

**Sinergias entre ações antrópicas e econômicas sobre a degradação da produção de babaçu no Estado do Maranhão, Brasil**

**Synergies between anthropogenic and economic factors affecting the decline in babassu production in the State of Maranhão, Brazil**

**José de Jesus Sousa Lemos**

Universidade Federal do Ceará - UFC. Fortaleza, CE. Brasil. Pesquisador e Bolsista de Produtividade do CNPq

**GT4. Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas**

**Resumo.** Esta pesquisa buscou aferir a sinergia entre variáveis antrópicas e econômicas sobre a devastação das palmeiras de babaçu no Maranhão entre os anos de 1986 e 2024. Utilizou-se dados do IBGE, do MapBiomas e informações primárias. Estimou-se a evolução da produção de babaçu no período estudado e exercitou-se projeções para os dez anos seguintes (2025/2034). Usou-se modelo ARIMA (1,1,0) para fazer a projeção da produção de babaçu e redes neurais artificiais (RNA) para capturar os efeitos das variáveis antrópicas e econômicas sobre a evolução da produção de babaçu. Os resultados mostraram que há uma tendência de queda contínua da produção de babaçu, projetando-se valores que equivalerão a pouco mais de 13% em 2034 daqueles que ocorreram em 1986. O estudo mostrou que os principais fatores antrópicos responsáveis pela devastação das palmeiras de babaçu são as áreas com pastagens e as áreas ocupadas com lavouras. A relação de preços do fruto do dendê/preços das amêndoas de babaçu, bem como a relação preço de soja/preço de amendoa de babaçu, demonstraram que a extração das amêndoas de babaçu, que são as matérias primas de óleo alimentício e industrial não tem capacidade de competir com os substitutos extraídos do fruto de dendê e dos grãos de soja. A pesquisa mostra que há alternativas de exploração econômica dos outros componentes do coco babaçu.

**Palavras chave:** Produção de dendê; Produção de soja; Óleo laurico; Mesocarpo do babaçu; Endocarpo do babaçu.

**Abstract.** This study sought to assess the synergy between anthropogenic and economic variables regarding the destruction of babassu palm trees in Maranhão between 1986 and 2024. Data from IBGE, MapBiomas, and primary sources were used. The evolution of babassu production during the study period was estimated, and projections were made for the following ten years (2025–2034). An ARIMA (1,1,0) model was used to project babassu production, and artificial neural networks (ANNs) were employed to capture the effects of anthropogenic and economic variables on the evolution of babassu production. The results showed a continuous downward trend in babassu production, with projected values in 2034 amounting to just over 13% of those recorded in 1986. The study revealed that the primary anthropogenic factors responsible for the devastation of babassu palm stands are areas used for pasture and areas occupied by crops. The price ratio of palm fruit to babassu nut prices, as well as the price ratio of soybeans to babassu nut prices, demonstrated that the extraction of babassu nuts—which are the raw materials for edible and industrial oil—cannot compete with substitutes derived from palm fruit and soybeans. The research shows that there are alternatives for the economic exploitation of other components of the babassu coconut.

**Keywords:** Oil palm production; Soybean production; Lauric oil; Babassu mesocarp; Babassu

endocarp.

## 1 - Introdução

Dos recursos naturais ainda abundantes no estado do Maranhão, destaca-se a palmeira de babaçu (*Attalea speciosa*), que surge como cobertura secundária depois da derrubada da floresta nativa. Essa palmeira se caracteriza pela sua capacidade invasora. A zona dos cocais situada nos estados do Maranhão e Piauí, maiores produtores de babaçu do Brasil, originalmente era formada de mata mista dominada por espécies arbóreas folhosas. Com a eliminação dessas espécies, pela ação humana, surgiram as palmeiras de babaçu como floresta secundária e dominante (Wisniewski; Melo, 1981).

O aglomerado dessas palmeiras tem uma das maiores áreas de abrangência no Brasil, em que participam 279 municípios de onze (11) estados brasileiros, ocupando áreas que variam de 13 a 18 milhões de hectares. Também por esta razão essa cadeia é considerada uma das que ainda mantém um dos principais recursos extrativistas do Brasil (Saraiva et al, 2022).

As florestas secundárias de babaçu estão situadas na transição entre Amazônia, Cerrado e Caatinga, incluindo municípios que fazem parte do regime climático do semiárido. A partir dessa ampla dispersão de palmeiras de babaçu que se espalham principalmente pelas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, pode-se extrair alguns produtos derivados que estimulam atividades econômicas com relevância social, econômica e ambiental, sobretudo nos estados maiores produtores que são Maranhão, Piauí e Tocantins (May, 1990; Frazão, 1998; Carazzai et al, 2012; Porro, 2019).

As importâncias econômica e social para as famílias rurais, entre outras razões, decorrem do fato de que a produção e a coleta dos cocos acontecem nos meses em que não há atividades nas áreas rurais, tendo em vistas que ela não coincide com as colheitas anuais de arroz, feijão e milho, as principais lavouras cultivadas nos estados maiores produtores, sobretudo o Maranhão. Isto porque as inflorescências das palmeiras acontecem entre janeiro e abril e os frutos (cocos) ficam maduros e caem entre agosto e dezembro (Amaral Filho, 1990; Teixeira, 2002; Protasio, 2014).

Essas palmeiras são de grande relevância para segmentos da população rural maranhense; as “quebradeiras de coco babaçu”. Uma atividade que as mulheres aprendem ainda na fase de adolescentes com suas mães e avós. Em média as quebradeiras de coco têm jornada diária de 8 horas e produzem, em média, 7kg de amêndoas, que são vendidas no comércio local, em geral para atravessadores, que pagam preços irrisórios. Ainda assim, a

atividade é uma importante fonte de renda numa economia com dificuldades de gerar ocupações com remunerações (Wisniewski; Melo, 1981; AmaralFilho,1990; Frazão, 1998; Lemos, 2015; Porro, 2019).

O fruto do babaçu possui formato elipsoidal e tem massa que varia de 90g a 280 g. O principal produto comercial extraído do fruto da palmeira de babaçu ainda é a amêndoa que representa aproximadamente 7% do seu peso. A sua composição comporta 60% de óleos que tanto podem ser utilizados tanto alimentos como para fins industriais (Calland, et al 2012; Santos, 2008; Afonso, Ângelo 2009).

O IBGE, através da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), apenas divulga a produção e o valor da produção das amêndoas extraídas do coco de babaçu, justamente porque está nessa parte do fruto o item que ainda possui maior relevância econômica para os catadores de coco e para as quebradeiras. A principal motivação desta pesquisa foi buscar entender quais teriam sido as causas da queda na produção de amêndoas e, conseqüentemente, dos frutos durante o período deste estudo (1986/2024).

Contudo, a palmeira de babaçu tem características que a pode tornar numa importante fonte de alimento e de energia renovável, haja vista que do seu fruto, além das amêndoas, podem ser extraídos três outros itens que possuem potenciais como geradores de ocupação e renda ainda não devidamente explorados: epicarpo, mesocarpo e endocarpo.

O epicarpo é a parte mais externa e protetora do fruto. Participa, em média, com 11% do seu peso. As fibras do epicarpo podem ser queimadas, usadas em fornalhas ou mesmo em fogões caseiros para o cozimento de alimentos, além de poderem ser utilizadas como matérias primas para a confecção de peças artesanais (Wisniewski; Melo, 1981; Carrazza et al, 2012).

