



Universidade de Brasília - UNB
Faculdade UNB Planaltina - FUP
Curso de Graduação em Gestão do Agronegócio

Nathalia Martins Cabral

A importância da macaúba como fonte de biodiesel

Brasília

2022

Nathalia Martins Cabral

A importância da macaúba como fonte de biodiesel

Relatório de estágio obrigatório como um dos requisitos para a obtenção do título de bacharel, no curso de Gestão do Agronegócio.

Orientador(a): Prof. Dr. Mauro Eduardo Del Grossi

Brasília
2022

Dedico este trabalho à minha
mãe e ao meu padrasto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de qualquer coisa, pelo simples milagre diário que é viver e ter a oportunidade de aprender, mudar, amar e me guiar durante todo esse caminho marcado por dias ruins e bons, me iluminado com sabedoria, paciência e força.

Aos meus pais, Zilda e José Henrique pelo simples fato de acreditarem que eu seria capaz e por todo o amor demonstrado, foram e serão sempre a minha motivação para continuar. Amo vocês e quero orgulhar-los.

Ao meu padrasto, Wolnei que sempre esteve presente em seu papel de pai na minha vida, pela ajuda, ensinamentos sobre a vida e compreensão durante todos esses anos e por cuidar tão bem de todos nós.

Aos meus sobrinhos que, com toda inocência no olhar, me deram força para continuar e acreditar que a vida pode ser mais leve.

Ao namorado e amigo, Cairo por toda paciência e demonstração de carinho durante esses anos que se passaram, me dando suporte emocional e por aceitar compartilhar a sua vida comigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Eduardo Del Grossi pelo tempo disponibilizado, a sua paciência e presteza, por exercer com maestria a função de professor, mas principalmente, pelo carinho e dedicação a prática de ensinar. Me inspira como profissional mas principalmente como ser humano.

Aos outros professores, agradeço todo conhecimento compartilhado e pelas experiências marcantes durante a graduação. Em específico a professora Fernanda Regina Nascimento, Celso Vila Nova de Souza Junior, Jonilto Costa Sousa, Thiago Kisaka e Amanda Gaban Filippi por toda empatia e ensinamentos que jamais serão esquecidos.

Por fim, a todos os colegas de faculdade que de certa forma marcaram a minha trajetória com alegria e momentos inesquecíveis, especialmente a Nathalia Maria, Sara de Sousa, Felipe Rapachi e Alessandro Oliveira.

RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.) tem ganhado visibilidade devido seu grande potencial para a produção de óleo. Por se tratar de uma espécie nativa do Brasil, a espécie tem transcorrido em assunto de muitas pesquisas que demonstram sua importância e viabilidade para a produção dos biocombustíveis, uma alternativa para os combustíveis convencionais utilizados pela sociedade, especialmente por serem uma fonte alternativa com baixo índice de poluentes. Pesquisas da Embrapa contribuíram e contribuem para grandes descobertas sobre essa palmeira desde 2008 com a implantação do Banco Ativo de Germoplasma – BAG, com especial atenção para a Macaúba. Este estudo realizou um conjunto de pesquisas na literatura sobre a espécie e o seu potencial como biodiesel por meio do melhoramento genético. Os resultados deste trabalho demonstraram que com o crescimento dos interesses globais por alternativas ambientalmente sustentáveis, associadas a programas públicos nacionais, refletem no crescente número de publicações sobre a macaúba nos últimos anos, como alternativa viável para a produção de biocombustível, mais sustentável e de origem nacional e por isso o grande destaque dado a macaúba visto sua importância por meio do estágio realizado na Embrapa Cerrados.

Palavra-chave: Macaúba, biodiesel, óleo, matéria-prima.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	08
2. Revisão literária	10
2.1 Macaúba.....	10
2.2 Produção e comercialização	14
2.3 Produtos e subprodutos tradicionais	15
2.4 Óleo da macaúba	17
2.5 Melhoramento genético	18
2.6 Biodiesel	19
3. Análise	25
3.1 História e características da Embrapa	25
3.2 Relação da Embrapa com a macaúba	26
3.3 Publicações sobre a macaúba	28
3.4 Legislação do biodiesel no Brasil	30
3.5 Soja versus macaúba como fonte de biodiesel	32
4. Experiência prática	34
5. Conclusão	36
6. Referências de literatura	38

1. Introdução

Típica na região brasileira, a macaúba (*Acrocomia aculeata*) sempre esteve presente na alimentação dos povos extrativistas, rica fonte de energia fornecendo a essas pessoas alternativas para consumo. Justamente o grande potencial energético desse fruto vem ganhando a atenção de diversos pesquisadores.

Uma sociedade mais consciente e preocupada com questões climáticas e ambientais já vem substituindo produtos de muita relevância para o cotidiano de todas as pessoas, mas que causam danos ao meio ambiente como é o caso dos derivados de petróleo. Planos e projetos ganham destaque nos dias atuais e em todo o mundo com debates de como minimizar os danos já causados e reparar o futuro adiante, por meio de pressões quanto a substituição das fontes de energias atuais por fontes renováveis.

O atual dilema vivido é que a produção de energia é essencial para o mundo atual com suas inúmeras tecnologias, porém o mercado tem consciência de que as atuais fontes de energia mais utilizadas são malélicas e já possuem fontes alternativas e mais limpas.

Como alternativa de energia sustentável muito tem se falado do biodiesel, diante disso, o Brasil que é destaque na produção de *commodities* tem a sua disposição diversas culturas que são elementos principais para a produção de biodiesel, além da soja há o amendoim, a mamona, o girassol poucos falados e mais conhecidos há o algodão e o milho.

A produção de óleo vegetal no Brasil encontra-se fortemente concentrada na cultura da soja. Outras oleaginosas tradicionais (dendê, algodão, girassol e amendoim) contribuem com uma menor parcela para o mercado brasileiro. Cerca de 48,7% de todo óleo consumido no Brasil é para fins alimentares e 51,3% para fins industriais (USDA, 2019a apud JUNQUEIRA 2019).

No entanto, pesquisadores têm se concentrado na espécie nativa, a macaúba, que é vista como um grande potencial para a produção de uma energia sustentável e de alta produtividade, dessa forma, o país destina mais *commodities* para ramos alimentares e ainda sim se torna referência quanto a preocupação com o ambiente sem deixar de consumir energia, deixando de lado o embate quanto à produção de alimentos ou produção de combustíveis.

O “novo biodiesel do mundo”, acredita-se que estas espécies poderão suprir a médio prazo a demanda nacional por óleo vegetal se cultivada de forma ordenada em consórcio com pastagens (JUNQUEIRA, 2008), sendo mais uma vantagem dessa palmeira, além de impactos na sociedade que terá geração de renda e novos empregos (LAVIOLA, *et al.*, 2016).

Por esses motivos, o potencial dessa planta, a macaúba, tem sido cada vez mais valorizado e muitas empresas têm visto neste cenário oportunidades tecnológicas para produtos obtidos de forma ambientalmente correta, capaz de gerar vantagens competitivas incorporando modelos sustentáveis de uso e exploração dessas espécies (FERRO *et al.*, 2006).

De maneira geral, a exploração atual das populações naturais de macaúba poderá ser inviável pela baixa produção e nos rendimentos, como observadas nas amostras populacionais (JUNQUEIRA, 2019). Como grande desafio encontrado é a domesticação da macaúba visto que se trata de uma planta de ciclo longo, mas as pesquisas têm sido embasadas em como desenvolver essa domesticação e superar os desafios, como a forma de cultivo da palmeira.

É nesse cenário que se faz importante as pesquisas e desenvolvimentos entre empresas públicas-privadas seja nacional e internacional utilizando-se de toda eficiência a essa espécie de planta que tem diversos usos seja na produção de óleo, resíduos e coprodutos (LAVIOLA, *et al.*, 2016). A Embrapa como organização pública direcionada para o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas há 10 anos vem se dedicando a essas fontes promissoras e de grande potencial na produção de óleo, o Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba com mais de 1.200 espécies vem sendo avaliado durante todo esse tempo com o propósito do melhoramento genético e obter plantas de grande produtividade .

Através do estágio realizado na Embrapa Cerrados localizada em Planaltina DF e o desenvolvimento da pesquisa quanto ao melhoramento genético dessa planta inspirou o trabalho atual em demonstrar tamanho impacto da macaúba futuramente, visto que a principal função da empresa é gerar conhecimento e novas tecnologias para a sociedade, nesse caso a macaúba esse melhoramento acontece por meio da seleção das melhores plantas no BAG, ou seja, as de maior rendimento e aspectos facilitadores para a colheita por meio das atividades realizadas em campo e laboratório.

O trabalho tem como objetivo reunir argumentos em relação a importância da macaúba como biodiesel e os impactos, sendo mais uma alternativa viável para a produção de biodiesel que não seja as matérias-primas utilizada diretamente para o consumo humano, os benefícios tragos ao país tornando o mais competitivo em fornecimento de alimentos e alternativo em biodiesel, e apresentando fatos que têm motivado tantas pesquisas sobre o assunto.

A metodologia é de caráter quali-quantitativa, utilizando como fonte de dados a literatura, relatórios publicados por órgãos nacionais e artigos, para obter dados secundários. Os trabalhos pesquisados contém as palavras-chaves “macaúba” e

“*Acrocomia aculeata*” nos períodos de 2015 a 2022 na biblioteca da Embrapa de publicações.

2. Revisão literária

2.1 Macaúba

Macaúba é conhecida como *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart está entre as mais estudada e grande destaque da espécie pertencente à família *Arecaceae* com 200 gêneros e mais de 2.500 espécies, é uma planta nativa, arborescente, espinhosa, perene e encontrada principalmente em regiões tropicais. Conhecida também como bocaiúva, mocujá, macaíba ou macaiúva. Em menções da taxonomia é mencionada por Grin (2019):

Reino: Plantae

Divisão: Angiospermae

Classe: Monocotyledoneae

Sub-classe: Espadiciflorae

Tribo: Coccoineae

Família: Areccaceae (alt. *Palmae*)

Sub-família: Cocosioideae

Ordem: Principes

Super Ordem: Arecanae

Gênero: *Acrocomia*

Espécie: *Aculeata*

Sua coleta é feita por populações da região onde se encontra a palmeira com interesse na extração do coco e mesocarpo servindo de alimento para a subsistência (Lôbo *et al.*, 2013), a cultura conservada de forma artesanal e de economia extrativistas da planta dá ênfase justamente no seu fruto que pode ser consumido também in natura.

