatizado, desenvolvido com base nas práticas e recomendações relativas à modelagem de distribuição de espécies com Maxent (SILLERO, 2011; MEROW; SMITH; SILANDER, 2013; JARNEVICH et al., 2015; ARAÚJO et al., 2019; LOW et al., 2021; SANTINI et al., 2021; SILLERO; BARBOSA, 2021; SRIVASTAVA et al., 2021; ROJAS-SOTO et al., 2024), com os pacotes: *{terra}* versão 1.7-78 (HIJMANS, 2023) e *{sf}* versão 1.0-16 (PEBESMA, 2018) para análise e transformação de dados espaciais; *{ENMeval}* 2.0.4 (KASS et al., 2021) para a seleção de variáveis; *{flexsdm}* versão 1.3.4 (VELAZCO et al., 2022) para todos os procedimentos de modelagem de distribuição de espécies, com recursos do *{maxnet}* versão 0.1.4 (PHILLIPS, 2021); *{pROC}* versão 1.18.5 (ROBIN et al., 2011) para gráficos e estimativas da curva ROC; *{tmap}* versão 3.3-4 (TENNEKES, 2018) para plotar todos os mapas resultantes; e *{ggplot2}* 3.5.1 (WICKHAM, 2016) para visualizar os diversos resultados.

Utilizou-se o modelo Maxent, através de um processo de pontos de Poisson não homogêneos (ANDERSON; SCHAPIRE, 2006; PHILLIPS, 2008, 2017; RENNER; WARTON, 2013; RENNER et al., 2015; PHILLIPS et al., 2017), uma vez que este método está entre os mais usados para modelar a distribuição de espécies e tem mostrado bom desempenho em comparação a outros (ELITH et al., 2006; 2011; HEIKKINEN; MARMION; LUOTO, 2012; HIJMANS, 2012; VENETTE, 2017; HELMSTETTER et al., 2021; VALAVI et al., 2022).

O Maxent apresenta dois parâmetros principais que podem ser ajustados: classe de recurso (FC - feature class) e a regularização do multiplicador (RM - Regularization Multiplier). O intervalo de RM é de 0,5 a 4 com incremento de 0.5 e existem cinco FC: linear – L, quadrática – Q, dobradiça – H (hinge), produto – P e limiar – T (threshold). Nesse sentido, os modelos foram construídos considerando seis combinações de FC: L, H, LQ, LQH, LQHP e LQHPT e 8 valores de RM, totalizando 48 modelos testados (OLIVEIRA, 2023).

Foram ajustados diversos modelos bivariados, utilizando a técnica de *ensemble of small models* (LOMBA et al., 2010; BREINER et al., 2015, 2018) com as variáveis selecionadas, utilizando-se RM = 0,75 (BREINER et al., 2018) e FC = “qh” (padrão do Maxent quando o número de ocorrências é entre 10 e 15), sendo que o modelo resultante é definido pela média de todos os modelos bivariados, ponderada pelo D de Somers ($D = 2 * AUC - .5$), o que garante maior peso para aqueles modelos que apresentam melhor desempenho (BREINER et al., 2015).

Como é prudente validar o desempenho dos modelos com base em múltiplas métricas de avaliação (SOFAER et al., 2019; KONOWALIK; NOSOL, 2021), porque podem variar quanto à sua dependência de *threshold* (LIU; WHITE; NEWELL, 2009; 2013) e sensibilidade à prevalência (LEROY et al., 2018), diversas métricas foram calculadas, para avaliar a capacidade de classificação, discriminação e a calibração do modelo final. O modelo final foi projetado, gerando mapas de probabilidade de ocorrência para a espécie, dadas as condições ambientais locais, com valores entre 0 e 1, com resolução de 30 segundos. O resultado da projeção foi classificado em cinco classes de probabilidade fixas, dividindo a adequabilidade ambiental em: a) inadequada (0-10%); b) marginal (10-20%); c) moderada (20-50%); d) ótima (50-80%); e alta (80-100%), para a geração de um mapa de classes de probabilidade.

Considerando a necessidade de informações práticas para aplicação na gestão ambiental e políticas fitossanitárias, a informação apresentada como presença/ausência da espécie pode ser mais interessante do que apresentada como probabilidade ou adequação ambiental (LIU; WHITE; NEWELL, 2013) embora, a partir desta discretização, se possa perder informações (LIU; NEWELL; WHITE, 2016). Dessa forma, também foi gerado um mapa binário, a partir da aplicação do *threshold* que maximiza a soma de sensibilidade (taxa de verdadeiros positivos) e especificidade (taxa de verdadeiros negativos), *maxSSS* (LIU et al., 2005; LIU; NEWELL; WHITE, 2016).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Performance do modelo de distribuição de espécies e contribuição das variáveis

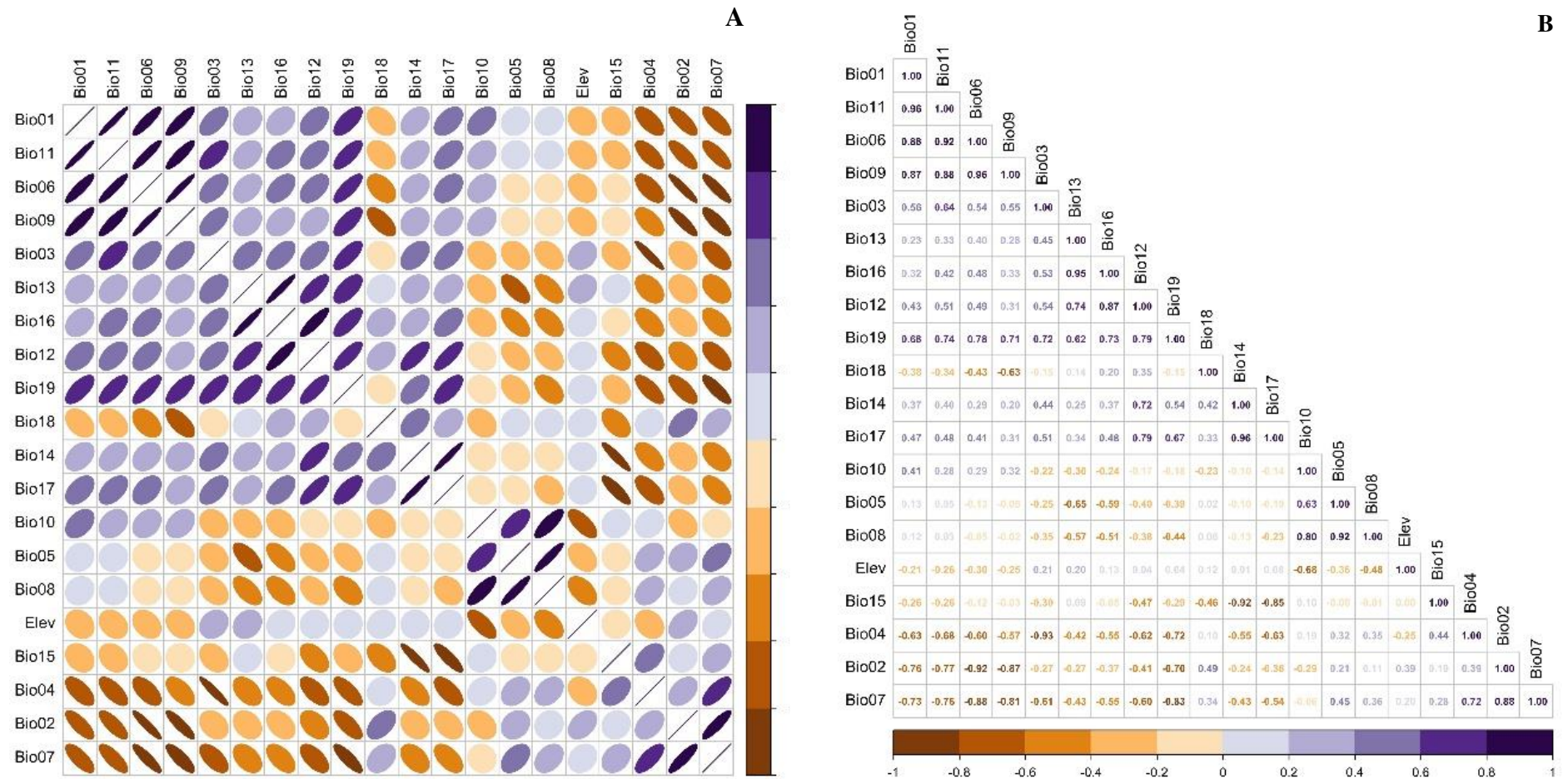
Variáveis bioclimáticas são as mais sensíveis para demarcar tolerância fisioecológica dos habitats (HIJMANS et al., 2005; THOMPSON et al., 2009) e usadas em SDM. As variáveis com coeficiente de correlação de Pearson (r), $r > |0,80|$ (significativas ao nível $\alpha = 0,05$) foram agrupadas de acordo com análise hierárquica de clusters (Figura 2). Os valores das variáveis foram então testados quanto à sua colinearidade, utilizando o Fator de Inflação da Variância (VIF), que aponta o quanto da variância de um coeficiente de regressão estimado por uma variável é inflacionado devido à colinearidade com todas as outras (NAIMI; ARAÚJO, 2016). Os procedimentos para seleção das variáveis foram executados a partir da utilização das funções *vif.corr* e *vif.step* do pacote *usdm* (NAIMI et al., 2014) no ambiente R.

Na Figura 2, apresentam-se as covariáveis utilizadas, agrupadas de acordo com a análise hierárquica de clusters, considerando sua correlação medida pelo coeficiente de correlação por

postos de Spearman (ρ), a partir de seus valores nas coordenadas de ocorrência. Embora a colinearidade diminua a eficiência e aumente a incerteza dos modelos de distribuição de espécies, a diferença no desempenho entre conjuntos de dados ambientais colineares e não colineares foi baixa para métodos como o Maxent, o que pode apoiar a alegação de que o processo de ajuste desse tipo de modelo beneficia-se da colinearidade (DE MARCO; NÓBREGA, 2018).

As variáveis que mais influenciam a distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii*, de acordo com o modelo, foram: variação média da temperatura diurna (Bio02), Isotermalidade (Bio03), temperatura média do trimestre mais frio (Bio11), precipitação do trimestre mais chuvoso (Bio16), precipitação do trimestre mais quente (Bio18) e precipitação do trimestre mais frio (Bio19). Estatísticas descritivas dessas variáveis, considerando seus valores em todas as coordenadas de ocorrência de *A. pseudugesii*, estão apresentadas na Tabela 2, juntamente com as demais variáveis utilizadas.

Figura 2 - Correlação entre variáveis predictoras: A) a cor lilás com inclinação à direita indica correlação positiva, enquanto laranja com inclinação à esquerda indica correlação negativa. A intensidade do coeficiente de correlação aumenta à medida que a forma muda de círculo ($|\rho| = 0$) para elipse ($|\rho| = \text{intermediário}$) e para linha ($|\rho| = 1$); variáveis correlacionadas foram agrupadas pelo método de Ward (os grupos são mais homogêneos internamente, sendo mais heterogêneos entre si) através de análise hierárquica de clusters; B) valores estimados dos coeficientes de correlação entre as variáveis, seguindo o mesmo padrão de cor.



Fonte: Autor (2025).

Tabela 2 - Estatísticas descritivas das covariáveis utilizadas nos modelos, considerando seus valores nas coordenadas de ocorrência de *A. pseudugesii*. Em negrito estão as variáveis que mais influenciam a distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii*, de acordo com o modelo.

Var. Bioclimáticas	Descrição	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desv. Pad.
Bio01	Temperatura média anual	19,42	25,89	24,07	23,62	1,88
Bio02	Variação média da temperatura diurna	6,03	11,82	10,12	9,39	2,01
Bio03	Isotermalidade	59,65	88,60	67,24	67,91	7,95
Bio04	Sazonalidade da temperatura	46,23	248,77	130,03	151,90	63,49
Bio05	Temperatura máxima do mês mais quente	26,10	32,50	30,70	30,46	1,75
Bio06	Temperatura máxima do mês mais frio	9,20	20,80	17,10	16,44	3,44
Bio07	Temperatura média anual	9,60	19,00	14,50	14,02	3,57
Bio08	Temperatura média do trimestre mais chuvoso	19,88	26,22	24,67	24,38	1,87
Bio09	Temperatura média do trimestre mais seco	16,18	26,67	23,38	22,73	3,11
Bio10	Temperatura média do trimestre mais quente	20,03	27,08	25,97	25,38	1,80
Bio11	Temperatura média do trimestre mais frio	16,18	24,47	22,23	21,70	2,25
Bio12	Precipitação anual	1.194,00	3.638,00	1.651,00	1.771,60	603,74
Bio13	Precipitação do mês mais chuvoso	192,00	389,00	241,00	253,33	53,30
Bio14	Precipitação do mês mais seco	22,00	238,00	52,00	66,87	55,13
Bio15	Sazonalidade da precipitação	16,26	74,08	49,84	48,48	16,14
Bio16	Precipitação do trimestre mais chuvoso	524,00	1.120,00	676,00	704,47	162,31
Bio17	Precipitação do trimestre mais seco	72,00	729,00	172,00	223,87	167,28
Bio18	Precipitação do trimestre mais quente	247,00	797,00	529,00	483,07	163,94
Bio19	Precipitação do trimestre mais frio	72,00	932,00	230,00	371,60	274,51
Elev	Elevação	11,00	1.381,00	35,00	197,33	368,59

Fonte: Autor (2025).

A CA do modelo, definida a partir das zonas climáticas Köppen–Geiger, onde foi registrada presença de *A. pseudugesii*, foi estimada em cerca de 10.142.872 km², sendo vasta o suficiente para incluir uma grande variedade de ambientes. O ajuste fino resultou em um modelo Maxent com FC = QH e RM = 0,75, considerando algumas das métricas mais utilizadas (Tabela 3), como a Taxa de Verdadeiros Positivos (TPR) (FIELDING; BELL, 1997; ELITH et al., 2006; LIU; WHITE; NEWELL, 2013), que mede a sensibilidade do modelo, e permitiu identificar 100% das áreas de ocorrência real da espécie, a Taxa de Verdadeiros Negativos (TNR) (HANLEY; MCNEIL, 1982; FAWCETT, 2006), que avalia a especificidade e permitiu identificar 73% das áreas onde a espécie não está presente, a Estatística de Habilidade Verdadeira (TSS) (ALLOUCHE; TSOAR; KADMON, 2006), que avalia a capacidade discriminatória do modelo (0,73268), levando em consideração tanto os verdadeiros positivos quanto os verdadeiros negativos.

Tabela 3 - Métricas de avaliação do modelo Maxent final de *A. pseudugesii*.

Nomes das métricas	Valores
True Positive Rate, Sensitivity or Recall (TPR)	1,00000
True Negative Rate or Specificity (TNR)	0,73268
True Skill Statistic (TSS)	0,73268
Sorensen Index	0,01611
Jaccard Index	0,00814
F-measure on Presence-Background (FPB)	0,01629
Omission or False Negative or Underprediction Rate (OR/UPR)	0,00000
Continuous Boyce Index (CBI)	0,99737
Area Under ROC Curve (AUC)	0,84709
Area Under Precision/Recall Curve (AUCPR)	0,05967
Inverse Mean Absolute Error (IMAE)	0,86336
False Positive Rate (FPR)	0,26732
Positive Predictive Value or Precision (PPV)	0,78907
Negative Predictive Value (NPV)	0,42286
Accuracy	0,86634
F1 Score	0,88210
Balanced Accuracy	0,86634
Matthews Correlation Coefficient (MCC)	0,76035
Minimum Training Presence (MTP)	0,04986
10% Minimum Training Presence (10MTP)	0,05269
Symmetric Extremal Dependence Index (SEDI)	NaN

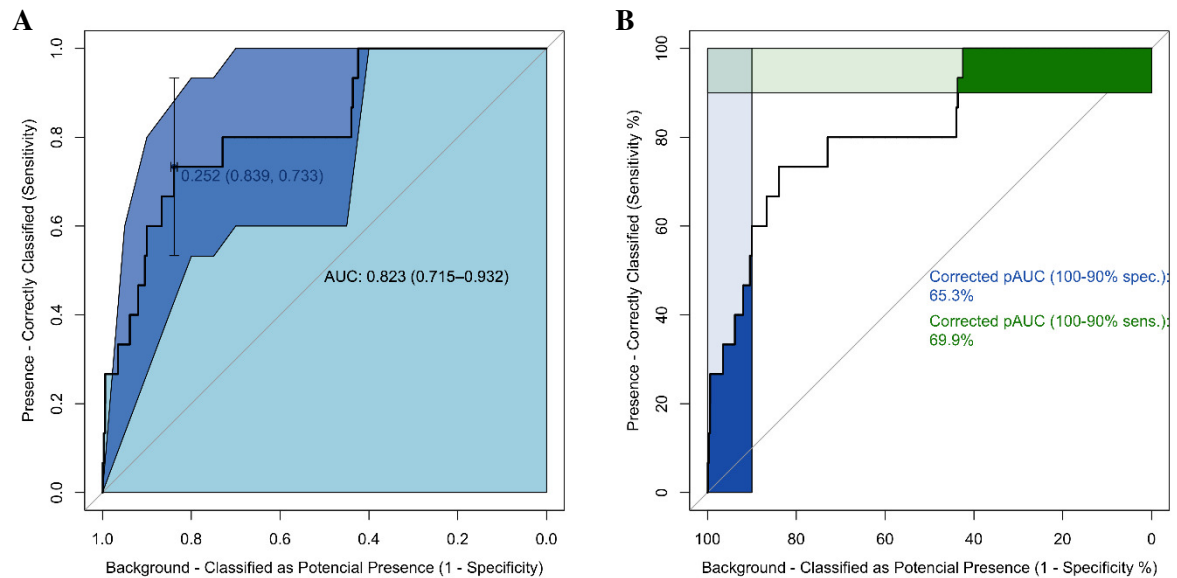
Fonte: Autor (2025).

O Índice de Boyce (BOYCE et al., 2002), única métrica realmente projetada para avaliar modelos de presença-*background*, permite avaliar a capacidade de um modelo de discriminar entre locais de presença e *background*, indicando se o modelo tende a prever corretamente áreas adequadas para a espécie (0,99737), a AUC (HANLEY; MCNEIL, 1982; FAWCETT, 2006), que é a área sob a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), com valor > 0,84, indicando boa capacidade do modelo de distinguir entre presenças e ausências.

A área sob a curva (AUC) da característica de ROC, criada pelo Maxent, usada para estimar o desempenho do modelo, varia de 0 a 1, onde um valor < 0,5 pode ser interpretado como uma previsão aleatória. Um valor de AUC entre 0,5 e 0,7 indica baixo desempenho do modelo, 0,7 a 0,9 indica desempenho moderado e > 0,9 indica alto desempenho (LOBO; JIMÉNEZ-VALVERDE; REAL, 2008; HANCZAR et al., 2010; YACKULIC et al., 2013). Sendo assim pode-se inferir que o modelo desenvolvido foi capaz de discriminar entre as ocorrências do conjunto de dados de teste e os pontos de *background* adequadamente.

Gráficos para avaliação da AUC e AUC parcial (MCCLISH, 1989; JIANG; METZ; NISHIKAWA, 1996), juntamente com um gráfico *Presence Only Calibration* (PHILLIPS; ELITH, 2013) permitem complementar visualmente a avaliação do modelo pelas métricas. Embora a AUC forneça uma medida geral de desempenho, a AUC parcial com limite de 10% permite identificar uma região mais específica da curva ROC para tomada de decisão. Com base na pAUC, pode-se afirmar que entre os 10% de predições com maior probabilidade de ocorrência, 65,3% das áreas não adequadas são corretamente identificadas como tal pelo modelo (especificidade), bem como 69,9% dos locais onde a espécie realmente está presente são corretamente identificados como adequados (sensibilidade), apontando que o modelo é confiável na identificação de áreas críticas, com uma ligeira inclinação para sensibilidade, em concordância com os valores observados nas métricas (Figura 3).

Figura 3 - Gráficos da área sob a curva ROC (AUC) (A) e AUC parcial a 10% (B) do modelo Maxent final de *A. pseudugesii*.



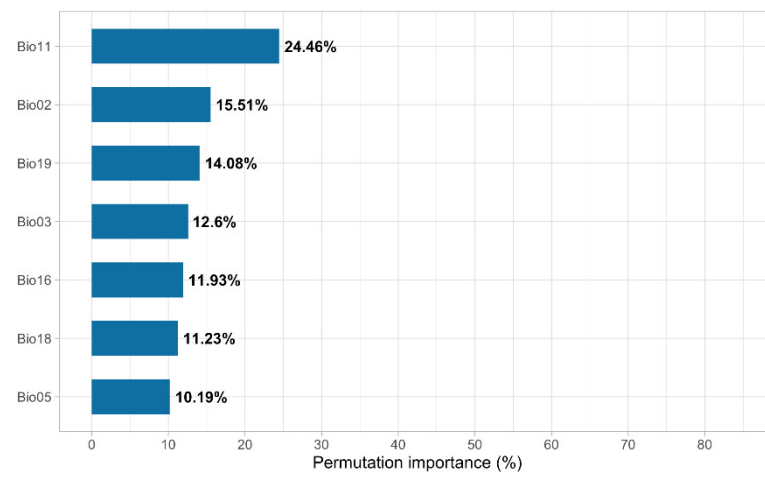
Fonte: Autor (2025).

3.3.2 Distribuição potencial de *A. pseudugesii* sob condições climáticas atuais

Considerando a importância percentual de permutação das variáveis no modelo final (Figura 4) das sete variáveis utilizadas para o ajuste fino do modelo Maxent para *A. pseudugesii*, as mais importantes são Bio11 (temperatura média do trimestre mais frio), Bio02 (variação média da temperatura diurna), Bio19 (precipitação do trimestre mais frio), Bio03 (Isotermalidade), Bio16 (precipitação do trimestre mais chuvoso), Bio18 (precipitação do trimestre mais quente) e Bio05 (temperatura máxima do mês mais quente), respectivamente.

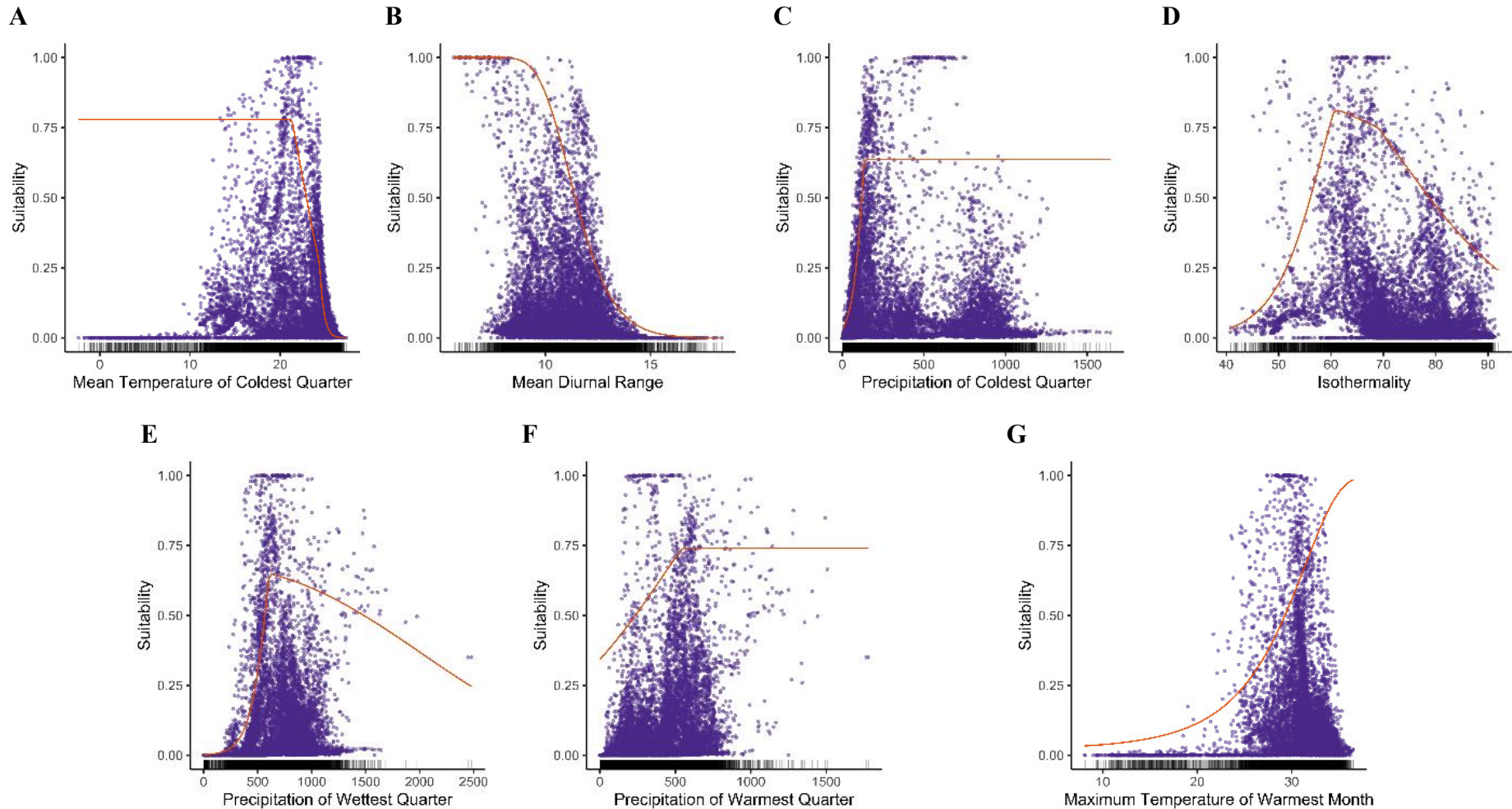
Curvas de respostas individuais marginais (*Partial Dependence Plots*), que apresentam a relação entre a probabilidade de ocorrência e cada uma das covariáveis, sendo que a resposta é modelada para uma variável enquanto as outras são mantidas constantes em sua média (FRIEDMAN, 2001), juntamente com histogramas de frequência e curvas de densidade dos valores das variáveis nas ocorrências, estão apresentados na Figura 5, para as quatro variáveis com maior importância percentual de permutação.

Figura 4 - Importância percentual de permutação das variáveis no modelo Maxent final para *A. pseudugesii*.



Fonte: Autor (2025).

Figura 5 – Gráfico de dispersão representando a ocorrência de *A. pseudugesii* em relação às variáveis ambientais. (a) temperatura média do trimestre mais frio (Bio11), variação média da temperatura diurna (Bio02), precipitação do trimestre mais frio (Bio19), Isotermalidade (Bio03), precipitação do trimestre mais chuvoso (Bio16), precipitação do trimestre mais quente (Bio18) e, temperatura máxima do mês mais quente (Bio05).



Fonte: Autor (2025).

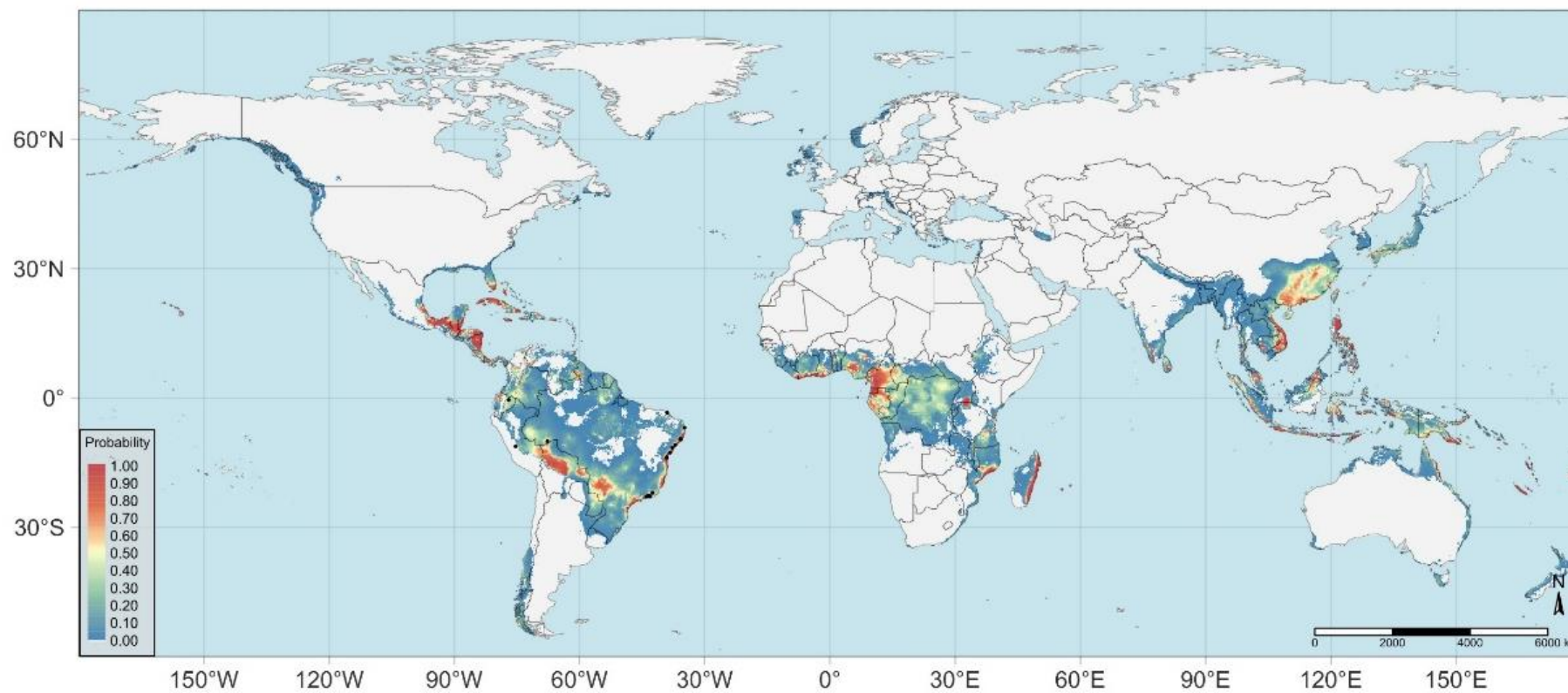
De acordo com as curvas de resposta, pode-se avaliar que a adequabilidade ambiental de *A. pseudugesii* apresenta temperatura ótima para seu desenvolvimento em torno de 25 °C, tolerando variações médias de temperatura diurna de até 9 °C, com a isothermalidade em torno de 67, temperatura máxima do mês mais quente entre 26 e 32 °C, e temperatura média do trimestre mais frio entre 16 e 24 °C, indicando que essa espécie tem preferência por climas quentes, com variações específicas ao longo do ano, não tolerando temperaturas extremas. Também pode-se observar que as precipitações muito concentradas em alguns meses do ano são fatores determinantes para seu não estabelecimento em uma determinada região, tolerando períodos úmidos com temperaturas moderadas. Sendo assim as condições identificadas sugerem que *A. pseudugesii* pode ter uma vantagem competitiva em regiões tropicais com climas quentes e úmidos.