O mesocarpo tem participação média de 23% no peso do fruto. Constitui-se em importante fonte de amido que pode ser destinado para alimentação animal, humana e pode ser convertido em álcool combustível. Há registros de experiências de utilização do mesocarpo do babaçu como matéria prima usada na formação de merenda escolar em escolas públicas de municípios do Maranhão (Wisniewski; Melo, 1981; Carrazza et al, 2012; Lemos; Souza, 2018).

Segundo informações prestadas por técnicos e dirigentes da Associação em Áreas de Assentamento do Maranhão (ASSEMA), organização não governamental que trabalha com extrativistas de babaçu que tem sede no município de Pedreiras, Maranhão, em abril de 2026 os extrativistas conseguem vender flocos de mesocarpo de babaçu a um preço de R\$10,00/kg.

O Endocarpo representa, aproximadamente, 59% do peso do coco babaçu. Tem composição ligno-celulósica que lhe prover um elevado poder calorífico que pode ser usado

na produção de carvão e tem potencial para ser fonte de geração de energia renovável. Ao contrário da madeira também utilizada como fonte de energia renovável, que precisa ser abatida, não haverá a necessidade de derrubar as palmeiras de babaçu para que elas se tornem fontes desse tipo de energia. Os frutos são produzidos anualmente e apenas precisam ser coletados (Wisniewski, Melo, 1981; Carazzai et al, 2012).

Provavelmente está no endocarpo do babaçu a maior fonte de riqueza dessa palmeira. Trabalho de pesquisa em laboratório realizado por Wisniewski & Melo (1981) através da pirogênese de endocarpo (queima em fornalha), considerando uma densidade de 100 palmeiras por hectare (obviamente, que essa densidade seria obtida por manejo adequado dos babaçuais), esses autores escreveram na página 18 do seu relatório de pesquisa o seguinte:

“Dos diferentes componentes do coco de babaçu cuja produtividade é estimada em 17,600 kg/ha, verifica-se que somente o componente endocarpo atinge o peso de 10,384 kg/ha. Este quantitativo de endocarpo devidamente processado é capaz de gerar 26.934.538 kcal, valor que corresponde ao potencial energético por hectare/ano de cocal desbastado e relativo ao componente endocarpo.”

O estado do Maranhão é o maior produtor de babaçu do Brasil. De acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE (vários anos), entre os anos de 1986 e 2024 (período em que aquela instituição disponibiliza os dados) a relação média entre a produção de amêndoas de babaçu e, em decorrência, do coco, no Maranhão *vis a vis* à que se processou no Brasil, naquele lapso de tempo, foi de 88,01%. O valor da produção relativa das amêndoas de babaçu no Maranhão teve média de 87,30% da produção brasileira (IBGE, vários anos).

Como o IBGE apenas registra a quantidade produzida e o valor da produção anuais de amêndoas de babaçu a partir de 1986, nesta pesquisa esses indicadores são estimados a partir da relação média entre o peso das amêndoas e o peso do fruto que é de aproximadamente 7%.

Com efeito, em 1986 a estimativa da produção de coco babaçu no Brasil era de 2.701.386 toneladas e no Maranhão de 2.035.200 toneladas. Em 2024 a Produção de babaçu no Brasil havia declinado para 365.314 toneladas (13,52% da produção de 1986) e a do Maranhão foi de 307.743 toneladas, ou 15,12% do que era produzido em 1986 (IBGE, 2026).

Constata-se assim um descarte progressivo de palmeiras de babaçu que, se forem mantidas as atuais tendências, pode-se caminhar para um processo de eliminação das palmeiras num prazo não muito remoto, com fortes consequências sociais, econômicas e ambientais.

Os impactos ambientais decorrem, principalmente, do fato das palmeiras serem monocotiledôneas cujo sistema radicular é do tipo fasciculado (em “cabeleira”) apresentando uma rede densa e fibrosa de raízes de calibres semelhantes que partem da base do estipe. As

raízes das palmeiras se concentram entre 40 centímetros a 1 metro de profundidade, com uma densa distribuição espacial no entorno do estipe.

Por causa dessas características esse sistema radicular apresenta uma forte penetração nos solos, tendo várias funções, sendo uma das principais ajudar no controle de erosão. As suas copas atuam como amortecedoras das chuvas que caem, porque as raízes drenam, de forma suave, para o interior do solo as águas precipitadas evitando a erosão do solo. A sua densa folhagem prover a cobertura do solo, evitando-lhe insolação e, em decorrência, perda de umidade e de fertilidade (Lemos; Souza, 2018).

Um detalhe que parece ser convergente é que os agricultores, de diferentes portes, disponibilidades de áreas e atividades, eliminam as palmeiras de babaçu para colocar outras atividades porque não vislumbram vantagens econômicas em permanecerem com as palmeiras nas suas terras. Assim, parte do problema parece estar relacionado com o fato dos agricultores não acreditarem que a extração, sob a forma de coleta do fruto de babaçu em que a retirada das amêndoas ainda é a principal fonte de renda, possa lhes prover resultados melhores do que aqueles que acreditam que obterão com as atividades que colocarão no espaço físico antes ocupados pelas palmeiras de babaçu nascidas “espontaneamente” (Wisniewski, Melo, 1981; May, 1990; Frazão, 1998).

E essa suposição pode ser influenciada pela mudança na demanda de ambos os óleos extraídos da amêndoa do babaçu: o comestível e o industrial (láurico). Para o óleo comestível, ocorreu a substituição por óleos mais acessíveis, sendo o de soja o principal substituto (Teixeira, 2003; Herrmann et al., 2001). O óleo láurico se constitui no outro mercado para o babaçu, tendo o óleo de palmiste, extraído do dendê, como seu principal concorrente (Herrmann et al., 2001).

Ancorado nesse cenário essa pesquisa busca responder à seguinte questão: Qual a participação das ações antrópicas bem como dos preços da soja e do dendê na devastação das palmeiras de babaçu no Maranhão no período 1986/2024?

Para responder a essa pergunta, a pesquisa tem os seguintes objetivos específicos: 1 – Identificar os principais municípios produtores de babaçu no Maranhão entre os anos de 1986 e 2024; 2 – Comparar as evoluções das produções de coco babaçu e soja no Maranhão, bem como comparar com a evolução da produção de dendê no Brasil; 3 – Comparar as evoluções das relações preço dos grãos de soja/preço das amêndoas de babaçu e preço do fruto de dendê/preço de amêndoas de babaçu; 4 – Estimar um modelo que seja capaz de prever a evolução da devastação das palmeiras de babaçu no Maranhão entre os anos de 1986 e 2024, bem como fazer projeções do que provavelmente acontecerá até o ano de 2034 com

probabilidade de erro estimada; 5 – Aferir em que proporções as ações antrópicas, bem como a relação do preço da amêndoa de babaçu com os preços dos seus concorrentes (dendê e soja) corroboraram com esse processo de devastação dos babaçuais do Maranhão.

As concorrências de preços das amêndoas do babaçu ocorrem com os derivados do dendê (óleo de palma extraído da poupa do fruto e o palmiste extraído da semente). No caso da soja a concorrência se dá com os preços dos grãos. Assume-se nesta pesquisa que variações nos preços das matérias primas originais devem afetar os preços dos produtos que lhes são extraídos. A matéria prima do dendê é o seu fruto.

### **3 – MATERIAL E MÉTODO.**

O estudo utiliza dados de duas fontes secundárias e uma primária. A primeira fonte é a Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE de onde se extraem as evoluções das produções anuais de amêndoa de babaçu para o Maranhão no período 1986/2024. Com base na participação relativa do peso das amêndoas (7%) em relação ao peso do fruto, estima-se indiretamente as produções anuais de babaçu no período investigado.

