

Capítulo 6



10.37423/221206950

IMPACTO ECONÔMICO E SOCIOAMBIENTAL DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MUDAS DE MACAÚBA: PERSPECTIVAS PARA EXPANSÃO DA CADEIA PRODUTIVA NO CARIRI CEARENSE

Richardson Silva Lima

Embrapa Agroenergia

Alexandre Nunes Cardoso

Embrapa Agroenergia

Rosana do Carmo Nascimento Guiducci

Embrapa Agroenergia

Maurício Antônio Lopes

Embrapa Agroenergia

Simone Palma Fávaro

Embrapa Agroenergia

Priscila Seixas Sabaini

Embrapa Agroenergia



Resumo: O presente trabalho tem por objetivo analisar o impacto socioeconômico e ambiental *ex ante* da expansão da produção de macaúba na região do Cariri, a partir da introdução da produção de mudas e implantação de palmáceas em áreas de agricultores familiares. Fez-se análise comparativa do custo de produção de mudas em dois processos alternativos de cultivo até a fase de implantação do macaubal. Para avaliação de impacto socioeconômico e ambiental utilizou-se o método Ambitec-Agro. Os resultados mostram que a implantação de 1 ha de macaúba por meio do processo simplificado de produção de mudas reduz o custo em 27,6% comparado ao método padrão, gerando um benefício econômico de R\$ 3.596,21/ha. A adoção desta tecnologia no Cariri tem potencial de gerar benefícios econômicos da ordem de R\$ 1,078 milhões na implantação de 300 ha de macaúba, em um cenário de expansão gradual em 10 anos. A avaliação de impacto ambiental (Ambitec-Agro) reforça a sustentabilidade do cultivo desta palmácea, com expectativa de impactos positivos na grande maioria dos critérios econômicos, sociais e ambientais avaliados.

Palavras-chave: Adoção de tecnologia, avaliação de impacto, custo de produção, *acrocomia ssp*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 25 anos os cultivos de plantas oleaginosas cresceram substancialmente em todo o mundo, aumentando a demanda por terras e as pressões ambientais creditadas às atividades agrícolas. As áreas destinadas à produção de espécies oleaginosas cresceram de 170 milhões de ha em 1961 para 425 milhões ha em 2017, o que equivale a aproximadamente 30% das terras cultiváveis em todo o mundo (FAOSTAT, 2019). A palma de óleo (conhecida também como dendê), a soja e a colza ou canola, são responsáveis por mais de 80% de toda a produção de óleo vegetal, com algodão, amendoim, girassol, azeitona e coco compondo a maior parte do restante (USDA, 2020).

Além de componentes nutricionais essenciais da dieta humana e animal, óleos vegetais com propriedades funcionais específicas ganham espaço cada vez mais destacado para a indústria de alimentos, como substitutos de gorduras trans e para conferir características desejáveis a inúmeros produtos. Pode-se citar como exemplo o papel fundamental das gorduras e óleos vegetais nas propriedades como ponto de fusão que controlam a que temperatura um sorvete ou chocolate irão derreter ou a crocância de alimentos fritos. Para além do segmento alimentício, os óleos vegetais estão cada dia mais presentes como insumos renováveis na produção de biocombustíveis, de produtos de higiene pessoal e domissaniantes, surfactantes, lubrificantes, dentre outros.

Espera-se que a produção global de óleo vegetal se expanda em cerca de 1,5% ao ano entre 2017 e 2027 (OECD, 2017). Já o uso de óleos vegetais tem projeção de expansão de 1,7% ao ano globalmente entre 2013 e 2050, a partir de uma linha de base de 165 milhões de toneladas, incluindo usos em alimentos, rações e biocombustíveis (Byerlee et al., 2017). Caso a demanda por óleos não desacelere, o mundo necessitará de uma produção adicional média de 3,86 milhões de toneladas de óleo vegetal por ano. Se esta produção fosse suprida apenas pelo óleo de palma, com rendimento aproximado de 4 t de óleo bruto por ha, seriam necessários 35,7 milhões de ha de terras adicionais de produção de óleo vegetal entre 2020 e 2050. Se a adição, em vez disso, viesse apenas da soja, produzindo cerca de 0,7 t de óleo por ha, seriam necessários 204 milhões de ha de terras cultivadas adicionais (Meijaard et al., 2020).

Atender ao crescimento de 46% na demanda global por óleos vegetais até 2050 por meio da expansão preferencial da palma de óleo levará inevitavelmente a impactos substanciais na biodiversidade, segurança alimentar, mudança climática, degradação de solos e meios de subsistência dos pequenos produtores e comunidades. Nenhuma dessas preocupações é exclusiva da palma de óleo, se aplicando também a outras oleaginosas atualmente em uso, em especial a soja, cuja expansão é igualmente

considerada insustentável, em função dos impactos no uso da terra e nas reservas de biodiversidade em biomas tropicais sensíveis. Portanto, e levando em conta as problemáticas envolvendo componentes ambientais, socioculturais e econômicos da palma de óleo e da soja – principais oleaginosas da atualidade, fica clara a necessidade de se ampliar as fontes para suprir a demanda crescente por óleos vegetais nos horizontes de 2030 e 2050 (Meijaard et al., 2020).

Ao longo das décadas o Brasil tem sido reconhecido e reverenciado como país abundante em recursos naturais, detentor da maior riqueza biológica do planeta (Bound, 2008). No entanto, a inserção de espécies nativas de forma expressiva na bioeconomia é incipiente frente ao potencial do país. A emergência de um novo paradigma econômico, de base biológica, renovável e orientado por métricas ESG – do inglês “Environmental, Social and Governance”, ou “Responsabilidade Ambiental, Social e de Governança”, poderá estimular a transformação desse potencial em riqueza e progresso para o país (Nobre, I.; Nobre, C., 2019). As palmeiras tropicais estão no topo da lista de possibilidades pela sua capacidade de captar luz solar, fixar carbono e produzir enorme diversidade de biomassas (Lopes, M. A.; Favaro, S. P., 2021). Além de permitir modelos de produção mais complexos de modo a diversificar e intensificar o uso da terra, divergindo do modelo de produção baseado em monocultura.