A Figura 6 apresenta a distribuição geográfica potencial global de *A. pseudugesii* para as condições climáticas atuais. É possível identificar as maiores probabilidades de ocorrência nas regiões próximas à Linha do Equador, como a região sul dos Estados Unidos da América (Flórida), litoral mexicano, América Central, Caribe, Equador, Peru, Bolívia, litoral brasileiro e parte da região Centro-Oeste do Brasil. A região central da África Ocidental, Ilha de Madagascar, além de Índia, China, Indonésia, Filipinas, Sri Lanka, Malásia, se estendendo pelo Sul Asiático, Papua Nova Guiné e parte nordeste da Austrália, também apresentam condições ambientais para o estabelecimento dessa espécie.

As classes de probabilidade especificadas [inadequada (0-10%), marginal (10-20%), moderada (20-50%), ótima (50-80%) e alta (80-100%)] e a estimativa das áreas globais correspondentes podem ser observadas na Figura 7. Ambientes com probabilidade alta de ocorrência de *A. pseudugesii* correspondem a 1.875.838 km² e, com probabilidade ótima, a 2.648.835 km².

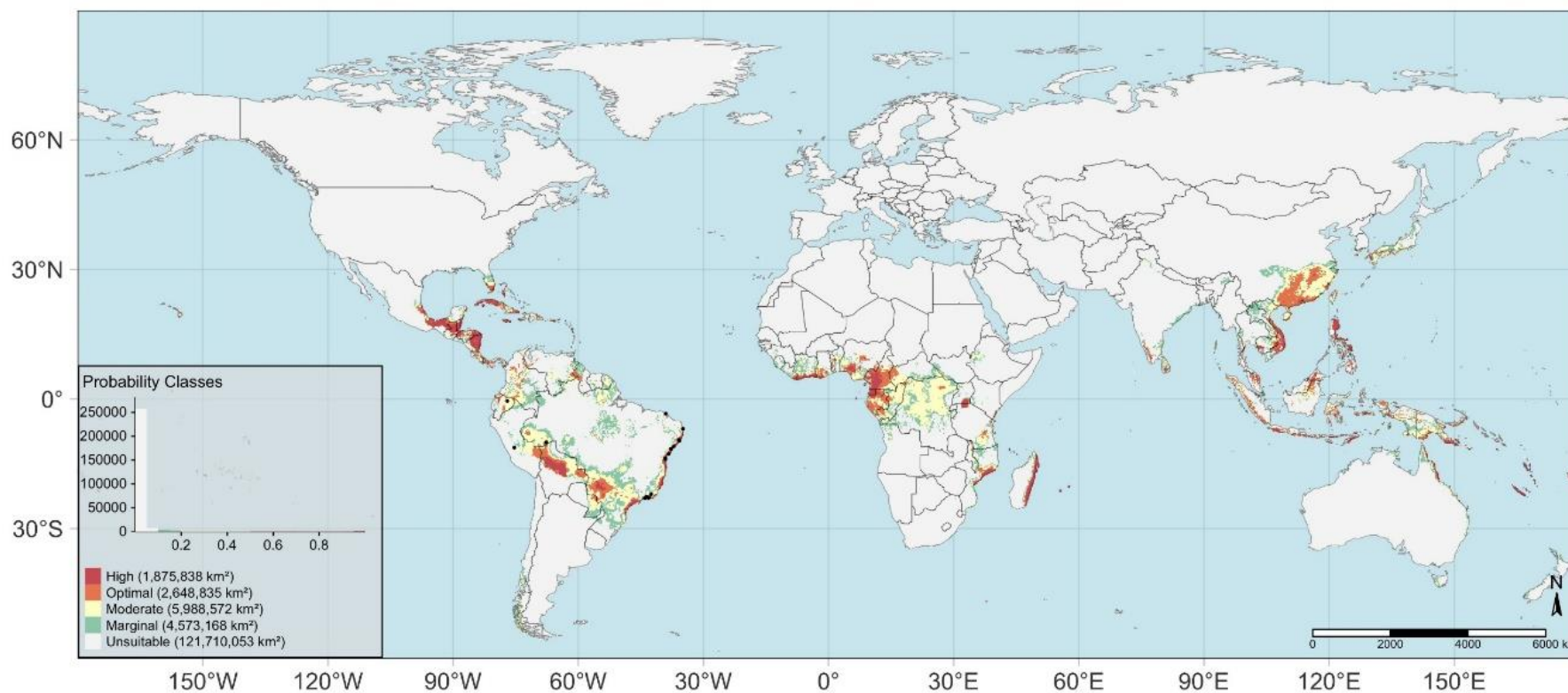
Na Figura 8, pode-se identificar onde há condições globais para o estabelecimento da espécie, pela aplicação do valor de *Minimum Training Presence* (MTP), que representa a adequabilidade ambiental mínima que ainda é considerada suficiente para presença da espécie (condições marginais), e pelo *10th Percentile Training Presence* (10TP), que considera apenas os 90% mais altos dos pontos de presença como adequados, ignorando os 10% inferiores, reduzindo a inclusão de ambientes com condições marginais.

Figura 6 - Distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii* sob condições climáticas atuais e pontos de ocorrência confirmada da espécie



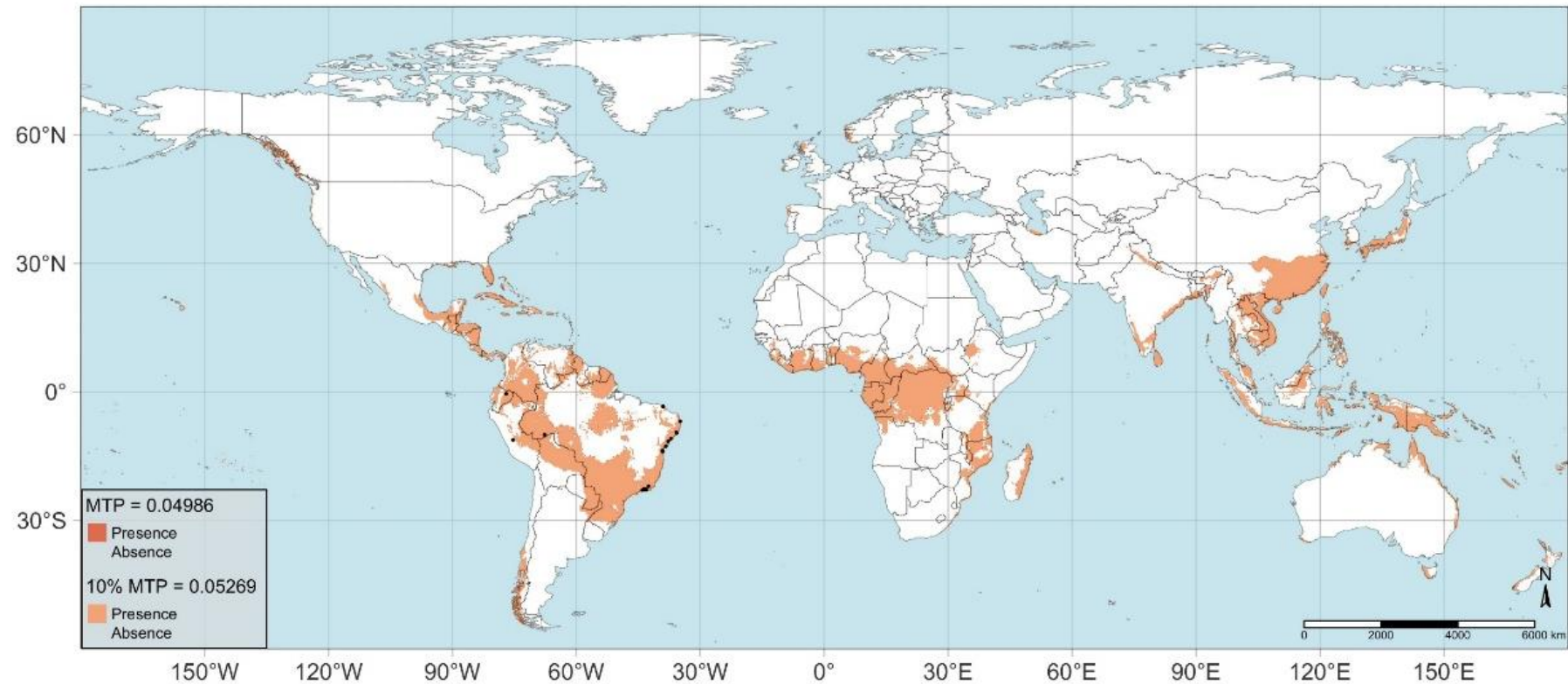
Fonte: Autor (2025).

Figura 7 - Classes de probabilidade para a distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii* sob as condições climáticas atuais e estimativas de áreas e pontos de ocorrência confirmada da espécie.



Fonte: Autor (2025).

Figura 8 - Distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii* considerando a aplicação do *threshold* com adequação mínima para a espécie (probabilidade marginal de ocorrência, MTP) e do *threshold* que permite identificar as áreas mais adequadas (maior probabilidade maior probabilidade de ocorrência, 10MTP) e pontos de ocorrência confirmada da espécie.



Fonte: Autor (2025).

Segundo FAOSTAT (2022), a área mundial colhida com coco atualmente é de aproximadamente 12 milhões de hectares, produzindo 62,9 milhões de toneladas. Apenas três produtores, Indonésia, Filipinas e Índia, respondem por 73,0% dessa área e contribuem com 74,1% da produção. De acordo com Martins; Jesus Júnior (2014), cerca de 90% da produção de coco do mundo provém de pequenos produtores, com áreas de até cinco hectares. A destinação da cultura também é outro fator de interferência, posto que, quase todos os produtores mundiais de coco destinam o fruto, principalmente, à produção de copra e óleo, constituindo-se os principais produtos comercializados no mercado internacional.

O Brasil é quem possui o maior rendimento (13.114 kg/ha), que está relacionado à tecnologia empregada na cultura, como condução e manejo dos coqueirais, sistemas intensivos de cultivo e variedades melhoradas do tipo anão e híbrido, que promoveram o aumento da produtividade e propiciaram a expansão do cultivo para lugares onde não havia tradição (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014; BRAINER, 2021). Ao longo da década de 2009 a 2019, em função das adversidades climáticas e do estabelecimento de novas pragas, que provocaram a morte de coqueirais no Nordeste, maior região produtora do país, o Brasil perdeu 97,1 mil ha (-34,2% de sua área), ocupando a sétima maior área mundial. Nesse mesmo período, perderam-se 629,1 mil toneladas (-21,3%), passando a quinto maior produtor mundial de coco, em 2019 (BRAINER, 2021).

Os governos de alguns principais países produtores mundiais estão implementando políticas para soerguimento da atividade, através do cultivo de coqueiro-híbrido, para aumentar a produção, a renda e melhorar a qualidade de vida dos produtores de coco de seus países, assim como acontece com o Brasil, através de lei e incentivo a ampliação e melhoria da qualidade da cocoicultura nacional (BRASIL, 2024). Todos os 20 maiores produtores de coco do mundo no ano de 2022 (Indonésia, Filipinas, Índia, Brasil, Sri Lanka, Vietnã, Papua Nova Guiné, México, Tailândia, Malásia, Gana, Tanzânia, República Dominicana, Bangladesh, China, Vanuatu e Moçambique) (FAOSTAT, 2022) estão dentro da área de condições globais para o estabelecimento de *A. pseudugesii*, o que demonstra um alto risco para o desenvolvimento efetivo da cultura.

O coqueiro tem uma ampla gama de aplicações com enorme influência na vida de pessoas em todo o mundo, fornecendo benefícios médicos, alimentos e uma importante fonte de renda para as pessoas. Como há alta demanda de produtos à base de coco no mundo todo, os agricultores e lideranças governamentais precisam ser conscientizados sobre essa ameaça e sobre os impactos econômicos negativos na produção.

3.3.3 Distribuição potencial sob condições climáticas futuras

Para a apresentação da comparação entre a distribuição geográfica potencial atual e futura de *A. pseudugesii* projetada globalmente pelo modelo Maxent, considerando a média dos modelos climáticos globais, foram utilizados diferentes cenários para emissão de gases do efeito estufa e períodos (Figura 9). Pode-se identificar que houve uma tendência à diminuição das áreas com probabilidade de classes alta para todos os cenários tanto para o mundo, como para o Brasil, porém permanece alta a sobreposição entre condições ótimas para o estabelecimento da espécie nas principais áreas produtoras de coco. Também ocorre um aumento significativo das áreas com moderada possibilidade da presença de *A. pseudugesii* no mundo, aumentando assim a área total com adequabilidade ambiental para a espécie.

Figura 9 - Distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii* atual e futura, considerando a média de diferentes cenários climáticos, expressa pela probabilidade contínua (0 a 1) e classes de probabilidade.

Clima Atual (histórico 1970-2000)

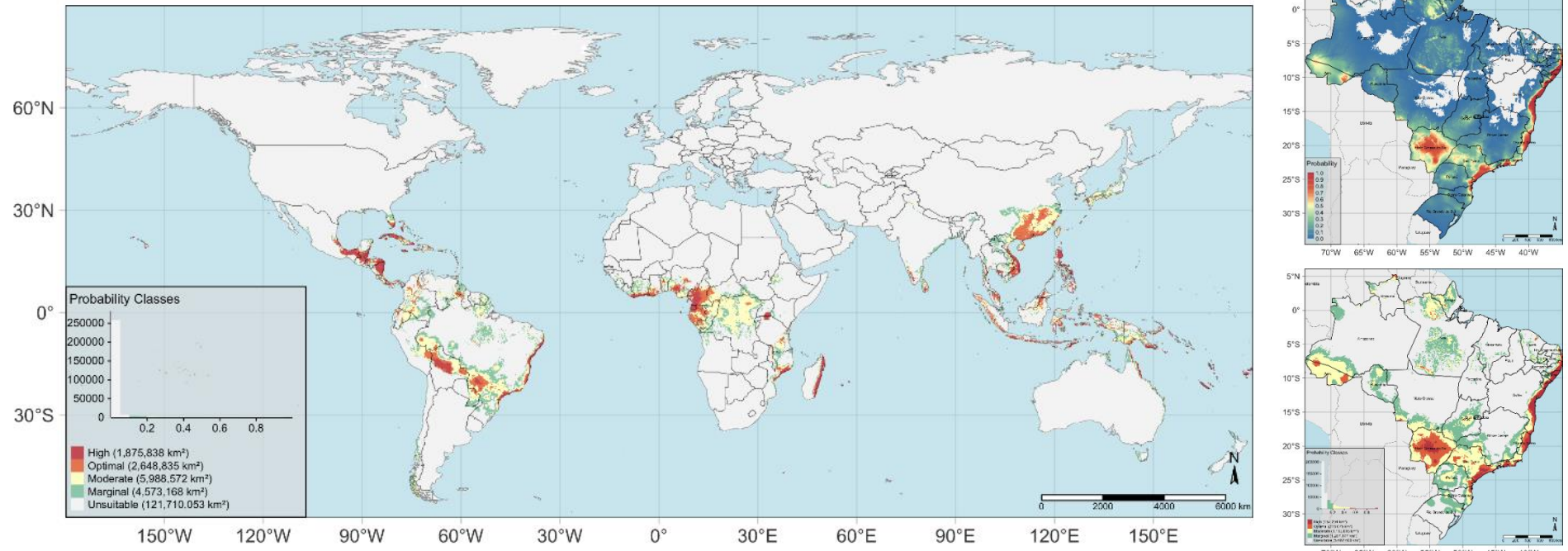


Figura 9 - Continuação...

Média SSP1-2.6 (2021-2040)

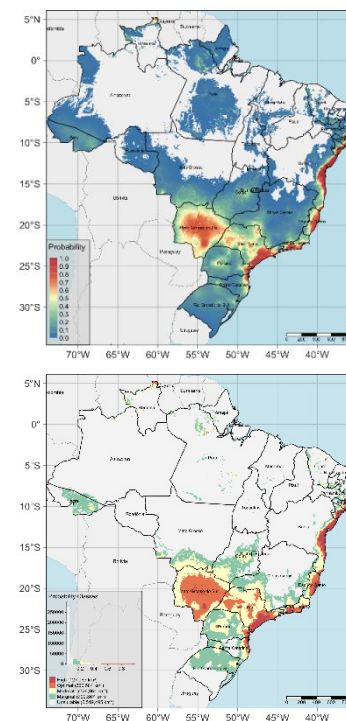
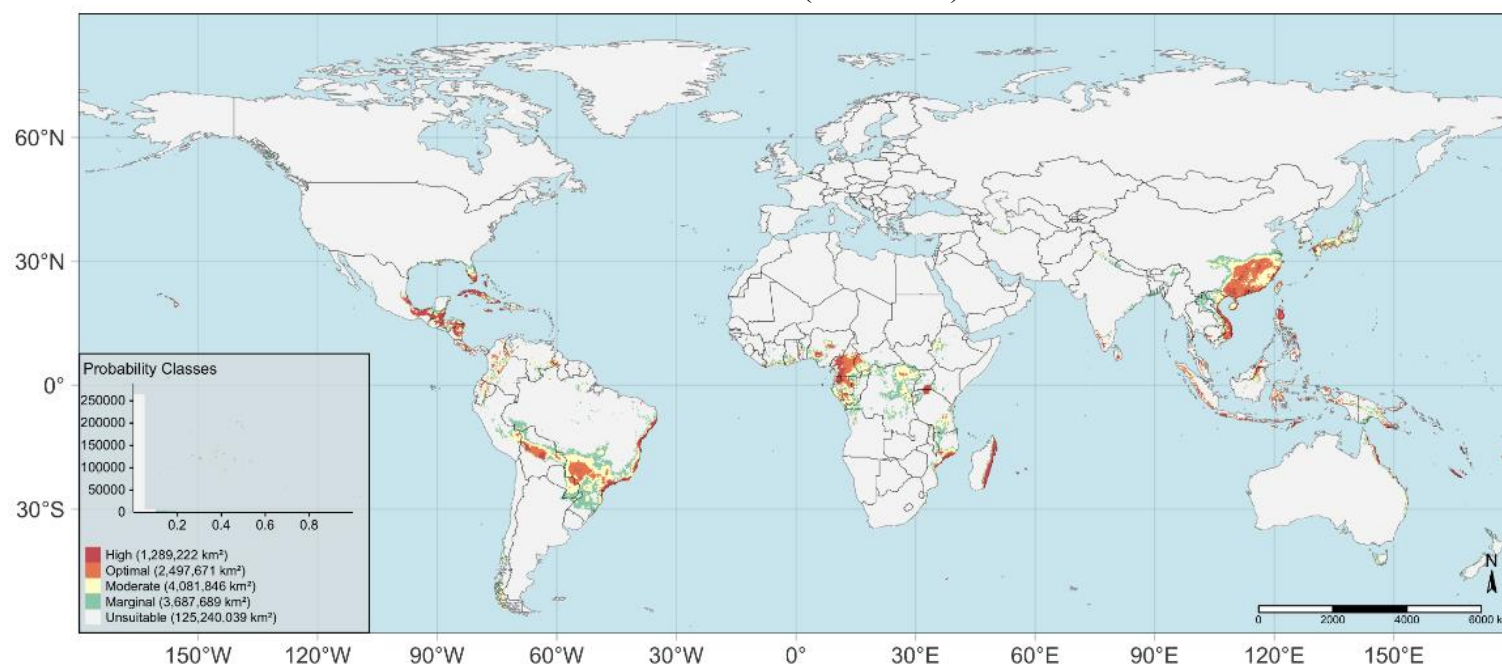


Figura 9 - Continuação...

Média SSP1-2.6 (2041-2060)

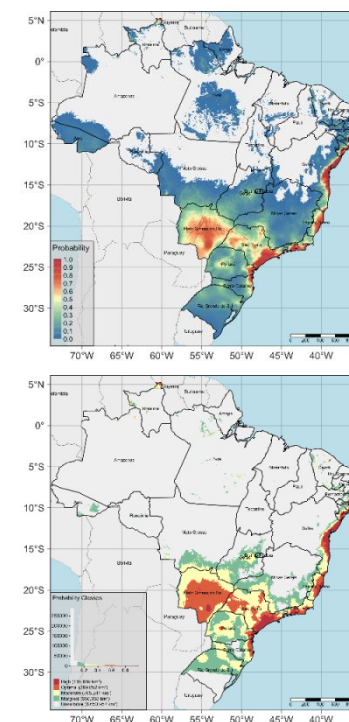
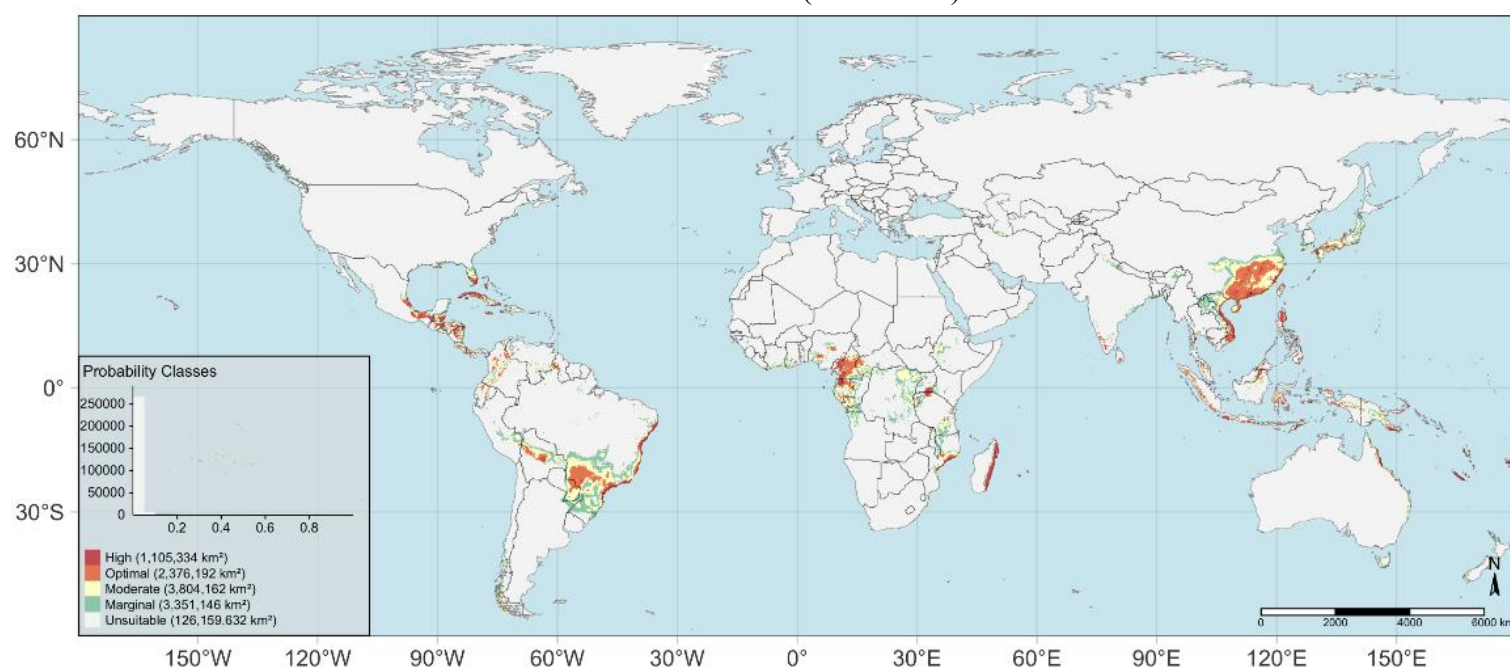


Figura 9 - Continuação...

Média SSP1-2.6 (2061-2080)

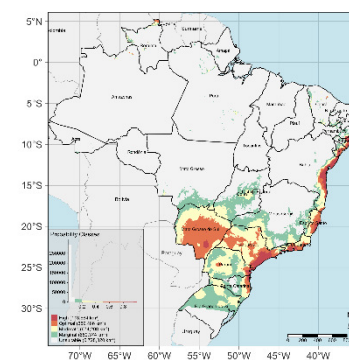
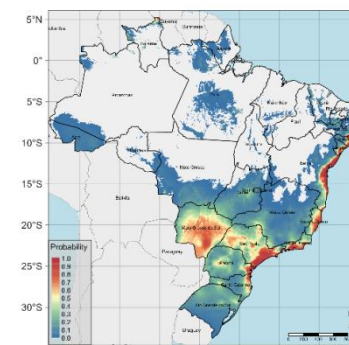
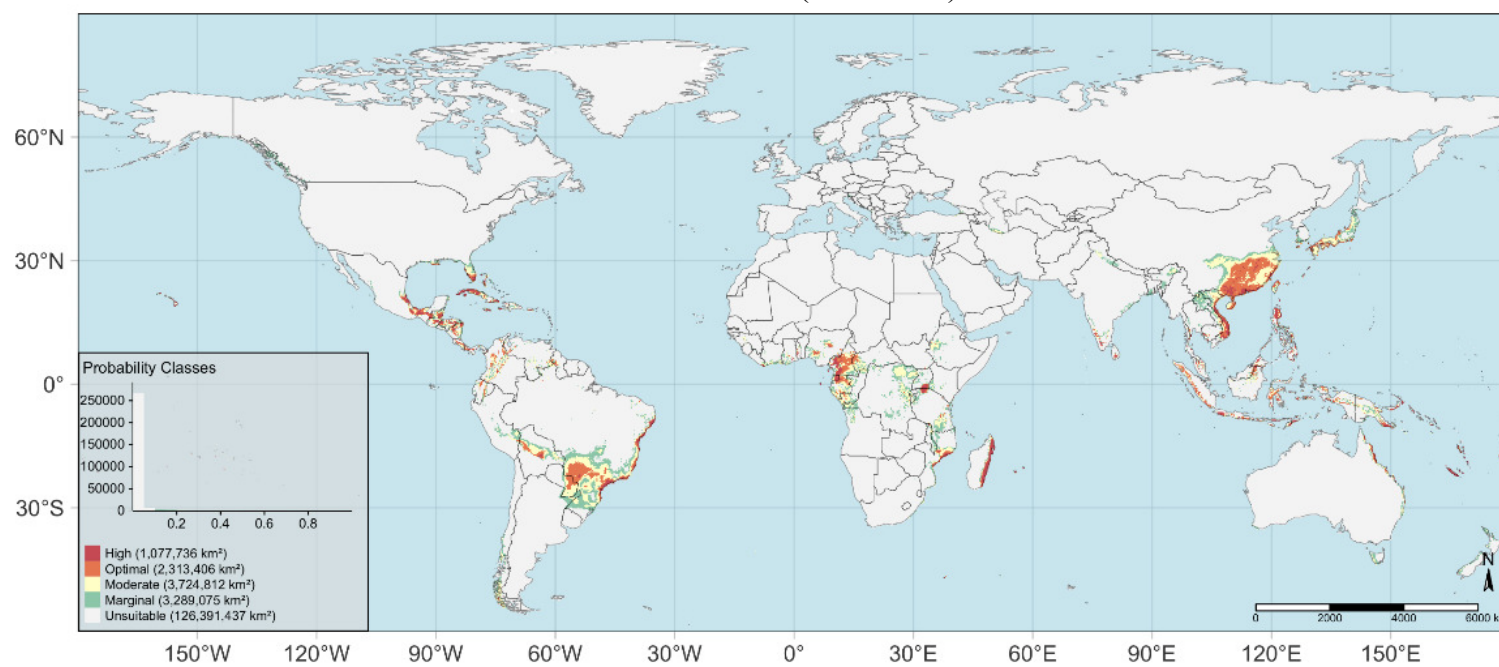


Figura 9 - Continuação...