Nas PAM também se coletam as evoluções das produções anuais, valores das produções e preços da soja produzida no Maranhão. Como o óleo de dendê concorre com o óleo de amêndoas de babaçu e os estados maiores produtores de dendê são o Pará e a Bahia, a pesquisa utiliza os dados das produções, valores das produções dos frutos do dendê para o Brasil no mesmo período. Todos os valores e preços são corrigidos em Reais de 2024 utilizando o Índice Geral de Preços da Fundação Getúlio Vargas (IGP).

As variáveis decorrentes das ações antrópicas que, por hipótese, devem ter contribuído para a devastação das palmeiras de babaçu, áreas com lavouras permanentes e temporárias bem como áreas com pastagens foram buscadas junto ao MapBiomass, e também cobrem o período avaliado na pesquisa (MapBiomass, 2023; MapBiomass, 2024). As fontes primárias de informações foram buscadas por contato telefônico com Dirigentes, associados e Técnico da Associação em áreas de assentamento do Maranhão (ASSEMA).

#### **3.1. Metodologia adotada para atingir o primeiro objetivo da pesquisa**

No primeiro objetivo o estudo buscou identificar os principais municípios produtores de babaçu no estado do Maranhão entre os anos de 1986 e 2024. Para tanto são identificados todos aqueles, dentre os 217 do estado, que tiveram produções de babaçu naquele lapso de tempo. Calculam-se as médias aritméticas das produções observadas ao longo dos 39 anos estudados. Em seguida se hierarquizam esses municípios, em ordem crescente das médias de produção entre 1986 e 2024 e identificam-se os 20 municípios maiores produtores de babaçu naquele

período. Além disso, os 217 municípios maranhenses são hierarquizados em ordem crescente das quantidades médias produzidas. Tendo sido feito esse ranking crescente os municípios são agrupados em quintis. No primeiro quintil estarão os municípios com menores médias na produção de babaçu e no quinto quintil estarão os municípios que produziram as maiores médias no período 1986/2024. São estimadas as produções mínimas, máximas e médias por quintis.

### 3.2 – Metodologia adotada para atingir o segundo e o terceiro objetivos da pesquisa.

O segundo objetivo da pesquisa buscou avaliar as evoluções das produções de babaçu e soja no Maranhão e de dendê no Brasil. No terceiro objetivo a pesquisa buscou comparar as evoluções da relação dos preços das amêndoas de babaçu *vis a vis* preços de soja e do fruto do dendê entre os anos de 1986 e 2024. Para tanto estimam-se os preços médios em quilogramas das amêndoas de babaçu, dos frutos do dendê e dos grãos de soja e executa-se os procedimentos definidos a seguir.

As Pesquisas Agrícolas Municipais do IBGE divulgam os valores médios anuais das produções ( $VP_{it}$ ) das quantidades de amêndoas, das quantidades dos frutos de dendê e das quantidades de grãos de soja. Os  $VP_{it}$  das quantidades de amêndoas de babaçu e das quantidades de grãos de soja, são os observados para o Maranhão no período investigado. Para o dendê, em que a produção do estado não tem expressão econômica comparativamente à que é feita na Bahia e no Pará, utilizaram-se os  $VP_{it}$  observados para o Brasil. Por definição o valor da produção de uma atividade agrícola “i” observada no ano “t” pode ser expressa de acordo com a seguinte equação, computando-se as produções quilogramas e os preços em reais por quilograma ( $R\$.t^{-1}$ ).

$$VP_{it} = P_{it} \cdot Q_{it} \quad (2)$$

Na equação (2), a variável  $P_{it}$  é o preço médio estimado e recebido pelos agricultores produtores no t-ésimo ano da i-ésima lavoura ( $i = 1, 2, 3$ );  $Q_{it}$  é a quantidade produzida em quilogramas e comercializada do i-ésimo produto no t-ésimo ano. Os valores da produção e os preços foram corrigidos para reais de 2024, utilizando-se o índice geral de preços da Fundação Getúlio Vargas (IGP). A equação (2) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$P_{it} = (VP_{it}) / (Q_{it}) \quad (3)$$

Desta definição depreende-se que será possível estimar o preço recebido pelos produtores de um bem agrícola dispondo-se das informações do valor da produção e das quantidades produzidas desse produto. Foi dessa forma que os preços foram estimados para as amêndoas de babaçu, para os frutos do dendê e para os grãos de soja.

Para aferir as evoluções das produções de babaçu, dendê e soja (segundo objetivo da pesquisa), são estimadas as taxas geométricas de crescimento (TGC) dessas variáveis. Para aferir se os preços recebidos pelos produtores de amêndoas de babaçu são competitivos em relação aos preços recebidos pelos produtores dos grãos de soja e dos frutos do dendê (terceiro objetivo) são estimadas as TGC das

seguintes relações: preço dos grãos de soja/preço de amêndoa de babaçu; preço do fruto do dendê/ preço de amêndoa de babaçu.

Para estimar as TGC da variável  $Y_t$  parte-se da equação (4), mostrada a seguir.

$$Y_t = \alpha \cdot e^{(\rho T + \epsilon_t)} \quad (4)$$

Na equação (4) a variável dependente  $Y_t$ , tanto pode ser a produção em toneladas de babaçu, dendê e soja, como representar a relação preço de soja/ preço de amêndoa de babaçu; a relação preço do fruto do dendê/ preço de amêndoa de babaçu. A constante “e” se constitui na base dos logaritmos naturais, e a variável T ( $T = 0, 1, 2, \dots, n$ ) é o tempo. Tomando-se o logaritmo natural da equação (4) ela se transforma na equação (4a) que está definida a seguir:

$$\log(Y_t) = \beta + \rho T + \epsilon_t \quad (4a)$$

Caso se calcule a derivada de  $\log(Y_t)$  em relação ao tempo (T), o coeficiente  $\rho$  será a taxa geométrica de crescimento instantâneo (TGC) de  $Y_t$  no período analisado. Multiplicando-se esse valor por 100, a TGC é avaliada em percentual. O coeficiente log-linear  $\beta = \log \alpha$  assume o valor de  $\log(Y_t)$  no tempo zero, 1986 neste caso. O termo de erro  $\epsilon_t$ , por hipótese, atende aos pressupostos do modelo linear clássico de ter média zero, variância constante e não ser autorregressivo. Sendo assim  $\beta$  e  $\rho$  podem ser estimados utilizando-se o método dos mínimos quadrados ordinários. Caso a TGC seja estatisticamente igual a zero, a variável  $Y_t$  ficou estagnada no período avaliado. Caso seja estatisticamente maior do que zero, significa que a variável teve tendência positiva. Caso a TGC seja negativa a variável experimentou tendência negativa ao longo do tempo (Gujarati e Porter, 2009; Woodridge, 2015).

### 3.4 – Metodologia adotada para atingir o quarto objetivo da pesquisa.

No quarto objetivo da pesquisa se estimou um modelo para prever a evolução da produção de babaçu no Maranhão no período 1986/2024, bem como fazer projeções para o período 2025/2034.