Neste contexto, a palmeira macaúba (*Acrocomia ssp*), também conhecida como bocaiúva e macaíba, se apresenta como uma alternativa promissora para a expansão da capacidade brasileira de produção de óleo vegetal. Esta é uma espécie de palmeira nativa da América Tropical, disseminada em diversos biomas, inclusive em regiões semiáridas (Falasca et al, 2017; Plath et al, 2016; Resende et al, 2020). Sítios arqueológicos indicam o uso da macaúba durante milênios pelos povos pré-colombianos da América tropical, que aprenderam a extrair e utilizar múltiplos produtos e funcionalidades da planta. A macaúba caracteriza-se por ser uma planta multipropósito e todas as suas partes têm usos potenciais. Pode ser utilizada diretamente como fonte alimentar e para a extração de óleos com fins comestíveis e na indústria oleoquímica, destacando-se os biocombustíveis (Carpinteiro, 2021). Outro aspecto que merece destaque é o aproveitamento da macaúba para a prestação de serviços ambientais, como recuperação de solos degradados e recomposição de áreas de preservação (Finatec, 2021) e fixação de carbono (Moreira et al, 2020). No Brasil estima-se que ao redor de 50 milhões de ha estão cobertos com pastagens que apresentam indícios severos de degradação, esse valor corresponde a 32% da área ocupada com pastagens (Ferreira Junior et al, 2020). Todo este passivo ambiental é uma área que pode ser cultivada com a macaúba, não implicando em mudança do uso do solo (podendo até mesmo ser favorável, já que pode aumentar o estoque de carbono no solo) e, assim,

estimular a manutenção da biodiversidade do país pelo seu aproveitamento econômico de maneira sustentável (Cardoso et al, 2017).

O cultivo da macaúba pode ser solteiro, mas tem sido também preconizado arranjos agroflorestais, ou ainda em integração com a produção animal. A ocorrência natural desta palmeira em áreas com restrições hídricas indica a possibilidade de incorporar a espécie em sistemas de cultivo organizado em regiões mais marginais, como as de ocorrência na região do Semiárido. O alto rendimento em óleo, similar à palma de óleo, coloca a macaúba como importante opção para a produção de óleos vegetais nas áreas inaptas para a palma de óleo, cobrindo boa parte do território nacional (Pires et al, 2013). São obtidos dois tipos de óleo da macaúba, da polpa e da amêndoa (Del Rio et al, 2016). A maior parte do óleo do fruto, em torno de 80%, está contido na polpa e o restante na amêndoa (Favaro et al, 2022). Diversos estudos indicam que a macaúba pode produzir anualmente cerca de 4,5 toneladas de óleo na polpa e mais 600 kg de óleo da amêndoa, superando a média de 3,5 toneladas da palma de óleo.

A região alvo do estudo, o Cariri cearense, está localizada no extremo sul do estado do Ceará, sendo uma região de ocorrência natural de populações de macaúba do ecotipo conhecido como barriguda em função da forma abaulada do estipe. A atividade extrativista neste local consiste em importante complementação de renda para algumas comunidades por meio da comercialização de frutos frescos e alguns produtos como óleo e carvão. Em geral, a venda dos frutos se dá por intermediários o que resulta em baixo retorno econômico. O processamento dos frutos restantes ocorre em baixa escala e é feita por apenas uma pequena parcela dos extrativistas. Por ser uma atividade laboriosa, pouco tecnicizada/automatizada e considerando a baixa remuneração, as novas gerações tendem a buscar outras fontes de renda, principalmente no ambiente urbano, abandonando o campo. Assim sendo, há uma demanda pela introdução de sistemas de cultivo sustentável e formas de processamento e comercialização que possam efetivamente complementar a renda de forma significativa (Cardoso, et al., 2020).

1.1. SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE MACAÚBA NO CARIRI CEARENSE

No Brasil há somente duas empresas que produzem mudas para macaúba (Soleá /Acrotech , em João Pinheiro/MG e Inocas, em Patos de Minas/MG). No entanto, se trata de uma produção para consumo das próprias empresas a fim de suprir o plantio já planejado por elas. Não há fornecedores de mudas

em escala comercial para atender, por exemplo, uma demanda expressiva de produtores interessados em formar macaubais.

O entendimento é que o mercado de mudas para macaúba ainda não está estruturado, embora existam iniciativas visando alavancar a cadeia produtiva da macaúba no Brasil. Dentre estas iniciativas, pode-se citar a REMAPE – Rede Macaúba de Pesquisa, conduzida pela UFV; programas de melhoramento e fortalecimento da cadeia produtiva da macaúba promovido pelas empresas citadas anteriormente; fomento promovido pela Embrapa junto às plataformas “The MarketPlace Innovation” e “World Agroforestry Centre (ICRAF)” através do “Programme for the Development of Alternative Biofuel Crops”, financiado pelo “International Fund for Agricultural Development (IFAD)”; bem como apoio de infra-estrutura e pessoal da “SwissContact Foundation”.

Frente ao grande potencial econômico, social e ambiental da macaúba, a estruturação da cadeia produtiva é estratégica para o desenvolvimento sustentável, sobretudo em regiões de baixo dinamismo econômico, como é o caso do Cariri Cearense. Uma solução tecnológica disponível para expandir a produção de macaúba nesta região é o processo simplificado de produção de mudas diretamente em viveiro, com sementes pré-germinadas, sem a necessidade de estufas de pré-viveiro e de semeadura em tubetes (FAVARO, 2021). Quando prontas, as mudas são transplantadas para áreas de agricultores familiares, compondo um sistema de cultivo integrado à produção de alimentos.

O principal diferencial desta tecnologia, em relação ao que seria o método padrão de aquisição de mudas produzidas no estado de Minas Gerais, é a possibilidade de produção das mudas no local/região onde serão plantadas. A aquisição somente das sementes pré-germinadas, em vez de mudas formadas, resulta em redução expressiva no custo de produção e nas emissões associadas ao transporte. Adicionalmente, a supressão da fase de pré-viveiro, com redução de 90 dias no ciclo de produção, reduz o custo de produção se comparado às práticas agropecuárias convencionais. Em consequência, favorece o ingresso de produtores rurais de base familiar e comunidades tradicionais na cadeia produtiva, que passam a não depender de intermediários e de infraestrutura complexa, como por exemplo, a logística em torno de frete de mudas. Com isso, os produtores ganham autonomia em seus negócios.

Observa-se que os beneficiários imediatos com a adoção do processo simplificado são os produtores e viveiristas de macaúba. Uma vez essa produção torne-se uma realidade em larga escala, outros setores produtivos poderão ser mais diretamente beneficiados, como os setores de processamento –

agroindústria e setores de bioenergia, alimentação, higiene, cosméticos e oleoquímica, com aplicação direta na cadeia produtiva dessa importante palmeira.