Média SSP2-4.5 (2021-2040)

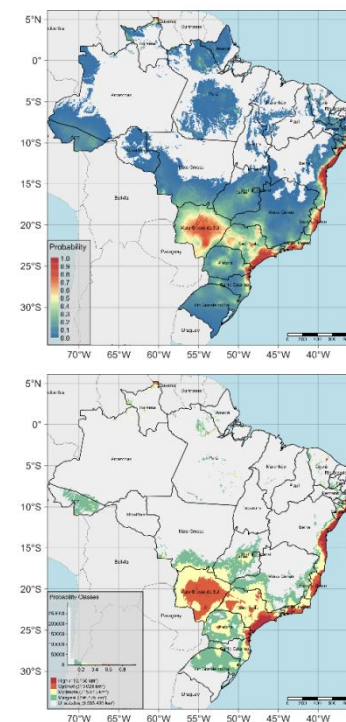
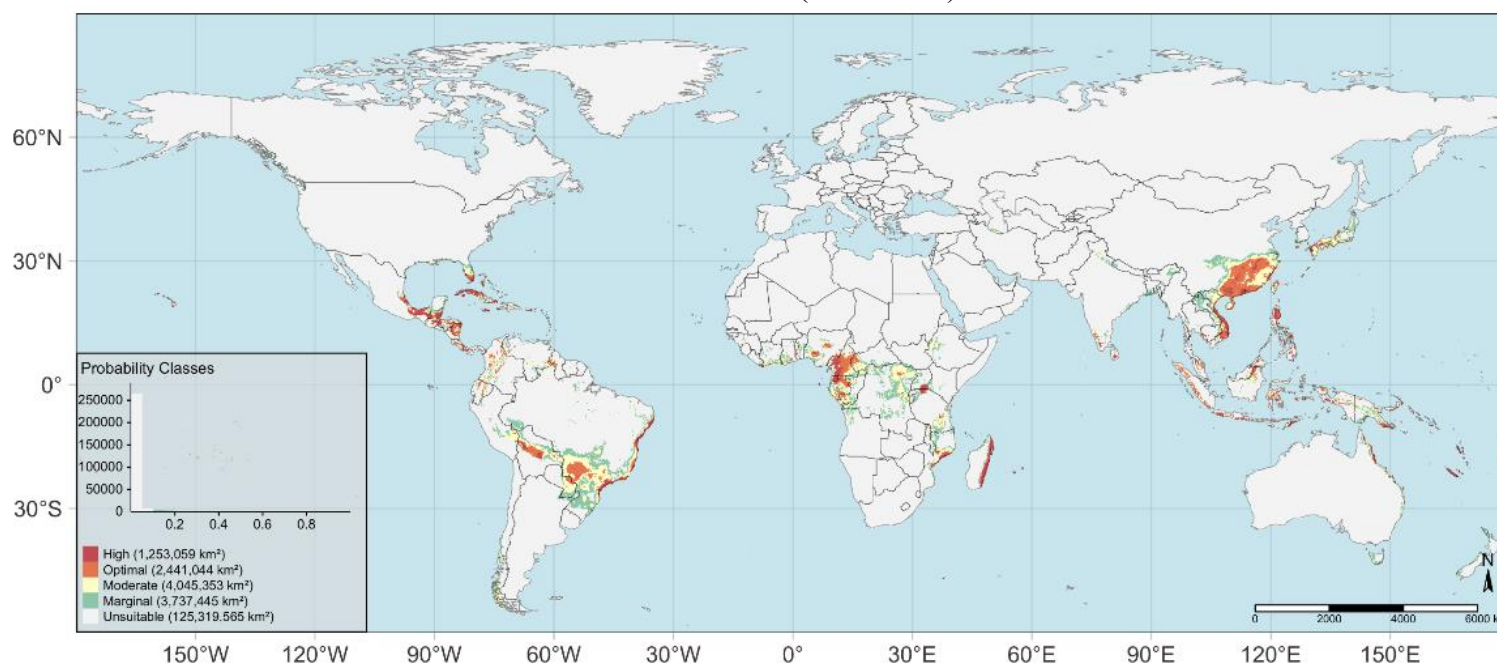


Figura 9 - Continuação...

Média SSP2-4.5 (2041-2060)

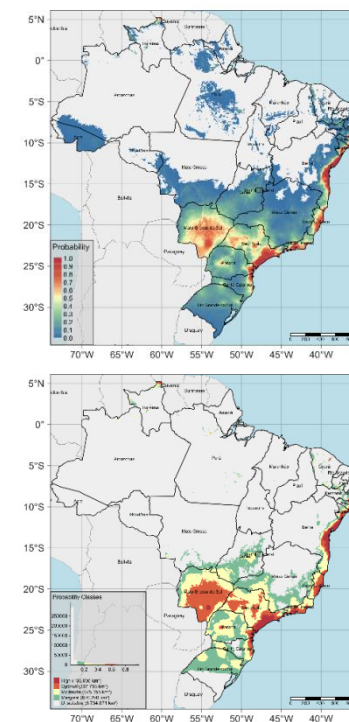
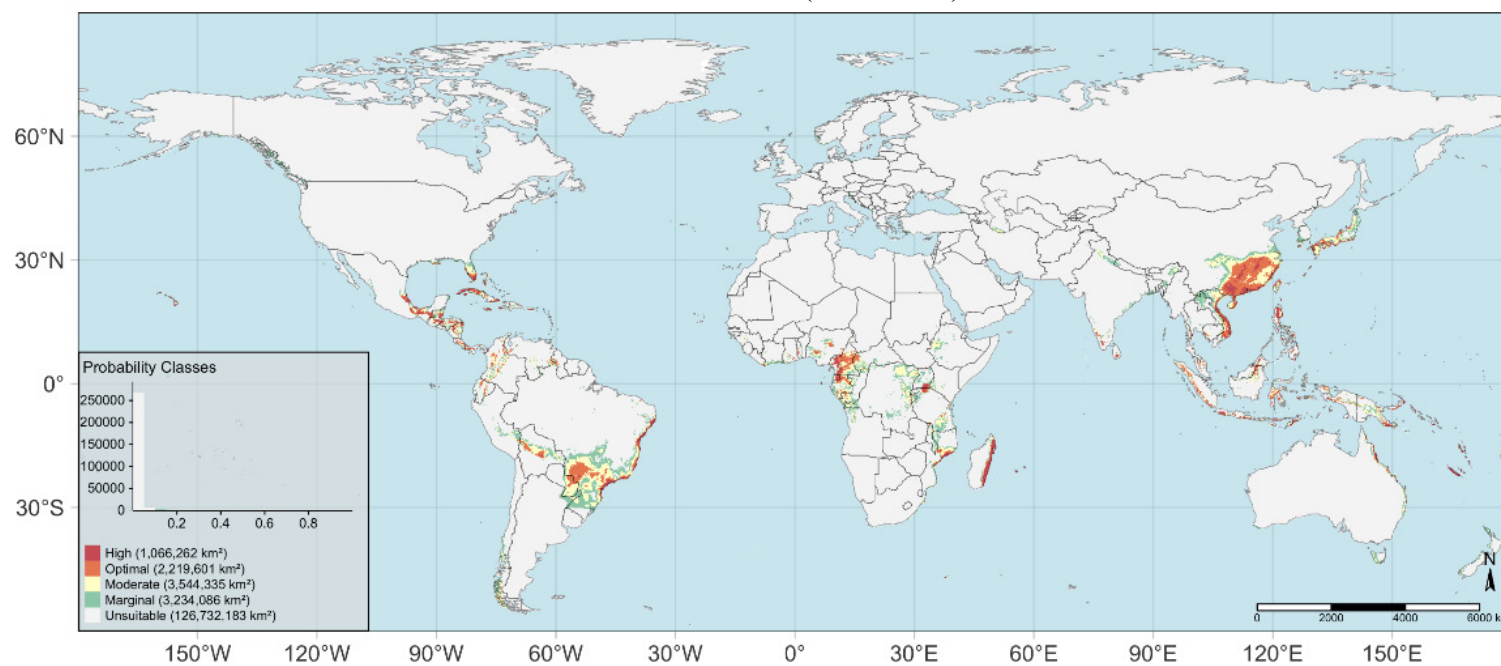


Figura 9 - Continuação...

Média SSP2-4.5 (2061-2080)

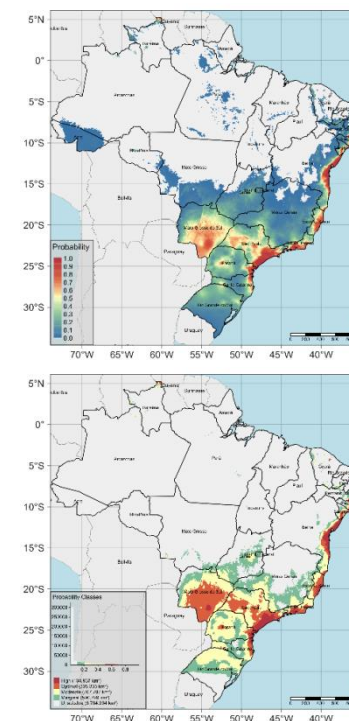
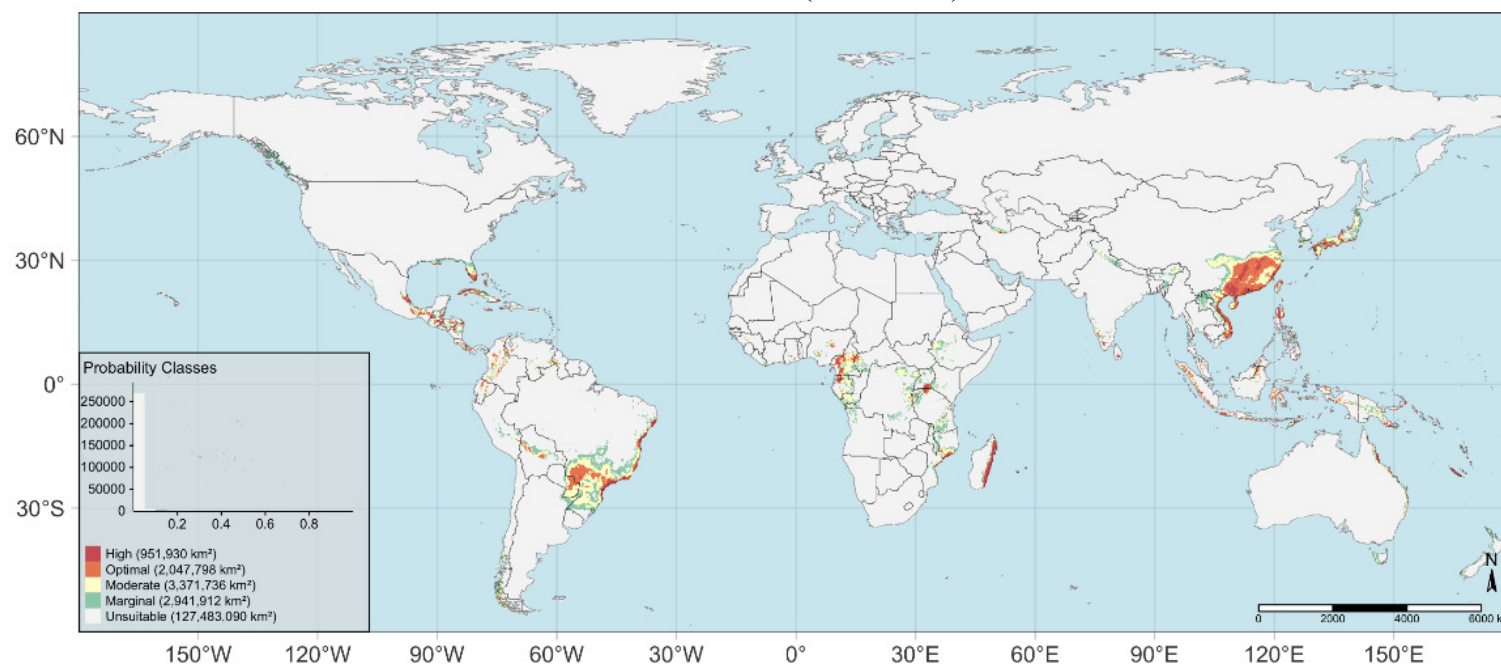


Figura 9 - Continuação...

Média SSP5-8.5 (2021-2040)

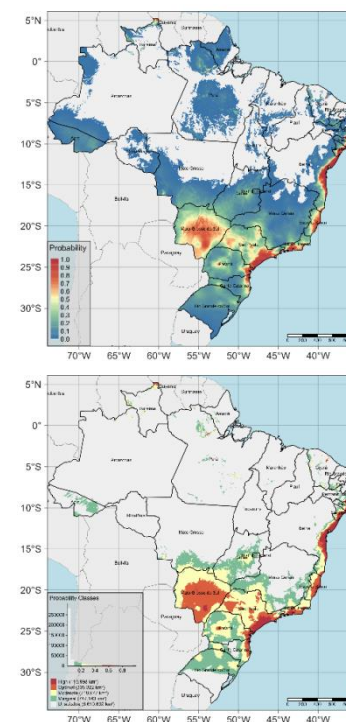
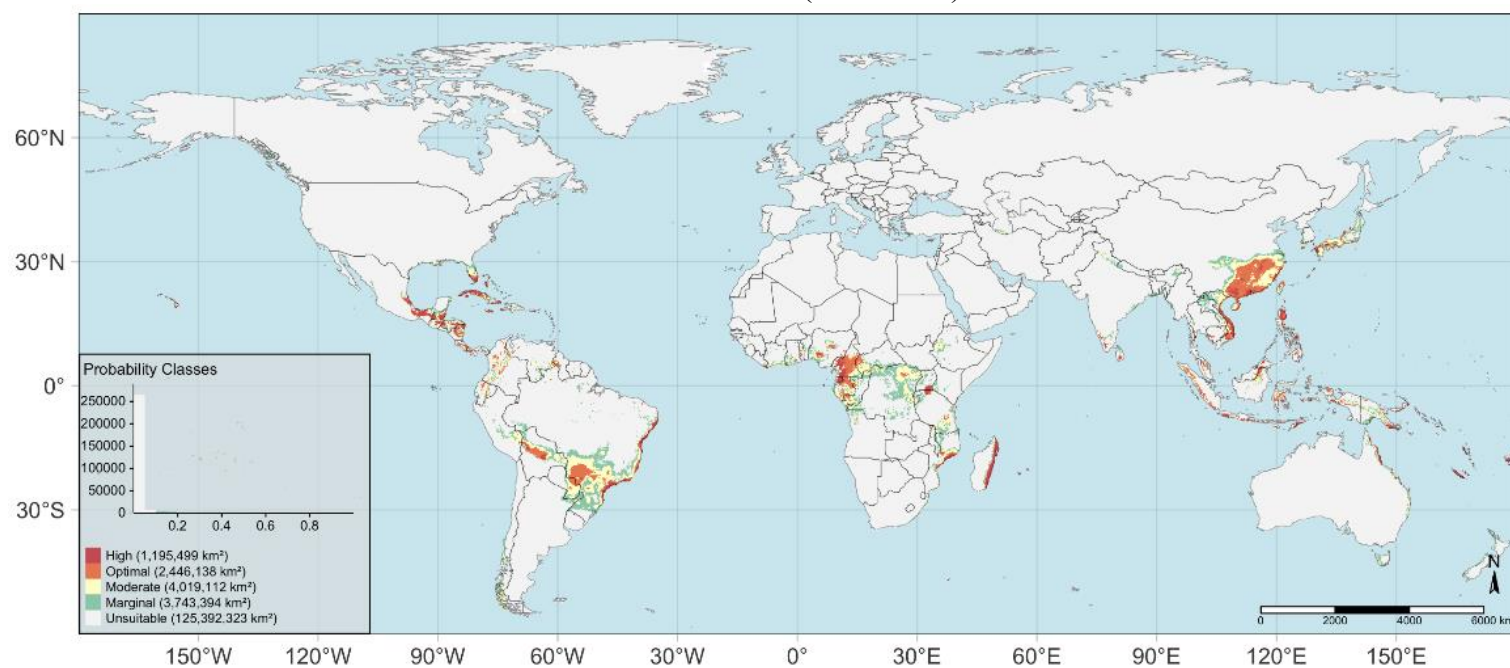


Figura 9 - Continuação...

Média SSP5-8.5 (2041-2060)

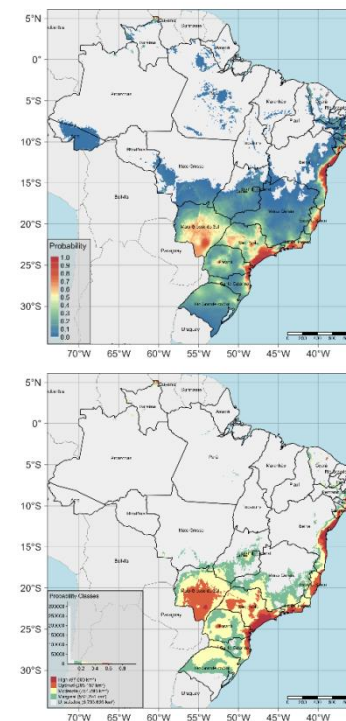
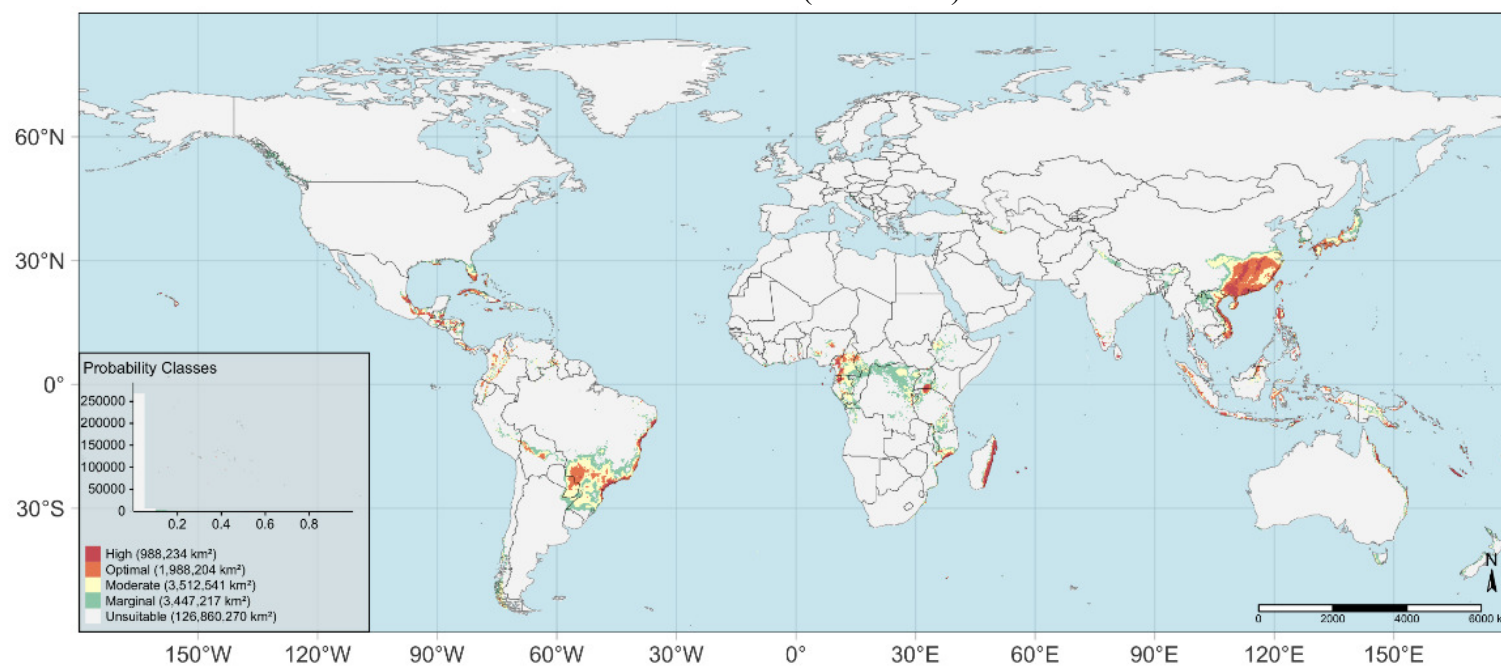
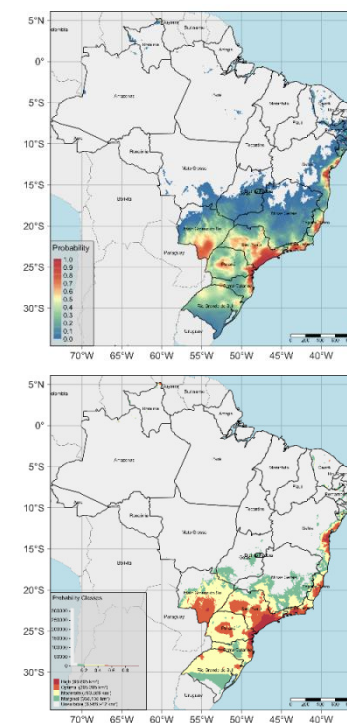
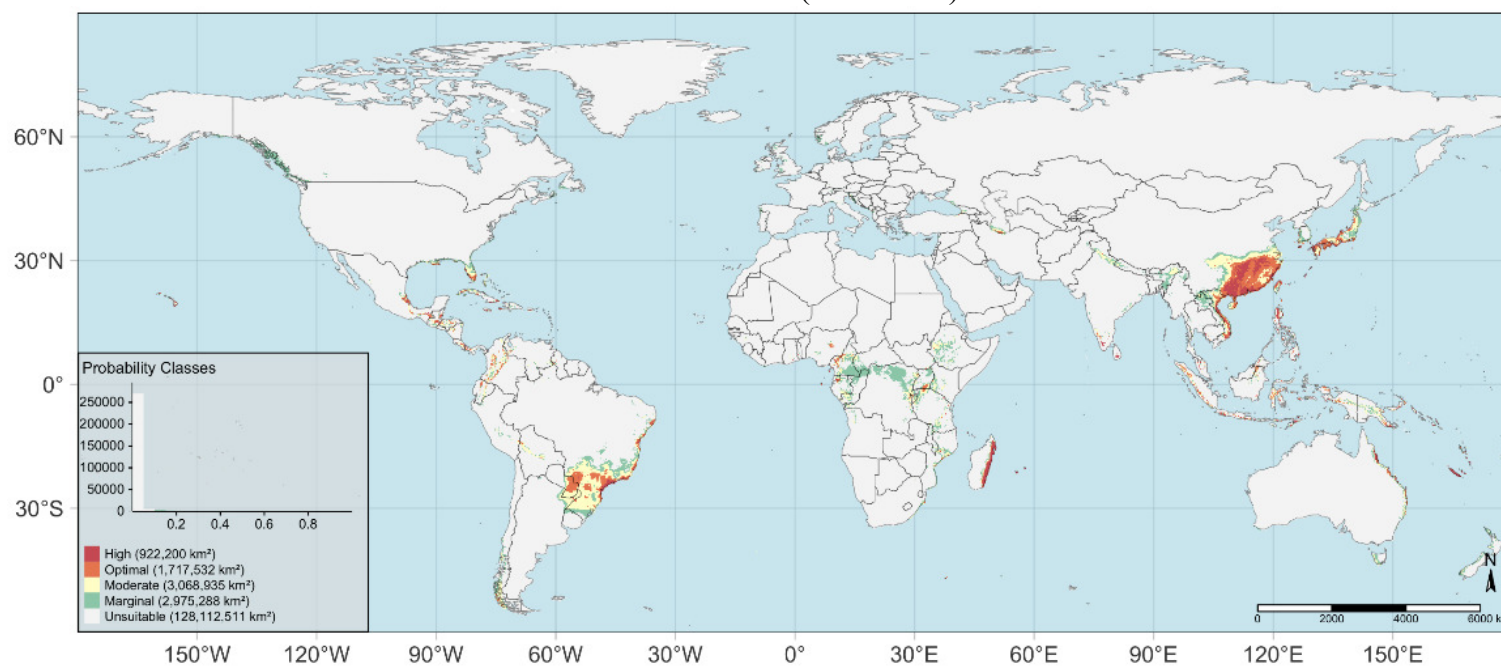


Figura 9 - Continuação...

Média SSP5-8.5 (2061-2080)



Fonte: Autor (2025).

Estimativas das áreas globais de ocorrência de *A. pseudugesii* são apresentadas (Tabela 4) de acordo com a classificação definida, juntamente com as alterações percentuais em cada uma, para todos os SSPs e períodos utilizados, além das médias dos três GCMs para cada SSP e período. Conforme identificado nos mapas, para o Brasil, observam-se cenários de ampliação dos percentuais de áreas ótimas nos três GCMs, SSP e períodos, tendo o maior incremento, 17% nas áreas ótimas para o SSP1-2.6 (baixas emissões de GEEs) para o período 2041-2060, sendo a segunda maior média para a mesma classe de probabilidade, com aumento de cerca de 14% da área, para o SSP1-2.6 (baixas emissões de GEEs) para período 2021-2040.

Ao compararmos os mapas de pontos de ocorrência, com os resultados da modelagem, podemos observar que é possível identificar as áreas com habitat apropriado e que estas superam às áreas de ocorrência relatada. Não há dados sobre a biologia da espécie, que possam embasar a priorização de locais a serem salvaguardados, porém Neves (2018) afirma que *A. pseudugesii* completa seu ciclo de vida a 25°C em 36 dias e apresenta longevidade média de 15 dias. Evidências empíricas comprovam a presença da espécie no campo durante todo o ano, em locais mais quentes e úmidos, com variações populacionais negativas a depender da alta concentração de chuva em um determinado período, aumentando o número de indivíduos logo após o início do período de estiagem.

A projeção destes modelos para o Brasil apresentou alta probabilidade de estabelecimento de *A. pseudugesii* no litoral do Nordeste; do Sudeste, com destaque para os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro; no Centro-Oeste no estado do Mato Grosso do Sul; e na região Norte, nos estados do Acre, Pará, Rondônia e Roraima. Esses modelos preditivos da distribuição geográfica apresentados podem basear aplicações no planejamento de políticas de conservação, ecologia e gestão de espécies invasoras, entre outros campos (YOM-TOV; KADMON, 1998; CORSI et al., 1999; PETERSON et al., 1999; SCOTT et al., 2002; WELK et al., 2002; PETERSON; SHAW, 2003). Sendo assim, a previsão de habitats potencialmente favoráveis para esta espécie invasora é importante para dar suporte e auxiliar no planejamento e implementação de medidas fitossanitárias e políticas públicas que previnam ou retardem a dispersão de *A. pseudugesii* no Brasil, especialmente nas áreas cuja dependência econômica da produção de seus hospedeiros seja significativa.

Tabela 4 - Alteração percentual para as classes de probabilidade e para todos os cenários climáticos estabelecidos, de acordo com o modelo Maxent para a distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii*.

