

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DO AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA MART.*) E SUA RELAÇÃO COM DUAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO BRASIL

Geographical distribution of açai (*Euterpe oleracea Mart.*) and its relationship with two climatic variables in Brazil

Renesky Jean Mary

Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-1660-3637>

renesky26@gmail.com

Peter Löwenberg-Neto

Professor da Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5122-0247>

peter.lowenberg@unila.edu.br

José Mauro Palhares

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Campus Oiapoque

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9311-1049>

jmpalhares@gmail.com

Artigo recebido em janeiro/2026 e abril/2026

RESUMO

O presente estudo investigou a relação entre a distribuição geográfica de *Euterpe oleracea* (açai) no Brasil e duas variáveis climáticas. Foi testada a hipótese de que a distribuição geográfica do *E. oleracea* no Brasil reflete seu nicho ecológico climático, estando positivamente associada com localidades que apresentam condições de temperaturas elevadas e alta precipitação. Os valores das variáveis de temperatura média anual (bio1) e precipitação anual (bio12) foram extraídos para 175 pontos de presença da espécie e para 725 pontos de pseudo-ausência gerados aleatoriamente dentro da extensão de estudo. Os testes estatísticos não paramétricos revelaram diferenças significativas entre os valores dos pontos de presença e dos de pseudo-ausência para ambas as variáveis. A espécie apresentou maior concentração de ocorrência na região Norte do país, em áreas com climas Am e Af, e predominância no bioma Amazônico. Os dados de ocorrência geográfica da espécie mostraram que a média de bio1 nos pontos de presença foi de 25,77°C (interquartil entre 25,45°C e 26,48°C), enquanto a média de bio12 de 2.500 mm (interquartil entre 2.298 mm e 2.758 mm). A análise do espaço climático mostrou que os pontos de presença da espécie se concentram nos valores mais elevados de temperatura e precipitação, confirmando a hipótese testada. Os resultados deste estudo fornecem informações básicas para a conservação e o manejo sustentável da espécie no Brasil, especialmente em cenários de mudanças climáticas.

Palavras-chave: Biogeografia; Espaço Climático; Nicho Ecológico.

ABSTRACT

The present study investigated the relationship between the geographic distribution of *Euterpe oleracea* (acai berry) in Brazil and two climatic variables. The hypothesis tested was that the geographic distribution of *E. oleracea* in Brazil reflects its climatic ecological niche, being positively associated with locations that have high temperatures and high precipitation. The values for mean annual temperature (bio1) and annual precipitation (bio12) were extracted for 175 presence points of the species and 725 pseudo-absence points randomly generated within the study extent. Non-parametric statistical tests revealed significant differences between the values of the presence points and the pseudo-absence points for both variables. The species showed a higher concentration of occurrence in the Northern region of Brazil, in areas with Am and Af climates, with predominance in the Amazon biome. The geographic occurrence data for the species showed that the mean bio1 at presence points was 25.77°C (interquartile range between 25.45°C and 26.48°C), while the mean bio12 was 2,500 mm (interquartile range between 2,298 mm and 2,758 mm). The analysis of the climatic space showed that the species' presence points are concentrated in the highest values of temperature and precipitation, confirming the tested hypothesis. The results of this study provide basic information for the conservation and sustainable management of the species in Brazil, especially in the context of climate change.

Keywords: Biogeography; Climate; Ecological Niche.

1. INTRODUÇÃO

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), palmeira emblemática da Amazônia brasileira apresenta frutos de cor roxa escura a preta, valorizados tanto por suas propriedades nutricionais quanto por seu papel central na cultura das comunidades locais (Chaves *et al.*, 2015). Na área da saúde o açaí apresenta importância por seu potencial em atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, cardioprotetoras, gastroprotetoras, hepatoprotetoras, neuroprotetoras e renoprotetoras, além de sua contribuição na regulação de lipídios e glicose, ação antineoplásica e atividades antimicrobianas e antiparasitárias (Amorim *et al.*, 2024; Laurindo *et al.*, 2023). A distribuição geográfica de *Euterpe oleracea* concentra-se, predominantemente, nas regiões Norte e Nordeste, abrangendo três domínios fitogeográficos: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Vaz; Nabout, 2016).