A tecnologia encontra-se em estágio de desenvolvimento equivalente ao nível de maturidade tecnológica TRL 6 (Technology Readiness Level 6) e atualmente está disponível tanto para cooperação técnico-científica (codesenvolvimento), quanto para incubação de empresas de base tecnológica e geração de spin-offs/start-ups.

O presente trabalho tem por objetivo analisar o impacto econômico e socioambiental ex ante da expansão da produção de macaúba na região do Cariri, a partir da introdução de cultivos de mudas e implantação de palmáceas em áreas de agricultores familiares.

2. METODOLOGIA

2.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADA E LEVANTAMENTO DE DADOS

Para fins de análise dos custos e rentabilidade da implantação de um macaubal pelo processo simplificado de produção de mudas (método de referência), optou-se por considerar a implantação de uma área de macaúba utilizando mudas obtidas com e sem a tecnologia. Com essa finalidade, a partir de dados experimentais de campo para cultivos de macaúba no Nordeste, assumiu-se o cultivo em fileiras duplas, com espaçamento de 5 x 5 metros entre fileiras simples e 10 metros entre os renques duplos, que possibilita o plantio de culturas anuais em sistema de integração (Figura 1).

Nesta etapa inicial de adoção, não foi possível obter todos os custos de produção para a tecnologia apresentada neste trabalho. Sendo assim, a estimativa de impacto econômico obtido pela adoção da tecnologia considerou como método de referência um método utilizado regionalmente em Barbalha-CE que simula a supressão da fase de pré-viveiro, assim como na tecnologia proposta.

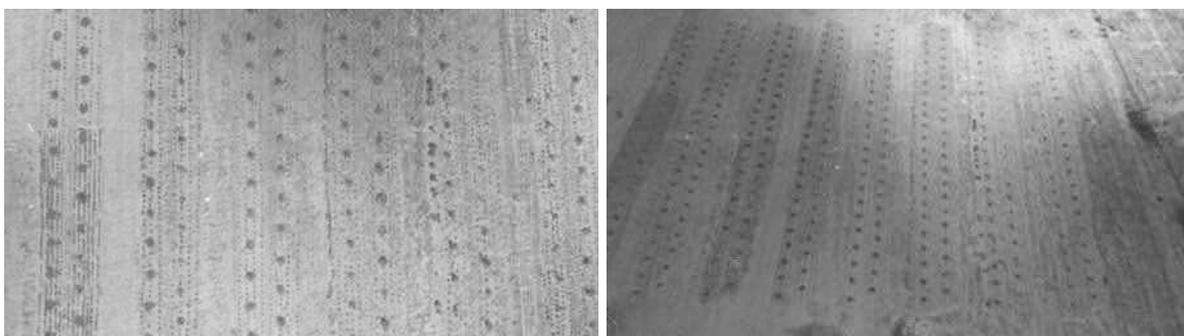


Figura 1 – Sistema de plantio de macaúba em unidade demonstrativa da Embrapa, em Barbalha (CE).

Foto: Rogério Sandro Telles Monteiro

A primeira etapa do método de referência para produção da muda é a extração das plantas germinadas no macaúbal nativo, medindo cerca de 20 cm de altura. Estas plantas são levadas diretamente ao viveiro, colocadas em substrato, onde recebem tratamentos culturais e insumos, permanecendo por 12 meses para desenvolvimento. Após essa etapa tornam-se aptas para o plantio e estabelecimento do novo macaúbal.

No espaçamento considerado, são necessárias 273 plantas de macaúba por hectare (ha). O módulo padrão adotado nesta análise é de 3 (três) ha. Este módulo foi estabelecido em função da disponibilidade de área dos agricultores familiares na região do Cariri Cearense (Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte), no estado do Ceará. Com este módulo espera-se obter produção e renda suficientes para o sustento de uma família. É importante destacar que o espaçamento estabelecido permite que as famílias mantenham na área o cultivo de lavouras como feijão, milho, mandioca, entre outros - de forma integrada, conforme o costume local.

Na estimativa de custos foram utilizados preços de insumos do mercado local, quando disponíveis, e preço médio pago pelo produtor, no estado do Ceará, preferencialmente, e Mato Grosso, conforme a disponibilidade na base de dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB – (CONAB, 2021). Utilizou-se valor da hora-máquina na região e taxa de juros de 10% a.a. sobre as despesas de custeio para estimar o custo de oportunidade.

A rentabilidade foi estimada considerando o diferencial de custo de produção de mudas obtido pelo método de referência relativamente ao método padrão. Este diferencial foi analisado em um cenário de adoção, com a adesão gradual de 10 famílias por ano, chegando à implantação de 300 ha de macaúba ao final de 10 anos.

2.2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS AGROPECUÁRIAS - AMBITEC-AGRO

O método Ambitec-Agro consiste em módulos integrados de avaliação multicritério em duas dimensões de impactos: ecológicos e socioambientais (AVILA et. al, 2008). Sob a dimensão de impactos ecológicos são avaliados aspectos de eficiência tecnológica e qualidade ambiental, envolvendo critérios como mudança no uso direto da terra, consumo de água, insumos, energia, entre outros. Na dimensão de impactos socioambientais são avaliados aspectos de respeito ao consumidor, trabalho/emprego, renda, saúde, e gestão e administração, envolvendo 16 critérios, conforme detalhado na Figura 2. Cada critério se refere a alguma característica específica do estabelecimento

rural, e recebe do avaliador notas de intensidade (fator de ponderação) -3; -1; 0; 1; 3 de acordo com o efeito (aumento / redução) e a intensidade do impacto esperado. Além disso, os critérios são classificados pela escala de ocorrência que pode ser pontual (peso 1), local (peso 2) ou no entorno (peso 5).