A macaúba tem facilidade em regiões de altitude entre 500 a 1.000 metros, mas pode ser encontrada até 1.600 metros e temperaturas entre 15°C a 35°C, são

palmeiras resistentes a fogo, seca e rústicas (ANTONIASSI *et al.*, 2012). Ela pode chegar a atingir até 15 metros de altura, com diâmetro do tronco de 20 a 30 cm (LORENZI, 1992). Como característica marcante da espécie é a presença de grandes espinhos e pequenos de coloração escura por grande parte de sua extensão, incluindo foliares e estipe, com raízes profundas, numerosas e grossas. Suas folhas são vantajosas e de coloração verde mais escuro e dão o aspecto de volume a copa, em média cada planta tem entre 20 e 30 folhas (LANES, 2014).

Espécie predominantemente tropical e está entre as palmeiras nativas do Brasil, o país mais diversos em palmeiras nativas, de acordo com Valois (2008), são 32 gêneros dessa família e 232 espécies.

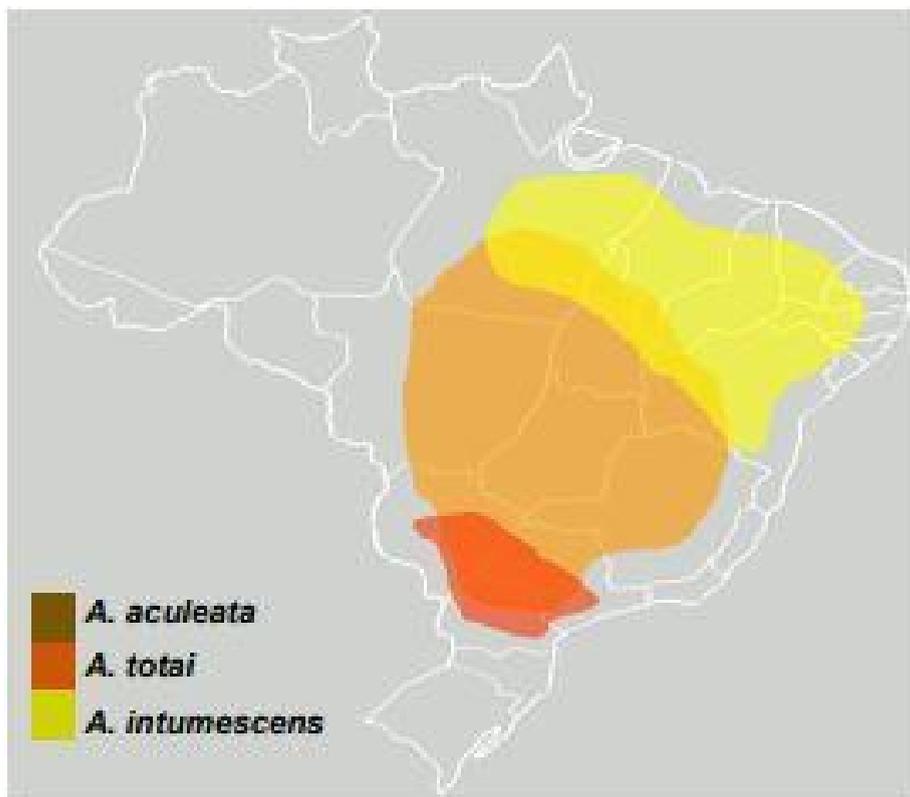
Figura 1 - Macaúba (*Acrocomia aculeata*)



Fonte: Daniela Collares/Embrapa Cerrados, 2015.

A macaúba é regional do cerrado, concentrando-se nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Distrito Federal, mas é possível encontrá-la em estados como São Paulo, Tocantins e Mato Grosso do Sul como observado na Figura 2 (COSTA; MARCHI, 2008, pág. 12 *apud*. HENDERSON *et al.*, 1995) e até em outros países como Sul do México e Antilhas, Argentina e Paraguai.

Figura 2 - Distribuição de espécies de macaúba no Brasil.

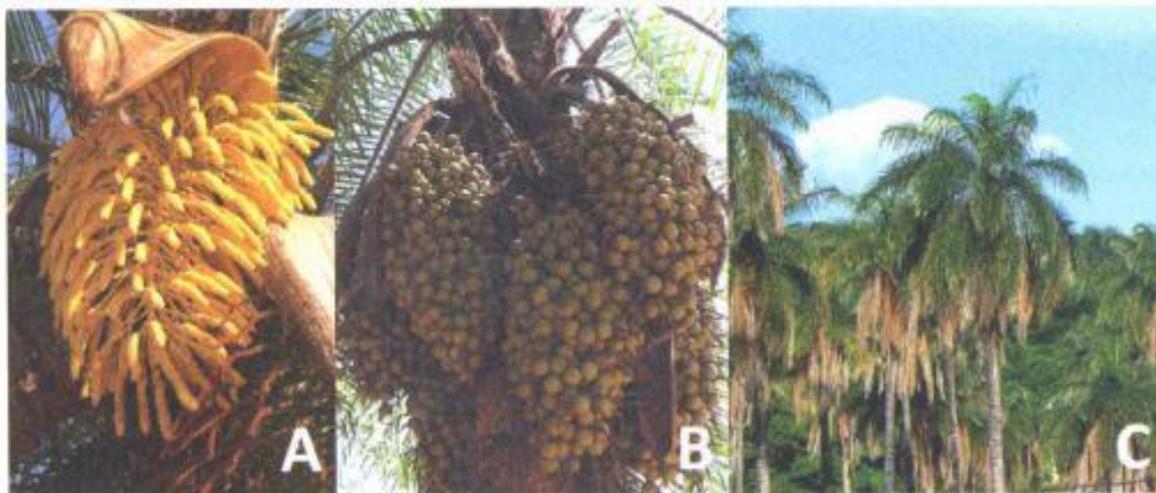


Fonte: VALIM (2014, p. 17)

E considerando que a macaúba se encontra em grande número no centro-oeste do Brasil, a região do cerrado se torna promissora para o plantio das espécies, sendo esta tolerante a estresses hídricos característica do cerrado marcado por longos períodos de seca.

Inflorescência são interfoliaras e andróginas, com flores amarelas como é possível perceber na figura 3 (A), a floração acontece entre agosto e novembro. Na base das ráquias estão as flores femininas e no ápice as masculinas que são superiores às femininas em quantidade. O desenvolvimento da macaúba dura cerca de 1 ano, conhecido como frutificação, é a formação do fruto que acontece de forma lenta e estão disponíveis de forma madura entre o período de outubro e dezembro com cachos volumosos e que podem passar de 20 quilos (RINALDI *et al.*, 2020, *apud* SALIS; MATTOS, 2009).

Figura 3 - Inflorescência da macaúba (A), Cachos frutificados da macaúba (B), Maciço da região de Montes Claros, MG.



Fonte: Nilton T. V. Junqueira/Embrapa Cerrados

Figura 4 - Fruto de macaúba.



Foto: Daniela Collares/Embrapa Cerrados, 2015.

A macaúba é de grande importância ecológica como fonte de alimentos para muitos insetos, vertebrados, aves e mamíferos através dos seus frutos maduros, ricos em energia, de sabor doce e textura macia, ao serem atraídos □ animais □ contribuem para a dispersão das sementes.

2.2 Produção e comercialização

Concentra-se atualmente ainda em uma produção de plantas nativas, sem grande comercialização e coletado por meio da prática extrativista, técnicas ainda empregadas de forma primitivas e pouca tecnologia para a extração do fruto, aspecto como este e a falta de planos de manejo impede maior rendimento, além de ser uma planta alta e com muitos espinhos, pragas e doenças; a visibilidade desse fruto ainda é pouca pelo mercado e isso não estimula uma maior quantidade a ser produzida devido os fatores genéticos da planta, nem melhor qualidade por parte dos coletores, dessa forma, não há uma maior valorização do fruto por parte do mercado.

A sua produtividade equivale a aproximadamente dez vezes o óleo extraído da soja e produtividade de 4 até 6 toneladas de óleo por hectare ao ano (RODRIGUES, 2018). No entanto, o grande desafio enfrentado é sua coleta de frutos caídos no solo prejudicando a qualidade dos mesmos e expondo a microrganismos que levaram a degradação dos frutos e menor aproveitamento (RINALDI *et al.*, 2020). E de acordo com Conceição e Junqueira (2013), a produção de frutos em média é 39 a 75 quilos por planta ao ano, em casos de plantas mais produtivas chegam a 167 quilos ao ano.

Dados disponibilizados por Lôbo *et al* (2013) analisou o preço em média das vendas feitas pelos catadores da região de Minas, o saco com total de 20/kg in natura é vendido em torno de R\$4,31, se para ração de animal é vendido por R\$ 0,30/kg, o óleo da polpa é vendido por R\$ 7,00/litro e o óleo da amêndoa tem seu valor um pouco maior visto sua dificuldade de ser extraído, principalmente por rígidas camadas que formam o fruto antes de chegar a amêndoa, vendido por R\$ 18,00/litro, produtos que sofreram alguma transformação como o sabão é comercializado por R\$ 9,00/kg e o carvão por R\$ 2,00/kg.

De acordo com a CONAB (2021) os dados de produtividade da macaúba em Crato (CE) foram de 36.720,00/kg anual e com um custo de produção de R\$ 0,5190/kg, em Mirabela (MG) registrou 9.450/kg anual e os custos menores de R\$ 0,4567/kg.

Já os preços mínimos registrados pelo MAPA (2019), a macaúba (fruto) em 2018 no norte e nordeste era comercializado a R\$ 0,62/kg e em 2019 passou para R\$ 0,79/kg, já no centro-oeste e sudoeste houve uma redução de preços, antes vendido a R\$ 0,62/kg passou para R\$ 0,57/kg.

De acordo com Junqueira *et al* (2019), os valores médios com relação a população de número de cachos e produção por plantas registrou 2,6 cachos/ano e 36,1 kg/ano, no entanto, as plantas de regiões selecionadas como Minas Gerais, Goiás e DF as plantas têm em média 5,3 cachos/ano e produção de 114 kg/ano. O

mesmo estudo demonstra que 6,9 t/ha de óleo da polpa foram obtidos dessas plantas, 1,2 t/ha de óleo da amêndoa, 19,3 t/ha de endocarpo e 24,5 t/ha de resíduo que seria a torta para ração ou farelo na região de Alto Paranaíba, MG.