Clima	Alteração Percentual Global					Alteração Percentual para o Brasil				
	Inadequada	Marginal	Moderada	Ótima	Alta	Inadequada	Marginal	Moderada	Ótima	Alta
CMIP6 CanESM5 SSP126 (2021-2040)	4,42%	-34,02%	-43,89%	-22,25%	-32,58%	23,96%	-51,14%	-44,64%	-50,52%	-39,33%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP126 (2021-2040)	2,24%	-15,65%	-28,95%	-4,10%	-9,23%	12,02%	-40,03%	-40,12%	30,05%	109,41%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP126 (2021-2040)	3,67%	-29,99%	-38,77%	-11,89%	-24,43%	16,43%	-40,69%	-41,04%	8,29%	5,30%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP126 (2021-2040)	1,81%	-15,98%	-25,56%	5,38%	-4,48%	12,12%	-34,63%	-29,21%	7,53%	30,44%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP126 (2021-2040)	3,51%	-29,80%	-37,02%	-11,96%	-20,33%	15,26%	-50,48%	-37,24%	15,84%	83,83%
CMIP6 MIROC-ES2L SSP126 (2021-2040)	3,13%	-20,81%	-33,27%	-13,86%	-26,47%	18,79%	-40,94%	-36,06%	-38,89%	-18,23%
CMIP6 MIROC6 SSP126 (2021-2040)	3,31%	-23,16%	-34,44%	-11,97%	-31,48%	15,53%	-37,80%	-37,61%	8,12%	-8,91%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP126 (2021-2040)	2,88%	-22,67%	-30,59%	-11,03%	-18,49%	13,52%	-34,25%	-26,06%	-15,75%	1,25%
CMIP6 Mean SSP126 (2021-2040)	2,90%	-19,36%	-31,84%	-5,71%	-31,27%	14,73%	-36,93%	-34,77%	14,08%	-19,17%
CMIP6 CanESM5 SSP126 (2041-2060)	4,93%	-40,57%	-46,16%	-30,98%	-30,12%	26,69%	-59,70%	-42,97%	-69,59%	-43,29%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP126 (2041-2060)	3,69%	-27,61%	-35,01%	-19,98%	-32,01%	15,59%	-50,79%	-40,38%	20,80%	86,64%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP126 (2041-2060)	4,57%	-38,94%	-45,00%	-19,01%	-31,26%	19,07%	-51,16%	-43,33%	3,85%	18,78%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP126 (2041-2060)	2,52%	-20,59%	-31,64%	-0,33%	-11,96%	12,63%	-37,06%	-32,16%	12,43%	42,63%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP126 (2041-2060)	4,23%	-35,60%	-41,69%	-15,03%	-33,61%	17,36%	-55,23%	-37,11%	31,71%	13,32%
CMIP6 MIROC-ES2L SSP126 (2041-2060)	3,57%	-26,70%	-36,98%	-13,93%	-28,57%	18,14%	-45,86%	-35,88%	-12,12%	-10,46%
CMIP6 MIROC6 SSP126 (2041-2060)	4,17%	-31,12%	-40,73%	-18,22%	-39,11%	19,68%	-48,05%	-43,19%	-6,23%	-8,65%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP126 (2041-2060)	3,32%	-27,16%	-33,61%	-9,68%	-27,97%	14,35%	-37,63%	-30,81%	3,44%	-6,68%
CMIP6 Mean SSP126 (2041-2060)	3,66%	-26,72%	-36,48%	-10,29%	-41,08%	17,04%	-45,88%	-36,64%	17,01%	-23,88%
CMIP6 CanESM5 SSP126 (2061-2080)	4,99%	-41,49%	-46,32%	-33,31%	-27,73%	26,65%	-59,38%	-42,64%	-71,52%	-42,60%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP126 (2061-2080)	4,23%	-31,90%	-40,23%	-23,57%	-35,14%	21,46%	-63,08%	-46,98%	21,67%	17,67%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP126 (2061-2080)	4,78%	-41,02%	-46,06%	-21,38%	-32,65%	20,07%	-52,95%	-48,34%	11,72%	16,80%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP126 (2061-2080)	2,64%	-23,82%	-29,97%	-1,55%	-15,64%	13,08%	-41,11%	-22,91%	6,85%	4,53%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP126 (2061-2080)	4,46%	-36,75%	-42,94%	-20,33%	-33,79%	18,88%	-56,08%	-42,98%	20,53%	28,89%

CMIP6 MIROC-ES2L SSP126 (2061-2080)	3,64%	-26,82%	-37,63%	-14,63%	-30,05%	18,67%	-43,93%	-36,12%	-30,60%	-6,38%
CMIP6 MIROC6 SSP126 (2061-2080)	4,35%	-32,65%	-41,25%	-21,59%	-40,21%	20,34%	-48,94%	-42,30%	-19,58%	-5,08%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP126 (2061-2080)	3,66%	-31,59%	-34,99%	-13,69%	-29,51%	13,99%	-40,40%	-30,23%	5,85%	19,44%
CMIP6 Mean SSP126 (2061-2080)	3,85%	-28,08%	-37,80%	-12,66%	-42,55%	18,40%	-48,27%	-39,43%	13,73%	-27,68%
CMIP6 CanESM5 SSP245 (2021-2040)	4,61%	-35,12%	-45,91%	-26,68%	-29,15%	25,15%	-52,11%	-46,34%	-60,67%	-42,36%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP245 (2021-2040)	2,60%	-17,16%	-31,05%	-9,48%	-14,09%	15,47%	-43,75%	-47,08%	17,54%	88,92%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP245 (2021-2040)	3,71%	-27,48%	-38,99%	-17,20%	-24,66%	17,79%	-38,56%	-40,64%	-21,23%	-4,16%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP245 (2021-2040)	1,68%	-14,58%	-24,13%	4,84%	-3,35%	10,45%	-33,81%	-19,78%	1,21%	30,12%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP245 (2021-2040)	3,79%	-29,18%	-40,74%	-13,93%	-24,91%	17,37%	-48,13%	-42,89%	13,75%	32,95%
CMIP6 MIROC-ES2L SSP245 (2021-2040)	3,07%	-19,54%	-32,68%	-14,08%	-27,09%	18,75%	-39,28%	-38,97%	-36,48%	-14,42%
CMIP6 MIROC6 SSP245 (2021-2040)	3,48%	-24,01%	-35,99%	-14,06%	-32,65%	18,84%	-41,74%	-44,59%	-8,25%	-14,84%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP245 (2021-2040)	2,94%	-21,94%	-32,30%	-11,95%	-17,34%	14,05%	-32,93%	-28,88%	-18,80%	-2,34%
CMIP6 Mean SSP245 (2021-2040)	2,97%	-18,27%	-32,45%	-7,84%	-33,20%	15,89%	-36,65%	-35,68%	-1,91%	-24,83%
CMIP6 CanESM5 SSP245 (2041-2060)	5,43%	-43,07%	-51,18%	-38,47%	-29,44%	28,71%	-58,46%	-51,47%	-78,66%	-47,88%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP245 (2041-2060)	4,00%	-29,52%	-42,05%	-20,33%	-24,84%	17,63%	-49,02%	-45,78%	1,11%	76,48%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP245 (2041-2060)	4,89%	-41,05%	-46,28%	-23,07%	-36,73%	20,17%	-53,30%	-44,02%	9,62%	-10,44%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP245 (2041-2060)	3,06%	-24,26%	-34,59%	-7,54%	-18,08%	14,61%	-40,56%	-29,33%	1,78%	0,14%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP245 (2041-2060)	4,84%	-39,15%	-46,36%	-22,96%	-37,97%	19,16%	-55,32%	-42,76%	21,26%	9,92%
CMIP6 MIROC-ES2L SSP245 (2041-2060)	4,20%	-31,10%	-41,52%	-20,80%	-35,08%	20,46%	-47,20%	-38,39%	-38,84%	-12,17%
CMIP6 MIROC6 SSP245 (2041-2060)	4,49%	-33,95%	-43,19%	-19,49%	-42,97%	19,39%	-47,40%	-44,69%	3,67%	-12,92%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP245 (2041-2060)	4,17%	-34,09%	-42,34%	-18,46%	-26,42%	16,71%	-41,17%	-38,59%	-5,44%	9,23%
CMIP6 Mean SSP245 (2041-2060)	4,13%	-29,28%	-40,82%	-16,20%	-43,16%	18,52%	-46,68%	-39,34%	6,86%	-31,30%
CMIP6 CanESM5 SSP245 (2061-2080)	5,94%	-47,62%	-55,68%	-43,86%	-29,64%	32,78%	-69,77%	-58,49%	-77,84%	-56,35%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP245 (2061-2080)	5,03%	-36,22%	-47,49%	-27,46%	-47,85%	20,74%	-52,63%	-50,21%	8,85%	8,86%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP245 (2061-2080)	5,53%	-48,32%	-52,01%	-28,67%	-34,58%	21,15%	-62,26%	-41,93%	3,94%	22,14%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP245 (2061-2080)	3,86%	-32,22%	-40,03%	-16,97%	-20,43%	15,51%	-46,89%	-25,56%	-1,46%	-1,79%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP245 (2061-2080)	5,39%	-45,49%	-49,03%	-29,07%	-41,03%	19,78%	-60,76%	-41,24%	16,67%	29,24%

CMIP6 MIROC-ES2L SSP245 (2061-2080)	4,76%	-39,42%	-44,27%	-23,22%	-38,82%	20,73%	-53,80%	-35,15%	-31,36%	-7,18%
CMIP6 MIROC6 SSP245 (2061-2080)	5,14%	-39,16%	-47,41%	-27,76%	-47,23%	20,91%	-52,45%	-43,86%	-9,70%	-6,34%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP245 (2061-2080)	4,62%	-39,02%	-43,80%	-23,39%	-31,91%	14,76%	-44,09%	-31,82%	9,64%	25,15%
CMIP6 Mean SSP245 (2061-2080)	4,74%	-35,67%	-43,70%	-22,69%	-49,25%	19,39%	-53,01%	-36,42%	7,04%	-33,25%
CMIP6 CanESM5 SSP585 (2021-2040)	4,83%	-38,10%	-46,94%	-29,44%	-29,07%	26,99%	-55,33%	-48,23%	-73,87%	-43,23%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP585 (2021-2040)	3,19%	-26,59%	-31,44%	-14,26%	-21,47%	12,80%	-46,70%	-34,99%	27,50%	103,14%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP585 (2021-2040)	3,60%	-27,33%	-38,32%	-13,26%	-25,75%	18,59%	-44,93%	-43,66%	-2,45%	1,20%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP585 (2021-2040)	1,67%	-18,87%	-25,14%	11,91%	0,96%	12,44%	-31,99%	-26,31%	-3,84%	0,14%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP585 (2021-2040)	3,85%	-31,05%	-39,05%	-15,21%	-27,64%	14,88%	-47,45%	-34,66%	16,81%	53,03%
CMIP6 MIROC-ES2L SSP585 (2021-2040)	3,39%	-25,19%	-35,74%	-10,70%	-29,04%	19,91%	-43,43%	-41,44%	-24,24%	-30,16%
CMIP6 MIROC6 SSP585 (2021-2040)	3,93%	-29,09%	-38,35%	-18,47%	-35,42%	19,73%	-43,73%	-40,45%	-30,71%	-15,32%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP585 (2021-2040)	3,11%	-24,44%	-34,81%	-9,20%	-18,35%	13,78%	-31,94%	-32,25%	-6,51%	-1,28%
CMIP6 Mean SSP585 (2021-2040)	3,03%	-18,14%	-32,89%	-7,65%	-36,27%	16,33%	-40,57%	-35,40%	7,04%	-29,39%
CMIP6 CanESM5 SSP585 (2041-2060)	6,09%	-47,96%	-58,33%	-45,01%	-28,77%	34,47%	-69,39%	-66,44%	-81,46%	-56,89%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP585 (2041-2060)	4,56%	-34,28%	-43,47%	-24,10%	-39,57%	17,34%	-51,95%	-42,63%	13,25%	63,98%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP585 (2041-2060)	5,38%	-45,37%	-49,19%	-29,43%	-39,57%	22,71%	-59,48%	-42,16%	-9,23%	-28,14%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP585 (2041-2060)	2,94%	-33,46%	-36,03%	-1,33%	7,83%	16,87%	-49,20%	-26,57%	-9,63%	-8,96%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP585 (2041-2060)	5,22%	-43,18%	-49,12%	-29,38%	-35,16%	18,30%	-60,65%	-35,95%	20,96%	35,77%
CMIP6 MIROC-ES2L SSP585 (2041-2060)	4,78%	-38,24%	-44,69%	-23,39%	-41,23%	21,36%	-54,61%	-36,27%	-28,01%	-22,08%
CMIP6 MIROC6 SSP585 (2041-2060)	5,29%	-39,31%	-49,61%	-29,99%	-46,87%	21,41%	-52,33%	-43,54%	-19,25%	-8,56%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP585 (2041-2060)	4,84%	-42,73%	-46,27%	-23,36%	-29,23%	18,08%	-51,43%	-33,40%	1,26%	-8,37%
CMIP6 Mean SSP585 (2041-2060)	4,23%	-24,62%	-41,35%	-24,94%	-47,32%	19,55%	-53,68%	-32,18%	-5,66%	-38,30%
CMIP6 CanESM5 SSP585 (2061-2080)	6,62%	-54,64%	-62,91%	-47,58%	-28,16%	39,10%	-88,99%	-67,54%	-74,50%	-73,68%
CMIP6 CMCC-ESM2 SSP585 (2061-2080)	6,19%	-51,75%	-58,11%	-33,88%	-42,27%	24,88%	-77,02%	-52,86%	32,71%	25,15%
CMIP6 CNRM-CM6-1 SSP585 (2061-2080)	6,55%	-59,31%	-59,32%	-38,01%	-37,22%	25,54%	-74,20%	-43,35%	-2,02%	-18,81%
CMIP6 EC-Earth3-Veg SSP585 (2061-2080)	3,93%	-41,31%	-44,43%	-16,97%	11,66%	23,03%	-66,02%	-35,61%	-21,76%	-8,57%
CMIP6 FIO-ESM-2-0 SSP585 (2061-2080)	6,35%	-53,51%	-56,43%	-41,81%	-42,24%	22,29%	-72,15%	-43,25%	10,65%	55,90%

CMIP6 MIROC-ES2L SSP585 (2061-2080)	5,81%	-47,51%	-52,37%	-34,18%	-45,53%	23,58%	-62,63%	-35,96%	-35,64%	-25,26%
CMIP6 MIROC6 SSP585 (2061-2080)	6,23%	-51,85%	-55,62%	-36,03%	-49,65%	21,85%	-64,11%	-37,65%	-8,70%	6,72%
CMIP6 MRI-ESM2-0 SSP585 (2061-2080)	5,85%	-51,73%	-56,29%	-32,82%	-27,47%	19,16%	-61,81%	-38,28%	26,23%	19,83%
CMIP6 Mean SSP585 (2061-2080)	5,26%	-34,94%	-48,75%	-35,16%	-50,84%	22,64%	-69,13%	-28,67%	-2,43%	-57,50%

Fonte: Autor (2025).

Estudos futuros sobre a biologia da espécie em diferentes variáveis climáticas e hospedeiros associados, somados a novos dados de presença e ausência da espécie no Brasil e no mundo, podem ser incluídos a fim de melhorar a calibração dos modelos. É importante salientar que esta é a primeira vez que modelos preditivos são criados para uma espécie de importância quarentenária com uma distribuição tão restrita no mundo, e esses dados podem servir não só como base de informação para o monitoramento contínuo e definição das estratégias de mitigação e controle da espécie, como para observar padrões de dispersão.

3.4 Conclusões

Este trabalho apresenta um modelo de distribuição potencial para *A. pseudugesii*, desenvolvido por meio do algoritmo de máxima entropia, apresenta uma estimativa robusta da adequabilidade ambiental da espécie, destacando as variáveis mais relevantes para sua distribuição;

As variáveis que mais influenciam a distribuição geográfica potencial de *A. pseudugesii*, de acordo com o modelo, são a variação média da temperatura diurna (Bio02), isotermalidade (Bio03), temperatura média do trimestre mais frio (Bio11), precipitação do trimestre mais chuvoso (Bio16), precipitação do trimestre mais quente (Bio18) e precipitação do trimestre mais frio (Bio19);

As áreas de maior probabilidade de ocorrência de *A. pseudugesii* estão concentradas próximas à Linha do Equador, abrangendo regiões da América Central, Caribe, América do Sul, África, Ásia e Oceania, refletindo as preferências ambientais da espécie;

Sob todos os cenários de mudanças climáticas, observa-se uma tendência de redução das áreas com alta probabilidade de estabelecimento de *A. pseudugesii*, embora regiões as relacionadas à produção de coco permaneçam com condições ambientais favoráveis para a espécie;

No contexto brasileiro, os resultados indicam uma ampliação das áreas consideradas adequadas para *A. pseudugesii*, especialmente sob o cenário SSP1-2.6, incremento de 17%, com destaque para o litoral do Nordeste, regiões Sudeste, Centro-Oeste e partes da região Norte, como Acre, Pará, Rondônia e Roraima.

REFERÊNCIAS

- ADDISON, P. F. E.; RUMPF, L.; BAU, S. S.; CAREY, J. M.; CHEE, Y. E.; JARRAD, F. C.; MCBRIDE, M. F.; BURGMAN, M. A. Practical solutions for making models indispensable in conservation decision-making. **Diversity and Distributions**, v. 19, n. 5-6, p. 490-502, 2013.
- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS): Assessing the accuracy of distribution models. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 6, p. 1223-1232, 2006.
- ANDERSON, R. P.; RAZA, A. The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus *Nephelomys*) in Venezuela: Effect of study region on models of distributions. **Journal of Biogeography**, v. 37, n. 7, p. 1378-1393, 2010.
- ARAÚJO, M. B.; ANDERSON, R. P.; BARBOSA, A. M.; BEALE, C. M.; DORMANN, C. F.; EARLY, R.; GARCIA, R. A.; GUIAN, A.; MAIORANO, L.; NAIMI, B.; O'HARA, R. B.; ZIMMERMANN, N. E.; RAHBEK, C. Standards for distribution models in biodiversity assessments. **Science Advances**, v. 5, n. 1, eaat4858, 2019.
- BATES, A. E.; PECL, G. T.; FRUSHER, S.; HOBDA, A. J.; WERNBERG, T.; SMALE, D. A.; SUNDAY, J. M.; HILL, N. A.; DULVY, N. K.; COLWELL, R. K.; HOLBROOK, N. J.; FULTON, E. A.; SLAWINSKI, D.; FENG, M.; EDGAR, G. J.; RADFORD, B. T.; THOMPSON, P. A.; WATSON, R. A. Defining and observing stages of climate-mediated range shifts in marine systems. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 27-38, 2014.
- BARBET-MASSIN, M.; JIGUET, F.; ALBERT, C. H.; THUILLER, W. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many?: How to use pseudo-absences in niche modelling? **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 2, p. 327-338, 2012.
- BARVE, N.; BARVE, V.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LIRA-NORIEGA, A.; MAHER, S. P.; PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; VILLALOBOS, F. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 11, p. 1810-1819, 2011.
- BOYCE, M. S.; VERNIER, P. R.; NIELSEN, S. E.; SCHMIEGELOW, F. K. A. Evaluating resource selection functions. **Ecological Modelling**, v. 157, n. 2-3, p. 281-300, 2002.
- BRAINER, M. S. C. P. Coco: produção e mercado. **Caderno Setorial ETENE**. V. 6, n. 206, 2021.
- BRASIL. Lei nº 14.975, de 18 de setembro de 2024. Institui a Política Nacional de Incentivo à Cocoicultura de Qualidade. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, ano 182, nº 181-A, p. 1, 19 set, 2024.
- BREINER, F. T.; GUIAN, A.; BERGAMINI, A.; NOBIS, M. P. Overcoming limitations of modelling rare species by using ensembles of small models. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 10, p. 1210-1218, 2015.

BREINER, F.; BERGAMINI, A.; NOBIS, M.; GUIBAN, A. Optimizing ensembles of small models for predicting the distribution of species with few occurrences. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 4, p. 802-808, 2018.

CABI/EPPO. *Aleurodicus pseudugesii*. [Distribution map]. **Distribution Maps of Plant Pests**. Wallingford, UK: CABI, 2007. Disponível em: <<https://www.cabdigitalibrary.org/doi/abs/10.1079/cabicompndium.119083>>. Acesso em: 23 ago. 2024.

CHEN, I. C.; HILL, J. K.; OHLEMÜLLER, R.; ROY, D. B.; THOMAS, C. D. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. **Science**, v. 333, p. 1024-1026, 2011.

COOPER, J. C.; SOBERÓN, J. Creating individual accessible area hypotheses improves stacked species distribution model performance. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, p. 156-165, 2018.

CORSI, F.; DUPRÉ, E.; BOITANI, L. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. **Conservation Biology**, v. 13, p. 50-159, 1999.

DE MARCO, P.; NÓBREGA C. C. Evaluating collinearity effects on species distribution models: An approach based on virtual species simulation. **PLoS ONE**, v. 13, n. 9, e0202403, 2018.

DIAGNE, C.; LEROY, B.; VAISSIÈRE, A. C.; GOZLAN, R. E.; ROIZ, D.; JARIĆ, I.; SALLES, J. M.; BRADSHAW, C. J. A.; COURCHAMP, F. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. **Nature**, v. 592, n. 7855, p. 571-576, 2021.

ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; FERRIER, S.; GUIBAN, A.; HIJMANS, R. J.; HUETTMANN, F.; LEATHWICK, J. R.; LEHMANN, A.; LI, J.; LOHMANN, L. G.; LOISELLE, B. A.; MANION, G.; MORITZ, C.; NAKAMURA, M.; NAKAZAWA, Y.; OVERTON, J. M. C. C.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, S. J.; RICHARDSON, K. S.; SCACHETTI-PEREIRA, R.; SCHAPIRE, R. E.; SOBERÓN, J.; WILLIAMS, S.; WISZ, M. S.; ZIMMERMANN, N. E. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, p. 129-151, 2006.

ELITH, J.; KEARNEY, M.; PHILLIPS, S. The art of modelling range-shifting species: The art of modelling range-shifting species. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, n. 4, p. 330-342, 2010.

ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y. E.; YATES, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists: Statistical explanation of MaxEnt. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 1, p. 43-57, 2011.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/>>. Acesso em: 18 out. 2023.

FAWCETT, T. An introduction to ROC analysis. **ROC Analysis in Pattern Recognition**, v. 27, n. 8, p. 861-874, 2006.

FENG, X.; PARK, D.S.; WALKER, C.; PETERSON, A. T.; PAPES, M. A checklist for maximizing reproducibility of ecological niche models. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, p.1382-1395, 2019.

GBIF. 2024. **species**. GBIF. (<https://www.gbif.org/pt/species/240225174>). Acesso em: 23 nov. 2024.

FERREIRA, J. M. S.; DE LIMA, M. F.; DE QUEIROZ, D. L.; TEODORO, A. V.; MOURA, J. I. L.; DE SOUZA, L. A. Fitossanidade. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (org.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2018. p. 361-478.

FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P.; OMENA, R. P. M.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F. **Mosca-branca**: uma ameaça à produção de coqueiro no Brasil. Sergipe: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 5 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 62).

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental Conservation**, v. 24, n. 1, p. 38-49, 1997.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.

FRIEDMAN, J. H. Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. **The Annals of Statistics**, v. 29, n. 5, p. 1189-1232, 2001.

GE, X.; JIANG, C.; CHEN, L.; QIU, S.; ZHAO, Y.; WANG, T.; ZONG, S. Predicting the potential distribution in China of *Euwallacea fornicates* (Eichhoff) under current and future climate conditions. **Scientific Reports**, v. 7: 906, 2017.

GENTILI, R.; SCHAFFNER, U.; MARTINOLI, A.; CITTERIO, S. Invasive alien species and biodiversity: impacts and management. **Biodiversity**, v. 22, n. 1-2, p. 1-3, 2021.

HANCZAR, B.; HUA, J.; SIMA, C.; WEINSTEIN, J. Small-sample precision of ROC-related estimates. **Bioinformatics**, v. 26, n. 6, p. 822-830, 2010.

HANLEY, J. A.; MCNEIL, B. J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. **Radiology**, v. 143, p. 29-36, 1982.

HEIKKINEN, R. K.; MARMION, M.; LUOTO, M. Does the interpolation accuracy of species distribution models come at the expense of transferability? **Ecography**, v. 35, n. 3, p. 276-288, 2012.

HELMSTETTER, N.; CONWAY, C.; STEVENS, B.; GOLDBERG, A. R. Balancing transferability and complexity of species distribution models for rare species conservation. **Diversity and Distributions**, v. 27, n. 1, p. 95-108, 2021.

HIJMANS, R. J. Cross-validation of species distribution models: removing spatial sorting bias and calibration with a null model. **Ecology**, v. 93, n. 3, p. 679-688, 2012.

HIJMANS, R. J. **terra: Spatial Data Analysis**. [s.l: s.n.].

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. Species Distribution Modeling with R. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 6, 2013.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. Species distribution models. 2023. Disponível em https://rspatial.org/raster/sdm/raster_SDM.pdf

HIJMANS, R. J.; GHOSH, B. M.; MANDEL, A. A. **geodata: Download Geographic Data**. [s.l: s.n.].

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

HILJE, L. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* em Mesoamerica. **Manejo Integrado de Plagas**, n. 35, p. 46-54, 1995.

HIRZEL, A.; GUISAN, A. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. **Ecological Modelling**, v. 157, n. 2, p. 331-341, 2002.

HULME, P. E. Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options. **Biological Reviews**, v. 92, n. 3, p. 1297-1313, 2017.

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, 2021. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1017/9781009157896.001>.

JARNEVICH, C. S.; STOHLGREN, T. J.; KUMAR, S.; MORISETTE, J. T.; HOLCOMBE, T. R. Caveats for correlative species distribution modeling. **Ecological Informatics**, v. 29, p. 6-15, 2015.

JHA, A.; PRAVEEN, J.; NAMEER, P. O. Contrasting occupancy models with presenceonly models: does accounting for detection lead to better predictions? **Ecological Modelling**, v. 472, e110105, 2022.

JIANG, Y.; METZ, C. E.; NISHIKAWA, R. M. A receiver operating characteristic partial area index for highly sensitive diagnostic tests. **Radiology**, v. 201, p. 745-750, 1996.

JIMENEZ-VALVERDE, A.; PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; OVERTON, J. M.; ARAGON, P.; LOBO, J. M. Use of niche models in invasive species risk assessments. **Biological Invasions**, v. 13, p. 2785-2797, 2011.

KASS, J. M.; MUSCARELLA, R.; GALANTE, P.; BOHL, C. ENMeval 2.0: Redesigned for customizable and reproducible modeling of species' niches and distributions. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 12, n. 9, p. 1602-1608, 2021.

- KLEM, C. C.; ZASPEL, J. Pest Injury Guilds, Lepidoptera, and Placing Fruit-Piercing Moths in Context: A Review. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 112, n. 5, p. 421-432, 2019.
- KONOWALIK, K.; NOSOL, A. Evaluation metrics and validation of presence-only species distribution models based on distributional maps with varying coverage. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 1482, 2021.
- LENOIR, J.; SVENNING, J. C. Climate-related range shifts - a global multidimensional synthesis and new research directions. **Ecography**, v. 38, p. 15–28, 2014.
- LEROY, B.; DELSOL, R.; HUGUENY, B.; MEYNARD, C. N.; BARHOUMI, C.; BARBET-MASSIN, M.; BELLARD, C. Without quality presence-absence data, discrimination metrics such as TSS can be misleading measures of model performance. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 9, p. 1994-2002, 2018.
- LIU, C.; BERRY, P. M.; DAWSON, T. P.; PEARSON, R. G. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. **Ecography**, v. 28, n. 3, p. 385-393, 2005.
- LIU, C.; NEWELL, G.; WHITE, M. On the selection of thresholds for predicting species occurrence with presence-only data. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 1, p. 337-348, 2016.
- LIU, C.; WHITE, M.; NEWELL, G. Measuring the accuracy of species distribution models: a review. **Proceedings 18th world IMACs/ MODSIM congress**, p. 4241-4247, 2009.
- LIU, C.; WHITE, M.; NEWELL, G. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 4, p. 778-789, 2013.
- LOBO, J. M.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; REAL, R. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, n. 2, p. 145-151, 2008.
- LOMBA, A.; LOIČ PELLISSIER, L.; RANDIN, C.; VICENTE, J. Overcoming the rare species modelling paradox: A novel hierarchical framework applied to an Iberian endemic plant. **Biological Conservation**, v. 143, n. 11, p. 2647-2657, 2010.
- LOW, B. W.; YIWEN, Z.; TAN, H. H.; YEO, D. C. J. Predictor complexity and feature selection affect Maxent model transferability: Evidence from global freshwater invasive species. **Diversity and Distributions**, v. 27, n. 3, p. 497-511, 2021.
- MARTIN, G.; MAGENGELELE, N.; PATERSON, I. D.; SUTTON, G. F. Climate modelling suggests a review of the legal status of Brazilian pepper *Schinus terebinthifolia* in South Africa is required. **South African Journal of Botany**, v. 132, p. 95-102, 2020.
- MARTINS, C. R., JESUS JÚNIOR, L. A. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. 51 p.
- MCCLISH, D. K. Analyzing a portion of the ROC curve. **Medical Decision Making**, v. 9, p.

190-195, 1989.

MCGEOCH, M. A.; BUTCHART, S. H. M.; SPEAR, D.; MARAIS, E.; KLEYNHANS, E. J.; SYMES, A.; CHANSON, J.; HOFFMANN, M. Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. **Diversity and Distributions**, v. 16, p. 95-108, 2010.

MENDES, P.; VELAZCO, S. J. E. V.; ANDRADE, A.; DE MARCO JÚNIOR, P. Dealing with overprediction in species distribution models: How adding distance constraints can improve model accuracy. **Ecological Modelling**, v. 431, 109180, 2020.

MEROW, C.; SMITH, M. J.; SILANDER, J. A. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. **Ecography**, v. 36, n. 10, p. 1058-1069, 2013.

MOONEY, H. A.; CLELAND, E. E. The evolutionary impact of invasive species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 10, p. 5446-5451, 2001.

MUKHERJEE, A.; BANERJEE, A. K.; RAGHU, S. Biological control of *Parkinsonia aculeata*: Using species distribution models to refine agent surveys and releases. **Biological Control**, v. 159, 104630, 2021.