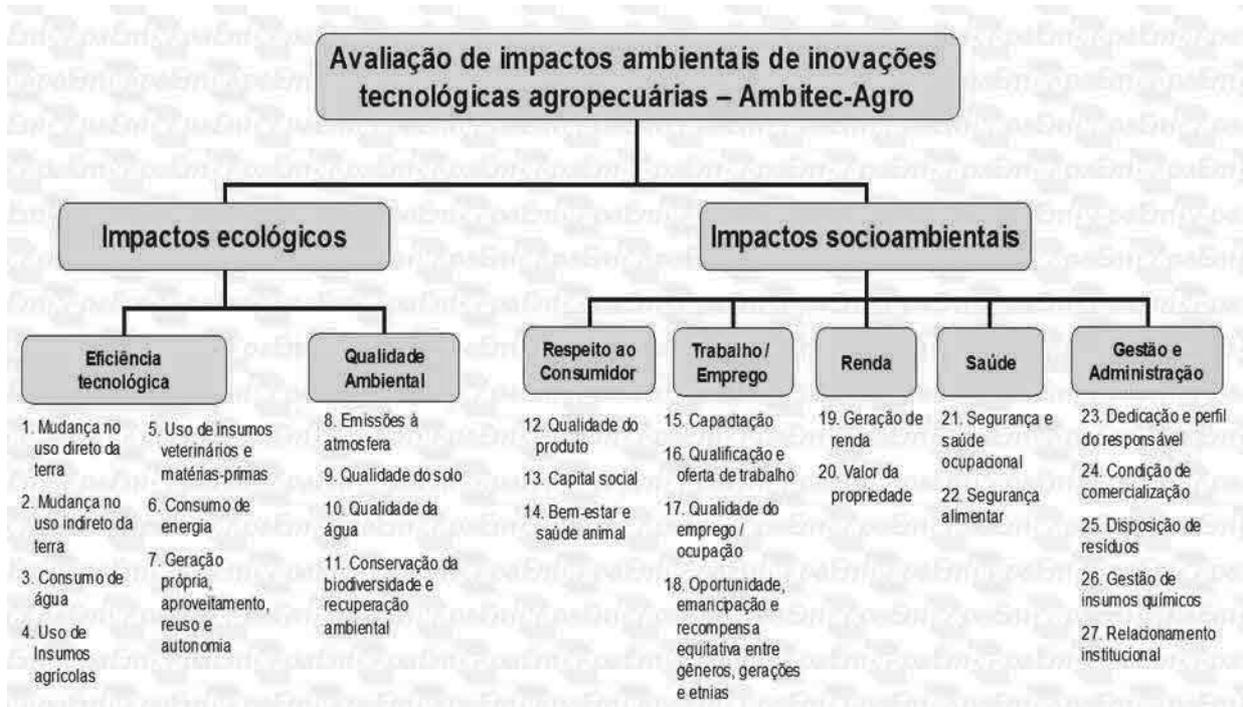


Figura 2 – Estrutura do método Ambitec-Agro: dimensões, aspectos e critérios de avaliação.

O procedimento de avaliação envolve matrizes de ponderação dos indicadores relativos aos aspectos avaliados, cujo detalhamento pode ser visto em Avila et. al (2008) e Rodrigues (2003). Dessa forma, avaliam-se as alterações esperadas no desempenho socioambiental de estabelecimentos rurais, identificando quais indicadores apresentam melhora, piora ou ausência de alteração mediante a adoção da tecnologia.

A avaliação dos 27 critérios que compõem o Ambitec-Agro contou com a colaboração de um membro da equipe de pesquisa que desenvolveu a tecnologia e participa das atividades de transferência da tecnologia para o grupo de interesse (agricultores familiares, extensionista, entre outros). Para a análise dos critérios e respectivos indicadores/variáveis, foram considerados dois contextos: o primeiro refere-se à comparação do processo simplificado de produção de mudas de macaúba, excluindo a fase de pré-viveiro, portanto com ciclo mais curto e demandando menor quantidade de insumos em comparação com o método padrão, que inclui a fase de pré-viveiro; outro contexto

considera o potencial da tecnologia em promover a expansão do cultivo da macaúba, ao viabilizar a produção de mudas no local/região onde ocorrerá o plantio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS POR REDUÇÃO DE CUSTOS EM CENÁRIO DE ADOÇÃO DA TECNOLOGIA

A Tabela 1 apresenta os custos de formação do macaubal de 3 hectares com o método de referência, indicado pela pesquisa e, de forma alternativa, o custo por meio da aquisição de mudas de terceiros (setor privado) (Tabela 2). Para um módulo de 3 hectares são necessárias 819 plantas. O custo unitário de uma planta extraída na área de extrativismo, medindo 20 cm de altura, é de R\$ 3,00 no mercado local, município de Barbalha/CE. Os tratamentos culturais no primeiro ano somam R\$ 4.514,25. Considerou-se 10% de adicional de reposição, pois no primeiro ano há perdas de mudas. Dessa forma, o total de plantas consideradas neste estudo para uma área de 3 ha é de 901 plantas. O custo unitário no método de referência é de R\$ 31,38.

Tabela 1. Custo de formação do macaубal de 3 ha - método de referência.

Despesas	Descrição	Unid.	Qde.	10% adicion.	Qde final	Custo unitário R\$	Custo total R\$	%
1. Produção das mudas							8.411,57	29,75
Extração da planta germinada	Planta medindo 20 cm de altura	planta	819	81,90	901	3,00	2.702,70	9,56
Recipientes	Saco plástico 28 x 35cm (50 sacos/kg)	kg	20	-	20,00	25,00	500,00	1,77
Substrato: areia	Formação do substrato	m ³	1,40	0,14	1,54	116,67	179,67	0,64
Substrato: solo	Formação do substrato	m ³	4,20	0,42	4,62	200,00	924,00	3,27
Substrato: esterco	Formação do substrato	m ³	1,40	0,14	1,54	193,75	298,38	1,06
Mão-de-obra	Preparo substrato/ enchimento de sacos	H/D	4,82	0,48	5,30	65,00	344,46	1,22
Mão-de-obra	Plantio das mudas nas sacolas	H/D	1,28	0,13	1,41	65,00	91,50	0,32
Mão-de-obra	Tratos culturais: adubação de cobertura	H/D	1,28	0,13	1,41	65,00	91,50	0,32
Mão-de-obra	Tratos culturais: capinas	H/D	1,71	0,17	1,88	65,00	122,00	0,43
Energia elétrica	Irrigação das mudas: 3 h/dia x 360 dias	Kw/h	1.080		1.080	0,86	928,80	3,28
Mão de obra	Adubação em cobertura	H/D	20,48	2,05	22,52	65,00	1.463,96	5,18
Ureia ¹	Adubação em cobertura	kg	1,97	0,20	2,16	4,30	9,29	0,03
Superfosfato simples ²	Adubação em cobertura	kg	291,20	29,12	320,32	2,32	743,14	2,63
Cloreto de potássio	Adubação em cobertura	kg	1,97	0,20	2,16	5,63	12,18	0,04
2. Plantio							12.780,06	45,20
Mão-de-obra		H/D	23,40		23,40	65,00	1.521,00	5,38
Calagem	Distribuição mecanizada	H/M	2,00		2,00	165,00	330,00	1,17
Gradagem	Preparo da área	H/M	4,00		4,00	165,00	660,00	2,33
Abertura das covas manual	Abertura mecanizada	H/M	32,76		32,76	65,00	5.405,40	19,12