Tabela 1 - Estimativa do potencial de produção de matéria-prima com base na média de plantas selecionadas.

Local	Produção de frutos	Óleo da polpa ⁽¹⁾	Óleo da amêndoa ⁽¹⁾	Endocarpo ⁽²⁾	Torta ⁽³⁾
	----- t/ha -----				
Região de Montes Claros MG	61,4	5,3	0,7	15,6	26,6
Região do Alto Paranaíba, MG	66,9	6,9	1,2	19,3	24,5
Região de Lavras, MG	56,2	5,7	1,0	16,2	14,9
Distrito Federal, DF	39,4	2,5	0,7	11,5	15,5
Região de Formosa, GO	38,2	2,7	0,7	12,2	15,5
Região de Combinado, TO	11,5	0,9	0,3	3,5	4,2

Fonte: Caracterização de populações naturais de macaúba e avaliação do potencial produtivo.

Junqueira *et al* (2019).

- (1) A eficiência da extração para o cálculo de produção de óleo foi fixada em 70% para extração mecânica a frio.
- (2) Matéria-prima para produção de carvão.
- (3) Resíduo da extração de óleo da polpa e da amêndoa, matéria-prima para produção de ração animal e/ou farinha.

2.3 Produtos e subprodutos tradicionais

Múltiplos são os usos desse fruto, é fonte de grande capacidade para produção de óleo e diversificação na sua aplicação seja na área de alimentação, farmacêuticos, cosméticos, produtos químicos, defensivos ou produção de biocombustíveis (BRITO *et al.*, 2016) mostrando sua versatilidade.

Lôbo *et al* (2013) relata que diversos são os fins do fruto macaúba na região de Minas, suas características promissoras nas áreas da indústria cosmética, combustíveis e alimentos possuindo um potencial enorme de aproveitamento dos resíduos. A torta para ração animal, resultado após a extração do óleo da polpa e da amêndoa (JUNQUEIRA *et al.*, 2019), possui ótimas características nutricionais e palatáveis tanto para ovinos como para caprinos (RUFINO *et al.*, 2011); o processamento do óleo da polpa e da amêndoa é muito utilizado por empresas de cosméticos e até o autoconsumo dos coletores que fazem sabão e óleo de cozinha, no Pantanal, Aristone e Leme (2006) afirma que a farinha da polpa é utilizado em

preparo de sobremesas como sorvete, bolos e outros; outras partes do fruto como o endocarpo é utilizado como carvão com elevado poder calorífico. Além de tudo isso, Lima (2008) relata que o óleo encontrado na polpa e na amêndoa servem para limitar os ácaros e também os cochonilhas em outras plantas e das frutas após sua colheita, a madeira da palmeira também serve para confecção de ripas e calhas, a parte interna serve para produção de farinha, suas folhas podem servir como forragem e fibras para indústria têxtil. Porém, a falta de padronização na sua exploração extrativista compromete a qualidade do produto final (LORENZI, 1992).

Figura 5 - Alguns produtos e subprodutos da macaúba



Fonte: Compilação do autor ¹.

(1) cosmético, (2) carvão, (3) farinha de macaúba e (4) óleo da macaúba.

¹ Montagem a partir de imagens coletadas nos sites Diário Corumbaense, Diário Digital, Syngenta Digital e Blog Macaúba Brasil.

Outrossim é quanto os benefícios que o cultivo de macaubeira traria ao meio ambiente, sua plantação em alta escala em conjunto com a pastagem favorece a

¹ Montagem a partir de imagens coletadas nos sites Diário Corumbaense, Diário Digital, Syngenta Digital e Blog Macaúba Brasil.

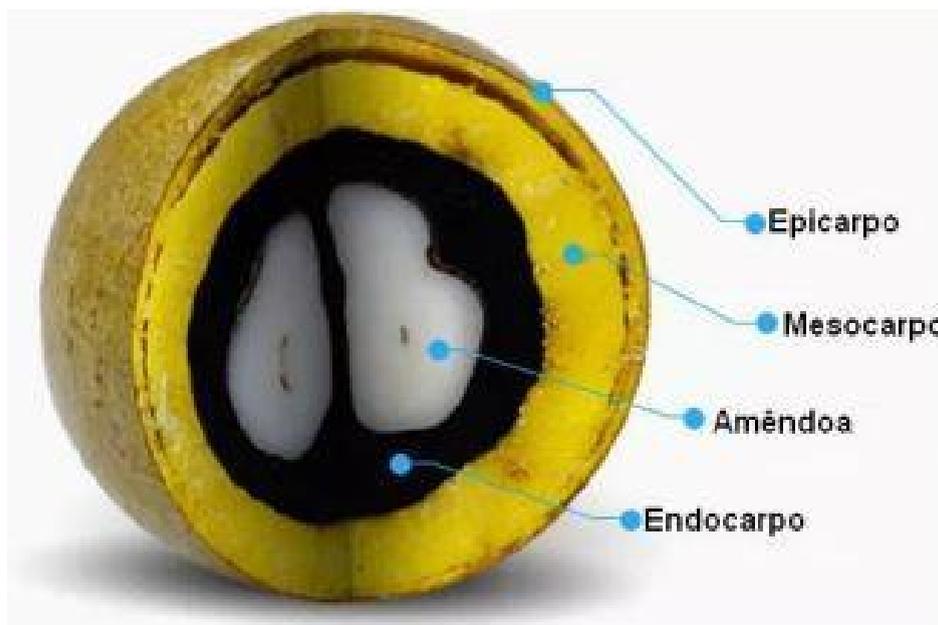
recuperação da pastagem, permite facilmente que o sistema agrossilvipastoril seja aplicado concedendo a imobilização do CO² e negociações pertinentes de créditos de carbono (CARGIN; JUNQUEIRA; FOGAÇA, 2008).

2.4 Óleo da Macaúba

A estruturação do fruto da macaúba é formado epicarpo, mesocarpo, amêndoa e endocarpo, em porcentagens de representatividade de cada parte no fruto, considerando o peso do fruto de 41,2 gramas em média há: epicarpo com 24%, mesocarpo com 41%, amêndoa com 6,6% e endocarpo 28,7%. Levando em consideração o mesmo fruto e suas partes, o óleo encontrado no mesocarpo é 55,7% de todo o óleo presente no fruto e 45,8% óleo proveniente da amêndoa. (JUNQUEIRA *et al.*, 2019).

O epicarpo é fibroso e antes de sua maturação apresenta coloração verde, quando completamente maduro apresenta cor amarela ou castanha. Já o mesocarpo é carnososo de cor amarela ou branca a depender do seu estágio de maturação e muito rico em ácido graxo. O endocarpo é de cor preta, lenhoso, rígido e faz uma proteção a amêndoa, está que se apresenta em cor branca e pode conter de 2 a 3 embriões com grandes quantidades de fibras, lipídios, proteínas e ácidos graxos.

Figura 6 - Divisão do fruto de macaúba.



Fonte: Hellen de Melo Valim. Variabilidade em progênies de macaúba com base em variáveis quantitativas relacionadas a aspectos agrônômicos e características físicas dos frutos.

Palmeiras de macaúba da população nativa encontrada em Minas Gerais apresentam a porcentagem de 20% de casca, 40% de polpa, 33% de endocarpo e

7% de amêndoa, sendo o teor de óleo presente tanto na amêndoa quanto na polpa relativamente um pouco maior (CARGIN; JUNQUEIRA; FOGAÇA, 2008), sendo assim o fruto possui dois tipos de óleos, o da amêndoa, recomendado para indústrias alimentícias, farmacêutica e cosméticos, sendo composto de ácido láurico e ácido oléico. Quanto ao óleo da polpa composto por ácido oléico e palmítico tem um bom desempenho para o processo industrial, mas seu grande destaque vai para a fabricação de biodiesel. Porém um grande desafio a qualidade é o seu armazenamento, decorrente da degradação rápida que ocorre após a colheita prejudicando o processamento visto que há um aumento da acidez ao longo do tempo após sua colheita (AOQUI, 2012).

2.5 Melhoramento genético

O melhoramento genético teve fortes contribuições dos pesquisadores Charles Darwin (1809-1882) e Gregor Mendel (1822-1884), descobertas que mudaram a área da biologia e desde então trabalhos posteriores complementam com novas descobertas como em 1910 a descoberta da heterose, 1913 mapa genético, 1919 a respeito do termo variância e 1930 a utilização da genética quantitativa por meios estatísticos (TEIXEIRA, 2008).

A evolução das cultivares é bem comum atualmente, simplificando produção, manejo e consumo, a partir da seleção criteriosa feita pelo homem havendo avanços na agricultura e permitindo uma padronização.

Os objetivos do melhoramento genético segundo Machado (2014) são:

- I. Causar variabilidade genotípica, de forma que tenham diferenças tolerâncias identificadas que afetam a espécie;
- II. Exploração da variabilidade através da seleção daquelas variedades que atendam as necessidades impostas e procuradas;
- III. Testagem a partir de avaliação do material em ambientes diferentes verificando sua adaptação e potencial.

Estudos já levantados sobre o melhoramento genético de certa espécie estudada devem ser verificados, pois resultados já obtidos poupam esforços e permite que haja uma economia de tempo e só então pode-se criar um banco de germoplasma, assunto abordado logo mais. Importante procurar o modo de reprodução da espécie que influenciará no método a ser utilizado para que aconteça o melhoramento e definir a característica genética a ser melhorada e passada adiante (FERREIRA, 2006).

O estudo da macaúba e seu melhoramento genético é justamente a domesticação ainda em andamento da espécie nativa e permitir maior potencial de produção de óleo, ou seja, em larga escala visto que a maioria das palmeiras

difícilmente seu processo de reprodução acontece de forma natural e a germinação acontece de forma lenta devido a perceptível dormência presente na planta (COSTA; MARCHI, 2008). Mas é possível sim uma grande produção, a existência de alguns plantios comerciais no Paraguai tem dado certo e operam com duas indústrias de transformação do óleo de macaúba há mais de uma década com produtividade acima de 2.500 litros de óleo por hectare ao ano (ROSCOE, 2006).

O melhoramento da macaúba permitirá mudanças morfológicas e fisiológicas promissoras, como a questão da sua altura com uma seleção de plantas de menor porte facilitando sua coleta e manejo (DOMICIANO *et al.*, 2015). O melhoramento e adequações realizadas propiciam também maior resistência da cultura a pragas, qualidade do óleo, adaptação aos ambientes de cultivo, ausência de espinhos e precocidade de produção (MANFIO *et al.*, 2011).