NAIMI, B.; ARAÚJO, M. B. Sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. **Ecography**, v. 39, n. 4, p. 368-375, 2016.

NAIMI, B. et al. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? **Ecography**, v. 37, n. 2, p. 191-203, 2014.

NEVES, J. D. S. **Biologia e estudos sobre resistência à mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae: Aleurodicinae)**, em coqueiro. 2018. 101 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Alagoas.

O'DONNELL, M. S.; IGNIZIO, D. A. **Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States**: Data Series. Reston, VA: [s.n.]. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/publication/ds691>>.

OLIVEIRA, T. M. L. **Seria *Bowdichia virgilioides* uma importante aliada da restauração florestal em cenários de mudança climática?** 2023. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

OLSON, D.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E.; BURGESS, N. D. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. **BioScience**, v. 51, n. 11, 933938, 2001.

OMENA, R. P. M.; GUZZO, E. C.; FERREIRA, J. M. S.; MENDONÇA, F. A. C.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F.; SANTANA, A. E. G. First report on the whitefly, *Aleurodicus pseudugesii* on the coconut palm, *Cocos nucifera* in Brazil. **Journal of Insect Science**, v. 12, n. 26, p. 1-6, 2012.

O'NEILL, B. C.; TEBALDI, C.; VAN VUUREN, D. P.; EYRING, V.; FRIEDLINGSTEIN, P.; HURTT, G.; KNUTTI, R.; KRIEGLER, E.; LAMARQUE, J.F.; LOWE, J.; MEEHL, G. A.; MOSS, R.; RIAHI, K.; SANDERSON, B. M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 9, p. 3461-3482, 2016.

OWENS, H. L.; CAMPBELL, L.; DORNAK, L. L.; SAUPE, E. E. Constraints on interpretation of ecological niche models by limited environmental ranges on calibration areas. **Ecological Modelling**, v. 263, p. 10-18, 2013.

PEBESMA, E. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. **The R Journal**, v. 10, n. 1, p. 439-446, 2018.

PECL, G. T.; ARAÚJO, M. B.; BELL, J. D.; BLANCHARD, J.; BONEBRAKE, T. C.; CHEN, I. C.; CLARK, T. D.; COLWELL, R. K.; DANIELSEN, F.; EVENGARD, B.; FALCONI, L.; FERRIER, S.; FRUSHER, S.; GARCIA, R. A.; GRIFFIS, R. B.; HOBDA, A. J.; JANION-SCHEEPERS, C.; JARZYNA, M. A.; JENNINGS, S.; LENOIR, J.; LINNETVED, H. I.; MARTIN, V. Y.; MCCORMACK, P. C.; MCDONALD, J.; MITCHELL, N. J.; MUSTONEN, T.; PANDOLFI, J. M.; PETTORELLI, N.; POPOVA, E.; ROBINSON, S. A.; SCHEFFERS, B. R.; SHAW, J. D.; SORTE, C. J.; STRUGNELL, J. M.; SUNDAY, J. M.; TUANMU, M. N.; VERGÉS, A.; VILLANUEVA, C.; WERNBERG, T.; WAPSTRA, E.; WILLIAMS, S. E. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human wellbeing. **Science**, v. 355, eaai9214, 2017.

PEJCHAR, L.; MOONEY, H. A. Invasive species, ecosystem services and human well-being. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 9, p. 497-504, 2009.

PETERSON, A. T.; SHAW, J. *Lutzomyia* vectors for *cutaneous leishmaniasis* in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. **International Journal for Parasitology**, n. 33, p. 919-931, 2003.

PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; SANCHEZ-CORDERO, V. Conservatism of Ecological Niches in Evolutionary Time. **Science**, n. 285, p. 1265-1267, 1999.

PHILLIPS, S. **maxnet: Fitting “Maxent” Species Distribution Models with “glmnet”**. [s.l.: s.n.].

PHILLIPS, S. J. A Brief Tutorial on Maxent. 2017.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. Opening the black box: an open-source release of Maxent. **Ecography**, v. 40, n. 7, p. 887-893, 2017.

PHILLIPS, S. J.; ELITH, J. On estimating probability of presence from use–availability or presence–background data. **Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1409-1419, 2013.

PHILLIPS, S. J. Transferability, sample selection bias and background data in presence-only modelling: a response to Peterson et al. (2007). **Ecography**, v. 31, n. 2, p. 272-278, 2008.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; ELITH, J.; GRAHAM, C. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. **Ecological Applications**, v. 19, n. 1, p. 181-197, 2009.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n. 2, p. 161-175, 2008.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; TAYLOR, S. Crop niche modeling projects major shifts in common bean growing areas. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218/219, p. 102-113, 2016.

RENNER, I. W.; ELITH, J.; BADDELEY, A.; FITHIAN, W. Point process models for presence-only analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 4, p. 366-379, 2015.

RENNER, I. W.; WARTON, D. I. Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models for Species Distribution Modeling in Ecology: Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models. **Biometrics**, v. 69, n. 1, p. 274-281, 2013.

RIBEIRO, B.; VELAZCO, S.; GUIDONI-MARTINS, K.; TESSAROLO, G.; JARDIM, L. **bdc: Biodiversity Data Cleaning**. [s.l: s.n.].

ROBERTS, D. R.; BAHN, V.; CIUTI, S.; BOYCE, M. S.; ELITH, J.; GUILLERA-ARROITA, G.; HAUENSTEIN, S.; LAHOZ-MONFORT, J. J.; SCHRÖDER, B.; THUILLER, W.; WARTON, D. I.; WINTLE, B. A.; HARTIG, F.; DORMANN, C. F. Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. **Ecography**, v. 40, n. 8, p. 913-929, 2017.

ROBIN, X.; TURCK, N.; HAINARD, A.; TIBERTI, N. pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves. **BMC Bioinformatics**, v. 12, p. 77, 2011.

ROJAS-SOTO, O. R.; MOTA-VARGAS, C.; GALINDO-CRUZ, A.; FORERO-RODRÍGUEZ, J. S. Calibration areas in ecological niche and species distribution modelling: Unravelling approaches and concepts. **Journal of Biogeography**, v. 51, n. 8, p. 1416-1428, 2024.

SANTINI, L. et al. Assessing the reliability of species distribution projections in climate change research. **Diversity and Distributions**, v. 27, n. 6, p. 1035-1050, 2021.

SANTOS, R. S. First record of *Aleurodicus pseudugesii* Martin (Hemiptera: Aleyrodidae) on single assai palm in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, e79723, 2024.

SCHUWIRTH, N.; BORGWARDT, F.; DOMISCH, S.; FRIEDRICHS-MANTHEY, M.; KATTWINKEL, M.; KNEIS, D.; KUEMMERLEN, M.; LANGHANS, S. D.; MARTÍNEZ-

LÓPEZ, J.; VERMEIREN, P. How to make ecological models useful for environmental management. **Ecological Modelling**, v. 411, 108784, 2019.

SCOTT, J. M.; HEGLUND, P. J.; MORRISON, M. L.; HAUFLE, J. B.; RAPHAEL, M. G.; WALL, W. A.; SAMSON, F. B. (Ed.). **Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale**. Washington: Island Press, 2002.

SHABANI, F.; KUMAR, L.; TAYLOR, S. Climate Change Impacts on the Future Distribution of Date Palms: A Modeling Exercise Using CLIMEX. **PLoS ONE**, v. 7, p. 1-12, 2012.

SHABANI, F.; KUMAR, L.; TAYLOR, S. Distribution of date palms in the middle east based on future climate scenarios. **Experimental Agriculture**, v. 51, p. 244–263, 2015.

SILLERO, N. What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 8, p. 1343-1346, 2011.

SILLERO, N.; ARENAS-CASTRO, S.; ENRIQUEZ-URZELAI, U.; VALE, C. G. Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. **Ecological Modelling**, v. 456, 109671, 2021.

SILLERO, N.; BARBOSA, A. M. Common mistakes in ecological niche models. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 35, n. 2, p. 213-226, 2021.

SKENDŽIĆ, S.; ZOVKO, M.; ŽIVKOVIĆ, I. P.; LEŠIĆ, V.; LEMIĆ, D. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. **Insects**, v. 12, n. 5, 440, 2021.

SOBERÓN, J. M. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 159-167, 2010.

SOBERON, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p. 1-10, 2005.

SOFAER, H.; JARNEVICH, C.; PEARSE, I. S.; SMYTH, R. Development and delivery of species distribution models to inform decision-making. **BioScience**, v. 69, n. 7, p. 544-557, 2019.

SRIVASTAVA, V.; ROE, A. D.; KEENA, M.; HAMELIN, R. C. Oh the places they'll go: improving species distribution modelling for invasive forest pests in an uncertain world. **Biological Invasions**, v. 23, n. 1, p. 297-349, 2021.

TAHERI, S.; GARCÍA-CALLEJAS, D.; ARAÚJO, M. B. Discriminating climate, land-cover and random effects on species range dynamics. **Global Change Biology**, v. 27, n. 6, p. 1309-1317, 2021.

TENNEKES, M. tmap: Thematic Maps in R. **Journal of Statistical Software**, v. 84, n. 6, p. 1-39, 2018.

THOMPSON, I.; MACKAY, B.; MCNULTY, S.; MOSSELER, A. **Forest resilience, biodiversity, and climate change: A Synthesis of the Biodiversity/Resilience/Stability**

Relationship in Forest Ecosystems. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, v. 43, p. 1-67, 2009.

VALAVI, R.; ELITH, J.; LAHOZ-MONFORT, J.; GUILLERA-ARROITA, G. Block CV: An R package for generating spatially or environmentally separated folds for k -fold cross-validation of species distribution models. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 2, p. 225-232, 2019.

VALAVI, R.; GUILLERA-ARROITA, G.; LAHOZ-MONFORT, J.; ELITH, J. Predictive performance of presence-only species distribution models: a benchmark study with reproducible code. **Ecological Monographs**, v. 92, n. 1, e1486, 2022.

VELAZCO, S. J. E.; VILLALOBOS, F.; GALVÃO, F.; DE MARCO JÚNIOR, P. A dark scenario for Cerrado plant species: Effects of future climate, land use and protected areas ineffectiveness. **Diversity and Distributions**, v. 25, n. 4, p. 660-673, 2019.

VELAZCO, S. J. E.; ROSE, M. B.; ANDRADE, A.; MINOLI, I. Flexsdm: An R package for supporting a comprehensive and flexible species distribution modelling workflow. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 8, p. 1661-1669, 2022.

VENETTE, R. C. Climate Analyses to Assess Risks from Invasive Forest Insects: Simple Matching to Advanced Models. **Current Forestry Reports**, v. 3, n. 3, p. 255-268, 2017.

VIGNALI, S.; BARRAS, A. G.; ARLETTAZ, R.; BRAUNISCH, V. SDMtune: An R package to tune and evaluate species distribution models. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 20, p. 11488-11506, 2020.

VILÀ, M.; ESPINAR, J. L.; HEJDA, M.; HULME, P. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. **Ecology Letters**, v. 14, n. 7, p. 702-708, 2011.

WELK, E.; SCHUBERT, K.; HOFFMANN, M. H. Present and potential distribution of invasive mustard (*Alliaria petiolata*) in North America. **Diversity and Distributions**, n. 8, p. 219-233, 2002.

WICKHAM, H. **ggplot2**: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer-Verlag, 2016.

YACKULIC, C. B.; CHANDLER, R.; ZIPKIN, E. F.; ROYLE, J. A. Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences? **Methods in Ecology and Evolution**, v. 4, p. 236-243, 2013.

YOM-TOV, Y.; KADMON, R. Analysis of the distribution of insectivorous bats in Israel. **Diversity and Distributions**, n. 4, p. 63-70, 1998.

ZHAO, H.; ZHANG, H.; XU, C. Study on Taiwan cryptomerioides under climate change: MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution, **Global Ecology and Conservation**, v. 24, e01313, 2020.

ZIZKA, A.; SILVESTRO, D.; ANDERMANN, T.; AZEVEDO, J. A. CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 5, p. 744-751, 2019.

4 ESTIMATIVA DE RISCO ECONÔMICO DE *Aleurodicus pseudugesii* MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) PARA PRODUÇÃO DE COCO *Cocos nucifera* L. (ARECACEAE) NO BRASIL

RESUMO

A mosca-branca *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) foi recentemente descrita e registrada infestando coqueiros *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) no Equador e Peru. No Brasil, até o momento, foi relatada infestando o mesmo hospedeiro em 18 municípios, sendo a maioria na região Nordeste (15), um no Sudeste, e dois no Norte. Considerando a limitada quantidade de informações sobre a biologia, presença ou ausência da praga, potencial de dispersão e possibilidade de causar prejuízos socioeconômicos e ambientais devido à alta dependência da população à cultura hospedeira, este trabalho teve por objetivo estimar o risco econômico potencial da praga para a cultura do coco no Brasil. Os dados de ocorrência utilizados foram obtidos através de pesquisa na literatura, bases de dados online e observações realizadas em áreas nos estados de AL e SE. Todos os procedimentos referentes ao tratamento de dados, desenvolvimento de modelos e mapas, foram realizados em ambiente R. O modelo de distribuição geográfica potencial (SDM) obtido pelo método de máxima entropia (Maxent) indicou alta probabilidade para o estabelecimento de *A. pseudugesii* nas áreas litorâneas das regiões Nordeste e Norte. Municípios dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro (Sudeste) e Mato Grosso do Sul (Centro-Oeste) também apresentam condições altamente favoráveis para o estabelecimento da espécie. Após o cruzamento das informações obtidas através da SDM com as áreas que apresentam concentração de produção de coco e regiões de alta dependência econômica à cocoicultura, foi estimado o risco econômico potencial da praga para o Brasil de aproximadamente R\$ 728 milhões/ano, o equivalente a 52% do valor da produção anual de coco. Embora a maioria dos municípios apresentem classes de risco baixo e médio, chama-se atenção para aqueles municípios classificados com risco alto (oito) ou muito alto (sete), devido à alta dependência econômica e alta probabilidade de ocorrência da praga, já que sozinhos representam 15% da produção total brasileira. Dentre os 30 municípios mais afetados economicamente, dois encontram-se na região Norte, quatro na região Sudeste, e 24 na região Nordeste, sendo que quatro destes pertencem ao estado de Alagoas (Maragogi, Porto de Pedra, Coruripe e Piaçabuçu), impactando a economia do estado em 79,5 milhões de reais. Estes resultados indicam que *A. pseudugesii* tem um potencial significativo de impactos econômicos e sociais, uma vez que as regiões favoráveis à sua ocorrência se sobrepõem àquelas áreas com alta produção de coco e alta dependência econômica, fazendo-se necessário o desenvolvimento de técnicas de controle eficazes e fiscalização fitossanitárias para se evitar ou retardar a dispersão desta praga.

Palavras-chave: Zoneamento econômico. Modelos de dinâmica de nicho. Maxent. Espécie exótica.

4 ECONOMIC RISK ESTIMATION OF *Aleurodicus pseudugesii* MARTIN, 2008 (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) FOR COCONUT PRODUCTION *Cocos nucifera* L. (ARECACEAE) IN BRAZIL

ABSTRACT

The whitefly *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) was recently described and reported infesting coconut palms *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) in Ecuador and Peru. In Brazil, it has so far been recorded on the same host crop in 18 municipalities-most in the Northeast (15), one in the Southeast, and two in the North. Given the limited information available on the pest's biology, distribution, dispersal potential, and its capacity to cause socioeconomic and environmental damage-especially due to the high dependence of many communities on coconut cultivation-this study aimed to assess the potential economic risk of *A. pseudugesii* to coconut production in Brazil. Occurrence data were gathered from the literature, online databases, and field observations conducted in the states of Alagoas and Sergipe. All data processing, model development, and mapping were performed using the R environment. The potential geographic distribution model (SDM), developed using the Maxent algorithm, indicated a high probability of pest establishment in coastal regions of the Northeast and North. Municipalities in Espírito Santo and Rio de Janeiro (Southeast), as well as Mato Grosso do Sul (Central-West), also exhibited highly suitable conditions for the species. By integrating the SDM results with areas of concentrated coconut production and regions with high economic dependence on coconut farming, the potential economic risk posed by the pest in Brazil was estimated to reach approximately R\$728 million per year-equivalent to 52% of the country's annual coconut production value. Although most municipalities were classified as low- to medium-risk, attention is drawn to eight municipalities classified as high risk and seven as very high risk, as they account for 15% of total national production. Among the 30 most economically affected municipalities, two are located in the North, four in the Southeast, and 24 in the Northeast, including four in Alagoas (Maragogi, Porto de Pedras, Coruripe, and Piaçabuçu), where the pest could impact the state economy by an estimated R\$79.5 million. These findings indicate that *A. pseudugesii* poses a significant potential for economic and social impacts, given the overlap between highly suitable areas and regions heavily dependent on coconut farming. This underscores the urgent need for effective control strategies and the enforcement of phytosanitary measures to prevent or delay the spread of this invasive pest.

Keywords: Economic zoning. Niche dynamics models. Maxent. Exotic species.

4.1 Introdução

De acordo com dados da FAO (2023), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, apesar de deter apenas 4,5% da produção mundial e menos de 1,0% do valor das exportações globais. As maiores áreas cultivadas com fruticultura no Brasil estão no Nordeste (52,4%), seguido pelo Sudeste, onde estão quase 26% da área implantada no País. Os cultivos de cacau, laranja, banana, caju e coco ocupam as maiores áreas com fruticultura, sendo que, com exceção da laranja, essas culturas estão concentradas no Nordeste (VIDAL, 2024). A produção mundial de coco concentra-se na Ásia, onde apenas a Indonésia, Filipinas e Índia detêm 73,0% dessa área e participam com 74,1% da produção.

No Brasil, o coqueiro é cultivado em quase todo o território, possuindo área atual de 187,5 mil hectares, com produção de 1,6 bilhão de frutos (FAOSTAT, 2022). A região Nordeste concentra 80,9% da área colhida de coco do país e 73,5% de sua produção. A segunda maior área de coco está na região Norte, onde prevalece a variedade híbrida. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, a variedade mais plantada é o coqueiro-anão, destinado à produção de água. Sudeste é a segunda maior região em produção, em função do maior rendimento (15.503 frutos/ha), e Centro-Oeste destaca-se por ter elevado rendimento (11.930 frutos/ha) e também por apresentar a maior produtividade física (15.178 reais/ha), ou seja, o valor da produção em relação à área colhida (BRAINER, 2021). Os principais estados brasileiros produtores de coco são Ceará, com 24,7% da produção nacional, seguido da Bahia (17,6%), Pará (11,6%), Sergipe (9,82%), Espírito Santo (4,9%) e Pernambuco (4,6%). Alagoas, mantém a sétima posição de produtores nacionais, desde 2016, com produção crescente. O estado perdeu 2,1% da área com coqueirais, mas o aumento do rendimento (31,4%) promoveu o crescimento de 28,7% na produção, chegando à marca de aproximadamente 100 milhões de frutos produzidos no ano (IBGE, 2023).

Estudos apontam que 90% da produção de coco do mundo advém de pequenos agricultores, com áreas de até 5 hectares, sendo esta produção praticamente consumida internamente nos países produtores. Esta situação se repete no Brasil, com cerca de 70% da exploração de coqueiro em propriedades de até 10 hectares (SIQUEIRA et al., 2002; ARAGÃO et al., 2010).

Aleurodicus pseudugesii Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae), uma espécie descrita em coqueiros no Equador e no Peru (MARTIN, 2008), foi relatada no Brasil nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Sergipe, Rio de Janeiro, Pará e Acre (FERREIRA et al., 2011; OMENA et al., 2012; NORONHA et al., 2023; SANTOS, 2024). Segundo Ferreira et al. (2011),

esse inseto possui alta capacidade reprodutiva, e sua infestação causa perdas significativas na produção de coco nas regiões onde ocorre. Devido à ausência de estudos sobre a biologia da espécie, causada pela dificuldade de manter uma criação em laboratório ou semi-campo, à identificação de apenas um inimigo natural registrado até o presente momento, o parasitoide *Aleuroctonus marki* Hansson & LaSalle, 2003 (Hymenoptera: Eulophidae) (NORONHA et al. 2023) e à constante ampliação na sua distribuição geográfica confirmada, se faz urgente estimar o nível de danos e perdas de produtividade decorrentes de infestações, além de se desenvolver estratégias de controle para essa mosca-branca.

Estima-se que espécies invasoras gerem um custo de US\$ 423 bilhões anualmente em escala global (ROY et al., 2023), sendo este custo dobrado aproximadamente a cada seis anos (DIAGNE et al., 2021; HENRY et al., 2023). A quantidade cada vez maior de invasões por espécies exóticas, como resultado do aumento do comércio de bens e serviços, é parcialmente responsável pelo aumento dos impactos econômicos ao longo do tempo (SEEBENS et al., 2017; 2021; TURBELIN et al., 2022). Estudos indicam que as espécies exóticas e quarentenárias são responsáveis por pelo menos US\$ 1,288 trilhão em danos nos últimos 50 anos, um número que cresce constantemente ao longo do tempo (DIAGNE et al., 2021). Esses custos provavelmente são ainda maiores, considerando que as estimativas de custo econômico estão disponíveis apenas para aproximadamente 10% das espécies conhecidas em uma determinada região (ZENNI et al., 2021).

A Modelagem de Distribuição de Espécies (SDM), onde modelos preditivos da distribuição geográfica de espécies são desenvolvidos com base nas condições ambientais dos locais de habitat favorável, tem aplicações no planejamento de políticas de conservação, ecologia, estudos de evolução, epidemiologia e gestão de espécies invasoras, entre outros campos (YOM-TOV; KADMON, 1998; CORSI et al., 1999; SCOTT et al., 2002; WELK et al., 2002; PETERSON; SHAW, 2003). Contudo, sua utilização, isoladamente, pode ser insuficiente para que se compreenda o risco associado ao estabelecimento de uma espécie exótica em uma região. Nesse sentido, o grau de dependência econômica relativa à produção agrícola, dos municípios do Brasil, de culturas que possam ser afetadas pelo estabelecimento de espécies invasoras, o risco associado e o impacto econômico potencial ao valor da produção, integrados, permitem a elaboração de mapas do zoneamento de risco econômico em escala nacional e estadual e o cálculo do risco e perdas econômicas potenciais da produção em cada município brasileiro. Desta forma, este trabalho objetivou estimar o risco econômico potencial de *A. pseudugesii* na cultura do coco para os municípios do Brasil.

4.2 Material e Métodos

O processo de modelagem, seguiu a mesma metodologia do capítulo anterior, sendo dividido em quatro etapas principais: (i) obtenção de dados de espécies e limpeza; (ii) obtenção e seleção de variáveis ambientais; (iii) previsões Maxent; e (iv) criação de mapas de adequação de habitat.

4.2.1 Dados de ocorrência

As coordenadas geográficas (convertidas em graus decimais e Datum WGS 84) dos pontos de ocorrência de *A. pseudugesii* foram obtidas a partir de literatura disponível até o momento (FERREIRA et al., 2011; 2018; OMENA et al., 2012; SANTOS, 2024), de dados online do Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI, 2024), do Global Biodiversity Informations Facility (www.gbif.org) e de levantamentos e observações realizados nos estados de Alagoas e Sergipe durante pesquisas de campo. Foram identificadas 20 ocorrências de *A. pseudugesii* (Anexo 1), no entanto, esses dados de distribuição foram submetidos a um processo de filtragem para remoção de inconsistências.

4.2.2 Dados de produção

Foram utilizados dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) de 2023 para a cultura de coco-da-baía, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE 2023a), considerando o nível territorial nacional e municipal. Foram identificados os produtos que podem ser afetados pelo estabelecimento de *A. pseudugesii* e utilizada a nomenclatura oficial do IBGE, já que foi utilizada a base de dados obtidos pelo pacote `{datazoom.amazonia}` (CAVALCANTI et al., 2023). Foram selecionados dados do setor primário e dados da agroindústria ou da produção artesanal ou ativos florestais (basicamente, qualquer produto derivado da cultura do coco que possam ser afetadas pela espécie invasora), a partir de outras fontes de dados, como tabelas Excel ou arquivos CSV (*comma-separated values*).

4.2.3 Índices de concentração produtiva

A análise locacional teve como objetivo eliminar as perturbações estatísticas causadas pela influência de regiões de tamanhos diferentes (SCHERER; MORAES, 2012). Dessa forma,

foram consideradas três características principais para identificar a importância econômica do coco para um município: 1) a especificidade da produção do produto para o município; 2) o peso do produto em relação à produção do município; e 3) a importância da produção do município para a produção nacional do produto.

O primeiro índice obtido foi o Quociente Locacional (QL), que é uma medida de localização, ou seja, se preocupa com a localização da produção entre regiões. O QL permite identificar padrões de concentração ou dispersão espacial, comparando a participação percentual de um produto específico em um município com a participação do mesmo produto na economia nacional, ou seja, indica a concentração relativa da produção de coco, após comparação com outros municípios. Quanto maior o QL, maior a especialização do município na produção. $QL > 1$, indica que o nível de produção do produto i é mais significativo para o município j , do que a produção de todos os municípios para o Brasil. O índice foi calculado pela seguinte fórmula:

$$QL_{ij} = (VP_{ij}/VP_j)/(VP_{iBR}/VP_{BR}) \quad (1)$$

Onde:

VP_{ij} = valor da produção do produto i no município j

VP_j = valor da produção agrícola (ou da silvicultura ou extrativa) total do município j

VP_{iBR} = valor da produção total do produto i no Brasil

VP_{BR} = valor total da produção agrícola (ou da silvicultura ou extrativa) no Brasil

O segundo foi o Índice de Hirschman-Herfindahl (IHH) modificado (HERFINDAHL, 1950; HIRSCHMAN, 1964; CROCCO et al., 2006), que procurou captar o real significado do peso da produção do coco na estrutura da produção agrícola de um município. Valores positivos indicam que a produção de i está mais concentrada no município j (CROCCO et al., 2006; DE SANTANA; DE SANTANA, s.d.), expresso por:

$$IHH_{ij} = (VP_{ij}/VP_{iBR}) - (VP_j/VP_{BR}) \quad (2)$$

O terceiro índice foi o de Participação Relativa (PR), utilizado para captar a importância da produção de coco em um município, comparada à produção nacional, permitindo relativizar a contribuição da produção do município para a produção nacional, sendo possível avaliar a

existência de aglomerações produtivas de importância local sem grande expressão nacional, identificando o peso de políticas nas esferas locais (DE REZENDE; CAMPOLINA; DA PAIXÃO, 2012). Esse índice foi calculado pela seguinte fórmula:

$$PR_{ij} = VP_{ij} / VP_{IBR} \quad (3)$$

A partir de uma combinação linear dos indicadores anteriores, foi calculado o Índice de Concentração normalizado (ICn) que, neste caso, representa a concentração da produção de coco em um município, permitindo inferir a importância econômica desse produto na produção agrícola do município. Como cada um dos três índices utilizados para compor o ICn pode ter uma capacidade diferente de representar as forças aglomerativas, principalmente quando se levam em conta as diversas atividades produtivas, se faz necessário calcular pesos específicos de cada um (CROCCO et al., 2006), de forma que o ICn foi dado pela seguinte expressão:

$$ICn_{ij} = \theta_1 QL_{ij} + \theta_2 PR_{ij} + \theta_3 IHH_{ij} \quad (4)$$

Onde θ_i é o peso de cada um dos indicadores.

O procedimento para cálculo dos pesos θ_i de cada indicador (CROCCO et al., 2006) foi realizado da seguinte forma: 1) para cada produto e cada município brasileiros, foram calculados os indicadores de especialização produtiva (QL, IHH e PR); 2) executou-se a normalização desses indicadores (*Z-Score Standarization* com média = 0 e desvio padrão = 1); 3) realizou-se uma análise de componentes principais (PCA) utilizando-se os indicadores normalizados, para que fossem obtidos os autovalores (β_j) dos componentes principais (PC) e a matriz dos coeficientes ou autovetores (α_{ij}) da matriz de correlação; 4) calculou-se a matriz que expressa a participação relativa de cada indicador em cada um dos PCs, efetuando-se a soma da função módulo dos autovetores associados a cada PC e, em seguida, dividiu-se o módulo de cada autovetor por essa soma, resultando em autovetores recalculados na forma $\alpha'_{ij} \equiv |\alpha_{ij}|/\beta_j$; 5) considerando que os α'_{ij} representaram o peso que cada variável dentro de cada PC e que os autovalores (β_j) fornecem a variância associada ao PC, calculou-se o peso final de cada indicador, dado por $\theta_j = \sum_{i,j=1}^3 \alpha'_{ij} \beta_j$ (CROCCO et al., 2006).

Uma vez que a soma dos pesos θ_i foi igual a 1, pôde-se utilizar a combinação linear dos indicadores padronizados (equação 4), para representar a importância do valor da produção de

coco para a economia de um município, considerando o valor de sua produção agrícola total, comparativamente à de outros municípios brasileiros.