Preparo e enchimento das covas		H/D	20,48		20,48	65,00	1.330,88	4,71
Distribuição das mudras no campo e plantio	Plantio das mudras	H/D	20,48		20,48	65,00	1.330,88	4,71
Ureia	Cobertura	kg	73,71	7,37	81,08	4,30	316,76	1,12
Cloreto de Potássio	Cobertura	kg	73,71	7,37	81,08	5,63	456,59	1,61
Superfosfato simples (58,00 a saca de 25 kg)	Fundação	kg	135,14	13,51	148,65	2,32	344,86	1,22
Calcário dolomítico PNRT 90% (400,00/t)	Fundação	kg	2.358,7	2,05	22,52	0,40	1.037,84	3,67
FTE BR-12	Fundação	kg	8,19		8,19	5,60	45,86	0,16
3. Tratos culturais							4.514,25	15,96
Mão-de-obra	3 H/D/ha	H/D	3,00		9,00	65,00	585,00	2,07
Coroamento	Realizado duas vezes ao ano: início e fim das chuvas	H/D	46,80		46,80	65,00	3.042,00	10,76
Adubação	Realizada em 3 aplicações: início das chuvas + 30 e 60 dias após a 1ª adubação	H/D	13,65		13,65	65,00	887,25	3,14
4. Custo Operacional (1+2+3)							25.705,88	100
5. Custo de oportunidade							2.570,59	9,09
6. CUSTO TOTAL (4+5)							28.276,47	100
Custo da implantação de 1ha							9.425,59	-
Custo de 1 planta							31,38	-

Tabela 2. Custos de formação do macaúbal de 3 ha - mudas adquiridas de terceiros (setor privado).

Despesas	Custo (R\$)	%
1. Aquisição de mudas	18.219,42	46,64
Muda (901*R\$ 15,00)	13.515,00	
Frete	4.704,42	
2. Plantio	12.780,06	32,71
3. Tratos culturais	4.514,25	11,55
4. Custo Operacional (1+2+3)	35.513,73	
5. Custo de oportunidade	3.551,37	9,1
6. CUSTO TOTAL (4+5)	39.065,10	100%
Custo da implantação/1ha	13.021,70	-
Custo de uma planta	43,35	-

A alternativa para este sistema é a aquisição das mudas prontas nas empresas Soleá/Acrotech ou Inocas, localizadas em Minas Gerais. O valor da muda pronta para o plantio é R\$ 15,00/unidade (conforme consulta por telefone à empresa Acrotech, na data de 05/01/2022) e o frete para Barbalha/CE, região da fase inicial de adoção da tecnologia, é R\$ 4.704,42³. Dessa forma, o custo unitário da muda pronta é de R\$ 43,35. As etapas de plantio e tratos culturais após a formação das mudas é a mesma, ou seja, independem da forma como as mudas foram obtidas.

Os benefícios econômicos esperados decorrem da redução nos custos de produção de mudas obtido pelo método de referência relativamente ao método padrão. O fator decisivo é o frete entre as localidades nos estados de Minas Gerais e Ceará, o qual totaliza 12,04% do custo total da muda adquirida no estado de MG. Em consequência, o custo de produção da muda pelo método de referência é 27,61% menor, uma diferença de R\$ 11,97/muda, resultando em benefício econômico de R\$ 3.596,21/ha (Figura 3).

Considerando um cenário de adoção da tecnologia, com a adesão gradual de 10 famílias por ano, cultivando 3 ha de macaúba no processo simplificado, o resultado ao final de 10 anos é uma área de 300 ha de macaúba, com benefício econômico da ordem de R\$ 1.078.861,00 no décimo ano (Tabela 3). Este cenário é compatível com a realidade da região do Cariri Cearense e tem como referência a produção de óleo de macaúba em uma cooperativa instalada no município de Barbalha/CE. É

importante ressaltar que não estão sendo avaliados aqui os ganhos econômicos esperados com a produção, o processamento e a comercialização da macaúba propriamente dita. Conforme mencionado anteriormente, a cadeia produtiva da macaúba tem grande potencial de geração de renda e riqueza, de forma sustentável.

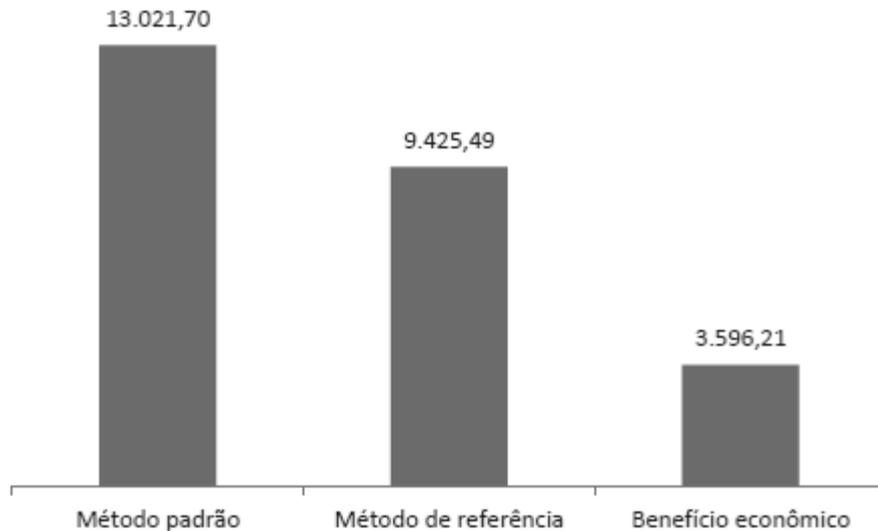


Figura 3 – Custo de implantação do hectare de macaúba, método padrão versus método de referência, e benefício econômico da adoção da tecnologia, em R\$/ha.

Tabela 3 – Cenário de adoção do sistema simplificado de produção de mudas de macaúba e benefícios econômicos

Ano	Economia Obtida R\$/ha	Área de Adoção (ha)	Benefício Econômico (R\$)
1	3.596,21	30	107.886,30
2		60	215.772,60
3		90	323.658,90
4		120	431.545,20
5		150	539.431,50
6		180	647.317,80
7		210	755.204,10
8		240	863.090,40
9		270	970.976,70
10		300	1.078.863,00

3.2. IMPACTOS ECOLÓGICOS E SOCIOAMBIENTAIS DA ADOÇÃO DA TECNOLOGIA

Considerando as dimensões de impacto, aspectos e critérios associados, apresentam-se abaixo as considerações do avaliador para cada critério avaliado e, ao final, o índice de impacto gerado (Figura 4).