O modelo preditivo utilizado é o ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*) criado por (Box; Jenkins, 1976 ; Box et al 2015). Esse modelo é amplamente utilizado para fazer a previsão de séries temporais uni-variadas que sejam estacionárias nas médias e nas variâncias. Este modelo é representado como ARIMA (p,d,q), onde:  $p$  é a ordem de defasagens da parte autorregressiva (AR);  $d$  é o número de diferenças necessárias para tornar a série estacionária (integração), caso não apresente originalmente essa característica;  $q$  é a ordem de defasagem da média móvel (MA). O modelo ARIMA utilizado está mostrado na equação (5).

$$Y_t = \beta_0 + \{\sum \beta_i Y_{(t-i)}\} + \{\sum p_i [\epsilon_t - \epsilon_{(t-i)}]\} + \epsilon_t \quad (5)$$

Na equação (5)  $Y_t$  é variável dependente no tempo  $t$  e que se pretende projetar. O coeficiente linear  $\beta_0$  é uma constante que pode permanecer ou não no modelo a ser ajustado, dependendo da sua interferência na sua qualidade estatística;  $Y_{(t-i)}$  é a variável independente defasada de  $(t-i)$  períodos;  $\beta_i$  afere a ponderação de  $Y_{(t-i)}$  na parte autorregressiva. O coeficiente  $\rho_i$  afere a ponderação da parte média móvel. O termo de erro  $\epsilon_t$ , precisará atender às hipóteses de ter distribuição normal, com média zero, variâncias constantes e não ser autorregressivo (Pankratz, 1983; Box et al., 2015).

Para estimar o modelo de previsão mostrado na equação (5) foram seguidas as seguintes etapas: 1-Aferir se a série de produção do babaçu é estacionária. 2 – Proceder a Identificação do modelo. Para tanto utiliza-se o teste de Dickey-Fuller ampliado (teste ADF) para verificar a presença de raiz unitária o que significaria que a série não é estacionária e, assim, não pode ser utilizada para fazer previsões.

Detectando-se que a série não é estacionária, como foi o caso desta pesquisa, buscou-se fazer a identificação do modelo, usando as matrizes de autocorrelação (ACF) e a de autocorrelação parcial (PACF) dos resíduos, para definir  $p$  e  $q$ . Em seguida faz-se o diagnóstico dos resíduos, verificando ausência de autocorrelação (teste de Ljung-Box), além dos testes de normalidade e de homocedasticidade. A rejeição da hipótese nula no teste de Ljung-Box indica ausência de autocorrelação nos resíduos.

A acurácia do modelo ajustado foi avaliada utilizando-se os seguintes indicadores: coeficiente de determinação ( $R^2$ ); Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE) que é uma das métricas mais utilizadas para aferir a acurácia de modelos de séries temporais; Critério de Informação Bayesiano BIC), é uma ferramenta estatística que afere a parcimônia do modelo; coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) entre a série observada e os valores previstos,

Tendo sido ajustado o modelo, partiu-se para efetuar os valores previstos das produções de babaçu no período 1986/2024, bem como a sua projeção, com probabilidade fiducial de 95%, para o período 2025/2034.

### **3.4 Metodologia adotada para atingir o quarto objetivo da pesquisa.**

No quarto objetivo a pesquisa buscou aferir de que forma as ações antrópicas, utilizando-se as seguintes variáveis: áreas com pastagens; áreas com lavouras permanentes e temporárias; preços dos grãos de soja/ preço da amêndoa de babaçu; preço do fruto do dendê/ preço da amêndoa de babaçu interferiram no processo de devastação das palmeiras de babaçu no Maranhão no período analisado.

Para alcançar esse objetivo utiliza-se modelo de redes neurais artificiais (RNA). As RNA são parte da inteligência artificial computacional. Uma das principais áreas de aplicação das RNA é na previsão de dados estatísticos multivariados a um só tempo, não lineares e não paramétricos (Sharda, 1992).

Zang et al (1998) ensinam que um dos procedimentos de inteligência artificial computacional normalmente utilizado para prever séries temporais é o treinamento de RNA, que é baseado na arquitetura e aprendizagem do cérebro humano. Desta forma, ainda segundo Zang (1998), as RNA funcionam como o cérebro humano, buscando reconhecer regularidades e padrões de dados sendo capazes de aprender com a experiência e fazer generalizações baseadas em conhecimentos previamente acumulados.

Pode-se imaginar que um modelo RNA funciona com uma rede de “neurônios” artificiais que são organizados em camadas. As variáveis que são utilizadas para fazer a previsão (inputs) de uma variável dependente (output) formam a camada inferior, as variáveis previstas se constituem na camada superior. O modelo RNA também prever a possibilidade da existência de camadas intermediárias, conhecidas como “camadas ocultas”.

As redes neurais artificiais (RNA) têm sido estudadas e usadas na previsão de séries temporais. A principal vantagem das RNA é a capacidade que têm de fazer modelagem não linear flexível, além de apresentar facilidade para analisar sistemas dinâmicos em que as séries não é requerida a característica da série temporal ser necessariamente estacionária. O modelo se ajusta de forma adaptativa com base nas informações resgatadas das próprias informações contidas nos dados que são captadas nos neurônios artificiais e devidamente ponderadas (Zhang; Hutchinson, 2003).

As RNA aprendem a partir de exemplos, capturam as conexões e estruturas que existem nos dados, ainda que tais relações e estruturas não sejam conhecidas. Essa abordagem orientada dessa forma, se mostra adequada para diferentes problemas de pesquisa em que não há informação teórica disponível que seja capaz de orientar num processo de geração adequada de dados (Chen; Titterington, 1994; Hutchinson, 2003).

Numa RNA, os neurônios artificiais são funções em que os dados são estimados e transformados em respostas, num comportamento semelhante aos gerados num modelo de análise de regressão. Essa resposta é repassada para um, ou mais neurônios da rede, de tal modo que, no final do processo, produz um resultado (Morettin; Singer, 2023). Desta forma, segundo Zhang *et al.* (1998), as RNA “imitam” o cérebro humano, buscando reconhecer regularidades

e padrões de dados, sendo capazes de aprender com a experiência e fazer generalizações baseadas em conhecimentos previamente acumulados capturados nos próprios dados.

Neste estudo se emprega o modelo O Multilayer Perceptron (MLP), que se constitui num tipo de RNA que possui alimentação antecipada (feedforward). Os MLP utilizam funções não lineares de ativação e retropropagação. São compostos por pelo menos três camadas: a de entrada, a oculta e a camada de saída. O MLP é capaz de modelar relações complexas e resolver problemas não linearmente separáveis, sendo amplamente aplicado em tarefas de classificação e regressão que atua como um classificador linear e binário que recebe camadas de entradas (input layers) aplica pesos e usa uma função de ativação para definir camadas de saída (output layers) (Morettin; Singer, 2023).

Os testes que utilizados para aferir as qualidades do modelo ajustado foram os seguintes: soma do quadrado dos erros na fase de treinamento; erro relativo na fase de treinamento; soma do quadrado dos erros na fase de testes; erro relativo na fase de testes; erro percentual absoluto médio (MAPE); e coeficiente de correlação de Pearson entre valores observados e previstos

#### **4 – Resultados e discussão**

Tal como foi feito na metodologia, os resultados da pesquisa serão mostrados na sequência dos seus objetivos.

##### **4.1 Resultados encontrados para o primeiro objetivo**

Os resultados mostram que em 44 desses municípios a produção de babaçu foi praticamente nula. Na Tabela 1 estão apresentados de forma hierarquizada (ordem decrescente) os 20 municípios maranhenses que apresentaram as maiores médias na produção de coco babaçu entre os anos de 1986 e 2024.

Observa-se que Codó, situado no leste do estado, foi o município que deteve a maior média de produção de babaçu no Maranhão entre 1986 e 2024 (5.182,49 toneladas). No Mapa 1 ilustram-se as posições dos municípios do estado, a partir dos quintis em que foram ranqueados de acordo com as médias da produção anual. Com efeito, o primeiro quintil teve produção média 1,41 tonelada; no segundo quintil observa-se uma média de 148,15 toneladas; no terceiro quintil a produção média foi de 1.510,64 toneladas; o quarto quintil teve uma produção média de 6.139,39 toneladas; para o quinto quintil estimou-se uma média de 22.869,38 toneladas.