O autor Junqueira *et al* (2019) cita as características relevantes quando se pensa em melhoramento genético da planta:

As estimativas do potencial de produção de matéria-prima foram obtidas pelo “cruzamento” de dados físico-oleíferos (teores de óleo em base úmida e/ou partes do fruto) com a produção total, considerando a densidade de 400 plantas/ha e eficiência de extração de 70% (simulando extração mecânica a frio). Os produtos estimados foram: óleo da polpa, óleo da amêndoa, endocarpo (matéria-prima para carvão) e resíduo (ou torta, resíduo da extração do óleo da polpa e da amêndoa).

Outrossim, é a expectativa que o melhoramento da macaúba traga alta produtividade em cachos, rendimento em mesocarpo do fruto e grande quantidade de óleo (ANTONIASSI *et al.*, 2012), estudos a respeito vem sendo desenvolvido por pesquisadores da Embrapa em conjunto com FINEP e Petrobras.

2.6 Biodiesel

A grande preocupação dos dias atuais por parte do mundo é com a emissão de gases poluentes e os efeitos na mudança climática que são causadas interferindo nas condições adequadas do meio ambiente. Programas internacionais relacionados a questões ambientais discutam soluções que amenizem as consequências já vistas e futuras, entre algumas pautas tem se discutido a substituição de combustíveis a base de petróleo, ou seja, fósseis para aqueles que tenham menor impacto ambiental ou renováveis como é o caso do biodiesel, sendo o Brasil, atualmente, o segundo maior produtor mundial com 3,8 bilhões de litros de biodiesel e maior consumidor atrás do Estados Unidos, contribuindo para a sustentabilidade e com grandes oportunidades de potencializar o setor através de frutos nativos (RINALDI *et al.*, 2020; FGV, 2017).

De todas as economias industrializadas o Brasil tem destaque quanto a sua participação em fontes renováveis na matriz energética, incluindo o biodiesel com grandes vantagens de substituição de derivados do petróleo contribuindo para

redução de emissões de gases poluentes liberados pelo seu uso, o biodiesel não é tóxico, explosivo e inflamável a sua temperatura ambiente, além de não contribuir para as chuvas ácidas compostas de enxofre (CHUBA *et al.*, 2010).

Tudo isso vem surtindo em leis no Brasil como é o caso da primeira Lei 11.097/2005 que estabelecia a porcentagem de 5% de biodiesel no diesel, em 2014 com a Lei nº 13.263/2016 estabeleceu no máximo em 10%.

Art. 2º A Lei nº 11.097/2005, de 13 de janeiro de 2005, fica introduzido o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional (BRASIL, 2005).

Art. 1º A Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, passa a vigorar com as seguintes alterações:

Art. 1º São estabelecidos os seguintes percentuais de adição obrigatória, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional:

I - 8% (oito por cento), em até doze meses após a data de promulgação desta Lei;

II - 9% (nove por cento), em até vinte e quatro meses após a data de promulgação desta Lei;

III - 10% (dez por cento), em até trinta e seis meses após a data de promulgação desta Lei (BRASIL, 2016).

Tabela 2 - Histórico do teor de mistura de biodiesel no diesel

% Biodiesel no Diesel	
antes de 2008	opcional
Jan/2008	2%
Jul/2008	3%
Jul/2009	4%
Jan/2010	5%
Aug/2014	6%
Nov/2014	7%
Mar/2017	8%
Mar/2018	9%
Mar/2019	10%

Fonte: FGV (2017). Dados da ANP.

Outra política instituída no Brasil que impacta diretamente a produção do biodiesel contribuindo para o meio ambiente é a Lei nº 13.576/2017 conhecida como

RenovaBio, Política Nacional de Biocombustíveis que visa o cumprimento do Acordo de Paris, expansão do uso nas matrizes energéticas dos biocombustíveis e garantir a previsibilidade quanto o abastecimento e reduções de gases poluentes.

O intuito da RenovaBio é concretizar metas estabelecidas quanto a redução de gases poluentes e incentivar por meio de certificação aos importadores e igualmente aos produtores de biocombustíveis.

O programa RenovaBio surgiu em 2016 pela ação do governo realizando uma estimativa da produção de biocombustíveis no país com o objetivo de atrair investimentos, sendo eles: etanol, biodiesel, biogás e bioquerosene. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), através de instruções publicadas no Diário Oficial, Resolução nº 14, de 8 de junho de 2017, delinea as quatro estratégias, são elas:

Figura 7 - Eixos estratégicos do RenovaBio.



Fonte: MME (2017)

O MME (2017), documentou que a pretensão do governo como proposta é:

A Política Nacional de Biocombustíveis - RenovaBio, como parte integrante da Política Energética Nacional, com o objetivo de assegurar previsibilidade para a participação dos biocombustíveis no mercado de combustíveis, promover a geração de investimentos e empregos no setor de biocombustíveis, além de promover a competitividade do Brasil no mercado internacional de biocombustíveis, entre outros. A Política tem ainda, por princípio, impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação para aumentar a competitividade dos biocombustíveis e a inserção dos combustíveis avançados e dos novos biocombustíveis, e deverá conter, dentre outros, os seguintes instrumentos: os Créditos de Descarbonização; a certificação dos biocombustíveis; as adições compulsórias de biocombustíveis aos combustíveis fósseis; e os incentivos fiscais, financeiros e creditícios (FGV, 2017).

Segundo ABIOVE, APROBIO E UBRABIO (2016), estimou que até 2030 há a necessidade de se produzir pelo menos 18 bilhões de litros de biodiesel, se a adição

de biodiesel de 20% ao diesel for alcançada. Com isso, foram elaboradas projeções desse mercado até 2030.

Tabela 3 - Projeções para o mercado nacional de biodiesel até 2030

Premissas/Projeções	2016	2020	2025	2030	Unidade (milhões)
Mistura Obrigatória	B7	B10	B15	B20	%
Composição de matérias-primas					
Óleo de soja	77	77	77	77	%
Sebo bovino	18	15	11	8	%
Óleo de palma	0	2	5	8	%
Outros	5	6	7	7	%
Volume de diesel B	55	64	76	90	m ³
Volume de biodiesel	3,9	6,4	11,4	18,0	m ³
Volume de biodiesel de soja	3,0	4,9	8,8	13,9	m ³
Óleo de soja para biodiesel	2,6	4,3	7,7	12,2	t
Soja processada para biodiesel	14,1	23,4	41,8	65,9	t
Volume de biodiesel de sebo bovino	0,7	1,0	1,3	1,4	m ³
Sebo para biodiesel	0,6	0,8	1,1	1,3	m ³
Abates equivalentes	27	37	48	55	cabeças
Volume de biodiesel de óleo de palma	0,0	0,1	0,6	1,4	m ³
Óleo de palma para biodiesel	0,0	0,1	0,5	1,3	t
Área plantada necessária	0,0	0,03	0,11	0,25	ha

Fonte: ABIOVE, APROBIO E UBRABIO (2016)

O biodiesel tem sua composição a base de óleos vegetais, gorduras animais ou óleos residuais. Óleos estes que ao reagirem com o álcool é conhecida como reação transesterificação, resultando em compostos denominados como ésteres de ácidos graxos (biodiesel) e a glicerina (FGV, 2017). Diante desse desafio buscou-se inovações a partir da agricultura brasileira rica em alternativas e se descobre culturas viáveis e com produtividade tanto quanto o óleo vegetal.

A macaúba pertencente a classificação das palmeiras (*família arecaceae*) tem obtido visibilidade como a mais promissora fonte alternativa de oleaginosas e devido este grande destaque de sua matéria-prima para produção de óleo já é conhecido como o biodiesel do futuro, impactando diretamente a agroenergia do país e toda essa visibilidade se deu a partir do Plano Nacional de Produção e Uso

do Biodiesel através do Programa Nacional de Agroenergia, criado em 2006, com intuito de geração de pesquisas e tecnologias capazes de contribuir para a sustentabilidade (COSTA; MARCHI, 2008).

Segundo Junqueira (2019, p. 6):

Acredita-se, entre os pesquisadores que trabalham com esta espécie, que ela estará no cenário agrícola brasileiro nos próximos 10 a 20 anos e os primeiros resultados estão surgindo em periódicos de pesquisa qualificados nos últimos cinco anos.

A soja é atualmente a matéria-prima principal na produção de biodiesel (ANP, 2014), este nicho de mercado tem crescido por meio de pesquisas e tecnologias em andamento, tudo isso sendo absorvido pelo mercado sustentável e pela demanda do consumidor aumentando a competitividade e matérias-primas de maior rentabilidade vem sendo alvo de grandes estudos. Portanto, a macaúba é um fruto muito promissor com alta densidade energética, apesar da soja ser uma das principais culturas na cadeia produtiva do biodiesel e permanecerá por alguns anos, mas o aumento do uso de misturas ao diesel permite o suporte do fruto (LAVIOLA *et al.*, 2016), uma vez que possui grande potencial para produção de combustível sustentável devido sua alta produtividade e como outro fator relevante é a possibilidade da expansão dos plantios (LAVIOLA *et al.*, 2011). E tendo em mente que o Brasil tem crescido como um grande produtor de *commodities* tem atendido o título de produtor mundial, quanto a isso Junqueira (2019, p. 7) destaca uma preocupação pertinente porém demonstra a solução:

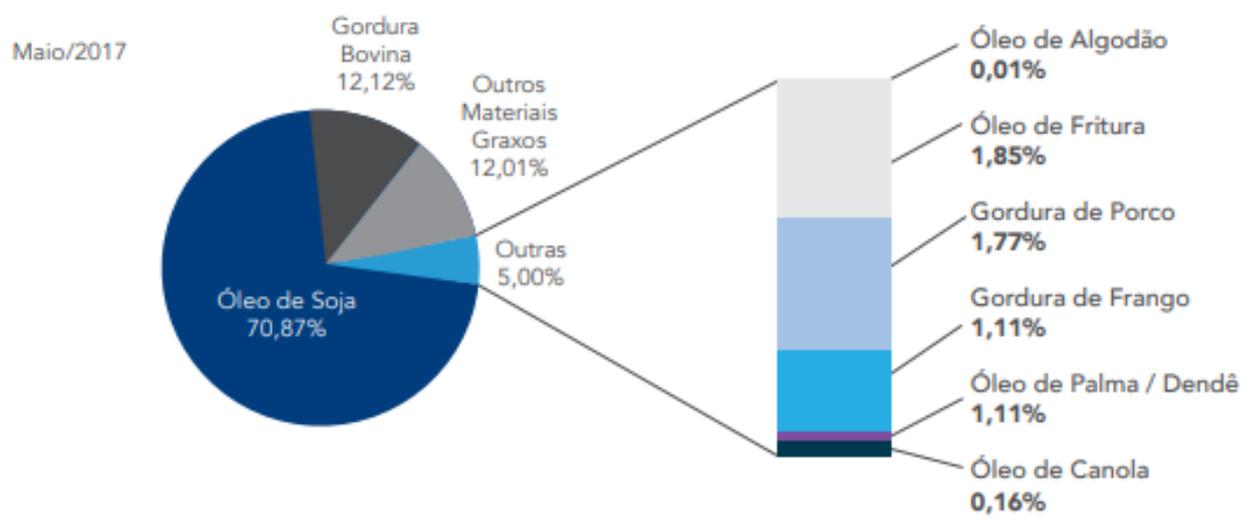
Atualmente, existe uma grande preocupação com o programa brasileiro de uso de biodiesel. Os estoques de soja, a principal matéria-prima do biodiesel, estão comprometidos nas próximas décadas devido a acordos de exportação com a China. O Brasil é signatário de acordos de redução de gases de efeito estufa e o uso de biocombustíveis é essencial para atingir as metas negociadas. O Brasil é referência mundial em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para produção de biocombustíveis e tem se comprometido em buscar matérias-primas alternativas.