Na dimensão de impactos ecológicos, a avaliação indica efeitos positivos em todos os aspectos considerados. Particularmente no aspecto eficiência tecnológica, destaca-se que a adoção da tecnologia, ao potencializar a expansão do cultivo da macaúba, promove efeito positivo no critério mudança direta do uso da terra, pois a aptidão da macaúba para cultivos integrados com outras culturas favorece a manutenção dos cultivos e promove a biodiversidade produtiva por unidade de área. Outro impacto positivo tem relação com o aspecto de preservação do solo, favorecido em culturas perenes, que com a expansão da cultura, propicia ganho nos estoques de carbono.

No que se refere à mudança no uso indireto da terra, foi identificado um incentivo potencial ao uso e desejo de posse da terra pelas comunidades, ao adquirir conhecimento sobre a importância e potencial da macaúba como espécie nativa, principalmente relacionada à coleta de sementes, como parte da tecnologia de produção de mudas.

Ao comparar a tecnologia relativa ao método de referência (processo simplificado de produção de mudas) com o método padrão (aquisição de mudas produzidas no estado de Minas Gerais), a retirada da fase de pré-viveiro resultou, conforme já mencionado, no encurtamento do ciclo de produção. Como consequência, são esperadas reduções no consumo de água, consumo de insumos e também de matéria-prima, o último pela redução da quantidade de substrato e retirada do uso dos tubetes, geralmente utilizados em pré-viveiros.

Em relação ao consumo de energia, foi considerada a potencial redução no transporte das mudas, uma vez que a tecnologia permitirá a produção das mudas localmente, com os insumos da região onde serão plantadas, resultando em redução no consumo de combustíveis.

Por outro lado, para o aspecto eficiência tecnológica, não foram consideradas relações com o aproveitamento e reuso de insumos e energia.

Em relação ao aspecto qualidade ambiental, foram considerados impactos favoráveis advindos da redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa e também de material particulado, graças à diminuição no consumo de combustíveis fósseis pelo transporte e no uso de insumos.

Em um cenário de expansão do plantio da macaúba, favorecido pela adoção da tecnologia, os benefícios potenciais de uma cultura perene, considerando o não revolvimento do solo e elevação dos níveis de matéria orgânica, poderão impactar positivamente as variáveis de qualidade do solo.

A conservação da biodiversidade poderá ser motivada pela necessidade de preservação do material genético, para coleta de sementes, necessárias à produção das mudas, sendo que a coleta poderá se tornar uma atividade remunerada. Por outro lado, a expansão do cultivo pode ser um mecanismo de recuperação de áreas degradadas.

Na dimensão de impactos socioambientais, tendo a muda de macaúba como produto, espera-se melhoria na qualidade do produto associada à maior disponibilidade e diversificação de insumos para a produção.

Em relação ao capital social, considerou-se que a implementação da tecnologia pode motivar a organização das comunidades em associações e cooperativas, com potencial benefício para engajamento em movimentos sociais; para a captação de demandas da comunidade, desenvolvimento de projetos de extensão e transferência de conhecimento, a partir de agentes multiplicadores que estão sendo capacitados. Adicionalmente, a preservação das plantas (que originam as sementes), preservação de hábitos e cultura também podem ser potencializadas.

Não foram identificadas relações com o bem-estar animal, no contexto de produção das mudas. Já o critério de capacitação local e de curta duração foi identificado como o mais impactante, sendo predominantemente em nível básico e técnico, dadas as características das atividades a serem desenvolvidas para adoção da tecnologia, tais como preparo e manutenção da muda e manejo dos insumos.

Em relação à qualificação da oferta de trabalho, considerou-se demanda potencial para contratação temporária de profissionais, principalmente para trabalho braçal e também, em menor número, de nível técnico, com possível contratação permanente, em um cenário de expansão das atividades comerciais dos viveiros. Para este cenário poderá haver trabalho registrado.

No critério de equidade de gênero, podem ser geradas oportunidades que venham a favorecer a equidade de gêneros, gerações e mesmo étnica como resultado da expansão na atividade de produção de mudas e da própria cultura da macaúba. Em Barbalha/CE as mulheres constituem boa parte dos produtores de óleo de macaúba. Além disso, a expansão da produção de derivados, sobretudo, com uso de farinha de macaúba na alimentação, deverá contar com participação expressiva das mulheres.

Considera-se que a adoção da tecnologia tem potencial de gerar renda, como resultado da implantação de viveiros e também em um cenário de expansão da cultura. Os benefícios potenciais incluem a diversificação de fontes de renda, redução da sazonalidade nos ganhos e elevação no capital das famílias.

Também são esperadas alterações positivas para o valor das propriedades como resultado de investimentos em benfeitorias e conservação dos recursos naturais, conforme já mencionado e melhorias nos preços dos produtos e serviços em conformidade com a legislação.

Foram considerados impactos moderados para todas as variáveis relacionadas ao critério de dedicação e perfil do responsável, que resultaram no coeficiente de impacto informado.

Para o critério condição de comercialização foram identificados impactos para a maioria dos indicadores, com exceção da propaganda e marca própria do produto e cooperação com outros produtores locais. A produção das mudas no local/região onde serão plantadas favorecem a logística de processamento e armazenamento de insumos localmente. As atividades e serviços anteriores estariam relacionadas à comercialização para obtenção da semente pré-germinada.

Não foram identificadas relações diretas para os indicadores relacionados ao tratamento de resíduos domésticos e tratamento dos resíduos de produção, na categoria relacionada ao critério de disposição de resíduos e no critério de gestão de insumos químicos. No entanto, para o critério de relacionamento institucional são esperados impactos moderados, considerando a participação de assistência técnica, potencialidades para atividades de associativismo e cooperativismo, entre outras.

Seguindo o método Ambitec-Agro chegou-se a um índice geral de impacto socioambiental positivo de 4,08 em uma escala que varia de -15 a +15 (Figura 4). A contribuição do índice de impacto ambiental (4,4) reflete um impacto indireto do desenvolvimento da tecnologia, em um contexto de potencial expansão da cultura da macaúba em território nacional. Por outro lado, o índice de impacto econômico (4,1) resultou diretamente da tecnologia de produção simplificada das mudas de macaúba, frente ao benefício econômico gerado. Embora o índice de impacto na área social (3,3) tenha sido menos expressivo comparativamente aos demais, terá grande relevância para as comunidades envolvidas com esta atividade em termos de ocupação e remuneração de mão-de-obra local. Espera-se, ainda, que uma adoção em larga escala, criando efeitos multiplicadores, venha a incrementar este índice.