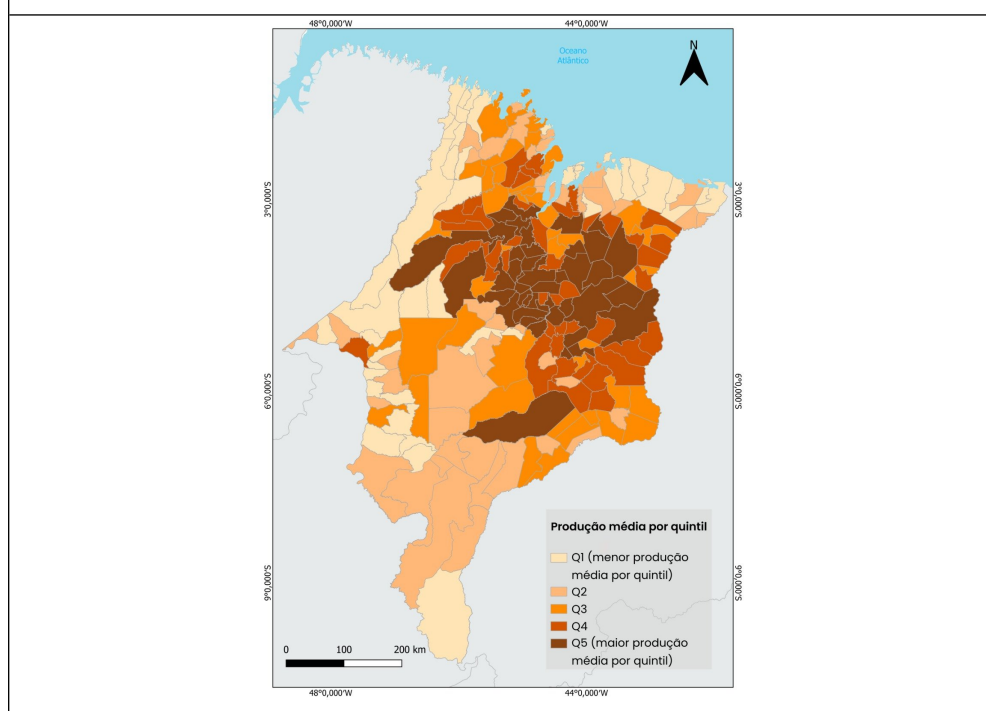
Tabela 1: Produções médias em toneladas anuais e identificação dos 20 municípios maiores produtores de

babaçu no Maranhão no período 1986/2024

| Município       | Média | Município       | Média | Município       | Média | Município      | Média |
|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|
| Codó            | 74029 | Bacabal         | 40686 | Penalva         | 40686 | Timbiras       | 22486 |
| Vargem Grande   | 66600 | Chapadinha      | 36186 | Cajari          | 36186 | Igarapé Grande | 22229 |
| Coroatá         | 52486 | Caxias          | 33843 | Paulo Ramos     | 33843 | Lago do Junco  | 21343 |
| Poção de Pedras | 45171 | S. Luís Gonzaga | 30171 | Bom Lugar       | 30171 | Lago Verde     | 19157 |
| Pedreiras       | 43229 | Lago da Pedra   | 30014 | Vitorino Freire | 30014 | Santa Luzia    | 18400 |

Fonte dos dados originais: PAM/IBGE, 2026.

Mapa 1: Distribuição espacial da produção de babaçu no Maranhão dividida em quintis



Fonte dos dados originais: PAM/IBGE, 2026

## 4.2 Resultados encontrados para o segundo objetivo

Os resultados que mostram as evoluções das produções de babaçu e soja no Maranhão, bem como da produção de dendê no Brasil estão mostrados na Tabela 2. Esta tabela desnuda as dificuldades que a produção de babaçu experimentou no período investigado, quando comparada com o que aconteceu com as produções de soja e dendê, os principais concorrentes na produção de matérias primas de onde se extraem os óleos que produz.

Tabela 2: Valores mínimos, máximos, médios taxas geométricas de crescimento (TGC) das produções em toneladas de babaçu e soja no Maranhão e de dendê no Brasil no período 1986/ 2024

| Variáveis                      | Mínimo<br>(t) | Máximo<br>(t) | Média<br>(t) | TGC<br>(% a.a) |
|--------------------------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
| Produção de babaçu no Maranhão | 30.7743       | 2.103.500     | 1.318.906    | -3,9*          |
| Produção de soja no Maranhão   | 4.176         | 4.073.259     | 1.209.420    | 15,7*          |
| Produção de dendê no Brasil    | 362.810       | 2.993.799     | 1.242.878    | 5,4*           |

Fontes dos dados originais: PAM/ IBGE, 2026.

Obs. \*significativamente diferente de zero com probabilidade de erro menor que 1%.

Com efeito entre 1986 e 2024 a produção de babaçu experimentou uma queda expressiva e contínua de 3,9% ao ano. Enquanto isso a produção de soja se expandiu a uma taxa média anual de 15,7% e a produção do fruto de dendê no Brasil experimentou uma TGC de 5,4% a.a.

#### 4.3 Resultados encontrados para o terceiro objetivo

Os resultados encontrados para o terceiro objetivo estão mostrados na Tabela 3. Pelos resultados mostrados depreende-se que o preço médio da amêndoa de babaçu é superior aos preços médios estimados para o fruto do dendê e para a soja, no período investigado.

Tabela 3 – Preços médios da amêndoa de babaçu, do fruto de dendê, dos grãos de soja bem como taxas geométricas de crescimento (TGC) das relações entre preços de soja/preço das amêndoas de babaçu e preço do fruto do dendê/preços da amêndoa de babaçu no período 1986/2024

| Produto           | Preço médio (Kg) | TGC (% a.a)        |
|-------------------|------------------|--------------------|
| Amêndoa de babaçu | 2,80             | -                  |
| Fruto do dendê    | 0,55             | -1,1*              |
| Grãos de soja     | 2,03             | -0,6 <sup>NS</sup> |

Fonte dos dados originais: PAM/IBGE, 2026.

Observações: \*Estatisticamente diferente de zero: P valor = 0,018. NS, estatisticamente não diferente de zero: P valor = 0,238

Os resultados também mostram que as relações de preços do fruto do dendê e dos grãos de soja em relação aos preços das amêndoas de babaçu, apresentaram tendência de queda no período avaliado. Embora no caso da relação preço de soja/preço de amêndoas a TGC não tenha sido estatisticamente diferente de zero, ao menos com 10% de erro, a TGC=-0,6% ao ano sinaliza tendência de queda. Esses dois resultados evidenciam que a extração das amêndoas de babaçu perde capacidade de competir com os seus dois concorrentes mais diretos: fruto do dendê e grãos de soja (Tabela 3).

Como já foi discutido neste trabalho as quebradeiras de coco que extraem as amêndoas de babaçu tem uma jornada diária em torno de 8 horas e produzem, em média, 7kg de amêndoas.

Com base nos resultados mostrados na Tabela 4, depreende-se que, com essa rotina a renda média observada no período observado (em valores de 2024) é de apenas R\$19,60 por dia. Em 2024, segundo o IPEA data, a taxa média de câmbio para o ano de 2024 foi de R\$5,3895/US\$. Desta forma, em média, uma quebradeira de coco teria uma renda média diária de apenas US\$3,64. Ainda segundo o IPEA data, em 2024 a renda que definia extrema pobreza era US\$ 3,00/dia e US\$ 8,30/dia seria a linha de pobreza geral. Portanto, a renda média das quebradeiras de coco estaria abaixo da linha de pobreza e muito próxima do limite de extrema pobreza, conforme avaliação do IPEA.