O biodiesel no Brasil é proveniente de outras matérias-primas, mamona, girassol, algodão e amendoim, no entanto, o rendimento de óleo sé bem abaixo do que uma palmeira da macaúba consegue proporcionar, rendimento calculado até três vezes superior às matérias-primas citadas (COSTA; MARCHI, 2008).

E apesar da soja não ser, dentro do grupo de oleaginosas, a mais produtiva (USDA, 2019 *apud* JUNQUEIRA, 2019) a produção de soja em média no Brasil é de 3,47 t/ha e o óleo contido nos grãos representa 20%, ou seja, 0,69 t/ha de óleo, a sua importância para a produção de diesel é o seu alto nível de estruturação da cadeia produtiva e a inserção dessa cultura no mercado global como *commodity*, outra questão a ser levantada é que se trata de uma matéria-prima barata e atende

de forma fácil a demanda, a segunda mais barata para a produção de biodiesel é a gordura animal (Figura 8) antigamente considerado como resíduo (FGV, 2017).

Figura 8 - Matérias-primas usadas na produção de biodiesel no Brasil



Fonte: ANP (2017b)

Mas o problema é a preocupação global devido uma competição de destinação da soja entre o setor de combustível e o setor de alimentos, ou seja, uma concorrência quanto o destino da matéria-prima, isso acarreta em disputas que aumentam os preços da *commodity*.

Segundo Cargin, Junqueira e Fogaça (2008) a macaubeira em consórcio com a pastagem que hoje estima-se que seja 200 milhões de hectares sendo 54,6% no cerrado, se forem cultivadas 100 macaubeiras por hectare com produção de 30 kg de frutos cada uma ou 6 litros de óleo por ano obteria 600 litros de óleo por hectare ao ano e se for ocupado apenas 5% da pastagem poderia produzir de 8 a 10 anos após o plantio 6 bilhões de litros de óleo, capacidade produzida pela soja e outras. Até terras degradadas devido seu uso incorreto e menos produtivas são de grande potencial para a macaubeira, não disputando espaço utilizados para produção de alimentos (BHARDWAJ *et al.*, 2010).

Segundo Navarro-Díaz *et al* (2014) e Michelin *et al* (2015) o óleo presente na macaúba permite inovações quanto a sua industrialização para a produção do biodiesel e apontado por Lanes *et al* (2014) e Falasca *et al* (2013) como alternativa para outros combustíveis como o bioquerosene.

Diante de tantas pesquisas o resultado que se espera é que o melhoramento genético dessa cultura eficiente como fonte energética ultrapasse outras culturas tradicionais como uma fonte mais limpa, sustentável, sem desmatamento e versátil permitindo que o Brasil avance como um grande inovador que encontra soluções

que priorizam o meio ambiente e no futuro se tornando um país ainda mais competitivo, além de disponibilizar ainda mais alternativas viáveis utilizadas como fonte de combustível não prejudicando o consumo e abastecimento de alimentos.

3. ANÁLISE

3.1 História e características da Embrapa

A Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), surgiu em 26 de abril de 1973, tem como com o desafio de desenvolver novos modelos de agricultura e pecuária que antes sofriam limitações de produção no Brasil, com o intuito de ajudar a transformar e evoluir o país o tornando ainda mais competitivo quanto à produção no campo. Seu foco é na inovação, transferência de tecnologia permitindo que diversos setores tenham acesso e cooperação com parceiros para maiores avanços no setor agropecuário.

Instituição pública vinculado ao MAPA, presente em todo o território brasileiro e internacional, 17 unidades centrais em Brasília, 46 descentralizadas no país, 4 Laboratório Virtuais - LADEZ, Estados Unidos, Europa, Coreia do Sul e China e 3 escritórios na América Latina e África (Embrapa, 2022).

A Embrapa Cerrados passou a existir em 1975 fazendo parte das muitas unidades, no total são 42 unidades, composta por 367 colaboradores, fora estagiários, área experimental de 2.300 hectares, 700 hectares destinado à reserva ecológica e 60.000 m² de estrutura como salas fornecidas ao administrativo e pesquisadores, 8 casas de vegetação, 11 núcleos de apoio à pesquisa, viveiro, a unidade de manutenção de equipamentos de laboratório - UMEL, a Unidade de beneficiamento de Sementes e 23 laboratórios, focada na região do cerrado e localizada em Planaltina, Distrito Federal superando os desafios que a região possui como ampliar o conhecimento, preservar de forma racional os recursos disponíveis na região e desenvolver sistemas de produção, além de um clima predominante de inverno seco e verão chuvoso. Pesquisadores da época tinha como missão desenvolver algumas tecnologias que superasse os problemas da região como pouca informações de recursos, chuvas mal distribuídas, baixa fertilidade do solo, fração de argila baixa em atividade química, saturação elevada de alumínio e falta de cálcio, magnésio, potássio e fósforo. Outros fatores como manejo deficiente, pragas e doenças também eram características levantadas pelos pesquisadores que em parcerias foram averiguados e contornados sendo hoje uma região de muita importância para a agropecuária (Embrapa, 2008).

No IV Plano Diretor da Embrapa Cerrados para o bioma onde a Embrapa se localiza há no mínimo 320 mil espécies, sendo 11.046 espécies de plantas, 2012 de mamíferos, 837 aves, 1.200 peixes, 184 répteis e 113 anfíbios., além de 90 mil espécies de insetos (EMBRAPA, 2008).

De forma breve, sua missão é gerar e viabilizar soluções de pesquisas, desenvolvimento e inovação sustentável para a sociedade. Visão é ser protagonista e realizar parcerias essenciais gerando conhecimento e uso de forma sustentável até 2030. E seus valores são: confiança e integridade; respeito; conectividade; inovação; excelência e sustentabilidade.

3.2 Relação da Embrapa com a macaúba

A Embrapa tem como missão buscar atender as necessidades existentes na sociedade de forma que respeitem os recursos naturais, culturas e sistemas ecológicos viáveis e justos à sociedade, por meio de pesquisas, desenvolvimento e inovação.

O Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa Cerrados ou BAGMC como é mais conhecido, surgiu em 2008 e conta com 100 acessos divididos em blocos de diversas regiões brasileiras com 1.200 genótipos e os trabalhos na região vem acontecendo desde 2010 e o seu objetivo é selecionar os genótipos potenciais de macaúba que proporcione o maior rendimento de óleo visando o melhoramento genético de macaúba (CONCEIÇÃO, 2020).

E para que haja o melhoramento genético é necessário a verificação da variabilidade genética entre os genótipos no banco de germoplasma, e segundo Ferreira et al (2019), no BAG há sim variabilidade genética entre as progênies de macaúba com diversas características como: altura, diâmetro de caule, projeção da copa na linha e entrelinha.

Figura 9 - Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba da Embrapa cerrados, Planaltina, DF.



Foto: Léo Carson/ Embrapa Cerrados. 2012.

Figura 10 - Ensaio de irrigação e Adubação em Macaúba da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2016.



Foto: Léo D.H.C.S. da Conceição/Embrapa Cerrados.

O BAG da Embrapa Cerrados não é o único, em 2007, um ano antes surgiu o Banco Ativo de Germoplasma de Macaúba de Minas Gerais (BAG-Macaúba/UFV), o

primeiro a trabalhar com o programa de melhoramento genético da espécie e de sua conservação (LANES, 2014). Possui 304 acessos de todas as regiões do Brasil com uma enorme diversidade morfológica.

3.3 Publicações sobre a macaúba

A Embrapa como instituição de destaque em suas pesquisas e descobertas tem se dedicado a temas voltados para a sustentabilidade, a macaúba é um dos assuntos que tem sido estudado há mais de 10 anos e possibilitou diversas publicações e projetos por meio dessas pesquisas, gerou serviços e progressos atendendo de forma consciente as necessidades hoje da sociedade.

Na biblioteca da Embrapa entre 2015 até 2022, mencionado por Junqueira (2019) como o período onde pesquisas qualificadas foram publicadas, atualmente é um dos principais meios de referência teórica e especialista no assunto, sendo assim foi realizada uma pesquisa durante esse período que demonstrasse a importância da macaúba através de publicações feitas pela instituição.

Durante a pesquisa, as palavras-chaves utilizadas em temas foram: “macaúba” e “*Acrocomia aculeata*”. Os resultados encontrados foram 72 publicações com a palavra-chave “macaúba” (Tabela 4) dentro do período estabelecido, fora do período o total foi de 159 publicações, ou seja, entre 2015 a 2022 as publicações representaram 45,28% do total, sendo 8 das publicações feitas pela Embrapa Cerrados, um desempenho ainda pequeno nesse período se for observar que região do Cerrado é uma localização de referência da palmeira e possui o BAG desde 2008. Foram publicados 3 livros durante o período determinado de 7 anos e 4 livros desde o primeiro estudo publicado até hoje, infere-se que antes de 2015 apenas 1 livro a respeito do assunto havia sido publicado, visto que a primeira publicação aconteceu em 1989.