4.2.4 SDM e ICn para estimativa de risco econômico

Risco é uma medida que combina a consideração do impacto de um evento ou situação com a probabilidade de sua ocorrência. Impacto refere-se à extensão dos danos, consequências ou efeitos negativos que podem ser causados por um evento. Quanto maior o impacto, mais significativas são as perdas que podem ocorrer (GREENE; TRIESCHMANN, 1962; CROWE; HORN, 1967; VAUGHAN; VAUGHAN, 2007; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018). Neste caso, quanto maior a importância da cultura do coco para um município (maior ICn), maior o impacto (ou severidade) da ocorrência de uma praga (ou espécie invasora) que possa comprometer sua produção e gerar perdas econômicas e sociais.

Dessa forma, os valores calculados de ICn (para cada produto, em cada município) foram agrupados em cinco classes, utilizando-se o método Fisher-Jenks (FISHER, 1958; SLOCUM et al., 2022), que possibilitou criar classes mais heterogêneas entre si e mais homogêneas internamente, para hierarquização dos municípios pela magnitude dos seus ICns relativos ao produto avaliado. Isso permitiu identificar aglomerações produtivas e regiões onde problemas com relação a essa produção poderiam levar a consequências econômicas e sociais, pelo grau de dependência identificado.

Essas classes foram combinadas com a probabilidade de ocorrência da espécie, determinada a partir do SDM já calibrado e projetado no Brasil, considerando a média das probabilidades de ocorrência nos limites municipais, de duas formas: a) calculando-se o “risco quantitativo”, dado pela expressão $\text{RiscoQ} = |\text{ICn}| \times \text{Probabilidade}$; b) aplicando-se uma matriz de risco (Figura 10) definida previamente, considerando classes de probabilidade com intervalos fixos (0; 0,1; 0,2; 0,5; 0,8, 1) e as classes de ICn, para definição de classes de risco.

O zoneamento de risco econômico para *A. pseudugesii* e para cada produto derivado de cultura hospedeira, é apresentado de duas formas diferentes em termos de risco: 1) através de um mapa do Brasil, com a divisão por municípios, onde cada município foi classificado em um escala contínua, referente ao “risco quantitativo”, apresentado em 10 classes no intervalo “Baixo” a “Muito Alto”, que possibilita uma visão mais detalhada do nível de risco para o produto avaliado considerando a ocorrência da espécie; 2) outro mapa do Brasil, com a divisão por municípios, desta vez classificados em uma escala de quatro elementos, referentes ao “risco qualitativo”, resultante da aplicação da matriz de risco (“Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito

Alto”), representando uma segunda opção para comunicação e gerenciamento dos riscos associados à espécie, que pode ainda ser ajustada, em termos de políticas públicas, pela configuração da matriz de risco.

Figura 10 - Matriz de Risco utilizada para definir as classes de risco a partir da importância da cultura hospedeira (ICn = impacto) e da probabilidade de ocorrência de uma espécie invasora ou praga.

RISCO da Praga para a Produção							
Importância da Cultura Hospedeira (ICn)	muito grande	5	médio	alto	muito alto	muito alto	muito alto
	grande	4	médio	alto	muito alto	muito alto	muito alto
	moderada	3	médio	alto	alto	alto	muito alto
	pequena	2	baixo	médio	médio	médio	médio
	muito pequena	1	baixo	baixo	baixo	médio	médio
			1	2	3	4	5
			muito improvável	improvável	possível	provável	muito provável
Probabilidade de Ocorrência da Praga (SDM)							
Quanto maior a importância da cultura (ICn), maior a severidade (ou impacto) associado.							

Fonte: Autor (2025).

A partir das classes do risco qualitativo, calculou-se o prejuízo potencial, estimado a partir do valor da produção de cada produto: 25% do valor da produção para risco “Baixo”; 50%, considerando risco “Médio”; 75% com risco “Alto” e 100% se a classe de risco for “Muito Alto”. Assim como outros aspectos, esses percentuais podem ser ajustados quando houver informações relativas ao nível de dano da espécie.

4.3 Resultados e Discussão

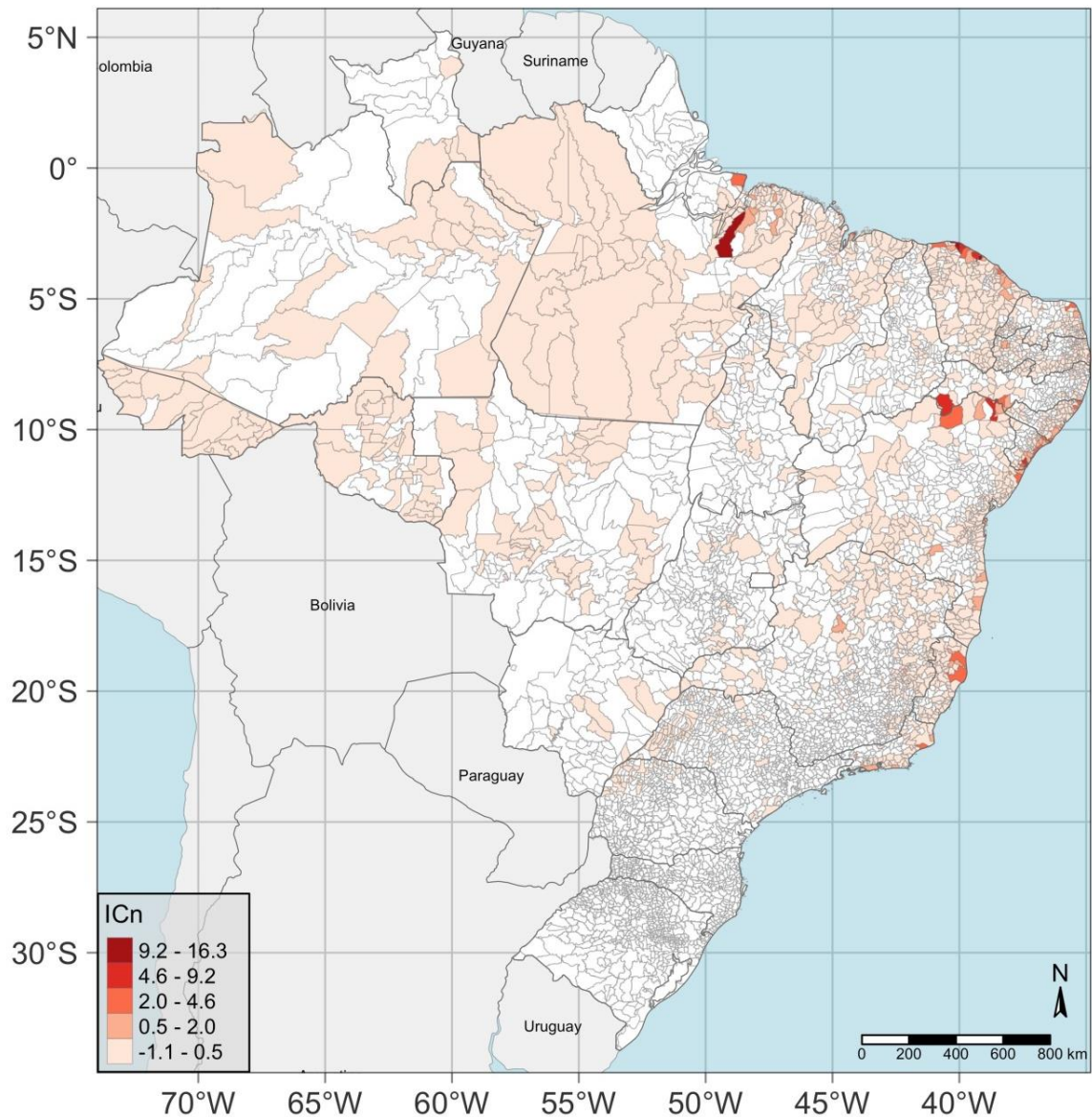
Dos 5.570 municípios do Brasil, 1.483 apresentaram dados de produção de coco em 2023, de acordo com a PAM/IBGE, demonstrando algum nível de dependência econômica direta para esta cultura. Após as análises e modelagens realizadas para determinar a distribuição potencial de *A. pseudugesii*, 242 municípios foram identificados como tendo alguma probabilidade de ocorrência para a espécie. Desses, 113 foram classificados como muito

improvável para a presença da praga, oito como improvável, 36 como possível, 42 como provável e 43 como muito provável (Anexo 2).

Ao se observar os 86 municípios com a classificação provável e muito provável de ocorrência, seis estados da região NE se destacam, sendo a Bahia – BA aquele que mais apresentou municípios dentro dessas classes (24), seguido de Alagoas – AL (18), Sergipe – SE (16), Paraíba – PB (8), Pernambuco – PE (5) e Rio Grande do Norte – RN (1). Além dos estados nordestinos já citados, há estados do Sudeste: Rio de Janeiro – RJ (9), Espírito Santo – ES (4) e São Paulo – SP (1).

A distribuição espacial da concentração da produção de coco no Brasil é apresentada na Figura 11, onde os resultados deste parâmetro foram agrupados em cinco classes de dependência: Muito Pequena (cor mais clara), Pequena, Moderada, Grande e Muito Grande (cor mais escura). Dos 242 municípios que foram identificados como tendo alguma probabilidade de ocorrência para *A. pseudugesii*, 144 foram classificados com dependência muito pequena da cultura do coco para a economia local, 69 como pequena, 21 como moderada, cinco como grande, e três como muito grande.

Figura 11 - Importância econômica (ICn) da produção de coco considerando a produção agrícola municipal, para todos os municípios do Brasil.



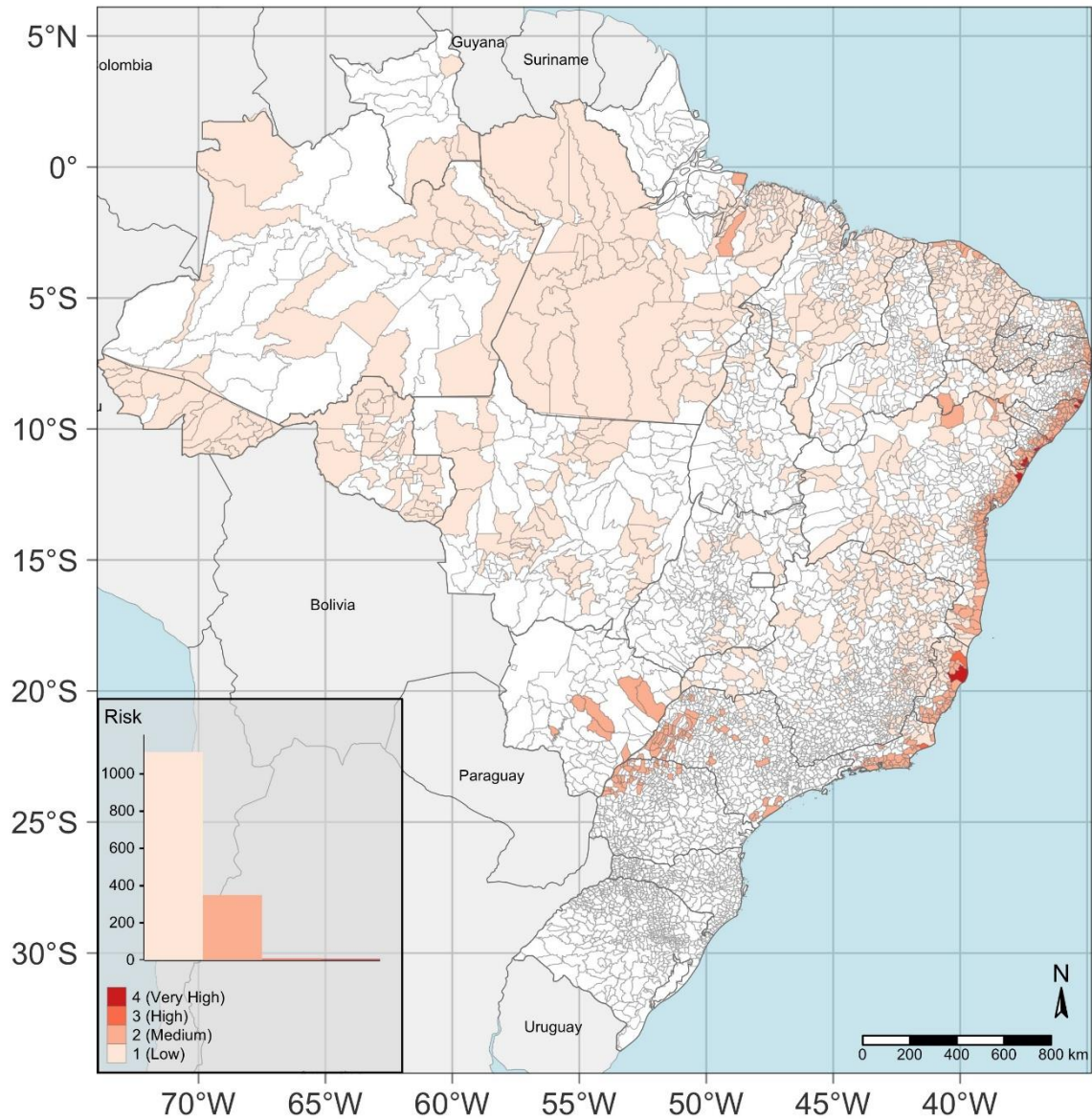
Fonte: Autor (2025).

Os municípios onde a cocoicultura possui maior importância econômica estão concentrados na Região Nordeste, nos estados do BA (Conde e Rodelas), CE (Acaraú, Itarema, Paraipaba e Trairi), PE (Petrolina) e SE (Estância), porém, cidades do estado do ES (São Mateus) e PA (Moju), regiões Sudeste e Norte respectivamente, também apresentam forte dependência econômica.

Baseado na matriz de risco econômico potencial (Figura 10), onde foi considerada a concentração produtiva de coco (ICn) $\times$ a probabilidade de ocorrência de *A. pseudugesii*, puderam-se identificar as classes: 1. Baixo; 2. Médio; 3. Alto; e 4. Muito Alto, posteriormente

obtendo-se o mapa de risco econômico potencial de *A. pseudugesii* para a produção de coco no Brasil, apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Risco econômico de *A. pseudugesii* à produção de coco no Brasil.



Fonte: Autor (2025).

Dos 242 municípios brasileiros com possibilidade de ocorrência de *A. pseudugesii*, 124 (51%) foram classificados com risco baixo, 103 (42,5%) com médio, oito (3,5%) apresentam risco alto, e sete (3,0%) risco muito alto (Tabela 5).

Tabela 5 - Quantidade de municípios brasileiros (e percentual relativo ao total) em cada classe de risco econômico potencial para *A. pseudugesii*.

Risco econômico potencial de <i>A. pseudugesii</i>	Quantidade de municípios
Baixo	124
Médio	103
Alto	08
Muito alto	07

Fonte: Autor (2025).

Embora a maior parte seja classificada de risco baixo e médio, chama-se atenção para aqueles municípios com risco alto (Piaçabuçu – AL, São Mateus – ES, Quissamã – RJ, Aracaju – SE, Barra dos Coqueiros – SE, Brejo Grande – SE, Neópolis – SE e Pirambu – SE) e muito alto (Maragogi – AL, Porto de Pedras – AL, Conde – BA, Linhares – ES, Estância – SE, Santa Luzia do Itanhhy – SE e Santo Amaro das Brotas – SE), já que esses municípios somados representariam um prejuízo de 15% em toda a produção de coco no Brasil (Anexo 2).

Para determinar as previsões de valores de perdas potenciais, foram utilizadas estimativas baseadas nas classificações de risco econômico, onde baixo apresenta possíveis perdas de 25% no valor total da produção de coco para o município analisado; médio - 50%, alta - 75% e muito alta - 100%. Levando-se em consideração os 242 municípios com possibilidade de ocorrência de *A. pseudugesii*, desde os classificados com baixo risco econômico aos que apresentam risco muito alto, foi estimado prejuízo total direto de aproximadamente R\$ 728 milhões para o Brasil (Anexo 2), redução de 52% da renda dessas regiões. Observando-se apenas os 30 municípios com maior probabilidade de serem afetados economicamente, o prejuízo seria de aproximadamente R\$ 549 milhões (Tabela 6), equivalente a 40% do valor da produção total/ano para a cultura do coco.

A cultura é importante na formação do Valor Bruto da Produção (VBP) do Nordeste. O VBP da cocoicultura representa 2% do VBP gerado por toda agricultura nordestina. Se for considerado apenas o VBP gerado pelas culturas perenes, a cocoicultura responde, por 10% do total (FONTES; FERREIRA, 2016; BRAINER, 2021). Devido à sua importância estratégica atual, o governo federal brasileiro sancionou a Lei nº 14.975 de 18 de setembro de 2024, que institui a Política de Incentivo à cocoicultura de qualidade no país. A lei tem como objetivo fortalecer a competitividade da cocoicultura nacional, principalmente nas regiões Norte e Nordeste aumentando a produtividade, competitividade e sustentabilidade, por meio da ampliação da produção e processamento de coco no Brasil, bem como estimular o consumo doméstico e as exportações de coco e seus derivados, garantindo a redução de perdas e

desperdícios ao longo da cadeia produtiva e oferecendo apoio à produção orgânica de coco e seus derivados (BRASIL, 2024).

Entre os instrumentos da política estão: Crédito rural, pesquisa agronômica e agroindustrial, desenvolvimento tecnológico, assistência técnica e extensão rural, capacitação gerencial e qualificação de mão de obra, zoneamento agroclimático, seguro rural, estímulo ao associativismo e cooperativismo, Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) e Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) (BRASIL, 2024). Além de ser importante para a balança comercial brasileira, a cultura do coco, é de fundamental importância socioeconômica, gerando emprego e renda de forma direta, além de gerar empregos indiretos ao longo da cadeia produtiva. Estudos da Embrapa Tabuleiros Costeiros na área indicam que um hectare de coco, em média, emprega três pessoas de forma direta e que, para que cada emprego direto, quatro empregos indiretos são gerados (FONTES; FERREIRA, 2016).

Na região Nordeste, concentram-se 81% da área colhida de coco do país, porém, a área colhida no Brasil, calculada para o ano de 2023, foi de aproximadamente 187.000 hectares (IBGE, 2024). Baseada na metodologia apresentada anteriormente, o impacto potencial de *A. pseudogesii* pode chegar à diminuição de 561.000 empregos diretos e 2.224.000 empregos indiretos, ao longo da cadeia produtiva do coco.

Tabela 6 - Relação dos trinta municípios do Brasil com as maiores perdas potenciais estimadas na produção de coco devido aos riscos associados à probabilidade de ocorrência de *A. pseudugessii*, considerando a importância do produto relativamente à produção agrícola.

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
TOTAL		926.913	7.515.561					548.947
Paraipaba	CE	123.870	132.355	93,59%	16,30846	0,00197	2 (Médio)	61.935
Moju	PA	119.247	528.437	22,57%	13,53324	0,00064	2 (Médio)	59.624
Acaraú	CE	85.785	149.975	57,20%	10,98267	0,00056	2 (Médio)	42.892
Linhares	ES	31.890	998.630	3,19%	3,28140	0,80558	4 (Muito Alto)	31.890
São Mateus	ES	40.500	932.700	4,34%	4,27003	0,47910	3 (Alto)	30.375
Estância	SE	28.725	44.209	64,98%	4,96976	0,95058	4 (Muito Alto)	28.725
Petrolina	PE	50.050	1.611.454	3,11%	5,20948	0,00014	2 (Médio)	25.025
Trairi	CE	44.582	61.364	72,65%	6,95036	0,00123	2 (Médio)	22.291
Rodelas	BA	43.769	49.070	89,20%	7,38092	0,00374	2 (Médio)	21.884
Porto de Pedras	AL	20.653	49.045	42,11%	3,36593	0,97965	4 (Muito Alto)	20.653
Conde	BA	18.585	26.039	71,37%	4,05839	0,91975	4 (Muito Alto)	18.585
Maragogi	AL	16.412	60.067	27,32%	2,43545	0,98685	4 (Muito Alto)	16.412
Santa Luzia do Itanhy	SE	16.190	37.647	43,00%	2,90493	0,95987	4 (Muito Alto)	16.190
Itarema	CE	31.320	57.498	54,47%	4,92419	0,00056	2 (Médio)	15.660
Juazeiro	BA	31.157	1.046.993	2,98%	3,18902	0,00062	2 (Médio)	15.578
Neópolis	SE	19.585	72.531	27,00%	2,77263	0,43977	3 (Alto)	14.689
Touros	RN	25.920	188.824	13,73%	3,04027	0,04844	2 (Médio)	12.960
Petrolândia	PE	22.875	43.108	53,06%	3,95396	0,00474	2 (Médio)	11.438
Amontada	CE	19.104	40.413	47,27%	3,35847	0,00048	2 (Médio)	9.552
Quissamã	RJ	12.432	21.586	57,59%	2,95105	0,42416	3 (Alto)	9.324
Camocim	CE	17.527	43.754	40,06%	2,95879	0,00047	2 (Médio)	8.764
Coruripe	AL	16.320	357.392	4,57%	1,68107	0,74608	2 (Médio)	8.160

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
TOTAL		926.913	7.515.561					548.947
Piaçabuçu	AL	10.405	13.259	78,47%	3,38378	0,37476	3 (Alto)	7.804
Santo Amaro das Brotas	SE	6.515	11.929	54,61%	2,20877	0,81915	4 (Muito Alto)	6.515
Aquiraz	CE	12.252	23.403	52,35%	2,76683	0,00487	2 (Médio)	6.126
Porto Seguro	BA	11.891	331.442	3,59%	1,16660	0,46399	2 (Médio)	5.946
Rio de Janeiro	RJ	10.670	70.808	15,07%	1,41953	0,79081	2 (Médio)	5.335
Pitimbu	PB	10.530	34.611	30,42%	1,88920	0,72761	2 (Médio)	5.265
Acará	PA	18.900	446.787	4,23%	1,94460	0,00087	1 (Baixo)	4.725
Pacatuba	SE	9.252	30.231	30,60%	1,75494	0,45444	2 (Médio)	4.626

UF= Unidade da federação; ICn= Índice de concentração normalizado.

Fonte: Autor (2025).

O estado de Alagoas apresenta 20 municípios com possibilidade de ocorrência para *A. pseudugesii* e com algum grau de dependência da cultura do coco na sua economia. Os potenciais prejuízos diretos para estes municípios somados podem chegar a ultrapassar os R\$ 79 milhões (Tabela 7). Os municípios de Maragogi, Porto de Pedras e Piaçabuçu possuem classes de risco muito alta e alta e, somados, apresentam prejuízos potenciais diretos de aproximadamente R\$ 45 milhões. Coruripe, apesar de ter uma dependência econômica baixa para a cultura do coco, apresenta alta probabilidade de ocorrência da praga, que somada ao alto valor da produção municipal, faz com que as estimativas de perdas atinjam a ordem de R\$ 7,2 milhões, tornando necessário maior atenção dos órgãos de fiscalização fitossanitária para a região.

A participação de Alagoas no valor da produção da fruticultura foi de aproximadamente 4% em 2022, entretanto, possui expressiva participação no valor da produção de coco (10%) da Região Nordeste (BRAINER, 2021). Apesar disso, o estado apresenta uma queda na área colhida e produtividade devido ao avanço da idade dos coqueirais, os deficientes métodos de manejo utilizados para a cultura, a migração para outras atividades produtivas, além do desenvolvimento do turismo e a ocupação humana em áreas do litoral alagoano (FERREIRA et al., 2018). A produção de coco estadual está concentrada na mesorregião Leste Alagoano e São Sebastião e, no ano de 2023, apresentou área colhida de 21.215 hectares, gerando 63.645 empregos diretos e 254.580 empregos indiretos, que poderão ser impactados negativamente (BRAINER, 2021).

Apesar do novo registro de *A. pseudugesii* em Rio Branco no estado do Acre, atacando açaí-solteiro, *Euterpe precatoria* Mart. (Arecaceae), o presente trabalho levou em consideração apenas o ponto de ocorrência da praga e não analisa os riscos econômicos potenciais no estabelecimento deste inseto na cultura em questão, já que as informações apresentadas, até o momento, descrevem ataques em plantas jovens e em casas de vegetação. Segundo Santos (2024), a infestação da mosca-branca em plantas de *E. precatoria* sob condições de semi-campo ocorreu concomitantemente com a cochonilha *Nipaecoccus nipae* (Maskell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae), com folíolos contendo ambas as populações. No entanto, com o aumento da população do pulgão-preto *Cerataphis brasiliensis* (Hempel, 1901) (Hemiptera: Aphididae) nas plantas, houve um declínio acentuado nas populações de mosca-branca e cochonilha em estufas sombreadas. Além disso, folíolos infestados simultaneamente por moscas-brancas e pulgões pretos da palmeira não foram observados.

Tabela 7 - Relação dos municípios do estado de Alagoas com perdas potenciais estimadas na produção de coco devido aos riscos associados à probabilidade de ocorrência de *A. pseudugessii*, considerando a importância do produto relativamente à produção agrícola.

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
TOTAL		117.378	946.113					79.260
Porto de Pedras	AL	20653	49045	42,11%	0,98	0,98	4 (Muito Alto)	20653
Maragogi	AL	16412	60067	27,32%	0,99	0,99	4 (Muito Alto)	16412
Coruripe	AL	16320	357392	4,57%	0,75	0,75	2 (Médio)	8160
Piaçabuçu	AL	10405	13259	78,47%	0,37	0,37	3 (Alto)	7803,75
Jequiá da Praia	AL	7590	76672	9,90%	0,79	0,79	2 (Médio)	3795
Feliz Deserto	AL	7588	24172	31,39%	0,53	0,53	2 (Médio)	3794
Japaratinga	AL	5795	19514	29,70%	0,98	0,98	2 (Médio)	2897,5
São Miguel dos Milagres	AL	4771	15025	31,75%	0,95	0,95	2 (Médio)	2385,5
Roteiro	AL	4485	21233	21,12%	0,81	0,81	2 (Médio)	2242,5
Passo de Camaragibe	AL	4377	54300	8,06%	0,93	0,93	2 (Médio)	2188,5
Marechal Deodoro	AL	3949	71266	5,54%	0,77	0,77	2 (Médio)	1974,5
Barra de Santo Antônio	AL	2724	17140	15,89%	0,84	0,84	2 (Médio)	1362
Porto Calvo	AL	2383	40021	5,95%	0,98	0,98	2 (Médio)	1191,5
Maceió	AL	2327	19047	12,22%	0,79	0,79	2 (Médio)	1163,5
Coqueiro Seco	AL	1669	2579	64,72%	0,76	0,76	2 (Médio)	834,5
Paripueira	AL	1340	12607	10,63%	0,79	0,79	2 (Médio)	670
Jacuípe	AL	1154	24355	4,74%	0,97	0,97	2 (Médio)	577
São Sebastião	AL	2249	60464	3,72%	0,49	0,49	1 (Baixo)	562,25
Santa Luzia do Norte	AL	945	4824	19,59%	0,81	0,81	2 (Médio)	472,5
Tanque D'arca	AL	242	3131	7,73%	0,55	0,55	2 (Médio)	121

UF= Unidade da federação; ICn= Índice de concentração normalizado.

Fonte: Autor (2025).

Porém esse relato se faz importante já que o açaizeiro é uma palmeira nativa de ampla distribuição geográfica na América do Sul, onde o bioma amazônico detém a maior quantidade de espécies do gênero *Euterpe* (7), sendo três economicamente importantes: *Euterpe oleracea* Mart., *E. edulis* Mart., e *E. precatoria* (WADT et al., 2004; MATOS et al., 2017).

Segundo o IBGE (2023), a região Norte do país concentra a maior parte da produção de açaí, tendo o estado do Pará 90,4% e o Amazonas 7,4% do total nacional. Apenas seis municípios paraenses respondem pela metade (49,1%) da quantidade produzida no país, com uma produção de 423 mil toneladas, sendo o município de Igarapé-Mirim é responsável por um quinto da produção brasileira de açaí (21,7%). Atualmente, 87,3% da produção brasileira de açaí provêm de áreas manejadas ou cultivadas, totalizando aproximadamente 1,7 milhão de toneladas colhidas em 233.400 hectares, porém, métodos tradicionais de extração ainda contribuem com 247.000 toneladas. Em 2022, a produção de frutos de açaí atingiu 1,95 milhão de toneladas, com um valor de produção estimado em R\$ 7,0 bilhões (US\$ 1,4 bilhão) (OIT, 2024).

A produção de açaí se destaca como uma atividade econômica, cultural e socialmente relevante para comunidades tradicionais (incluindo comunidades indígenas, quilombolas, populações ribeirinhas, extrativistas, castanheiras e pescadores artesanais) e produtores rurais da região amazônica. Além de proporcionar segurança alimentar e renda, ela também pode desempenhar um papel crucial na conservação ambiental, se forem adotadas práticas sustentáveis. No que concerne à geração de empregos, constata-se que 164,4 mil trabalhadores estiveram envolvidos nas cadeias produtivas de açaí e arranjos locais em 2020. Desse total, 86% ocuparam postos destinados à produção rural (NOBRE et al., 2023).