#### 4.4 Resultados encontrados para o quarto objetivo

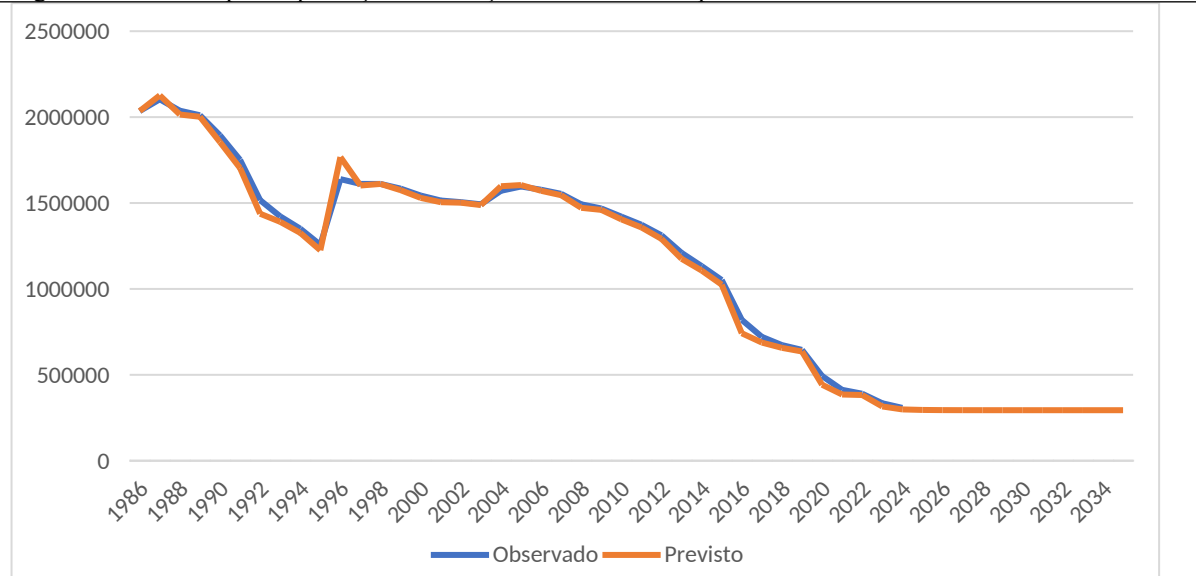
Com base na avaliação gráfica da série de quantidades produzidas de babaçu no Maranhão entre os anos de 1986 e 2024 e ancorado no teste ADF detectou-se que a série não era estacionária. Foi possível torná-la estacionária com uma única diferença ( $d=1$ ) e assim ajustou-se um modelo ARIMA (1,1,0). Detectou-se um componente autorregressivo de primeira ordem ( $AR=1$ ), cujo coeficiente estimado de 0,336 é estatisticamente diferente de zero ao nível de 3,6% de percentagem de erro e a componente média móvel foi nulo ( $q=0$ ).

Observa-se que o modelo estimado apresenta robustez de um ponto de vista estatístico, tendo em vista que apresentou um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,959$ ; teve um erro médio absoluto percentual (MAPE) com valor baixo de 5,389. A estatística de Ljung-Box = 7,229, que se mostra estatisticamente diferente de zero apenas ao nível de significância = 0,980, confirma que os resíduos resultantes do ajustamento podem ser considerados “ruídos brancos”.

O coeficiente de correlação linear de Pearson, estimado entre os valores observados da série de quantidades produzidas de coco babaçu e os previstos pelo modelo, foi igual a 0,998 e a estatística do BIC=23,115 completam os indícios de que o ajustamento obtido na pesquisa foi parcimonioso. Esse conjunto de resultados permite concluir que o modelo estimado pode ser utilizado para fazer as previsões para os próximos dez (10) anos (2025/2034) da produção de babaçu no Maranhão. Essas previsões, com probabilidades de erro de 5%, variaram de 295.658 toneladas em 2025 a 294.120 toneladas em 2034. A Figura 1 ilustra essas previsões.

Com base nesses resultados depreende-se que, caso o transcurso da produção de babaçu no Maranhão não experimente ações que revertam a tendência de devastação, o estado terá no ano de 2034 com probabilidade fiducial de 95%, uma produção de 294.120 toneladas de coco babaçu equivalente a apenas 14,5% do que era produzido no estado em 1986.

Figura 1 – Previsão para a produção de babaçu no Maranhão no período 1986/2024



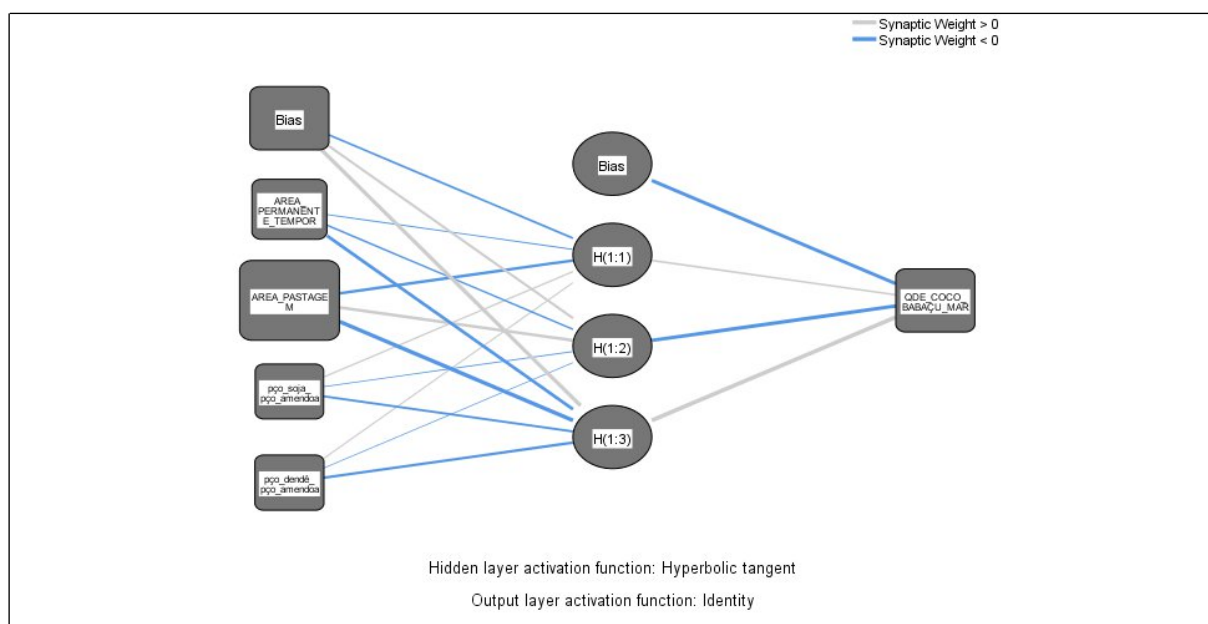
Fontes dos dados originais: PAM/ IBGE, 2026,

#### 4.5 Resultados encontrados para o quinto objetivo

Para mostrar os impactos das variáveis que, por suposição, influenciaram na degradação da produção de babaçu no período 1986/2024 a pesquisa buscou as evidências usando a técnica de redes neurais artificiais (RNA).