A ocorrência geográfica de uma espécie em um determinado local é intrinsecamente ligada ao seu nicho ecológico. O nicho ecológico de uma espécie representa o conjunto de condições ambientais e recursos que permitem a ela sobreviver, crescer e se reproduzir (Trappes, 2021). Dentre os diversos componentes do nicho ecológico, o clima desempenha um papel fundamental, influenciando diretamente a distribuição geográfica das espécies. O clima afeta a disponibilidade de recursos, a taxa de crescimento, a reprodução e a sobrevivência das espécies, determinando, em grande parte, onde elas podem ocorrer (Peterson *et al.* 2011).

A distribuição geográfica de *E. oleracea* indica que a espécie apresenta associação com condições climáticas. As variáveis climáticas mais relevantes incluem a temperatura do ar e precipitação (Vaz; Nabout, 2016). Além disso, a espécie é altamente dependente da umidade e de

condições específicas encontradas em solos com alta disponibilidade de água, como as áreas de várzea e igapós na região Amazônica (Santos *et al.*, 2021). Em um estudo recente sobre a distribuição geográfica e modelagem de nicho ecológico de açaizeiros na Amazônia, *E. oleracea* demonstrou ser particularmente sensível às mudanças climáticas (Marques *et al.*, 2024). As projeções futuras indicaram uma redução na probabilidade de ocorrência dessa espécie em diversos domínios fitogeográficos brasileiros, incluindo a Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, especialmente no cenário mais pessimista (SSP 585).

Apesar da importância do açaí e do conhecimento geral sobre o papel do nicho ecológico na distribuição de espécies, ainda persiste uma lacuna no entendimento específico de como a temperatura média anual e a precipitação anual estão associadas à sua distribuição geográfica. O presente estudo testou a hipótese de que a distribuição geográfica do *E. oleracea* no Brasil reflete seu nicho ecológico climático, estando positivamente associada com áreas que apresentam condições de temperaturas médias elevadas e alta precipitação. O objetivo deste trabalho foi investigar a relação entre a distribuição do açaí e duas variáveis climáticas, temperatura média anual e precipitação anual, utilizando dados de ocorrência geográfica da espécie e análises estatísticas. Para tanto, foram conduzidas as seguintes etapas: (1) mapeamento da distribuição geográfica do açaí no Brasil; (2) obtenção dos valores de temperatura e precipitação para os pontos de ocorrência da espécie; e (3) teste estatístico para comparar as condições climáticas da espécie com as condições climáticas da área de estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Brasil, país com ampla extensão territorial (8,5 milhões de km²) e diversidade climática e biológica (IBGE, 2022). O relevo do Brasil é majoritariamente constituído por planaltos e depressões (Ross, 2016), e o clima brasileiro possui uma vasta diversidade, com tipos climáticos predominantes como equatorial, tropical, subtropical, semiárido e litorâneo úmido (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Os dados de ocorrência do açaí (*E. oleracea*) foram obtidos do portal *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF). O conjunto inicial dos dados apresentou 725 registros e eles foram filtrados para a extensão geográfica do Brasil e mantidos apenas os registros únicos por localidade (exclusão de duplicatas), resultando em um conjunto de 175 pontos de ocorrência. Os pontos foram mapeados em ambiente SIG, programa QGIS versão 3.34, e a distribuição geográfica da espécie foi comparada com os tipos climáticos de Köppen-Geiger (Kottek *et al.*, 2006), biomas brasileiros (IBGE, 2022), temperatura média anual e precipitação anual (Fick; Hijmans, 2017).