Já com a palavra-chave “*Acrocomia aculeata*” foram localizados 81 resultados no mesmo período (Tabela 4), um número ainda maior, representando 62,30% desde a primeira publicação realizada em 1985 do total de 130 publicações, sendo 8 publicações feitas pela Embrapa Cerrados.

Ambas as palavras resultaram no período estabelecido 153 publicações e 16 das publicações foram realizadas pela Embrapa Cerrados. Nota-se que é considerável o aumento do interesse pelos pesquisadores sobre o assunto, visto que é uma espécie ainda em desenvolvimento de pesquisas promissoras e com diversas possibilidades de assuntos a serem tratados, certamente impulsionando estudos sobre outras plantas nativas no país rico em diversidade (EMBRAPA, 2022) e que a Embrapa Cerrados, apesar do pequeno número, tem participado nos últimos anos ativamente nos estudos a fim de promover tecnologia e inovação para o setor de energia.

Vale destacar que a unidade Embrapa Agroenergia, localizada no Distrito Federal, é a segunda maior em publicações no período com a palavra-chave “*Acrocomia aculeata*”, com 21 publicações, atrás apenas da unidade do Pantanal com 24 e a primeira em publicações com a palavra-chave “macaúba” com 42 publicações.

Depreende-se que as unidades da região do centro-oeste, Embrapa Cerrados e Embrapa Agroenergia, juntas têm demonstrado interesse quanto ao assunto, em especial para a atividade do fruto na agroenergia, devido ao grande número de publicações feitas pela unidade Embrapa Agroenergia.

Tabela 4 - Publicações feitas pela Embrapa Cerrados com palavras-chaves “Macaúba” e “*Acrocomia aculeata*” entre o período de 2015 a 2022.

Publicações	Macaúba	Acrocomia aculeata
Anais e proceedings de eventos	3	6
Artigo de periódico	11	15
Folders	17	1
Folhetos	6	11
Livros	3	3
Parte de livro	2	4
Separatas	30	41
Total	72	81

Fonte: Elaborada pelo autor com base na Biblioteca da Embrapa, 2022.

Esta mesma análise, denominada pelo autor Xavier e Costa (2020) como mapeamento científico, demonstra as áreas nas quais a macaúba é objeto principal de pesquisa, através do banco da Capes com palavras-chaves voltadas para a macaúba em três segmentos; indústria alimentícia, indústria farmacêutica, indústria cosmética e indústria de energia, objeto do atual estudo.

No site do INPI, o autor Xavier e Costa (2020) com as palavras “macaúba” e “*Acrocomia aculeata*” observou 12 patentes entre 2007 e 2015, duas ligadas ao potencial energético da macaúba. Já no sistema Orbit Intelligence, foram encontradas 15 patentes entre 1949 e 2015, sendo 13 são de território nacional, 1 dos Estados Unidos e 1 de Cuba. E apesar de o primeiro registro acontecer em

1949, a partir de 2008 houve maior interesse relacionada a macaúba percebido seu grande potencial e áreas diversas em descobrimento.

Estas patentes estão inseridas em diversas classificações de pesquisa, e de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC), na área de tecnologia o código C10I-001/02 com 7,32% é designado para indústrias de petróleo; combustíveis; lubrificantes; gás; aditivos em combustíveis ou fogo, o mais expressivo (IPC, 2018). Uma quantidade representativa quando se pensa em potencial energético e com grandes oportunidades de crescimento em estudos e tecnologias a serem desenvolvidas em razão de ser um assunto ainda em estado inicial.

3.4 Legislação do biodiesel no Brasil

O biodiesel é uma fonte renovável de combustível através de processos químicos denominado de transesterificação, onde triglicerídeos tem reação com o álcool, seja ele etanol ou metanol produzindo o éster e a glicerina, porém apenas o éster após a sua purificação é utilizado no mercado como biodiesel (ANP, 2021).

Atualmente o biodiesel é parte essencial na matriz energética brasileira obrigatório como citado na Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014 anteriormente, chegando em até 10% no óleo diesel vendido ao consumidor final.

O Brasil tem evoluído quanto ao uso do biodiesel e demonstrando ao mercado internacional a sua preocupação com a qualidade de vida e segurança econômico, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Produção Nacional de Biodiesel Puro - B100 (m³)

ANO	PRODUÇÃO TOTAL DE BIODIESEL
2005	736,16
2006	69.001,98
2007	404.329,14
2008	1.167.128,42
2009	1.608.448,42
2010	2.386.398,52
2011	2.672.759,92
2012	2.717.483,49
2013	2.917.488,27
2014	3.422.209,90
2015	3.937.268,53
2016	3.801.339,00
2017	4.289.839,69
2018	5.336.528,68
2019	5.902.461,10
2020	6.432.008,47
2021	6.758.382,37

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ANP, conforme Resolução ANP nº 729/2018

Notas: (m³) = barril.

Sem nenhuma queda registrada durante os anos de 2005 a 2021, conforme a tabela, só demonstra que este mercado tem muito a expandir. No ano de 2005 foi criada a lei 11.097/2005, com a introdução do biodiesel na matriz energética do Brasil em 5% no óleo diesel de forma obrigatória. O salto observado do ano de 2007 para 2008 quase triplicou, com aumento de 34,64% na produção de biodiesel, instigando pesquisadores que perceberam a necessidade de fontes alternativas para esse combustível, justamente no ano de 2007 para 2008 que surgiram os BAGs como fonte de pesquisa, ou seja, demonstrou ser um assunto em alta, porém com poucos estudos, excelente oportunidade para avanços e descobertas.

Outrossim, é que diante de uma lei nacional os estudos a respeito do biodiesel foram impulsionados por estes investimentos políticos em pesquisas no meio social e através dos pesquisadores foram reveladas grandes potencialidades nacionais, como é o caso da macaúba, dendê e outros. Tamanho crescimento esperado tem feito o governo brasileiro incentivar e apoiar por meio do PNPB (Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel) projetos e parcerias para qualificação de pequenos agricultores na fabricação do biodiesel em polos de produção, cooperativismo e capacitação técnicas.

E de 2005 até 2021 a produção de biodiesel cresceu e hoje são mais de 51 matérias-primas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP, algumas descritas abaixo.

Tabela 6 - Porcentagem consumida de matéria-prima para biodiesel1.

Descrição da matéria-prima	jan.-20	fev.-20	mar.-20	abr.-20
Óleo de Soja	66,27%	68,85%	72,08%	75,20%
Gordura Bovina	12,56%	10,99%	8,40%	8,63%
Óleo de Algodão	1,86%	1,74%	0,97%	0,60%
Outros Materiais Graxos	11,62%	11,78%	11,62%	9,79%
Óleo de Fritura	1,56%	1,82%	1,75%	1,02%
Gordura de Porco	1,86%	2,10%	1,69%	2,56%
Gordura de Frango	0,91%	0,67%	1,06%	0,59%
Óleo de Palma / Dendê	2,64%	1,78%	2,01%	1,12%
Óleo de colza/canola	0,25%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de Amendoim	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de Girassol	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de Mamona	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de Nabo-Forageiro	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Óleo de Milho	0,47%	0,27%	0,42%	0,49%

Fonte: ANP, conforme Resolução ANP nº 729/2018 e Resolução ANP nº 734/2018.

Nota:

1. O percentual de matéria-prima total foi retirado do Sistema de Movimentação de Produtos da ANP, com sua última atualização em 19 de maio de 2020.
2. Outros materiais graxos é a mistura de matérias-primas comumente utilizadas e o reprocessamento de subprodutos para a produção de biodiesel.

3.5 Soja versus macaúba como fonte de biodiesel

O óleo de soja ainda é o grande destaque e tem crescido nos últimos meses do ano de 2020 na produção de biodiesel no Brasil devido à grande produção de soja no país, o aumento registrou 8,93% a mais se comparado a janeiro de 2020 com abril de 2020, sem nenhuma queda e de toda a produção representa 75,20%. Enquanto a segunda maior fonte de matéria-prima, a gordura bovina, teve menor participação nos meses de 2020, queda por 3 meses consecutivos e em abril um pequeno aumento, resultado de 3,93% a menos e ficou em terceira colocação como matéria-prima principal para produção do biodiesel, atrás de Outros Materiais Graxos.

Ao pegar a produção total nacional de biodiesel no Brasil na Tabela 2 do ano 2020 de 6.432.008,47 m³ e tirar a porcentagem da participação do óleo de soja do último mês de registro de 2020 com 75,20%, mês de abril, seria 4.836.870,36 m³ proveniente do óleo de soja.

Tabela 7 - Produtividade de óleo e Biodiesel por cultura

Unidade	Biodiesel		Óleo Final		Referências
	L/ha	kg/ha	L/ha	kg/há	
Soja	-	575,05	-	575,05	Pradhan, 2011
	598,60	524,97	-	523,82	Castanheira, 2015
Girassol		776,00		800,00	Holanda, 2004
Mamona	-	504,9	-	510,00	Holanda, 2004
Dendê	-	3185,00	-	3399,00	Carvalho, 2012
Macaúba	6599,30	5853,58	-	6122,99	

Fonte: Rodrigues, 2021, p. 69.

Na Tabela 7, o autor Rodrigues (2021) realizou um inventário a respeito do ciclo de vida durante 20 anos sobre o biodiesel, com área de 1 hectare de macaúba com produção em litros por hectare de biodiesel. O estudo aborda o ciclo desde a semente até o pós-colheita, fornecendo informações coletadas da literatura como é possível notar na tabela, quanto ao processamento da macaúba até a produção de biodiesel.

O processamento é dividido em 4 etapas:

A primeira é a despolpa, que se constituiu da quebra dos cocos e da separação em duas partes principais, mistura casca externa-polpa e castanha contendo a amêndoa. A segunda etapa, a mistura casca-polpa, segue de forma contínua, para um agitador magnético analógico com aquecimento, com o objetivo de evitar a desnaturação das vitaminas presentes no óleo. Depois desse processo, uma prensa foi utilizada para a obtenção do óleo bruto. Por fim, a quarta etapa consiste na utilização de um filtro para a retirada do óleo final, servindo para a produção do Biodiesel através da transesterificação (RODRIGUES, 2021).

A soja é uma das commodities bastante disputada no mercado devido sua versatilidade e presença em muitos alimentos, sua alta comercialização faz com que seja uma matéria-prima muito visada, e, portanto, quanto mais disputada mais ganha valor. Outra questão é que a soja é uma cultura anual, limitando a sua produção, tendo uma baixa produtividade enquanto a macaúba ou outras culturas permanente ou perene, conseguem obter maior produtividade durante os anos de produção.