Pesquisadores e profissionais ligados às atividades de controle de espécies invasoras reconhecem que a prevenção e o controle precoce são mais benéficos economicamente, porque o manejo se torna cada vez mais difícil e com custos mais elevados, à medida que as espécies se estabelecem e dispersam, aumentando a extensão das áreas afetadas (AHMED et al., 2022; HAUBROCK et al., 2022).

Modelos de distribuição de espécies e nicho ecológico (SDMs) são ferramentas importantes, tendo sido utilizadas para apoiar e orientar o desenvolvimento e implementação de políticas ambientais, fitossanitárias e programas de gestão (ADDISON et al., 2013; SCHUWIRTH et al., 2019; MARTIN et al., 2020; MUKHERJEE;

BANERJEE; RAGHU, 2021). Contudo, sua utilização, isoladamente, pode ser insuficiente para que se compreenda o risco associado ao estabelecimento de uma espécie exótica em uma região que dependa economicamente da produção que pode ser afetada. Nesse sentido, a utilização de indicadores de concentração produtiva e a identificação do grau de importância de uma determinada cultura e de seus produtos para um local específico, constituem-se fundamentais para que possa ser avaliado o risco associado à invasão e estimativas das perdas econômicas possam ser feitas.

Huis et al. (2007) definem a análise de risco de pragas (ARP) como “o processo de avaliação de evidências biológicas ou outras evidências científicas e econômicas para determinar se um organismo é uma praga, se deve ser regulamentado, e a força de quaisquer medidas fitossanitárias a serem tomadas contra ele”. Como parte de uma ARP, é conduzida uma “avaliação da probabilidade de introdução e disseminação de uma praga e a magnitude das potenciais consequências econômicas associadas”. A estimativa das potenciais consequências econômicas de invasões de pragas é, portanto, um componente fundamental de cada ARP.

O presente trabalho apresenta a identificação de aglomerações produtivas locais, cuja utilização em conjunto com SDMs, permite identificar o grau de dependência econômica relativa à produção de coco dos municípios do Brasil que possam ser afetadas pelo estabelecimento de *A. pseudugesii*, o risco associado e o impacto econômico potencial ao valor da produção.

Portanto, os resultados apresentados indicam que *A. pseudugesii* tem um potencial significativo de impactos econômicos e sociais, uma vez que as regiões favoráveis para a ocorrência se sobrepõem àquelas áreas com cultivos e produção de coco e açaí. O desenvolvimento de técnicas de controle eficazes, tais como a adoção de medidas fitossanitárias para se evitar ou retardar a dispersão desta praga, se faz urgente e necessário.

4.4 Conclusão

O presente trabalho apresenta estimativa de risco econômico potencial de *A. pseudugesii* para produção de coco da baía no Brasil.

Um total de 242 municípios brasileiros apresentam risco econômico, resultando em um prejuízo potencial direto de R\$ 728 milhões/ano.

15 municípios foram classificados com alto risco (7) ou muito alto risco (8), totalizando prejuízo direto de R\$ 210 milhões/ano, o que representa 15% do total estimado para o país.

O estado de Alagoas apresentou 20 municípios sob risco econômico, com prejuízo direto estimado de R\$ 79.260.000/ano.

Os municípios de Porto de Pedras, Maragogi, Coruripe e Piaçabuçu destacam-se com os maiores prejuízos estimados em ordem decrescente, somando 67% (R\$ 53.028.750) do total estimado para Alagoas.

Estima-se que o impacto negativo sobre a geração de empregos diretos e indiretos ameaça aproximadamente 3 milhões de vagas de trabalho no Brasil, sendo cerca de 300 mil dessas apenas no estado de Alagoas.

REFERÊNCIAS

- ADDISON, P. F. E.; RUMPF, L.; BAU, S. S.; CAREY, J. M.; CHEE, Y. E.; JARRAD, F. C.; MCBRIDE, M. F.; BURGMAN, M. A. Practical solutions for making models indispensable in conservation decision-making. **Diversity and Distributions**, v. 19, n. 5-6, p. 490-502, 2013.
- AHMED, D. A.; HUDGINS, E. J.; CUTHBERT, R. N.; HAUBROCK, P. J.; RENAULT, D.; BONNAUD, E.; DIAGNE, C.; COURCHAMP, F. Modelling the damage costs of invasive alien species. **Biological Invasions**, v. 24, n. 7, p. 1949-1972, 2022.
- ARAGÃO, W. M. Cultivares de coqueiros. In: FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção, 1).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 31000:2018 - Gestão de riscos - Diretrizes. 2018. Disponível em: <https://dintegcgc.in.saude.gov.br/attachments/download/23/2018%20-%20Diretrizes%20-%20Gest%C3%A3o%20de%20Riscos_ABNT%20NBR%20ISO%2031000.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BRAINER, M. S. C. P. Coco: produção e mercado. **Caderno Setorial ETENE**, v 6, n. 206, 2021.
- BRASIL. Lei nº 14.975, de 18 de setembro de 2024. Institui a Política Nacional de Incentivo à Cocoicultura de Qualidade. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, ano 182, nº 181-A, p. 1, 19 set, 2024.
- CAVALCANTI, F. L.; JARDIM, G.; BARBOSA, D. A. C.; DUARTE, B. A.; DIDIER, F.; BRUNI, T.; MOUSSATCHE, L. G. L. **datazoom.amazonia: Simplify Access to Data from the Amazon Region**. [s.l: s.n.].
- CORSI, F.; DUPRÉ, E.; BOITANI, L. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. **Conservation Biology**, v. 13, p. 50-159, 1999.
- CROCCO, M. A.; GALINARI, R.; SANTOS, F.; LEMOS, M. B.; SIMÕES, R. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. **Nova Economia**, v. 16, n. 2, p. 211-241, 2006.
- CROWE, R. M.; HORN, R. C. The meaning of risk. **The Journal of Risk and Insurance**, v. 34, n. 3, p. 459-474, 1967.
- DE REZENDE, A. C.; CAMPOLINA, B.; DA PAIXÃO, A. N. Clusterização e localização da indústria de transformação no Brasil entre 1994 e 2009. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 43, n. 4, p. 27-50, 2012.
- DE SANTANA, A. C.; DE SANTANA, Á. L. Mapeamento e análise de arranjos produtivos locais na Amazônia. [s.d.].

DIAGNE, C.; LEROY, B.; VAISSIÈRE, A. C.; GOZLAN, R. E.; ROIZ, D.; JARIĆ, I.; SALLES, J. M.; BRADSHAW, C. J. A.; COURCHAMP, F. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. **Nature**, v. 592, n. 7855, p. 571-576, 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production**, 2023. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 13 jan. 2024.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/>>. Acesso em: 18 out. 2023.

FERREIRA, J. M. S.; DE LIMA, M. F.; DE QUEIROZ, D. L.; TEODORO, A. V.; MOURA, J. I. L.; DE SOUZA, L. A. Fitossanidade. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (org.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Brasília, Embrapa, 2018. p. 361-478.

FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P.; OMENA, R. P. M.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F. **Mosca-branca: uma ameaça à produção de coqueiro no Brasil**. Sergipe: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 5 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 62).

FISHER, W. D. On grouping for maximum homogeneity. **Journal of the American Statistical Association**, v. 53, n. 284, p. 789-798, 1958.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. (ed.). **A cultura do coqueiro**. 2. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. 97 p. (Sistemas de Produção, 1).

GREENE, M. R.; TRIESCHMANN, J. S. **Risk and Insurance (Cincinnati: South Western Publishing Co**, 1962.

HAUBROCK, P. J.; CUTHBERT, R. N.; HUDGINS, E. J.; CRYSTAL-ORNELAS, R.; KOURANTIDOU, M.; MOODLEY, D.; LIU, C.; TURBELIN, A. J.; LEROY, B.; COURCHAMP, F. Geographic and taxonomic trends of rising biological invasion costs. **Science of the Total Environment**, v. 817, 152948, 2022.

HENRY, M.; LEUNG B.; CUTHBERT, R. N.; BODEY, T. W.; AHMED, D. A.; ANGULO, E.; BALZANI, P.; BRISKI, E.; COURCHAMP, F.; HULME, P. E.; KOUBA, A.; KOURANTIDOU, M.; LIU, C.; MACEDO, R. L.; OFICIALDEGUI, F. J.; RENAULT, D.; SOTO, I.; TARKAN, A. L.; ANNA J. TURBELIN, A. J.; BRADSHAW, C. J. A.; HAUBROCK, P. J. Unveiling the hidden economic toll of biological invasions in the European Union. **Environmental Sciences Europe**, v. 35, n. 1, 43, 2023.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the U.S. steel industry**. New York: Columbia University, 1950.

HIRSCHMAN, A. O. The paternity of an index. **American Economic Review**, v. 54, n. 5, 1964.

HUIS, A. V.; ITTERBEECK, J. V.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2023a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS)**. 2023b.

MARTIN, G.; MAGENGELELE, N.; PATERSON, I. D.; SUTTON, G. F. Climate modelling suggests a review of the legal status of Brazilian pepper *Schinus terebinthifolia* in South Africa is required. **South African Journal of Botany**, v. 132, p. 95-102, 2020.

MARTIN, J. H. A revision of *Aleurodicus* Douglas (Sternorrhyncha, Aleyrodidae), with two new genera proposed for palaeotropical natives and an identification guide to world genera of *Aleurodicinae*. **Zootaxa**, v. 1835, n. 1, p. 1-100, 2008.

MATOS, C. B.; SAMPAIO, P.; RIVAS, A. A. F.; MATOS, J. C. S.; HODGES, D. G. Economic profile of two species of Genus *Euterpe*, producers of açai fruits, from the Pará and Amazonas States - Brazil. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 2, n. 4, p. 1822-1828, 2017.

MUKHERJEE, A.; BANERJEE, A. K.; RAGHU, S. Biological control of *Parkinsonia aculeata*: Using species distribution models to refine agent surveys and releases. **Biological Control**, v. 159, 104630, 2021.

NOBRE, C. A.; FELTRAN-BARBIERI, R.; COSTA, F. A.; HADDAD, E. A.; SCHAEFFER, R.; DOMINGUES, E. D.; FRASSON, C. M. R. **Nova Economia da Amazônia**. São Paulo: WRI Brasil. Disponível: <<https://www.wribrasil.org.br/nova-economia-da-amazonia>>. Acesso em: 18 jan. 2025.

NORONHA, A. C. S.; COSTA, V. A.; LIMA, A. F.; SILVA, L. C.; DUARTE, L. S.; VIEIRA, R. C. Parasitism of *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) by *Aleuroctonus marki* Hansson & LaSalle, 2003 (Hymenoptera: Eulophidae) in coconut trees in the state of Pará, Brazil. **Entomological Communications**, v. 5, ec05001, 2023.

OIT. **Diagnóstico rápido setorial da produção de açai na Amazônia Brasileira**. Organização Internacional do Trabalho, 2024. Disponível: <https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-08/OIT_Relato%CC%81rio%20Ac%CC%A7ai%CC%81_web.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2025.

OMENA, R. P. M.; GUZZO, E. C.; FERREIRA, J. M. S.; MENDONÇA, F. A. C.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F.; SANTANA, A. E. G. First report on the whitefly, *Aleurodicus pseudugesii* on the coconut palm, *Cocos nucifera* in Brazil. **Journal of Insect Science**, v. 12, n. 26, p. 1-6, 2012.

PETERSON, A. T.; SHAW, J. *Lutzomyia* vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distribution, and climate change effects. **International Journal for Parasitology**, n. 33, p. 919-931, 2003.

ROY, H. E.; ROY, PAUCHARD, A.; STOETT, P.; RENARD TRUONG, T.; BACHER, S.; GALIL, B. S.; HULME, P. E.; IKEDA, T.; SANKARAN, K. V.; MCGEOCH, M. A.; MEYERSON, L. A.; NUÑEZ, M. A.; ORDONEZ, A.; RAHLAO, S. J.; SCHWINDT, E.; SEEBENS, H.; SHEPPARD, A. W.; VANDVIK, V. Summary for policymakers of the thematic assessment report on invasive alien species and their control. **IPBES Invasive Alien Species Assessment**, p. 1-56, 2023.

SANTOS, R. S. First record of *Aleurodicus pseudugesii* Martin (Hemiptera: Aleyrodidae) on single assai palm in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, e79723, 2024.

SCHERER, W. J. G.; MORAES, S. L. Análise locacional das atividades dinâmicas do Estado do Rio Grande do Sul. **ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA**, v. 6, 2012. Disponível: <https://cdn.fee.tcche.br/eeg/6/mesa11/Analise_Locacional_das_Atividades_Dinamicas_do_Estado_do_RS.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SCHUWIRTH, N.; BORGWARDT, F.; DOMISCH, S.; FRIEDRICHS, M.; KATTWINKEL, M.; KNEIS, D.; KUEMMERLEN, M.; LANGHANS, S. D.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, J.; VERMEIREN, P. How to make ecological models useful for environmental management. **Ecological Modelling**, v. 411, 108784, 2019.

SCOTT, J. M.; HEGLUND, P. J.; MORRISON, M. L.; HAUFLE, J. B.; RAPHAEL, M. G.; WALL, W. A.; SAMSON, F. B. (Ed.). **Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale**. Washington: Island Press, 2002.

SEBRAE. **Subsídios para a Identificação de Clusters no Brasil**. São Paulo: Sebrae-SP, 2002.

SEEBENS, H.; BACHER, S.; BLACKBURN, T. M.; CAPINHA, C.; DAWSON, W.; DULLINGER, S.; GENOVESI, P.; HULME, P. E.; VAN KLEUNEN, M.; KÜHN, I.; JESCHKE, J. M.; LENZNER, B.; LIEBHOLD, A. M.; PATTISON, Z.; PERGL, J.; PYŠEK, P.; WINTER, M.; ESSL, F. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. **Global Change Biology**, v. 27, n. 5, p. 970-982, 2021.

SEEBENS, H.; BLACKBURN, T. M.; DYER, E. E.; GENOVESI, P.; HULME, P. E.; JESCHKE, J. M.; PAGAD, S.; PYŠEK, P.; WINTER, M.; ARIANOUTSOU, M.; BACHER, S.; BLASIUS, B.; BRUNDU, G.; CAPINHA, C.; CELESTI-GRAPOW, L.; DAWSON, W.; DULLINGER, S.; FUENTES, N.; JÄGER, H.; KARTESZ, J.; KENIS, M.; KREFT, H.; KÜHN, I.; LENZNER, B.; LIEBHOLD, A.; MOSENA, A.; MOSER, D.; NISHINO, M.; PEARMAN, D.; PERGL, J.; RABITSCH, W.; ROJAS-SANDOVAL, J.; ROQUES, A.; RORKE, S.; ROSSINELLI, S.; ROY, H. E.; SCALERA, S.; SCHINDLER, S.; ŠTAJEROVÁ, K.; TOKARSKA-GUZIŁ, B.; VAN KLEUNEN, M.; WALKER, K.; WEIGELT, P.; YAMANAKA, T.; ESSL, F. No

saturation in the accumulation of alien species worldwide. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, 14435, 2017.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agrônômica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 24 p.

SLOCUM, T. A.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization, Fourth Edition**. Boca Raton: CRC Press, 2022.

TURBELIN, A. J. DIAGNE, C.; HUDGINS, E. J.; MOODLEY, D.; KOURANTIDOU, M.; NOVOA, A.; HAUBROCK, P. J.; BERNERY, C.; GOZLAN, R. E.; FRANCIS, R. A.; COURCHAMP, F. Introduction pathways of economically costly invasive alien species. **Biological Invasions**, v. 24, n. 7, p. 2061-2079, 2022.

VAUGHAN, E. J.; VAUGHAN, T. **Fundamentals of risk and insurance**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2007.

VIDAL, M. F. Fruticultura. **Caderno Setorial ETENE**, v 9, n. 337, 2024.

WADT, L. H. O.; RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; FERREIRA, E. J. L.; CARTAXO, C. B. C. **Manejo de açaí solteiro (*Euterpe precatoria* Mart.) para produção de frutos**. Rio Branco: Seprof: Embrapa Acre, 2004. 34 p.

WELK, E.; SCHUBERT, K.; HOFFMANN, M. H. Present and potential distribution of invasive mustard (*Alliaria petiolata*) in North America. **Diversity and Distributions**, v. 8, n. 4, p. 219-233, 2002.

YOM-TOV, Y.; KADMON, R. Analysis of the distribution of insectivorous bats in Israel. **Diversity and Distributions**, v. 4, n. 2, p. 63-70, 1998.

ZENNI, R. D.; ESSL, F.; GARCÍA-BERTHOU, E.; MCDERMOTT, S. M. The economic costs of biological invasions around the world. **NeoBiota**, v. 67, p. 1-9, 2021.

ANEXO 1

COORDENADAS GEOGRÁFICAS (CONVERTIDAS EM GRAUS DECIMAIS E DATUM WGS 84) DOS PONTOS DE OCORRÊNCIA DE *A. pseudugesii*

Espécie	Longitude	Latitude	Tipo	País	Estado	Município	Referência Bibliográfica*
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-76,9930	-0,4590	Nativo	Equador	Orellana	La Coca	Martin (2008)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-75,3412	-11,2479	Invasora	Perú	Junin	Junin	Martin (2008)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-36,6641	-9,7437	Invasora	Brasil	Alagoas	Arapiraca	Coleta
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-35,7365	-9,6562	Invasora	Brasil	Alagoas	Maceió	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-35,8346	-9,4727	Invasora	Brasil	Alagoas	Rio Largo	Coleta
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-38,3254	-12,6973	Invasora	Brasil	Bahia	Camaçari	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-39,1046	-13,9437	Invasora	Brasil	Bahia	Camamu	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-39,1464	-13,7352	Invasora	Brasil	Bahia	Ituberá	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-37,7821	-11,5439	Invasora	Brasil	Bahia	Jandaíra	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-39,0303	-3,4076	Invasora	Brasil	Ceará	Paracuru	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-34,8712	-6,8971	Invasora	Brasil	Paraíba	Lucena	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-42,5243	-22,0439	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	Duas Barras	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-43,7780	-22,8624	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	Itaguaí	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-44,0437	-22,9334	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	Mangaratiba	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-43,4487	-22,7481	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	Nova Iguaçu	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-43,1727	-22,8856	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-43,0476	-22,8140	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	São Gonçalo	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-43,6983	-22,7372	Invasora	Brasil	Rio de Janeiro	Seropédica	Trindade; Racca Filho; De Lima (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-37,0733	-10,9157	Invasora	Brasil	Sergipe	Aracaju	Ferreira et al. (2011); Omena et al. (2012)
<i>Aleurodicus pseudugesii</i>	-67,70639	-10,02588	Invasora	Brasil	Acre	Rio Branco	Santos (2024)

* FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P.; OMENA, R. P. M.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F. Mosca-branca: uma ameaça à produção de coqueiro no Brasil. Sergipe:

Embrapa Tabuleiros Costeiros (Circular Técnica, 62), 2011. 5 p;

MARTIN, J. H. A revision of *Aleurodicus* Douglas (Sternorrhyncha, Aleyrodidae), with two new genera proposed for palaetropical natives and an identification guide to world genera of Aleurodicinae. Zootaxa, v. 1835, p. 1-100, 2008;

OMENA, R. P. M.; GUZZO, E. C.; FERREIRA, J. M. S.; MENDONÇA, F. A. C.; LIMA, A. F.; RACCA FILHO, F.; SANTANA, A. E. G. First report on the whitefly, *Aleurodicus pseudugesii* on the coconut palm, *Cocos nucifera* in Brazil. Journal of Insect Science, v. 12, n. 26, p. 1-6, 2012;

SANTOS, R. S. First record of *Aleurodicus pseudugesii* Martin (Hemiptera: Aleyrodidae) on single assai palm in Brazil. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 54, e79723, 2024;

TRINDADE, T.; RACCA-FILHO, F.; LIMA, A. F. *Aleurodicus* Douglas (Hemiptera: Aleyrodidae, Aleurodicinae) no estado do Rio de Janeiro e primeiro registro de *Aleurodicus trinidadensis* Quaintance and Baker para o Brasil. Entomotropica, v. 27, n. 2, p. 57-70, 2012;

Fonte: Autor (2025).

ANEXO 2

BASE DE DADOS TOTAL DA ANÁLISE DE RISCO ECONÔMICO POTENCIAL DE *A. pseudugesii*

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Linhares	ES	31.890	998.630	3,19%	16,76039	0,01889	0,02008	3,28140	0,80558	4 (Muito Alto)	2,64343	31.890
Estância	SE	28.725	44.209	64,98%	341,02298	0,01804	0,01809	4,96976	0,95058	4 (Muito Alto)	4,72417	28.725
Porto de Pedras	AL	20.653	49.045	42,11%	221,01549	0,01295	0,01301	3,36593	0,97965	4 (Muito Alto)	3,29744	20.653
Conde	BA	18.585	26.039	71,37%	374,60414	0,01167	0,01171	4,05839	0,91975	4 (Muito Alto)	3,73269	18.585
Maragogi	AL	16.412	60.067	27,32%	143,40354	0,01026	0,01034	2,43545	0,98685	4 (Muito Alto)	2,40342	16.412
Santa Luzia do Itanhy	SE	16.190	37.647	43,00%	225,70999	0,01015	0,01020	2,90493	0,95987	4 (Muito Alto)	2,78835	16.190
Santo Amaro das Brotas	SE	6.515	11.929	54,61%	286,64521	0,00409	0,00410	2,20877	0,81915	4 (Muito Alto)	1,80931	6.515
São Mateus	ES	40.500	932.700	4,34%	22,79016	0,02439	0,02551	4,27003	0,47910	3 (Alto)	2,04579	30.375
Neópolis	SE	19.585	72.531	27,00%	141,72100	0,01225	0,01233	2,77263	0,43977	3 (Alto)	1,21931	14.689
Quissamã	RJ	12.432	21.586	57,59%	302,27563	0,00780	0,00783	2,95105	0,42416	3 (Alto)	1,25171	9.324
Piaçabuçu	AL	10.405	13.259	78,47%	411,87518	0,00654	0,00655	3,38378	0,37476	3 (Alto)	1,26809	7.804
Brejo Grande	SE	5.568	7.587	73,39%	385,17975	0,00350	0,00351	2,69364	0,32439	3 (Alto)	0,87378	4.176
Pirambu	SE	2.604	4.024	64,71%	339,63881	0,00164	0,00164	2,09647	0,78155	3 (Alto)	1,63849	1.953
Barra dos Coqueiros	SE	2.258	2.315	97,54%	511,92607	0,00142	0,00142	3,08751	0,71470	3 (Alto)	2,20665	1.694
Aracaju	SE	89	89	100,00%	524,84891	0,00006	0,00006	2,92667	0,69689	3 (Alto)	2,03956	67
Paraipaba	CE	123.870	132.355	93,59%	491,20196	0,07786	0,07802	16,30846	0,00197	2 (Médio)	0,03205	61.935
Moju	PA	119.247	528.437	22,57%	118,43731	0,07447	0,07510	13,53324	0,00064	2 (Médio)	0,00862	59.624
Acaraú	CE	85.785	149.975	57,20%	300,21113	0,05385	0,05403	10,98267	0,00056	2 (Médio)	0,00611	42.892
Petrolina	PE	50.050	1.611.454	3,11%	16,30123	0,02959	0,03152	5,20948	0,00014	2 (Médio)	0,00073	25.025
Trairi	CE	44.582	61.364	72,65%	381,31175	0,02800	0,02808	6,95036	0,00123	2 (Médio)	0,00853	22.291
Rodelas	BA	43.769	49.070	89,20%	468,14983	0,02751	0,02757	7,38092	0,00374	2 (Médio)	0,02760	21.884
Itarema	CE	31.320	57.498	54,47%	285,89287	0,01966	0,01973	4,92419	0,00056	2 (Médio)	0,00275	15.660
Juazeiro	BA	31.157	1.046.993	2,98%	15,61875	0,01837	0,01962	3,18902	0,00062	2 (Médio)	0,00198	15.578
Touros	RN	25.920	188.824	13,73%	72,04637	0,01610	0,01632	3,04027	0,04844	2 (Médio)	0,14728	12.960
Petrolândia	PE	22.875	43.108	53,06%	278,50791	0,01436	0,01441	3,95396	0,00474	2 (Médio)	0,01876	11.438
Amontada	CE	19.104	40.413	47,27%	248,10615	0,01198	0,01203	3,35847	0,00048	2 (Médio)	0,00161	9.552

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Camocim	CE	17.527	43.754	40,06%	210,24425	0,01099	0,01104	2,95879	0,00047	2 (Médio)	0,00140	8.764
Coruripe	AL	16.320	357.392	4,57%	23,96678	0,00985	0,01028	1,68107	0,74608	2 (Médio)	1,25421	8.160
Aquiraz	CE	12.252	23.403	52,35%	274,77028	0,00769	0,00772	2,76683	0,00487	2 (Médio)	0,01346	6.126
Porto Seguro	BA	11.891	331.442	3,59%	18,82978	0,00709	0,00749	1,16660	0,46399	2 (Médio)	0,54129	5.946
Rio de Janeiro	RJ	10.670	70.808	15,07%	79,08906	0,00664	0,00672	1,41953	0,79081	2 (Médio)	1,12258	5.335
Pitimbu	PB	10.530	34.611	30,42%	159,67927	0,00659	0,00663	1,88920	0,72761	2 (Médio)	1,37459	5.265
Pacatuba	SE	9.252	30.231	30,60%	160,62658	0,00579	0,00583	1,75494	0,45444	2 (Médio)	0,79752	4.626
Japoatã	SE	9.179	67.974	13,50%	70,87398	0,00570	0,00578	1,20699	0,66427	2 (Médio)	0,80177	4.590
Lucena	PB	8.841	28.641	30,87%	162,01212	0,00553	0,00557	1,71823	0,55302	2 (Médio)	0,95021	4.420
Jaguaré	ES	8.509	560.371	1,52%	7,96961	0,00469	0,00536	0,70637	0,66804	2 (Médio)	0,47189	4.254
Santana do São Francisco	SE	8.085	26.606	30,39%	159,49047	0,00506	0,00509	1,62034	0,37851	2 (Médio)	0,61331	4.042
Indiaroba	SE	7.797	43.052	18,11%	95,05359	0,00486	0,00491	1,20218	0,95075	2 (Médio)	1,14298	3.898
Jequiá da Praia	AL	7.590	76.672	9,90%	51,95643	0,00469	0,00478	0,91857	0,79245	2 (Médio)	0,72792	3.795
Feliz Deserto	AL	7.588	24.172	31,39%	164,75896	0,00475	0,00478	1,59747	0,53187	2 (Médio)	0,84965	3.794
Itaporanga D'ajuda	SE	7.482	25.144	29,76%	156,17720	0,00468	0,00471	1,53447	0,94374	2 (Médio)	1,44815	3.741
Vila Valério	ES	6.949	600.455	1,16%	6,07402	0,00366	0,00438	0,51951	0,48855	2 (Médio)	0,25381	3.474
Canavieiras	BA	6.624	40.483	16,36%	85,87800	0,00412	0,00417	1,01881	0,64220	2 (Médio)	0,65428	3.312
Rio Bananal	ES	6.068	676.520	0,90%	4,70760	0,00301	0,00382	0,40665	0,71520	2 (Médio)	0,29083	3.034
Boa Esperança	ES	5.814	234.038	2,48%	13,03836	0,00338	0,00366	0,47466	0,13162	2 (Médio)	0,06247	2.907
Japaratinga	AL	5.795	19.514	29,70%	155,86243	0,00363	0,00365	1,34788	0,97658	2 (Médio)	1,31631	2.898
Nísia Floresta	RN	5.594	28.493	19,63%	103,04302	0,00349	0,00352	1,00943	0,44702	2 (Médio)	0,45123	2.797
Una	BA	4.924	120.889	4,07%	21,37793	0,00296	0,00310	0,43850	0,71369	2 (Médio)	0,31296	2.462
São Miguel dos Milagres	AL	4.771	15.025	31,75%	166,65918	0,00299	0,00300	1,30034	0,95276	2 (Médio)	1,23891	2.386
Roteiro	AL	4.485	21.233	21,12%	110,86268	0,00280	0,00282	0,93507	0,80524	2 (Médio)	0,75295	2.242
Passo de Camaragibe	AL	4.377	54.300	8,06%	42,30688	0,00269	0,00276	0,51035	0,92947	2 (Médio)	0,47436	2.188
Goiana	PE	4.084	137.886	2,96%	15,54533	0,00241	0,00257	0,30963	0,78193	2 (Médio)	0,24211	2.042
Valença	BA	4.081	123.607	3,30%	17,32837	0,00242	0,00257	0,32144	0,91443	2 (Médio)	0,29393	2.040
Jandaíra	BA	4.027	11.971	33,64%	176,55723	0,00252	0,00254	1,27805	0,89228	2 (Médio)	1,14037	2.014
Marechal Deodoro	AL	3.949	71.266	5,54%	29,08299	0,00240	0,00249	0,38260	0,76767	2 (Médio)	0,29371	1.974
São João da Barra	RJ	3.910	27.817	14,06%	73,77356	0,00243	0,00246	0,64973	0,10383	2 (Médio)	0,06746	1.955
Japarutuba	SE	3.836	36.159	10,61%	55,67965	0,00237	0,00242	0,53268	0,76728	2 (Médio)	0,40871	1.918
Santa Rita	PB	3.335	176.329	1,89%	9,92673	0,00189	0,00210	0,18979	0,63797	2 (Médio)	0,12108	1.668
Ilhéus	BA	3.304	159.158	2,08%	10,89547	0,00189	0,00208	0,19397	0,63900	2 (Médio)	0,12394	1.652