Para verificar a associação entre a distribuição do açaí e as variáveis climáticas, foram realizados testes estatísticos. Foram gerados 725 pontos de pseudo-ausências simples e aleatórias dentro do território brasileiro (Wisiz; Guisan, 2009). Os pontos randomizados dentro da área de estudo serviram como conjunto de controle para a comparação estatística com o conjunto das presenças da espécie. Para os pontos foram extraídos os valores de temperatura média anual (bio1, resolução de 30') (Fick; Hijmans, 2017) e de precipitação anual (bio12, resolução 30') (Fick; Hijmans, 2017).

Para o conjunto de dados de presença os valores das variáveis climáticas foram testados quanto a sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (Royston, 1995). Constatada a não normalidade, tanto para temperatura média anual (bio1) quanto para precipitação anual (bio12), a comparação estatística entre os valores do conjunto de presenças e do conjunto de pseudo-ausências foi conduzido pelo teste de diferenças entre médias não paramétricas (teste Wilcoxon) (Bauer, 1972). Sequencialmente, foram obtidas estatísticas descritivas para os conjuntos de dados e os mesmos foram plotados em um gráfico de dispersão, configurando o espaço climático (Peterson *et al.*, 2011), para verificar a posição dos pontos de presença da espécie em relação ao conjunto de pseudo-ausências. As análises estatísticas foram conduzidas no programa R utilizando os pacotes 'rgbif', 'geodata', 'raster', 'sp' e 'stat'.

3. RESULTADOS

A figura 1 apresenta os pontos de ocorrência geográfica de *E. oleracea*. Observou-se que a espécie apresenta maior concentração na região Norte, com ocorrência predominante nos estados do Pará, Amapá e Amazonas. A espécie também ocorre em outros estados brasileiros, incluindo Maranhão, Tocantins, São Paulo e Espírito Santo. A sobreposição da distribuição geográfica de *E. oleracea* com a classificação climática de Köppen-Geiger (Figura 1) permitiu analisar a relação entre a presença da espécie e os diferentes regimes climáticos do Brasil. Este mapa destacou os tipos climáticos predominantes nas áreas de ocorrência do açaí. Conforme a classificação de Köppen-Geiger, a Região Amazônica encontra-se no grupo de clima tropical chuvoso (A), onde as temperaturas médias mensais são superiores a 30 graus Celsius. A espécie concentra-se principalmente nas regiões com tipos climáticos Am e Af.