A palmeira *Acrocomia aculeata* em média anual tem a sua produtividade de 6.599,30 litros de biodiesel, isso sendo um fruto extraído de forma extrativista sem ainda qualquer melhoramento genético, tratos culturais e produção em grande

escala realizado, com tais estratégias esse número tende a crescer e melhorar com incentivos sendo uma outra solução viável para a produção de biodiesel e até mesmo outros usos como abordado anteriormente. Os melhoramentos genéticos tendem a influenciar as características de modo geral do fruto da macaúba, explanando ser uma tendência de estudos e de desenvolvimento tecnológico. Estudos desenvolvidos nesse assunto permitem uma ampliação da cultura de forma controlada, melhorando características do óleo (RODRIGUES, 2021).

A Tabela 7 mostra que em litros/hectare de biodiesel a macaúba consegue superar em grande quantidade a produção de biodiesel em litros/hectare da soja, diferença de 6.000 litros/hectare, ou seja, uma diferença em porcentagens de 90,92% a mais, levando em conta também os quilos/hectare de biodiesel a macaúba dispara em vantagem em relação a soja, principal matéria-prima atual produtora de biodiesel, conseqüentemente impacta diretamente os litros obtidos, assim como a quantidade quilo/hectare de óleo da macaúba é 5.547,94 quilos/hectare a mais em relação a quantidade de óleo da soja 2011.

Em contraposição óleo de soja produzido em quilo/hectare rende a mesma quantidade transformada em biodiesel quilo/hectare, já o óleo final da macaúba em quilo/hectare tem uma perda quando transformado em biodiesel.

Por fim, o fruto da palmeira possui grande importância para o futuro socioeconômico também, visto que a macaúba já é comercializada atualmente por pequenos coletores, que dela retiram uma renda, a sua exploração combinada com melhoramentos poderá gerar ainda mais empregos podendo auxiliar regiões onde a palmeira se localiza que são regiões semiáridas desprovidas de condições socioeconômicas, saindo de rotas e polos comerciais e zonas tecnológicas e assim mover a economia regional e do país.

Por meio do estudo percebe-se que a macaúba ainda se encontra em estágio inicial de pesquisas e desenvolvimento de sua espécie que a tornará grande potência energética, mas que o interesse em avançar, seja em trabalhos científicos e na aplicação da teoria na prática são existentes e incentivados por meio do interesse nacional e global que visam os benefícios do aumento dessas matrizes energéticas que utilizem matérias-primas nativas do país o tornando ainda mais competitivo nesse setor.

4. Experiência prática

O estágio foi realizado na Embrapa Cerrados, localizada no Distrito Federal, durante o período de 10 semanas, a partir do dia 07 de fevereiro de 2022 finalizado no dia 22 de abril de 2022, carga horária de 30 horas semanais.

A atividade desempenhada visa a seleção das melhores plantas da macaúba com características desejadas para o melhoramento genético, características essas de cachos maiores em quantidade de frutos, maior peso dos frutos e melhor qualidade dos frutos e levará em conta também características visíveis na planta, por exemplo as que apresentam menos espinhos e são mais baixas, o setor responsável é o de Genética e Melhoramento de Plantas.

As principais atividades são de estágio inicial do melhoramento genético da planta desenvolvidas durante todo o período do estágio e concentradas em duas etapas:

I. Em campo: acontece a coleta de frutos e avaliação dos cachos onde realiza-se a pesagem de cachos com frutos e os acima de 5 quilos e abaixo de 20 quilos estes mesmos são identificados com o número da planta, data, bloco e ordem do cacho por meio de uma placa colocada junto com o cacho em um saco, levado para o laboratório e posteriormente será avaliado em laboratório. Os cachos que dão abaixo de 5 quilos são anotados em uma planilha com seu peso, a planta, data e bloco, no entanto não são levados a laboratório. Ainda em campo, é analisado também os cachos sem frutos, se são da safra atual ou da anterior, caso seja da safra atual, apresentando cor esverdeada e galhos úmidos, recebem a mesma identificação que as dos cachos acima de 5 quilos e são coletados 20 frutos caídos junto a planta como amostragem, colocado em um saco para serem analisados, pesados e estimado o peso do cacho inteiro no laboratório a partir da amostra coletada no chão e a quantidade de cicatrizes presentes nas ráquias.

Cachos sem frutos e secos são tidos como da safra passada, apenas contabilizamos e anotamos em planilha a quantidade presentes ao pé da planta. Existem também plantas extremamente altas, impossibilitando sua coleta, dessa forma identificamos a planta no campo e na planilha colocamos a observação da coleta não realizada naquela específica planta.

II. Laboratório: os cachos de mais de 5 kg e abaixo de 20 kg e os cachos sem frutos colocados em sacos no campo são levados para o laboratório como dito, assim como os cachos sem frutos com amostragem de frutos caídos ao pé da planta. São separados os frutos da estrutura dos galhos e ambos - fruto e estrutura - pesados separadamente, o peso de ambos são anotados em uma nova planilha de forma separada e a estrutura que segura os frutos é guardada junto com a sua ficha de identificação - está feita em campo - no saco e os frutos são descartados. As estruturas dos cachos serão avaliadas uma a uma na contagem de suas cicatrizes, ou seja, marcas deixadas após a queda ou retirado dos frutos, que podem ser classificados como cicatrizes não abortadas, ou seja, aquelas que deram frutos, estas são mais abertas e apresentam uma cor mais clara (Figura 11). Já as cicatrizes abortadas tiveram os frutos abortados, não se desenvolveram, porém deixou marcas na ráquias, uma cicatriz mais fechada e escura (Figura 11).

Por fim acontece a avaliação apenas com o esqueleto do cacho (estrutura) e as ráquulas nele presente. São cortadas as ráquilas e contadas quantas ráquilas há, depois são contadas as cicatrizes das ráquilas, as abortadas e não abortadas e todas essas informações são colocadas em uma planilha de identificação contendo número da planta, data de colheita, data de avaliação, bloco, número de cachos, número de ráquilas, número de cicatrizes abortadas, número de cicatrizes não abortadas e o avaliador.

Figura 11 - Cicatrizes na ráquilas da macaúba



Fonte: retirada pelo Autor.

Nota: a imagem (1) e (2) mostram cicatrizes abortadas, ou seja, não desenvolveram o fruto, enquanto a imagem (3) e (4) são cicatrizes que demonstram que as ráquilas deram frutos.

Além da análise em campo e laboratório da produtividade de cada planta e nível de abortamento, serão realizados trabalhos de germinação das melhores palmeiras identificadas e produção de mudas com aplicação de adubos e todo o manejo realizado em estufas de forma controlada.

5. CONCLUSÃO

A grande preocupação mundial é a preservação dos recursos naturais e menor impacto ambiental. Em meio a este cenário cresce a busca por biocombustíveis que tem como principais matérias-primas *commodities* como o caso

da soja, esta por sua vez ocupa um lugar de grande disputa no mercado internacional, devido sua grande versatilidade e uso. Outro aspecto relevante é o uso de terras para plantações dessas culturas anuais que ocupam muitos hectares e que precisam reposição de nutrientes e um intervalo de descanso entre uma cultura e outra, além de sua grande disputa para o segmento alimentício. Neste sentido, espécies nativas têm se tornado alternativas promissoras, como a macaúba com grande quantidade de óleo encontrada em seu fruto, sendo uma possível alternativa a mais diminuindo a disputa de *commodities* como a soja para a produção de biocombustível e o fato de ser uma cultura perene e extrativista nativa brasileira demonstra que o país possui enormes chances nesse mercado ainda em crescimento.

Encontrada em diversos locais do país e fora dele, a macaúba ainda é uma planta ainda pouco explorada composta por casca, polpa, endocarpo e amêndoa e por se tratar de uma espécie não domesticada demonstrada na sua altura e quantidade de espinhos ainda sim, se torna meio de renda ou de sustento para os que dela sabem usufruir, seja na forma de óleo muito utilizado na área de cosméticos, ou para alimentação como farinha e seus resíduos que também se transformam em excelente fonte de alimento para animais e muitas outras funcionalidades.

O melhoramento genético da planta com tratos a cultura desde a sua produção de mudas permitiria uma coleta dos frutos mais simples e uma melhor qualidade do fruto da macaúba, justamente atividade desempenhada durante o tempo de vigência do estágio obrigatório. A Embrapa Cerrados pensando nessas mudanças criou o Banco Ativo de Germoplasma da Macaúba com plantas que apresentaram progênies superiores, dessa forma, o intuito de obter plantas com maior produtividade em óleo e atingir uma importância maior para a economia obtendo *status* de grande produção (JUNQUEIRA *et al.*, 2019) e nesse espaço, no BAG, é avaliado planta por plantas e cacho por cacho e as plantas de maior rendimento e de maior facilidade de coleta são as selecionadas para dar continuidade no melhoramento genético.

Com a sua domesticação e produtividade a planta mudaria o cenário do biodiesel brasileiro, que atualmente depende de oleaginosas de grande valor no mercado e com os incentivos nacionais desde 2008 com uma percentagem mínima de biodiesel utilizada no diesel, o intuito é diminuir a dependência de produtos derivados do petróleo altamente poluente, como é percebível com o aumento da percentagem mínima ao longo dos anos do biodiesel no diesel.

Estratégias atuais como a RenovaBio tem o intuito de que mais biocombustíveis sejam feitos e para isso o número de matrizes energéticas aumentem.

De acordo com os resultados apresentados, percebe-se que a macaúba tem um impacto relevante para o desenvolvimento nacional apresentando um potencial de crescimento como matéria-prima nativa de grande importância para diversos segmentos do mercado e é reconhecida como a mais promissora fonte alternativa de óleo. Apesar do estudo frisar e evidenciar área energética, no caso o biodiesel, outras áreas como farmacêutica, cosméticos e alimentícias já exploradas poderão crescer mais com os tratamentos culturais, melhoramento genético e produção em larga escala.

Em 2006 surgiu o Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel com o propósito de impulsionar pesquisas e tecnologias a respeito, sendo o Brasil referência em pesquisas e desenvolvimento de tecnologia na área. O estudo demonstra justamente a importância da macaúba através de diversos incentivos dados para promover pesquisas e desenvolvimento, seu poder calorífico, grande quantidade de óleo e características peculiares que demonstra o grande potencial futuro para áreas de grande importância para toda a sociedade (XAVIER; COSTA, 2020).