A função de ativação do modelo RNA foi a tangente hiperbólica. Além da camada de entrada (variáveis independentes), da camada de saída (produção projetada de babaçu), foi criada pelo modelo uma camada intermediária constituída de 3 componentes. A Figura 2 ilustra as conexões entre os neurônios artificiais detectados na pesquisa e na Tabela 4 são mostrados os resultados dos ajustes obtidos na pesquisa.

Figura 2: Ilustração das conexões entre os neurônios artificiais detectados na pesquisa.



Fontes dos dados originais: MapBiomas vários anos e PAM/ IBGE, 2026.

Das evidências mostradas na Tabela 4 depreende-se que se obteve um bom ajustamento, de um ponto de vista estatístico. Essas constatações são aferidas pelos baixos erros relativos, tanto na etapa de treinamento, quanto na etapa de teste, como na estimativa do MAPE de 13,05%, bem abaixo do valor normalmente adotado como crítico (20%). Esses bons indicadores se completam com o coeficiente de correlação de Pearson entre os valores observados e os previstos, pelo modelo, da ordem de 0,945.

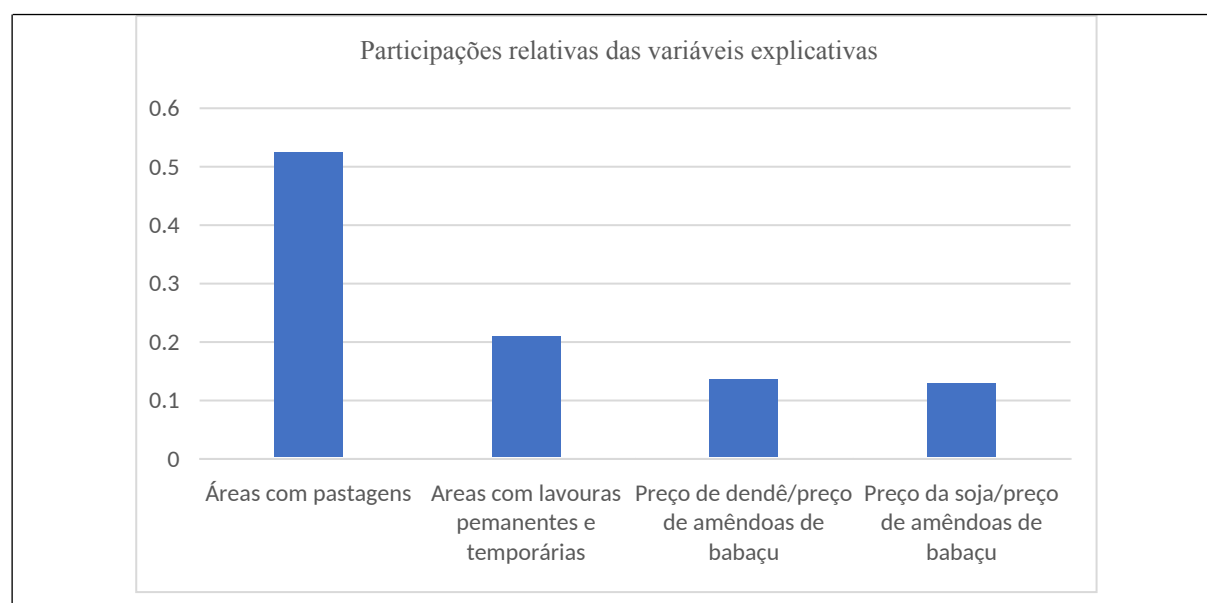
Tabela 4 – Indicadores de acurácias dos ajustamentos para modelo RNA ajustado

| Testes                                                                    | Valores |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| Soma do quadrado dos erros na fase de treinamento                         | 1,120   |
| Erro relativo na fase de treinamento                                      | 0,084   |
| Soma do quadrado dos erros na fase de testes                              | 0,689   |
| Erro relativo na fase de testes                                           | 0,223   |
| MAPE (%)                                                                  | 13,050  |
| Coeficiente de correlação de Pearson entre valores observados e previstos | 0,945   |

Fontes dos dados originais: MapBiomas vários anos e PAM/ IBGE, 2026.

Na Figura 3 mostram-se as participações relativas de cada uma das variáveis explicativas cujos valores observados foram: áreas com pastagens = 0,524; áreas com lavouras permanentes e temporárias = 0,210; preço do dendê/preço das amêndoas de babaçu = 0,136; pesos dos grãos de soja/preço das amêndoas de babaçu = 0,130

Figura 3 – Importância das variáveis independentes na produção de babaçu



Fontes dos dados originais: MapBiomas vários anos e PAM/ IBGE, 2026.

Como se observa, os avanços das áreas com pastagens e das áreas com lavouras permanentes e temporárias nas áreas antes ocupadas pelas palmeiras de babaçu contribuíram

com as maiores participações no processo de degradação, como se supôs quando se decidiu fazer este estudo. Fica também evidente que os preços das amêndoas de babaçu não tiveram condições de competição com aqueles dos principais substitutos como matéria primas para as fabricações de óleos comestíveis e industriais (soja e dendê).

## 5. Conclusões

Este estudo visou responder à seguinte questão: qual a participação das ações antrópicas, bem como dos preços da soja e do dendê na devastação das palmeiras de babaçu no Maranhão no período 1986/2024?

Para responder a essa questão o estudo se ancorou nas hipóteses de que as ações antrópicas mediante a substituição das palmeiras de babaçu por pastagens, lavouras temporárias e permanentes, bem como a incapacidade que tiveram as amêndoas de babaçu competirem em preços, com frutos do dendê, produzido no Brasil e dos grãos de soja, produzidos no Maranhão. Desses dois produtos são extraídos óleos comestíveis e industriais que também tem as amêndoas de babaçu como matérias primas.

A competição de preços desfavorável para as amêndoas de babaçu, devem ter levado os donos de terras no Maranhão avaliarem que seria mais vantajoso substituir as palmeiras por pastagens e lavouras. Os resultados da pesquisa demonstraram que foi isso o que aconteceu.

Também se conclui que a extração das amêndoas de babaçu feita por mulheres de uma forma artesanal, utilizando equipamentos bastante precários, lhes permitem alcançar uma produtividade média de 7 kg/dia. Observou-se que a renda média diária dessas mulheres, em valores de 2024, era de R\$19,60. Essa renda equivalia a pouco mais de US\$3,00/dia. Essa renda definia, em 2024 segundo o IPEA, a população vivendo em extrema pobreza no Brasil.

Assim, os resultados da pesquisa sinalizam que o problema está ancorado, principalmente, no fato da exploração econômica do fruto do babaçu ter como ênfase a extração das suas amêndoas. Esse fato, de acordo com o que se depreende do estudo, teria sido a principal causa da devastação das palmeiras de babaçu nos 39 anos estudados, a uma taxa média anual expressiva e com projeções bastante preocupantes para o período 2025/2034.

Essas evidências levam a imaginar que talvez a melhor alternativa para tentar estancar, e até reverter, esse processo de devastação das palmeiras de babaçu seria demandar esforços para o aproveitamento econômico das outras partes do coco babaçu, principalmente o mesocarpo e o endocarpo.

Do mesocarpo, que representa 16% do peso do coco, como se mostrou nesta pesquisa, pode ser extraído amido que tem várias utilidades. Uma delas seria ser utilizada como matéria

prima para merenda escolar. Informações buscadas junto à ASSEMA, dão conta que essa experiência já aconteceu em municípios maranhenses e que no mês de abril de 2026, o preço dos flocos de mesocarpo em nível de produtor é de R\$10,00/kg.