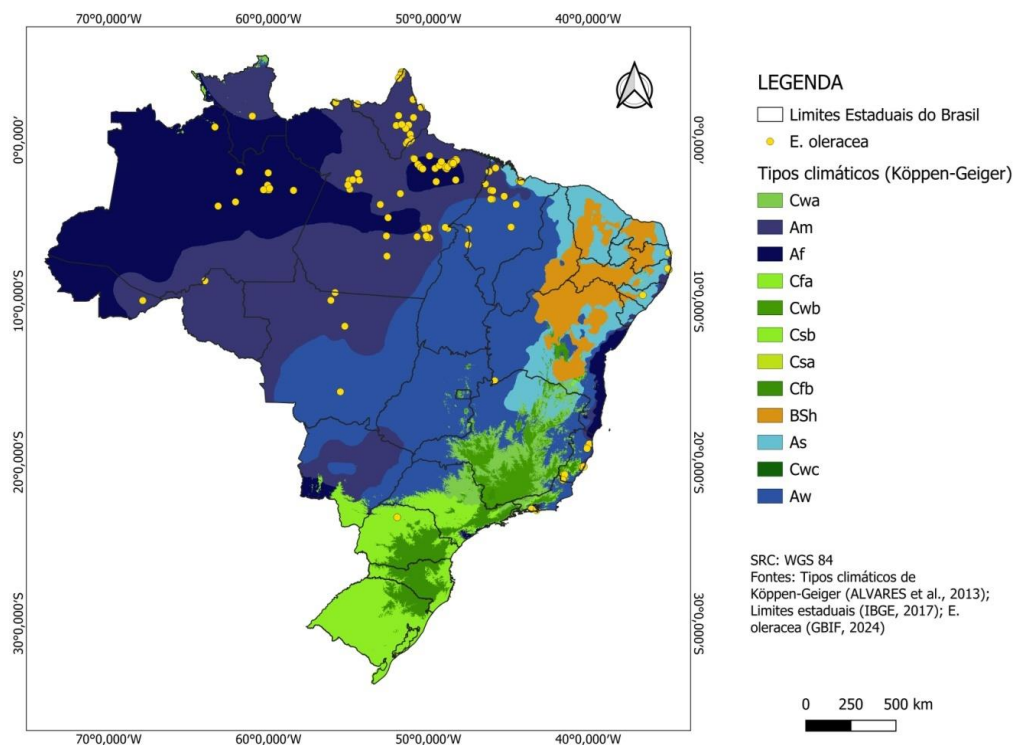


Figura 1 - Mapa da distribuição geográfica do *E. oleracea* com os tipos climáticos de Köppen-Geiger.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A distribuição geográfica de *E. oleracea* está intrinsecamente associada aos biomas úmidos do Brasil, com predominância na Amazônia (com uma porcentagem de 88,7% das ocorrências, especialmente em várzeas e igapós, onde solos hidromórficos e pluviosidade acima de 2.500 mm/ano favorecem seu desenvolvimento), ocorrências secundárias isoladas no Cerrado (veredas e matas de galeria) e registros isolados na Mata Atlântica (cultivos experimentais em restingas), sendo ausente naturalmente em biomas com déficit hídrico (Caatinga) ou solos não adaptados (Pantanal e Pampa), conforme demonstrado por Henderson (1995).

A figura 2 apresenta os pontos de distribuição da espécie e os valores de temperatura média anual. Os dados de presença da espécie revelaram que a temperatura média de sua ocorrência é de 25,77°C, apresentando o interquartil entre 25,45°C e 26,48°C (Tabela 1).

Tabela 1: Estatísticas descritivas de temperatura média anual (bio 1) e precipitação anual (bio 12) para os pontos de presença de *E. oleracea* no Brasil (n = 175).

	Temperatura média anual	Precipitação anual
Mínimo	18,58°C	935 mm
1º quartil	25,45°C	2298 mm
Mediana	25,91°C	2576 mm
Média	25,77°C	2500 mm
3º quartil	26,48°C	2758 mm
Máximo	27,60°C	3448 mm

Fonte: Elaborado pelos autores

A análise estatística mostrou que o conjunto de dados de presença diferiu significativamente do conjunto de dados de pseudo-ausências nos valores de temperatura média anual ($W = 105.763$, $p < 0,001$).