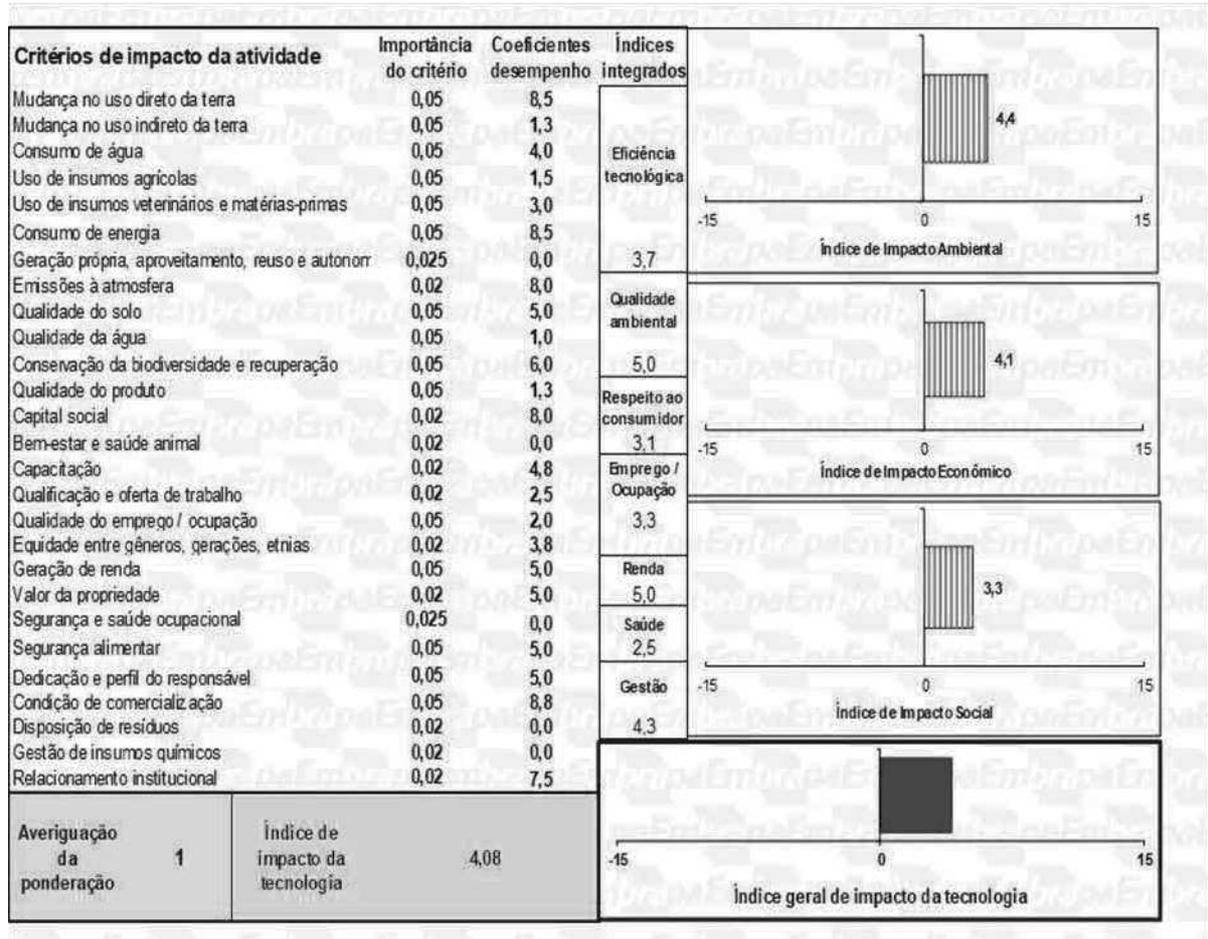


Figura 4 – Impactos da adoção do processo simplificado de produção de mudas de macaúba.

4. CONCLUSÃO

O processo simplificado de produção de mudas de macaúba tem potencial para ampliar a implantação de áreas de cultivo desta palmácea, com foco na expansão da produção de óleo vegetal no Brasil. A tecnologia desenvolvida consiste em uma simplificação do processo padrão, possibilitando a retirada da fase de pré-viveiro, com obtenção da muda em um período mais curto e com menor custo, favorecendo a produção das mudas no local/região onde serão plantadas.

As perspectivas de adoção futura da tecnologia são promissoras, pois há efetivamente um espaço no mercado não atendido pelas empresas produtoras de mudas e vantagens em comparação com a tecnologia padrão. A simplificação do processo gerou um diferencial caracterizado sob o aspecto da sustentabilidade, gerando impactos positivos na área socioambiental e econômica. Verificou-se que a implantação de 1 ha de macaúba por meio do processo simplificado de produção de mudas reduziu o custo em 27,6% comparado ao método padrão. O benefício econômico gerado foi de R\$ 3.596,21/ha.

No cenário de adoção da tecnologia no Cariri, que considera a implantação de 300 ha de macaúba em 10 anos, este diferencial de custo gera benefícios econômicos da ordem de R\$ 1,078 milhões.

Os dados obtidos nas avaliações *ex-ante* até o momento permitem concluir que a tecnologia é promissora e tem grande potencial para contribuir para a expansão da cultura. A avaliação de impacto ambiental (Ambitec-Agro) reforça a sustentabilidade do cultivo desta palmácea, com expectativa de impactos positivos em grande parte dos critérios econômicos, sociais e ambientais avaliados.

Vale ressaltar que as avaliações, embora úteis para sinalizar o potencial de benefício econômico e impacto socioambiental mediante a adoção da tecnologia, apresentam limitações metodológicas. Uma delas refere-se às diferenças nas escalas de cultivo do método padrão (viveiro já estabelecido em Minas Gerais) e o método de referência (processo simplificado de produção local de mudas), pois se trata de uma avaliação *ex-ante* considerando inicialmente uma produção em pequena escala. Portanto, esses resultados devem ser utilizados como inferências para o cenário considerado e não como conclusões definitivas quanto aos impactos econômicos, sociais e ambientais gerados pela tecnologia.