Contudo parece que está no endocarpo do fruto do babaçu, que tem peso equivalente a 59% ao do fruto, a maior alternativa de exploração rentável das palmeiras e, assim, estancar a sua devastação. A pesquisa dos professores Wisniewski & Melo (1981) demonstrou que numa densidade de 100 palmeiras por hectare, portanto com manejo das palmeiras em vez da sua eliminação, seria possível gerar 26.934.538 kcal.

A motivação desta pesquisa, como se começou esta seção de conclusões, foi tentar encontrar respostas para as prováveis causas da devastação das palmeiras de babaçu no Maranhão. Essas respostas foram encontradas. Com base nessas respostas, toma-se a liberdade de deixar duas questões para os tomadores de decisões políticas no Maranhão.

Primeira: Não seria o caso de tentar reverter essa tendência de devastação das palmeiras de babaçu, encaminhando pesquisas no sentido de explorar mais economicamente a extração de mesocarpo como matéria prima para a produção de alimentos, fazendo parte da merenda escolar das escolas públicas dos municípios produtores de babaçu?

Segunda: Não seria relevante buscar inspiração na pesquisa dos professores Wisniewski & Melo (1981) que foi desenvolvido em laboratório e tentar testar a viabilidade econômica dessa fonte em experimentação de campo com agricultores selecionados?

Essas duas ações provocariam uma maior valorização dos frutos, e os donos de terras em vez de eliminarem as palmeiras, buscariam desbastar as improdutivas deixando-as em densidades que lhes permitissem consórcio com lavouras e/ou pastagens e assim conseguirem bons preços para os frutos que seriam mais valorizados justamente por serem fontes de energia renovável e de alimentação.

## Referências

AFONSO, S. R.; ÂNGELO, H. Mercado dos produtos florestais não-madeireiros do cerrado brasileiro. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 315-326, jul.-set., 2009 315 ISSN 0103-9954.

AMARAL FILHO, J. **A economia política do babaçu: um estudo da organização da extrato-indústria do babaçu no Maranhão e suas tendências**. São Luís, MA: SIOGE, 1990. 312 p.

BOX, George; JENKINS, G. M. Analysis: Forecasting and control. **San francisco**, v. 10, 1976.

BOX, G.E.; JENKINS, G.M.; REINSEL, G.C.; LJUNG, G.M. **Time series analysis: forecasting and control**. New York: John Wiley & Sons, 2015.

CALAND, L. B.; Santos, L. S. S.; MOURA, C. V. R.; MOURA, E. M. Síntese de novos catalisadores de óxidos de Cu, Co e Mn suportados em alumina na reação de transesterificação para obtenção de biodiesel. In: **Congresso Internacional de Agroenergia e Biocombustíveis**. 1, Teresina, PI; 2007. Teresina-Piauí, 2007.

CARRAZZA, LE; Ávila, J.C.C; Silva, M. L. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu (Attalea spp.)**. Brasília (DF). 2012. Disponível em:  
[https://bibliotecadigital.abong.org.br/bitstream/11465/299/1/ISPN\\_manual\\_tecnologico\\_aproveitamento\\_integral\\_fruto\\_baba%C3%A7u.pdf](https://bibliotecadigital.abong.org.br/bitstream/11465/299/1/ISPN_manual_tecnologico_aproveitamento_integral_fruto_baba%C3%A7u.pdf)

FRAZÃO, J.M. **Simulação de Modelos Agroecológicos em áreas de babaçuais do município de São Domingos do Maranhão**. Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, Ma. Dissertação de Mestrado em Agroecologia. 1988.

GUJARATI, D.N; PORTER, D.C. **Basic Econometrics**. 4<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill: New York; 922 p., 2009.

HERRMANN, I. et al. Coordenação no SAG do babaçu: exploração racional possível?. In: **Congresso internacional de economia e gestão de negócios agroalimentares**, 3., – FEARP/USP. Outubro de 2001.

INISTUTUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro. Vários anos.

LE MOS, J. J. S. Efeitos da expansão da soja na resiliência da agricultura familiar no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXIV, n.2, p.26-37, 2015.

LE MOS, J. J. S.; SOUZA, R.C. Sistemas agroextrativistas como alternativa de preservação da palmeira de babaçu no Maranhão. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXVII – No 82 1 – Jan./Fev./Mar. 2018. Disponível em:  
[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/38324/1/2018\\_art\\_jjslemos.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/38324/1/2018_art_jjslemos.pdf)

MAPBIOMAS. **Relatório anual de desmatamento 2023**. São Paulo: MapBiomass, 2023. 154 p. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org>.

MAPBIOMAS. **Coleção 3 da série anual de mapas de cicatrizes de fogo no Brasil (1985 2023)**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/hotsite-fogo>.

MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomass. São Paulo, 2024**. Disponível em:  
<https://brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 9 jul. 2024.

MAY, P. **Palmeiras em chamas**. São Luis (MA). 1990.

MORETTIN, PA; SINGER JM. **Estatística e Ciência de dados**. 1 ed. São Paulo: Editora LTC, 2023.

PANKRATZ, A. **Forecasting with Univariate Box-Jenkins Models: Concepts and Cases**. John Wiley, New York. 1983.

PORRO, R. A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.**, Belém, v. 14, n. 1, p. 169-188, jan.-abr. 2019

PROTÁSIO, T. P. **Biomassa residual do coco do babaçu: potencial de uso bioenergético nas regiões norte e nordeste do Brasil**. 2014.

SARAIVA, et al. Cadeia produtiva do babaçu: uma análise através das dimensões da abordagem da cadeia global de valor. In: SENHORAS, E. M.; BERMÚDEZ, L.E. Cadenas Globales de Valor. Editora Iole, Boa Vista, Roraima, 2022. PG. 289-314.

SANTOS, N. A. **Propriedades Termo-oxidativas e de fluxo do biodiesel de babaçu (*Orbignya phalerata*)**. 2008. 129 f. (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SHARDA, R., PATIL, R.B., 1992. Connectionist approach to time series prediction: An empirical test. **Journal of the Royal Statistical Society, B**, 49, 223–239 and **Journal of Intelligent Manufacturing**, 3, 317–323. 1992.

TEIXEIRA, M. A. Biomassa de babaçu no Brasil. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

TEIXEIRA, M. A. Uma agenda para o babaçu. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 34, n. 4, p. 562-575, out./dez., 2003.

WISNIEWSKI, A.; MELO, C.F.M. Babaçu e a crise energética. **CEPATU documentos 2**. EMBRAPA Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Úmido. Belém, Pará. 1981.

WOODRIDGE, J.M 2015. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. London, England. The Mit Press. 2015. Disponível em:  
<https://ipcid.org/evaluation/apoio/Wooldridge%20-%20Cross-section%20and%20Panel%20Data.pdf>

ZHANG, G., HUTCHINSON, J. Simple architectures on fast432. machines: Practical issues in nonlinear time series prediction. Weigend, A.S., Rumelhart, D.E., Huberman, B.A., 1991. Generalized. In: **Weigend, A.S., Gershenfeld, N.A.** (Eds.), **Time Series Analysis by weight-elimination with application to forecasting**. Prediction: Forecasting the Future and Understanding the Past. **Advances in Neural Information Processing Systems** 3, 875– Addison-Wesley, Reading, MA. 1993.

ZHANG, G.; PATUWO, B. E.; HU, M. Y, Forecasting with artificial neural networks: The state of the art, **International Journal of Forecasting**, Volume 14, Issue 1, March 1998, Pages 35-62.