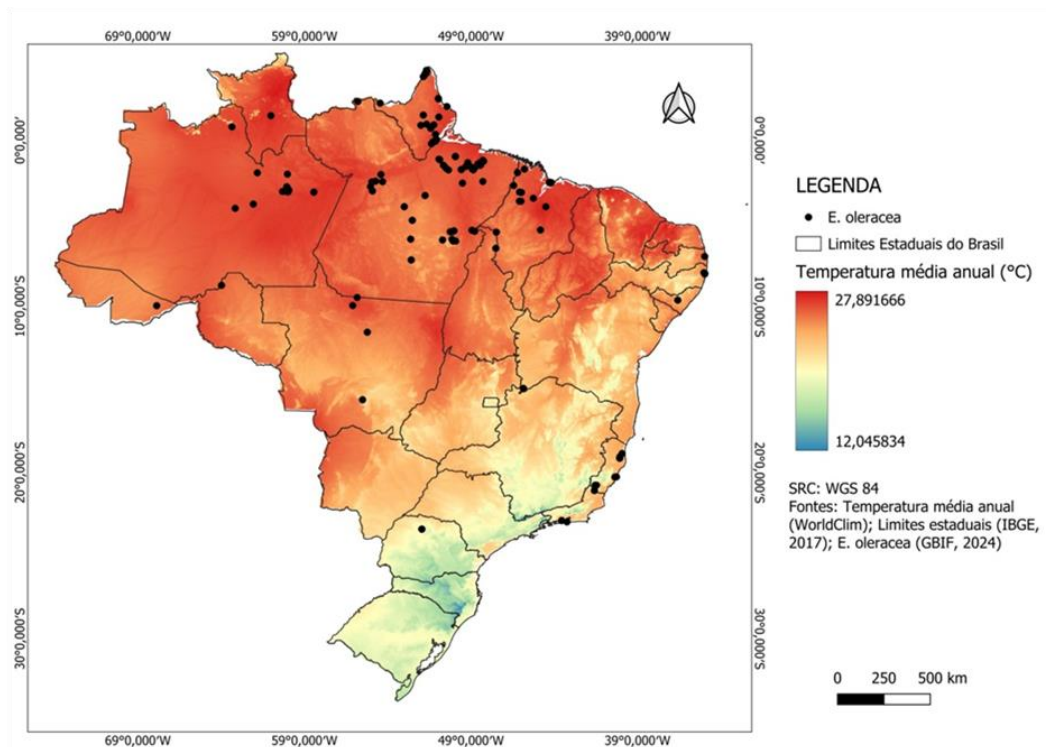


Figura 2 - Mapa da distribuição geográfica do *E. oleracea* e temperatura média anual.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A precipitação anual foi apresentada na Figura 3. A espécie apresentou uma concentração marcante nas regiões com maior precipitação, particularmente na Amazônia e em certas regiões litorâneas do Nordeste e Sudeste. Os dados de presença revelaram que a precipitação anual da espécie foi, em média, de 2.500 mm, apresentando o interquartil entre 2.298 mm e 2.758 mm (Tabela 1). A análise estatística mostrou que o conjunto de dados de presença diferiu significativamente do conjunto de dados de pseudo-ausências nos valores de precipitação anual ($W = 60.500$, $p < 0,001$).