No período de 2015 a 2022 no site da Embrapa, uma das principais organizações nacionais interessadas no assunto, foram publicados 45,28% de todos os estudos realizados com a palavra-chave “macaúba” e 62,30% com a palavra “*Acrocomia aculeata*”, percentuais consideráveis quando se pensa em uma fonte de matéria-prima descoberta a pouco tempo e através das atividades desenvolvidas por meio do estágio na empresa possibilita novas descobertas e permite que publicações sejam realizadas agregando para sociedade inovações.

Vale ressaltar que tamanha mudança na economia impacta diretamente as condições de empregos disponibilizados, mudanças em regiões com menores oportunidades onde se encontra a macaúba impulsionando de forma socioeconômica o país.

Há uma possibilidade de trabalhos futuros obterem dados de produção da soja mais recentes como do ano de 2021 e 2022, como exemplificado na Tabela 6, visto que o Brasil tem batido recordes sequentes na produção de soja nesses anos e certamente essa maior produção impactou a produção de óleo e de biodiesel. Outrossim, seria a criação de uma tabela abordando quais segmentos foram mais discutidos nas publicações feitas pela Embrapa durante o período designado, se as áreas mais abordadas são a de energia, farmacêutica, cosmética ou alimentícia.

6. REFERÊNCIAS DE LITERATURA

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Leilões de Biodiesel, 19 de setembro de 2016b. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas>

natural/transporte-de-gas-natural/acesso-agasodutos/676-leiloes-de-biodiesel-2.
Acesso em: 28 de julho de 2017.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: dados estatísticos. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>>. Acesso em: 12 mar. 2022

AOQUI, M. Caracterização do Óleo da Polpa de Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) e Azeite de Oliva (*Olea europaea* L.) Virgem Extra e Seus Efeitos Sobre Dislipidemia e Outros Parâmetros Sanguíneos, Tecido Hepático e Mutagênese Em Ratos Wistar. UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA. Mato Grosso do Sul. 2012.

ARISTONE, F.; LEME, F. M. Farinha de polpa da macaúba: guia completo e livro de receitas. Campo Grande: UFMS. p. 20, 2006.

BHARDWAJ, A. K.; ZENONE T.; JASROTIA, P.; ROBERTSON, G. P.; CHEN, J.; HAMI LTON, S. K. Water and energy footprints of bioenergy crop production on marginal lands. *GCB Bioenergy*, v. 3, p. 208-222, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União. Preços mínimos para os produtores extrativos da safra 2019. 7. ed. Brasília, DF: MAPA, 2019. p. 12.

BRASIL. Código Civil. São Paulo, 2005. Código Civil. Dispões sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Brasília-DF. 13 de janeiro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Código Civil. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Brasília-DF. 23 de março de 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13263.htm>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRITO, A. O. et al., Parâmetros genéticos em caracteres morfológicos de acessos do banco ativo de germoplasma de macaúba da Embrapa por meio de modelos mistos. In: SIMPÓSIO MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2016, Brasília, DF. Variabilidade genética, ferramentas e mercado: anais. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2016.

CARGIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V; FOGAÇA; C. M. Potencial da Macaubeira como Fonte de Matéria-prima para Produção de Biodiesel. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571923/1/doc217.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2008.

CHUBA, C. A. M.; ARGANDONA, E. J. S; HOMEM, G.R.; TOMMASELLI, M. A. G. Alternativa de utilização sustentável do resíduo cinza, oriunda da queima do bagaço da cana de -de-açúcar, incorporando-a ao concreto como agregado. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. DA. Banco ativo de germoplasma de Macaúba: Embrapa Cerrados. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. p. 72.

CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. DA In: Congresso Brasileiro de Macaúba: consolidação da cadeia produtiva, I, 2013: Patos de Minas, MG. Caracterização de Maciços Naturais e Potencial Produtivo da Macaúba. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de produção e Agroenergia. Brasília: MAPA/ACS, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica-custos-macaúba. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/848-macauba>>. Acesso: 06 fev. 2022.

COSTA, C. J.; MARCHI, E. C. S. Germinação de sementes de palmeiras com potencial para produção de agroenergia. Brasília. Embrapa Cerrados, 2008.

DOMICIANO, G. P. et al., Parâmetros genéticos e diversidade em progênies de Macaúba com base em características morfológicas e fisiológicas. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/CFVMvzFvRsQd5vRvLQKBw5k/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. [Home página]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/home>>. Acesso: 06 mar. 2022.

EMBRAPA. IV Plano Diretor da Embrapa Cerrados 2008- 2011 - 2023. Planaltina-DF. 2008.

FALASCA, S.; ULBERICH, A.; WALDMAN, C. Possibilities of Argentina to produce biokerosene for aviation under dry subhumid to arid areas. In: MÉNDEZ-VILAS, A. (Ed.). Materials and processes for energy: communicating current research and

technological developments. Barcelona: Formatex Research Center, 2013. p. 327-334.

FERREIRA; A. G. C.; CARNEIRO; A. DE S.; COMBY; A. C. O.; GOMES; E. S.; DE ROCHA; L. DE S.; DE CARVALHO; J. L. R.; DOS SANTOS; A.; LAVIOLA; B. G.; MARANA; J. C.; DA COSTA; L. T.; RODRIGUES; E. V. Estimativas de parâmetros genéticos em macaúba via modelos mistos REML/BLUP. In: 7º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2019: Florianópolis, Santa Catarina. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1120283/1/BLAVIOLASEGEstimativasdeparametrosgeneticosREMLBLUP.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2022.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Programa Energia - Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: volume 1 - Estudo de oleaginosas nativas de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983. 152 p.

GRIN. GERMPLASM RESOURCES INFORMATION NETWORK. Taxonomia das plantas da GRIN. Disponível em: <https://npgsweb.arsgrin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?id=1388>. Acesso em: 08 abr. 2022.

IPC – INTERNATIONAL PATENT CLASSIFICATION. Classificação internacional de patentes. [2018]. Disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/?notion=scheme&version=20170101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcpc=no&showdeleted=yes&indexes=no&headin gs=yes&res=yes&direction=02n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

JUNQUEIRA, N.T.V. Proposta de plano de boas práticas de manejo de maciços naturais de macaubeiras visando o extrativismo de frutos de forma sustentável. In: Congresso Brasileiro de Macaúba: consolidação da cadeia produtiva, I, 2013: Patos de Minas, MG/ Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de produção e Agroenergia. Brasília: MAPA/ACS, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/agroenergia/evento-spa e/download>. ISBN 978-85- 7991-080-7>. Acesso em: 26 mar. 2022.

JUNQUEIRA, N. T. V. et al. Caracterização de populações naturais de macaúba e avaliação do potencial produtivo. 1º ed. Planaltina, DF: Embrapa, 2019. 32 p.

LANES, E. C. M.; COSTA, P. M. A.; MOTOIKE, S. Y. Brazil promotes aviation biofuels. Nature, v. 511, p. 31, 2014.

LAVIOLA, B.G.; ALVES, A. A. Matérias primas oleaginosas para biorrefinarias. In: VAZ jr, S. (Org). Biorrefinarias: cenários e perspectivas. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2011 p. 29-34.

LAVIOLA, B. G. *et al.* Rafael Silva Menezes. (Org.). Biodiesel no Brasil: Impulso Tecnológico. 1 ed. cap.6. Lavras:UFLA, 2016, v. 1.

LÔBO, C. F. *et al.* Caracterização de coletores e da utilização dos frutos de macaúba em comunidades do estado de Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1025994>>. Acesso em 05 fev. 2022.

MICHELIN, S.; PENHA, F. M.; SYCHOSKI, M. M.; SCHERER, R. P.; TREICHEL, H.; VALÉRIO, A.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J. V. Kinetics of ultrasound-assisted enzymatic biodiesel production from Macauba coconut oil. *Renewable Energy*, v. 76, p. 388-393, 2015.

NAVARRO-DÍAZ, H. J.; GONZALEZ, S. L; IRIGARAY, B.; VIEITEZ, I.; JACHMANIÁN, I.; HENSE, H.; OLIVEIRA, J. V. Macauba oil as an alternative feedstock for biodiesel: Characterization and ester conversion by the supercritical method. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 93, p.130-137, 2014.

RINALDI, M. M *et al.*, C. Estudos preliminares sobre colheita e armazenamento de frutos de Macaúba. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124806/estudos-preliminares-sobre-colheita-e-armazenamento-de-frutos-de-macauba>>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ROCHA, F. S. Domesticação de plantas nativas perenes. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1122226/domesticacao-de-plantas-nativas-perenes-programa-de-pesquisa>>. Acesso em 06 fev. 2022.

RODRIGUES, A. S. Inventário do ciclo de vida da produção de biodiesel utilizando macaúba como fonte de matéria-prima. 2021. 85 p. Dissertação (Mestrado em Biocombustíveis) – Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2021.

RODRIGUES, K. L. T. Otimização multivariada dos parâmetros do processo de produção de ésteres etílicos e modelagem cinética da reação de esterificação via catálise heterogênea utilizando óleo não comestível da polpa de macaúba, resina macroporosa de troca iônica e rota etílica. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

ROSCOE, R. Biodiesel. Uma opção Emergente para a Agricultura em Mato Grosso do Sul. A lavoura, p. 33, 2006.

RUFINO, L. M. A.; BARRETO, S. M. P.; DUARTE, E. R.; GERASEEV, L. C.; SANTOS, A. C. R.; JARUCHE, Y. G. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre a população de protozoários ruminais de caprinos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. 4, p. 899-903, 2011.

VALOIS, A.C. C. Recursos genéticos de palmeiras. Disponível em: <<http://www.procitropicos.org.br/UserFiles/File/RECURSOS%20GEN%C3%89TICOS%20DE%20PALMEIRAS.doc>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

VILELA, M. de F.; AQUINO, F. de G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. DA. Maciços naturais de macaúba (*Acrocomia aculeata*): mapeamento e análise do potencial para produção de biodiesel. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 9., 2014. São Paulo. Anais... Paraná: Porths Eventos, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1001916/maticos-naturais-de-macauba-acrocomia-aculeata-mapeamento-e-analise-do-potencial-para-producao-de-biodiesel>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

XAVIER, E. V. A.; COSTA, A. A. Aplicações da Macaúba: um estudo prospectivo. Cadernos de Prospecção. Salvador, v. 13, n. 4, p. 1147-1163, 2020.