5. REFERÊNCIAS

- AVILA, A. F. D., RODRIGUES, G. S., VEDOVOTO, G. L. editores técnicos. Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 189 p.
- BOUND, K. (2008). Brazil: The Natural Knowledge-economy. London. Demos Institute. ISBN: 978-1-90669-300-8.
- BYERLEE, D., FALCON, W. P. & NAYLOR, R. L. (2017). The Tropical Oil Crop Revolution: Food, Feed, Fuel, and Forests. Oxford Univ. Press. DOI:10.1093/acprof:oso/9780190222987.001.0001.
- CARDOSO, A.; LAVIOLA, B.G.; SANTOS, G.S.; DE SOUSA, H.U.; DE OLIVEIRA, H.B.; VERAS, L.C.; CIANNELLA, R.; FAVARO, S.P. (2017). Opportunities and challenges for sustainable production of *A. aculeata* through agroforestry systems. *Ind Crop Prod* 107:573–580. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.023>.
- CARDOSO, A.; SOUZA SANTOS, G.; FAVARO, S.; DINIZ, C.; SOUZA, H. Extrativismo da macaúba na região do Cariri Cearense: comercialização e oportunidades. *Braz. J. of Develop.* v. 6 (5), 25261-25279, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-108>.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Insumos Agropecuários. Disponível em: <https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultainsumo.do?method=acaoCarregarConsulta>. Acessado em: 15 de dez. 2021.
- DEL RÍO, J.C.; EVARISTO, A.B.; MARQUES, G.; MARTÍN-RAMOS, P.; MARTÍN-GIL, J.; GUTIÉRREZ, A. (2016). Chemical composition and thermal behavior of the pulp and kernel oils from macauba palm (*Acrocomia aculeata*) fruit. *Ind Crop Prod* 84:294–304. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.018>.
- FALASCA, S.; ULBERICH, A.; PITTA-ALVAREZ, S. (2017). Development of agroclimatic zoning model to delimit the potential growing areas for macaw palm (*Acrocomia aculeata*). *Theor Appl Climatol* 129(3–4):1321–1333. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1850-6>.
- FAOSTAT (2019). Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acessado em: 07 de abril de 2022.
- FAVARO, S. P. (2020). Produção de mudas de macaúba em sistema simplificado. *Vitrine Tecnológica da Embrapa Agroenergia*. Disponível em: [MACAÚBA Produção de mudas de macaúba em sistema simplificado \(embrapa.br\)](https://www.embrapa.br/maeu). Acessado em: 23 de dez. 2021.
- FAVARO, S.P.; SMIDT, M.A.; MIRANDA, C.H.B.; LEAL, W.G.O.; CARVALHO, F.B.P.; RIVALDI, J.D. (2022). Aqueous extraction to high yield and quality of macauba (*Acrocomia aculeata*) pulp oil. *Applied Food Research*. 2, 2022, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100060>.
- FERREIRA JÚNIOR, L.G.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; MESQUITA, V.V.; PARENTE, L. L. (2020). Dinâmica das pastagens Brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação - 2010 a 2018. Disponível em https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio_Mapas1.pdf . Acessado em 05 de abril de 2022.

FINATEC (2021). PROJETO RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO DOS SERVIÇOS RELACIONADOS AO CLIMA E À BIODIVERSIDADE NO CORREDOR SUDESTE DA MATA ATLÂNTICA DO BRASIL. SELEÇÃO PÚBLICA PSA Nº 002/2021. Disponível em:

https://www.finatec.org.br/site/wp-content/uploads/2021/05/edital_PSA_002_2021_edital.pdf. Acessado em 05 de abril de 2022.

LOPES, M. A.; FAVARO, S. P. (2021). Macaúba, uma palmeira nativa na bioeconomia. *Correio Braziliense*, Brasília, 11 jul. 2021. Opinião. 1 p. Disponível em:

<https://www.correiobraziliense.com.br/opiniaio/2021/07/4936832-artigo-macauba-uma-palmeira-nativa-na-bioeconomia.html>. Acessado em: 07 de abril de 2022.

Meijaard, E.; Brooks, T. M.; Carlson, K. M.; Slade, E. M.; Garcia-Ulloa, J.; Gaveau, D. L., ... & Sheil, D. (2020). The environmental impacts of palm oil in context. *Nature plants*, 6(12), 1418-1426. DOI:10.1038/s41477-020-00813-w.

MOREIRA, S.L.S.; IMBUZEIRO, H.M.A.; SILVERT, C.; DIETRICH, O.H.S.; PIMENTEL, L.D.; FERNANDES, R.B.A. (2020b). Above- and below-ground carbon accumulation in cultivated macauba palm and potential to generate carbon credits. *J Clean Prod.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121628>.

NOBRE, I.; NOBRE, C. (2019). Projeto “Amazônia 4.0”: Definindo uma Terceira Via para a Amazônia. *Revista Futuribles*. N. 2. pp. 7-20.

OECD; FAO. (2017). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2018-2027/es/>. Acessado em: 07 de abril de 2022.

PIRES, T.P.; DOS SANTOS SOUZA, E.; KUKI, K.N.; MOTOIKE, S.Y. (2013). Ecophysiological traits of the macaw palm: a contribution towards the domestication of a novel oil crop. *Ind Crop Prod* 44:200–210. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.029>.

PLATH, M.; MOSER, C.; BAILIS, R.; BRANDT, P.; HIRSCH, H.; KLEIN, A.M.; WALMSLEY, D.; VON WEHRDEN, H. (2016). A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions. *Biomass Bioenergy* 91:186–195. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.04.009>.

RESENDE, R.T.; KUKI, K.N.; CORRÊA, T.R.; ZAIDAN, Ú.R.; MOTA, P.H.S.; TELLES, L.A.A.; GONZALES, D.G.E.; MOTOIKE, S.Y.; RESENDE, M.D.V.; LEITE, H.G.; LORENZON, A. S. (2020). Data-based agroecological zoning of *Acrocomia aculeata*: GIS modeling and ecophysiological aspects into a Brazilian representative occurrence area. *Ind Crop Prod* 154:112749. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112749>.

RODRIGUES, G.S. *Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: ambitec-agro*. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 95 p.

USDA (2020). Department of Agriculture. The Oilseeds Group World markets and trade circular series Oilseeds May. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acessado em: 07 de abril de 2022.

VARGAS-CARPINTEIRO, R.; HILGER, T.; MOSSINGER, J.; SOUZA, R.F.; ARMAS, J.C.B.; TIEDE, K.; LEWANDOWSKI, I. (2021). *Acrocomia* spp.: neglected crop, ballyhooed multipurpose palm or fit for the bioeconomy? A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 75. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00729-5>.