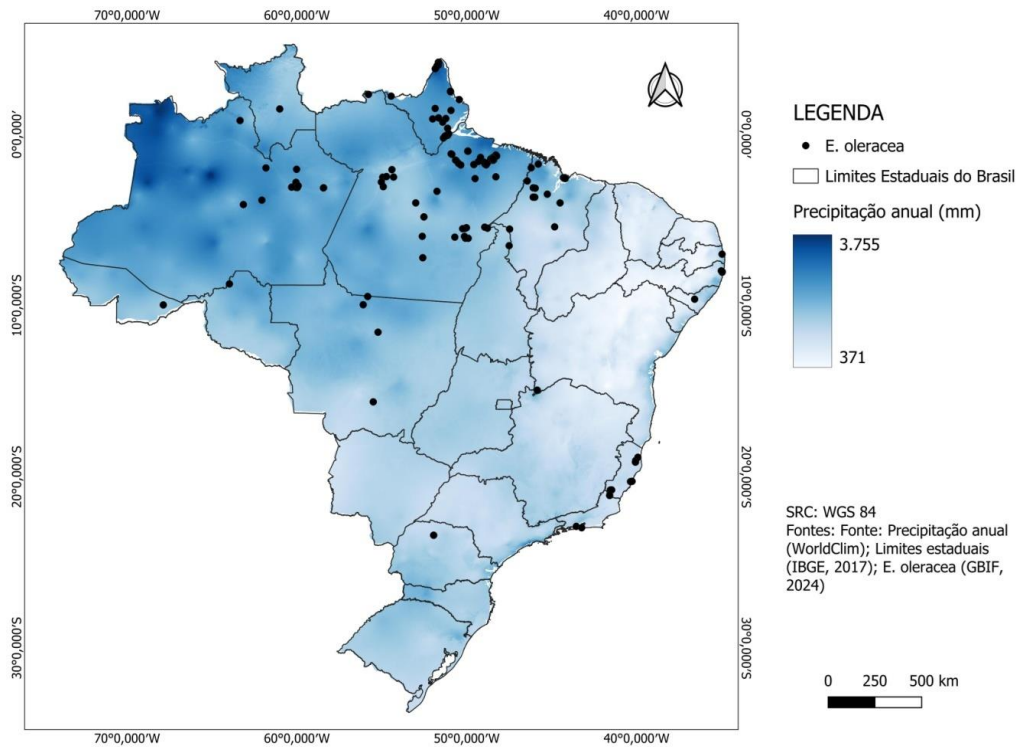


Figura 3 - Mapa da distribuição geográfica do *E. oleracea* e precipitação anual.
Fonte: Elaborado pelos autores

Os testes estatísticos mostraram que tanto os valores de temperatura quanto os de precipitação dos pontos de presença foram significativamente diferentes dos valores dos pontos de pseudo-ausências. No entanto, ao plotar os pontos de presença e pseudo-ausências no espaço climático (Figura 4) observou-se que, além de serem diferentes, os pontos de presença ocorreram nos valores mais elevados de temperatura média anual e de precipitação anual da área de estudo.

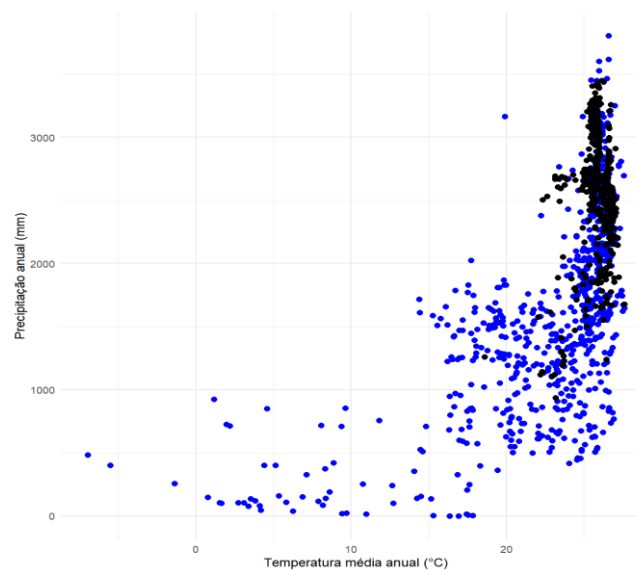


Figura 4 - Espaço climático dos pontos de presença de *E. oleracea* (pretos) e dos pontos de pseudo-ausências (azul) em relação a duas variáveis climáticas, temperatura média anual (x) e precipitação anual (y) no Brasil.
Fonte: Elaborado pelos autores.

4. DISCUSSÃO

A espécie apresenta uma nítida concentração na Amazônia Legal, especialmente nos estados do Pará, Amapá, Amazonas e Maranhão, áreas caracterizadas por elevadas temperaturas médias anuais e alta umidade relativa do ar. Essa distribuição está intimamente ligada aos tipos climáticos Am (tropical de monção) e Af (equatorial úmido) da classificação de Köppen-Geiger, que proporcionam as condições ideais para o desenvolvimento da espécie.

Os resultados obtidos por meio de testes estatísticos demonstram que tanto os valores de temperatura quanto os de precipitação nos pontos de presença da espécie foram significativamente diferentes dos valores encontrados nos pontos de pseudo-ausências. Essa distinção estatística já sugere uma preferência da espécie por determinadas condições climáticas. A análise mais aprofundada, ao plotar os pontos de presença e pseudo-ausências no espaço climático, revelou que os pontos de presença se concentram nos valores mais elevados de temperatura média anual e de precipitação anual da área de estudo. Essa constatação corrobora a hipótese de que o açaí apresenta uma forte relação positiva com áreas de elevada temperatura média anual e precipitação anual.