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Itaguaí	RJ	3.289	11.404	28,84%	151,37040	0,00206	0,00207	1,04663	0,93883	2 (Médio)	0,98260	1.644
Acajutiba	BA	3.226	12.145	26,56%	139,41232	0,00202	0,00203	0,96822	0,35789	2 (Médio)	0,34652	1.613
Cabo de Santo Agostinho	PE	3.000	209.009	1,44%	7,53339	0,00164	0,00189	0,13529	0,90816	2 (Médio)	0,12287	1.500
Ituberá	BA	2.935	66.237	4,43%	23,25636	0,00177	0,00185	0,23694	0,93995	2 (Médio)	0,22272	1.468
Barra de Santo Antônio	AL	2.724	17.140	15,89%	83,41239	0,00170	0,00172	0,57813	0,83610	2 (Médio)	0,48338	1.362
Santo Antônio do Aracanguá	SP	2.500	321.967	0,78%	4,07533	0,00119	0,00157	0,04794	0,56895	2 (Médio)	0,02727	1.250
Maxaranguape	RN	2.427	12.499	19,42%	101,91282	0,00151	0,00153	0,65648	0,10481	2 (Médio)	0,06881	1.214
Caravelas	BA	2.408	162.636	1,48%	7,77095	0,00132	0,00152	0,07652	0,54538	2 (Médio)	0,04173	1.204
Conde	PB	2.400	21.341	11,25%	59,02429	0,00149	0,00151	0,39646	0,64933	2 (Médio)	0,25744	1.200
Esplanada	BA	2.383	40.495	5,88%	30,88566	0,00145	0,00150	0,22456	0,78825	2 (Médio)	0,17701	1.192
Porto Calvo	AL	2.383	40.021	5,95%	31,25147	0,00145	0,00150	0,22679	0,98216	2 (Médio)	0,22275	1.192
Entre Rios	BA	2.328	26.807	8,68%	45,57945	0,00143	0,00147	0,30769	0,71560	2 (Médio)	0,22019	1.164
Maceió	AL	2.327	19.047	12,22%	64,12156	0,00144	0,00147	0,41912	0,78708	2 (Médio)	0,32989	1.164
Camamu	BA	2.324	107.094	2,17%	11,38952	0,00134	0,00146	0,09470	0,76912	2 (Médio)	0,07284	1.162
São Cristóvão	SE	2.233	6.436	34,70%	182,09876	0,00140	0,00141	1,11466	0,88378	2 (Médio)	0,98511	1.116
Prado	BA	2.225	397.628	0,56%	2,93689	0,00092	0,00140	0,00304	0,54565	2 (Médio)	0,00166	1.112
Maraú	BA	2.083	61.352	3,40%	17,81947	0,00124	0,00131	0,11140	0,64997	2 (Médio)	0,07241	1.042
Rio Formoso	PE	1.998	94.095	2,12%	11,14457	0,00115	0,00126	0,05879	0,92267	2 (Médio)	0,05424	999
Alhandra	PB	1.980	30.197	6,56%	34,41404	0,00121	0,00125	0,20244	0,79818	2 (Médio)	0,16158	990
Saquarema	RJ	1.870	5.152	36,30%	190,50223	0,00117	0,00118	1,12510	0,99853	2 (Médio)	1,12345	935
Umbaúba	SE	1.866	39.633	4,71%	24,71092	0,00113	0,00118	0,13098	0,94657	2 (Médio)	0,12399	933
Coqueiro Seco	AL	1.669	2.579	64,72%	339,65601	0,00105	0,00105	1,99402	0,76217	2 (Médio)	1,51978	834
Itacaré	BA	1.597	70.060	2,28%	11,96380	0,00092	0,00101	0,02214	0,62421	2 (Médio)	0,01382	798
Belmonte	BA	1.462	63.042	2,32%	12,17171	0,00085	0,00092	0,00928	0,51242	2 (Médio)	0,00476	731
Baía da Traição	PB	1.400	17.988	7,78%	40,84881	0,00086	0,00088	0,17843	0,54870	2 (Médio)	0,09790	700
Paripueira	AL	1.340	12.607	10,63%	55,78627	0,00083	0,00084	0,26160	0,79323	2 (Médio)	0,20751	670
Tamandaré	PE	1.233	18.420	6,69%	35,13239	0,00075	0,00078	0,12590	0,93191	2 (Médio)	0,11733	616
Araúá	SE	1.228	28.624	4,29%	22,51658	0,00074	0,00077	0,04895	0,96591	2 (Médio)	0,04728	614
Jacuípe	AL	1.154	24.355	4,74%	24,86864	0,00070	0,00073	0,05531	0,97379	2 (Médio)	0,05386	577
Carmópolis	SE	999	2.259	44,22%	232,10450	0,00063	0,00063	1,27817	0,78528	2 (Médio)	1,00372	500
Seropédica	RJ	974	13.176	7,39%	38,79803	0,00060	0,00061	0,11989	0,69578	2 (Médio)	0,08342	487
Santa Luzia do Norte	AL	945	4.824	19,59%	102,81555	0,00059	0,00060	0,49988	0,81328	2 (Médio)	0,40654	472
João Pessoa	PB	720	1.998	36,04%	189,13474	0,00045	0,00045	0,99095	0,50081	2 (Médio)	0,49627	360

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
São José da Coroa Grande	PE	721	2.630	27,41%	143,88444	0,00045	0,00045	0,72076	0,92414	2 (Médio)	0,66609	360
Japeri	RJ	661	8.333	7,93%	41,63268	0,00041	0,00042	0,10294	0,68482	2 (Médio)	0,07050	330
São Gonçalo	RJ	602	6.863	8,77%	46,03804	0,00037	0,00038	0,12292	0,99728	2 (Médio)	0,12259	301
Itaboraí	RJ	595	7.995	7,44%	39,06005	0,00037	0,00037	0,08036	0,99868	2 (Médio)	0,08026	298
Paço do Lumiar	MA	525	601	87,35%	458,47867	0,00033	0,00033	2,57815	0,00250	2 (Médio)	0,00644	262
Mata de São João	BA	446	3.280	13,60%	71,36665	0,00028	0,00028	0,25742	0,96749	2 (Médio)	0,24905	223
Araçás	BA	433	3.352	12,92%	67,79820	0,00027	0,00027	0,23467	0,65825	2 (Médio)	0,15448	216
Parnamirim	RN	402	2.484	16,18%	84,93932	0,00025	0,00025	0,33372	0,52445	2 (Médio)	0,17502	201
Vila Velha	ES	340	3.457	9,84%	51,61951	0,00021	0,00021	0,12783	0,98232	2 (Médio)	0,12557	170
Cardeal da Silva	BA	300	3.135	9,57%	50,22478	0,00019	0,00019	0,11514	0,92836	2 (Médio)	0,10689	150
Senador Georgino Avelino	RN	300	1.328	22,59%	118,56527	0,00019	0,00019	0,52345	0,27970	2 (Médio)	0,14641	150
Nossa Senhora do Socorro	SE	278	3.240	8,58%	45,03333	0,00017	0,00018	0,08171	0,81338	2 (Médio)	0,06646	139
Soure	PA	263	263	100,00%	524,84891	0,00017	0,00017	2,94576	0,00507	2 (Médio)	0,01494	132
Tanque D'arca	AL	242	3.131	7,73%	40,56641	0,00015	0,00015	0,05109	0,55090	2 (Médio)	0,02815	121
Sobralia	MG	238	926	25,70%	134,89637	0,00015	0,00015	0,61421	0,23503	2 (Médio)	0,14436	119
Vera Cruz	BA	227	2.147	10,57%	55,49171	0,00014	0,00014	0,13868	0,99998	2 (Médio)	0,13868	114
Dona Euzébia	MG	122	197	61,93%	325,03334	0,00008	0,00008	1,73701	0,27701	2 (Médio)	0,48118	61
Cairu	BA	121	421	28,74%	150,84731	0,00008	0,00008	0,69667	0,99932	2 (Médio)	0,69619	60
Volta Redonda	RJ	82	164	50,00%	262,42446	0,00005	0,00005	1,35873	0,57033	2 (Médio)	0,77492	41
General Maynard	SE	66	148	44,59%	234,05425	0,00004	0,00004	1,18755	0,80501	2 (Médio)	0,95599	33
Dias D'ávila	BA	56	628	8,92%	46,80181	0,00003	0,00004	0,06816	0,98326	2 (Médio)	0,06702	28
Itanagra	BA	53	756	7,01%	36,79496	0,00003	0,00003	0,00806	0,95832	2 (Médio)	0,00772	26
Bayeux	PB	50	184	27,17%	142,62199	0,00003	0,00003	0,63977	0,54160	2 (Médio)	0,34650	25
Armação dos Búzios	RJ	48	285	16,84%	88,39561	0,00003	0,00003	0,31571	0,99998	2 (Médio)	0,31570	24
Salinas da Margarida	BA	11	88	12,50%	65,60611	0,00001	0,00001	0,17557	0,99969	2 (Médio)	0,17551	6
Lauro de Freitas	BA	6	73	8,22%	43,13827	0,00000	0,00000	0,04085	0,99939	2 (Médio)	0,04082	3
Acará	PA	18.900	446.787	4,23%	22,20218	0,01137	0,01190	1,94460	0,00087	1 (Baixo)	0,00169	4.725
Beberibe	CE	10.200	75.684	13,48%	70,73436	0,00633	0,00642	1,31750	0,00031	1 (Baixo)	0,00040	2.550
Itapipoca	CE	10.171	59.839	17,00%	89,21002	0,00633	0,00641	1,42630	0,01545	1 (Baixo)	0,02204	2.543
Capitão Poço	PA	8.923	232.808	3,83%	20,11626	0,00534	0,00562	0,85856	0,00241	1 (Baixo)	0,00207	2.231
Alto do Rodrigues	RN	8.266	195.782	4,22%	22,15935	0,00497	0,00521	0,80245	0,00001	1 (Baixo)	0,00001	2.066
Ceará-Mirim	RN	8.179	79.581	10,28%	53,94176	0,00506	0,00515	0,99482	0,09488	1 (Baixo)	0,09439	2.045
Paracuru	CE	7.395	17.397	42,51%	223,09925	0,00464	0,00466	1,92537	0,00294	1 (Baixo)	0,00565	1.849

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Bujaru	PA	7.020	258.667	2,71%	14,24395	0,00411	0,00442	0,61176	0,00104	1 (Baixo)	0,00063	1.755
Santo Antônio do Tauá	PA	6.957	55.775	12,47%	65,46614	0,00431	0,00438	0,93190	0,00171	1 (Baixo)	0,00159	1.739
Cascavel	CE	6.923	42.484	16,30%	85,52700	0,00431	0,00436	1,04935	0,00185	1 (Baixo)	0,00194	1.731
Bela Cruz	CE	6.500	82.248	7,90%	41,47843	0,00400	0,00409	0,73569	0,00055	1 (Baixo)	0,00040	1.625
Russas	CE	6.055	68.431	8,85%	46,44036	0,00373	0,00381	0,71788	0,00004	1 (Baixo)	0,00003	1.514
Várzea da Palma	MG	5.754	160.787	3,58%	18,78249	0,00343	0,00362	0,51001	0,04007	1 (Baixo)	0,02044	1.438
João Pinheiro	MG	5.156	677.596	0,76%	3,99371	0,00243	0,00325	0,30209	0,08734	1 (Baixo)	0,02638	1.289
Sousa	PB	5.040	19.781	25,48%	133,72623	0,00315	0,00317	1,13272	0,00142	1 (Baixo)	0,00161	1.260
Parauapebas	PA	4.000	108.029	3,70%	19,43363	0,00239	0,00252	0,32674	0,10473	1 (Baixo)	0,03422	1.000
Santa Cruz Cabralia	BA	3.972	123.189	3,22%	16,92278	0,00235	0,00250	0,30709	0,46331	1 (Baixo)	0,14228	993
Salinópolis	PA	3.886	8.166	47,59%	249,76278	0,00244	0,00245	1,70013	0,00315	1 (Baixo)	0,00536	972
São Gabriel da Palha	ES	3.726	295.566	1,26%	6,61641	0,00199	0,00235	0,20054	0,33405	1 (Baixo)	0,06699	932
Rondonópolis	MT	3.672	1.290.043	0,28%	1,49394	0,00076	0,00231	0,06027	0,05571	1 (Baixo)	0,00336	918
Barcarena	PA	3.660	379.473	0,96%	5,06214	0,00185	0,00231	0,17525	0,00076	1 (Baixo)	0,00013	915
Icapuí	CE	3.614	51.670	6,99%	36,70997	0,00221	0,00228	0,39339	0,00001	1 (Baixo)	0,00000	904
Tianguá	CE	3.197	280.895	1,14%	5,97356	0,00168	0,00201	0,14012	0,11766	1 (Baixo)	0,01649	799
Cabrobó	PE	3.168	95.117	3,33%	17,48080	0,00188	0,00200	0,22503	0,00052	1 (Baixo)	0,00012	792
Mamanguape	PB	3.150	112.160	2,81%	14,74032	0,00185	0,00198	0,20491	0,30366	1 (Baixo)	0,06222	788
Pinheiros	ES	3.078	725.364	0,42%	2,22714	0,00107	0,00194	0,05831	0,19613	1 (Baixo)	0,01144	770
Marabá	PA	3.000	171.163	1,75%	9,19911	0,00168	0,00189	0,14919	0,01023	1 (Baixo)	0,00153	750
Aimorés	MG	2.970	68.824	4,32%	22,64909	0,00179	0,00187	0,23689	0,07844	1 (Baixo)	0,01858	742
São Domingos do Norte	ES	2.829	171.515	1,65%	8,65695	0,00158	0,00178	0,12713	0,42564	1 (Baixo)	0,05411	707
Glória	BA	2.711	19.232	14,10%	73,98427	0,00168	0,00171	0,52018	0,00603	1 (Baixo)	0,00314	678
Colatina	ES	2.683	390.195	0,69%	3,60889	0,00122	0,00169	0,05814	0,30662	1 (Baixo)	0,01783	671
Vila Pavão	ES	2.645	150.918	1,75%	9,19854	0,00148	0,00167	0,11230	0,26217	1 (Baixo)	0,02944	661
Abaetetuba	PA	2.563	555.122	0,46%	2,42323	0,00095	0,00161	0,02067	0,00064	1 (Baixo)	0,00001	641
Mantena	MG	2.449	42.674	5,74%	30,12033	0,00149	0,00154	0,22701	0,17692	1 (Baixo)	0,04016	612
Limoeiro do Norte	CE	2.374	129.617	1,83%	9,61287	0,00134	0,00150	0,08723	0,00004	1 (Baixo)	0,00000	594
Mucuri	BA	2.259	164.707	1,37%	7,19844	0,00123	0,00142	0,05652	0,35361	1 (Baixo)	0,01999	565
São Sebastião	AL	2.249	60.464	3,72%	19,52212	0,00134	0,00142	0,13989	0,49114	1 (Baixo)	0,06871	562
Rio do Fogo	RN	2.240	34.108	6,57%	34,46879	0,00137	0,00141	0,23091	0,07779	1 (Baixo)	0,01796	560
Conceição da Barra	ES	2.227	150.135	1,48%	7,78525	0,00122	0,00140	0,05803	0,46861	1 (Baixo)	0,02719	557
Concórdia do Pará	PA	2.220	189.270	1,17%	6,15610	0,00117	0,00140	0,04345	0,00111	1 (Baixo)	0,00005	555

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Rio Real	BA	2.202	216.884	1,02%	5,32873	0,00113	0,00139	0,03365	0,49171	1 (Baixo)	0,01655	550
Aracati	CE	2.186	54.428	4,02%	21,07959	0,00131	0,00138	0,14290	0,00005	1 (Baixo)	0,00001	546
Curaçá	BA	2.045	97.134	2,11%	11,04985	0,00117	0,00129	0,06307	0,00090	1 (Baixo)	0,00006	511
Peixe-Boi	PA	2.000	10.373	19,28%	101,19520	0,00125	0,00126	0,60551	0,00230	1 (Baixo)	0,00139	500
São José de Mipibu	RN	1.908	91.348	2,09%	10,96260	0,00109	0,00120	0,04810	0,36001	1 (Baixo)	0,01732	477
São Luís do Curu	CE	1.901	4.836	39,31%	206,31468	0,00119	0,00120	1,22297	0,00147	1 (Baixo)	0,00180	475
Caucaia	CE	1.893	20.837	9,08%	47,68148	0,00117	0,00119	0,27309	0,00682	1 (Baixo)	0,00186	473
Ibirapuã	BA	1.841	100.654	1,83%	9,59969	0,00104	0,00116	0,03163	0,27928	1 (Baixo)	0,00883	460
Cruz	CE	1.813	36.882	4,92%	25,79988	0,00110	0,00114	0,13195	0,00050	1 (Baixo)	0,00007	453
Marco	CE	1.753	23.680	7,40%	38,85389	0,00108	0,00110	0,20470	0,00061	1 (Baixo)	0,00012	438
Vera Cruz	RN	1.650	18.000	9,17%	48,11115	0,00102	0,00104	0,24926	0,18931	1 (Baixo)	0,04719	412
Araguaína	TO	1.641	53.595	3,06%	16,07010	0,00097	0,00103	0,05321	0,00251	1 (Baixo)	0,00013	410
Pentecoste	CE	1.627	16.366	9,94%	52,17702	0,00101	0,00102	0,27118	0,00155	1 (Baixo)	0,00042	407
Tacaratu	PE	1.560	9.331	16,72%	87,74668	0,00097	0,00098	0,47697	0,01361	1 (Baixo)	0,00649	390
Anagé	BA	1.487	4.451	33,41%	175,34270	0,00093	0,00094	0,99258	0,01163	1 (Baixo)	0,01155	372
Teresina	PI	1.388	43.343	3,20%	16,80757	0,00082	0,00087	0,03089	0,00082	1 (Baixo)	0,00003	347
Jaguaribe	CE	1.324	9.639	13,74%	72,09254	0,00082	0,00083	0,35753	0,00034	1 (Baixo)	0,00012	331
Vigia	PA	1.260	14.468	8,71%	45,70843	0,00078	0,00079	0,19244	0,00244	1 (Baixo)	0,00047	315
Aparecida	PB	1.248	4.511	27,67%	145,20316	0,00078	0,00079	0,78633	0,00068	1 (Baixo)	0,00054	312
Bom Jardim	PE	1.162	26.540	4,38%	22,97944	0,00070	0,00073	0,04468	0,20312	1 (Baixo)	0,00908	290
Curuçá	PA	1.112	28.761	3,87%	20,29248	0,00067	0,00070	0,02291	0,00254	1 (Baixo)	0,00006	278
Nova Timboteua	PA	1.091	27.764	3,93%	20,62420	0,00065	0,00069	0,02269	0,00227	1 (Baixo)	0,00005	273
Fortim	CE	1.082	17.648	6,13%	32,17852	0,00066	0,00068	0,09176	0,00004	1 (Baixo)	0,00000	270
São João do Rio do Peixe	PB	1.080	10.086	10,71%	56,20036	0,00067	0,00068	0,23578	0,00191	1 (Baixo)	0,00045	270
Horizonte	CE	1.055	6.867	15,36%	80,63428	0,00066	0,00066	0,37929	0,00554	1 (Baixo)	0,00210	264
São Gonçalo do Amarante	CE	1.056	9.365	11,28%	59,18211	0,00065	0,00067	0,25103	0,00252	1 (Baixo)	0,00063	264
Santa Luzia do Pará	PA	975	18.675	5,22%	27,40175	0,00059	0,00061	0,05137	0,00268	1 (Baixo)	0,00014	244
Governador Valadares	MG	960	9.413	10,20%	53,52756	0,00059	0,00060	0,20671	0,12700	1 (Baixo)	0,02625	240
Ilha das Flores	SE	955	20.513	4,66%	24,43478	0,00058	0,00060	0,03126	0,32430	1 (Baixo)	0,01014	239
Porto de Moz	PA	878	20.502	4,28%	22,47670	0,00053	0,00055	0,01111	0,00242	1 (Baixo)	0,00003	220
Parnaíba	PI	845	20.713	4,08%	21,41155	0,00051	0,00053	0,00110	0,00084	1 (Baixo)	0,00000	211
Picos	PI	760	8.431	9,01%	47,31173	0,00047	0,00048	0,14772	0,00004	1 (Baixo)	0,00001	190
Floriano	PI	720	7.107	10,13%	53,17169	0,00044	0,00045	0,17846	0,00050	1 (Baixo)	0,00009	180

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Sobral	CE	662	12.324	5,37%	28,19296	0,00040	0,00042	0,02238	0,00189	1 (Baixo)	0,00004	166
Tutóia	MA	641	8.527	7,52%	39,45446	0,00039	0,00040	0,08772	0,00104	1 (Baixo)	0,00009	160
Primavera	PA	629	3.678	17,10%	89,75801	0,00039	0,00040	0,38731	0,00205	1 (Baixo)	0,00079	157
Frecheirinha	CE	613	11.585	5,29%	27,77146	0,00037	0,00039	0,01455	0,00091	1 (Baixo)	0,00001	153
Jatobá	PE	600	1.353	44,35%	232,74896	0,00038	0,00038	1,23829	0,01238	1 (Baixo)	0,01533	150
Guaiúba	CE	577	7.418	7,78%	40,82473	0,00035	0,00036	0,08899	0,06541	1 (Baixo)	0,00582	144
Propriá	SE	575	11.026	5,21%	27,37059	0,00035	0,00036	0,00804	0,27815	1 (Baixo)	0,00224	144
São Gonçalo do Amarante	RN	544	5.937	9,16%	48,09126	0,00034	0,00034	0,12891	0,24632	1 (Baixo)	0,03175	136
Sem-Peixe	MG	525	3.517	14,93%	78,34680	0,00033	0,00033	0,30776	0,23992	1 (Baixo)	0,07384	131
Barroquinha	CE	446	3.454	12,91%	67,77146	0,00028	0,00028	0,23593	0,00054	1 (Baixo)	0,00013	112
Juazeiro do Norte	CE	426	5.915	7,20%	37,79977	0,00026	0,00027	0,05449	0,00616	1 (Baixo)	0,00034	106
Marizópolis	PB	400	1.620	24,69%	129,59232	0,00025	0,00025	0,60026	0,00177	1 (Baixo)	0,00106	100
São João de Pirabas	PA	360	5.115	7,04%	36,93951	0,00022	0,00023	0,04219	0,00253	1 (Baixo)	0,00011	90
Chorrochó	BA	341	1.656	20,59%	108,07577	0,00021	0,00021	0,46528	0,00104	1 (Baixo)	0,00049	85
Santa Helena	PB	320	2.880	11,11%	58,31655	0,00020	0,00020	0,16569	0,00210	1 (Baixo)	0,00035	80
Virgolândia	MG	276	3.488	7,91%	41,53048	0,00017	0,00017	0,06055	0,17242	1 (Baixo)	0,01044	69
Axixá	MA	273	1.198	22,79%	119,60247	0,00017	0,00017	0,52669	0,00219	1 (Baixo)	0,00115	68
Bocaina	PI	250	3.741	6,68%	35,07411	0,00015	0,00016	0,01911	0,00002	1 (Baixo)	0,00000	62
Itaiçaba	CE	235	3.500	6,71%	35,23986	0,00014	0,00015	0,01848	0,00006	1 (Baixo)	0,00000	59
Areia Branca	RN	232	1.937	11,98%	62,86265	0,00014	0,00015	0,18327	0,00001	1 (Baixo)	0,00000	58
Cajazeiras	PB	227	1.182	19,20%	100,79586	0,00014	0,00014	0,40933	0,00459	1 (Baixo)	0,00188	57
Itaitinga	CE	225	3.416	6,59%	34,56997	0,00014	0,00014	0,01339	0,00746	1 (Baixo)	0,00010	56
Sussuapara	PI	215	2.540	8,46%	44,42619	0,00013	0,00014	0,07124	0,00001	1 (Baixo)	0,00000	54
Fagundes	PB	200	2.859	7,00%	36,71556	0,00012	0,00013	0,02351	0,09022	1 (Baixo)	0,00212	50
São João do Piauí	PI	198	1.830	10,82%	56,78693	0,00012	0,00012	0,14326	0,00004	1 (Baixo)	0,00001	50
Itaporanga	PB	192	2.181	8,80%	46,20403	0,00012	0,00012	0,07937	0,00299	1 (Baixo)	0,00024	48
Eusébio	CE	182	418	43,54%	228,52273	0,00011	0,00011	1,16723	0,00414	1 (Baixo)	0,00483	46
Jerumenha	PI	180	1.342	13,41%	70,39702	0,00011	0,00011	0,22261	0,00049	1 (Baixo)	0,00011	45
Poço de José de Moura	PB	160	862	18,56%	97,41975	0,00010	0,00010	0,38184	0,00142	1 (Baixo)	0,00054	40
Prata	PB	160	2.311	6,92%	36,33744	0,00010	0,00010	0,01692	0,00287	1 (Baixo)	0,00005	40
Rubelita	MG	150	1.892	7,93%	41,61064	0,00009	0,00009	0,04735	0,00711	1 (Baixo)	0,00034	38
Icatu	MA	138	2.109	6,54%	34,34289	0,00008	0,00009	0,00261	0,00236	1 (Baixo)	0,00001	34
Cajazeirinhas	PB	130	679	19,15%	100,48654	0,00008	0,00008	0,39688	0,00007	1 (Baixo)	0,00003	32

Município	UF	Produção municipal (R\$ 1.000)	Produção agrícola total municipal (R\$ 1.000)	Percentual produção municipal	QL	IHH	PR	ICn	Probabilidade de ocorrência	Classe de risco	Risco quantitativo	Prejuízo potencial (R\$ 1.000)
Paulista	PB	120	1.290	9,30%	48,82315	0,00007	0,00008	0,08719	0,00002	1 (Baixo)	0,00000	30
São José da Lagoa Tapada	PB	110	1.486	7,40%	38,85153	0,00007	0,00007	0,02652	0,00151	1 (Baixo)	0,00004	28
Aperibé	RJ	105	935	11,23%	58,94025	0,00007	0,00007	0,14600	0,32842	1 (Baixo)	0,04795	26
Coremas	PB	96	1.022	9,39%	49,30088	0,00006	0,00006	0,08744	0,00014	1 (Baixo)	0,00001	24
São José de Ribamar	MA	95	171	55,56%	291,58273	0,00006	0,00006	1,53429	0,00247	1 (Baixo)	0,00379	24
Belém do Piauí	PI	84	798	10,53%	55,24725	0,00005	0,00005	0,12165	0,00002	1 (Baixo)	0,00000	21
São Luís	MA	66	149	44,30%	232,48341	0,00004	0,00004	1,17817	0,00227	1 (Baixo)	0,00267	16
Laranjal	MG	52	563	9,24%	48,47628	0,00003	0,00003	0,07773	0,36614	1 (Baixo)	0,02846	13
Marliéria	MG	53	761	6,96%	36,55321	0,00003	0,00003	0,00661	0,28051	1 (Baixo)	0,00186	13
Naque	MG	53	674	7,86%	41,27150	0,00003	0,00003	0,03480	0,26469	1 (Baixo)	0,00921	13
Bom Jesus	PB	50	646	7,74%	40,62298	0,00003	0,00003	0,03060	0,00322	1 (Baixo)	0,00010	12
Coxixola	PB	48	345	13,91%	73,02246	0,00003	0,00003	0,22390	0,00216	1 (Baixo)	0,00048	12
Fortaleza	CE	46	69	66,67%	349,89928	0,00003	0,00003	1,87717	0,00419	1 (Baixo)	0,00786	12
Patrocínio do Muriaé	MG	45	514	8,75%	45,94981	0,00003	0,00003	0,06188	0,44564	1 (Baixo)	0,02757	11
Primeira Cruz	MA	43	485	8,87%	46,53300	0,00003	0,00003	0,06514	0,00170	1 (Baixo)	0,00011	11
Curral Velho	PB	42	514	8,17%	42,88649	0,00003	0,00003	0,04325	0,01463	1 (Baixo)	0,00063	10
Raposa	MA	40	79	50,63%	265,74629	0,00003	0,00003	1,37397	0,00210	1 (Baixo)	0,00288	10
Parelhas	RN	33	432	7,64%	40,09263	0,00002	0,00002	0,02559	0,00023	1 (Baixo)	0,00001	8
TOTAL		1.397.250	21.947.771									727.745

UF= Unidade da federação; QL= Quociente locacional; IHH= Índice de Hirschman-Herfindahl; PR= Participação relativa; ICn= Índice de concentração normalizado.

Fonte: Autor (2025).