Sua ocorrência natural está intrinsecamente associada a áreas de clima tropical úmido, onde as temperaturas médias anuais superam os 22 °C (Vieira *et al.*, 2018). Essa preferência não é apenas uma coincidência, mas sim um reflexo das necessidades fisiológicas da espécie. Estudos demonstram que a germinação e o vigor das sementes do açaí são significativamente favorecidos em temperaturas alternadas entre 20 °C e 30 °C, com resultados ainda mais expressivos quando a temperatura se mantém constante em 30 °C (Gama *et al.*, 2010). Essas condições térmicas otimizam a velocidade de germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas, garantindo um estabelecimento mais rápido e eficiente. A espécie apresenta uma sensibilidade marcante a temperaturas mais baixas e não tolera geadas, especialmente durante as fases iniciais de crescimento, e é vulnerável a temperaturas inferiores a 18 °C (Vieira *et al.*, 2018). Essa sensibilidade climática impõe uma restrição geográfica significativa, limitando a expansão do açaí para regiões de climas subtropicais ou temperados.

A precipitação anual desempenha um papel crucial no ciclo produtivo do açaí. Conforme apontado por Sousa *et al.* (2022), o açaizeiro possui elevadas exigências tanto térmicas quanto hídricas para completar seu ciclo de vida, o que o torna particularmente vulnerável a alterações nos padrões de chuva. Essa dependência da água é ainda mais evidente na Amazônia Oriental, onde a precipitação anual varia entre 1.900 mm e 3.200 mm. Moraes *et al.* (2023) destacam que, nessa região, é essencial que pelo menos 70% da precipitação anual ocorra durante o primeiro semestre do ano para garantir a manutenção da produtividade frutífera. A forte dependência da água é claramente demonstrada pela escassa presença da espécie em áreas com baixa precipitação, como o Nordeste e

parte do Centro-Oeste do Brasil. Nessas regiões, a falta de umidade limita o desenvolvimento do açaizeiro, impedindo que ele complete seu ciclo produtivo de forma eficiente.

O nicho ecológico representa o conjunto de condições ambientais e recursos que permitem a uma espécie sobreviver, crescer e se reproduzir. No caso do açaí, as temperaturas médias elevadas e a alta precipitação parecem ser elementos cruciais para a manutenção de suas funções vitais. A preferência por essas condições climáticas reflete as adaptações fisiológicas e morfológicas da espécie, que a tornam mais competitiva e eficiente em ambientes com essas características. A distribuição geográfica do açaí, portanto, é um reflexo de seu nicho ecológico, demonstrando que a espécie se encontra em áreas onde as condições ambientais são mais favoráveis à sua sobrevivência e reprodução (Vaz; Nabout, 2016).

O conhecimento detalhado sobre as condições climáticas para o açaí é fundamental para a conservação e o manejo sustentável da espécie. A compreensão de seu nicho ecológico, definido pelas temperaturas e níveis de precipitação adequados, é essencial para prever como as mudanças climáticas podem afetar sua distribuição geográfica (Marques *et al.*, 2024). Atualmente, a limitação desse conhecimento dificulta a elaboração de estratégias eficazes de conservação e manejo. A compreensão das condições climáticas ideais para a espécie é crucial para prever e mitigar os impactos das mudanças climáticas em sua distribuição geográfica, garantindo a manutenção da produção e o uso sustentável desse recurso natural brasileiro.

5. CONCLUSÃO

Este estudo corroborou a hipótese de que a distribuição geográfica do açaí (*Euterpe oleracea*) no Brasil está intrinsecamente ligada ao seu nicho ecológico climático, com forte associação positiva com áreas de elevadas temperaturas médias anuais e alta precipitação. Os resultados obtidos fornecem informações valiosas para a conservação e o manejo sustentável do açaí, especialmente em um contexto de mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, I. S.; AMORIM, D. S.; GODOY, H. T.; MARIUTTI, L. R. B.; CHISTÉ, R. C.; DA SILVA PENA, R.; BOGUSZ JUNIOR, S.; CHIM, J. F. Amazonian palm tree fruits: From nutritional value to diversity of new food products. *Heliyon*, v. 6, n. 10, p. e24054, 2024.
- BAUER, D. F. Constructing confidence sets using rank statistics. *Journal of the American Statistical Association*, v. 67, n. 339, p. 687-690, 1972.
- CHAVES, G. P.; FURTADO, L. G.; CARDOSO, D. M.; SOUSA, F. F. A importância sociocultural do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na Amazônia Brasileira. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*,

n. 3, p. 1-16, 2015.

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

GAMA, J. S. N.; MONTE, D. M. D. O.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. D. L. A.; BRAGA JÚNIOR, J. M. Temperaturas e substratos para germinação e vigor de sementes de *Euterpe oleracea* Mart. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 664-670, 2010.

GBIF - GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. *Euterpe oleracea* Mart. Disponível em: <https://www.gbif.org/species/5293398>. Acesso em: 15 nov. 2024.

HENDERSON, A. **Palms of the Amazon**. New York: Oxford University Press, 1995. 362p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente no Brasil em 1º de julho de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>. Acesso em: 15 nov. 2024.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LAURINDO, L. F.; BARBALHO, S. M.; ARAÚJO, A. C.; GUIGUER, E. L.; MONDAL, A.; BACHTEL, G.; BISHAYEE, A. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) in Health and Disease: A Critical Review. **Nutrients**, Basel, v. 15, n. 4, p. 989, 2023.

MARQUES, M. J.; BEZERRA, C. de S.; TOMAZ, J. S.; LOPES, R.; WREGE, M. S.; AGUIAR, A. V.; RAMOS, S. L. F.; MENESES, C. H. S. G.; FRAXE, T. J. P.; LOPES, M. T. G. Prediction of geographic distribution and ecological niche modeling of açai palm trees in the Amazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 54, e78108, 2024.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2007. 208p.

MORAES CORDEIRO, A. L.; DA SILVA, F. S.; SILVA, A. M.; DE SOUZA COSTA, C. E. A.; SANTANA, L. R. Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na região hidrográfica da Calha Norte, Estado Do Pará, Brasil. **Fronteira: journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 12, n. 2, p. 159-170, 2023.

PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. Ecological niches and geographic distributions. In: PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; PEARSON, R. G. **Ecological niches and geographic distributions**. Princeton University Press, 2011.

ROSS, J. L. S. O relevo brasileiro no contexto da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 61, n. 1, p. 21-58, 2016.

ROYSTON, P. Remark AS R94: A remark on Algorithm AS 181: The W test for normality. **Applied Statistics**, v. 44, p. 547-551, 1995.

SANTOS, A. C.; FREITAS, J. L.; CRUZ JUNIOR, F. O Mapping of natural populations of *Euterpe oleracea* Mart., structure and estimates of fruit production at Araguari River, Eastern Amazon.

Scientia Forestalis, v. 49, n. 132, e3714, 2021.

SOUSA et al. Acai palm base temperatures and thermal time requirements in eastern Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 57, e01667, 2022.

TRAPPES, R. Defining the niche for niche construction: evolutionary and ecological niches. **Biology & Philosophy**, v. 36, n. 3, p. 1-20, 2021.

VAZ, Ú. L.; NABOUT, J. C. Using ecological niche models to predict the impact of global climate change on the geographical distribution and productivity of *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) in the Amazon. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 2, p. 290-295, 2016.

VIEIRA, A. H.; RAMALHO, A. R.; NETO, C. R.; CARARO, D. C.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; WADT, P. G. S.; SOUZA, V. F. (Ed.). **Cultivo do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Martius) no Noroeste do Brasil**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2018. 90p.

WISZ, M.; GUIBAN, A. Do pseudo-absence selection strategies influence species distribution models and their predictions? An information-theoretic approach based on simulated data. **BMC Ecology**, v. 9, n. 8, 2009.