

Pinhão-manso (*Jatropha curcas*) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques
WARNAVIN, Larissa
ATTADEMO, Fernanda Löffler Niemeyer
PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

Resumo

Jatropha curcas L. (família Euphorbiaceae) conhecida como pinhão-manso, é uma planta arbustiva, caducifólia, perene e de crescimento rápido, que pode atingir de três a cinco metros de altura. Considerada uma espécie de interesse para a geração de renda, principalmente para o sertão brasileiro, diversas são as pesquisas que visam compreender as potencialidades e desafios do cultivo, bem como, da cadeia produtiva do pinhão-manso. Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar as características botânicas, de cultivo e potencialidades do pinhão-manso como fonte de óleo para o biodiesel. Para isso, o artigo conta com uma revisão de literatura sobre a caracterização botânica da espécie, a importância econômica e potencial agrônomo, métodos de propagação e avanços e desafios do cultivo de *Jatropha curcas* para a geração de biocombustíveis. Como achados da pesquisa, o pinhão-manso além de ser uma espécie em potencial para a geração de biodiesel (porcentagem de óleo nas sementes 40-60%) e poder ser cultivada em áreas de menor interesse para a produção alimentícia, possui outras funcionalidades, como exemplo, a geração de etanol combustível a partir da casca e biogás da torta, adubo verde, cerca viva, importância medicinal e outros. No entanto, apesar da rusticidade, a produtividade decresce com o déficit hídrico e a desuniformidade na floração e consequente, frutificação, ainda são entraves para o ganho de produtividade da espécie e colheita em campo. Portanto, pesquisas que abordem os padrões fenológicos da espécie, a escolha de cultivares e o desenvolvimento de sistemas de produção para as diferentes regiões produtoras, se fazem necessárias.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*; biodiesel; pinhão-manso.

Abstract

Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae family) known as **physic nut**, is a bushy, deciduous, perennial, fast-growing plant that can reach three to five meters in height. Considered a kind of interest for income generation, mainly for the Brazilian hinterland, there are several studies that aim to understand the potential and challenges of cultivation, as well as the *Jatropha* production chain. Thus, the objective of this work is to present the botanical characteristics, cultivation and potential of *Jatropha* as a source of oil for biodiesel. For this, the article has a literature review on the botanical characterization of the species, the economic importance and agronomic potential, safety methods and advances and challenges in the cultivation of *Jatropha curcas*. As research findings, *J. curcas* besides being a potential species for the generation of biodiesel (percentage of oil in seeds 40-60%) and being able to be cultivated in areas of lesser interest for food production, has other functionalities, as an example, the generation of fuel ethanol from the pie crust and biogas, green manure, living fence, medicinal importance and others. Together, it has advantages compared to other oilseeds, as it is not suitable for human consumption. However, despite the rusticity, the productivity decreases with the water deficit and the unevenness in flowering and fruiting, they are still crossed by the productivity gain of the species and harvest in the field. Therefore, research that addresses the phenological patterns of the species, the choice of cultivars and the development of production systems for the different producing regions, if necessary.

Keyword: *Jatropha curcas*; biodiesel; physic nut.

Resumen

Jatropha curcas L. (familia Euphorbiaceae) conocida como jatropa, es una planta arbustiva, caducifolia, perenne y de rápido crecimiento que puede alcanzar de tres a cinco metros de altura. Considerado un tipo de interés para la generación de ingresos, especialmente para el sertón brasileño, hay varias investigaciones que tienen como objetivo comprender las potencialidades y desafíos del cultivo, así como la cadena de producción de jatropa. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es presentar las características botánicas, de cultivo y potenciales de la jatropa como fuente de aceite para biodiesel. Para ello, el artículo cuenta con una revisión bibliográfica sobre la caracterización botánica de la especie, la importancia económica y potencial agronómico, métodos de propagación y avances y retos del cultivo de *Jatropha curcas* para la generación de biocombustibles. Como hallazgos de investigación, la jatropa, además de ser una especie potencial para la generación de biodiesel (porcentaje de aceite en semillas 40-60%) y puede cultivarse en áreas de menor interés para la producción de alimentos, tiene otras funcionalidades, como la generación de etanol combustible a partir de la corteza y biogás del pastel, abono verde, seto, importancia medicinal y otros. Sin embargo, a pesar de la rusticidad, la productividad disminuye con el déficit hídrico y el desnivel en la floración y consecuente fructificación, siguen siendo obstáculos para la ganancia de productividad de la especie y la cosecha en el campo. Por lo tanto, es necesaria una investigación que aborde los patrones fenológicos de la especie, la elección de cultivares y el desarrollo de sistemas de producción para las diferentes regiones productoras.

Palabras clave: *Jatropha curcas*; biodiesel; *Jatropha*.

INTRODUÇÃO

O clima mundial está sofrendo mudanças provocadas, entre outras razões, pela intensa e crescente emissão de gases poluentes na atmosfera, dentre eles o dióxido de carbono (CO₂), o que se deve, principalmente, ao consumo de combustíveis fósseis como o carvão mineral, o gás natural e o petróleo (IPCC, 2022). Em 2000, tais fontes de carbono compunham 80% da matriz energética mundial, sendo 36% compostas de petróleo. No Brasil, a participação dessa *commodity* até o mesmo ano era ainda maior, na ordem de 43%, sendo o setor de transportes o maior consumidor (BRASIL, 2005). Apesar da diversificação da matriz energética nacional obtida nas últimas décadas, dados de 2021 do relatório Balanço Energético Nacional (BEN), apontam que no mesmo ano, 34,4% da energia utilizada no Brasil foi composta pelo petróleo e derivados, sendo que a totalidade de energia não renovável foi de 55,3%, com o gás natural contribuindo com 13,3% e o carvão mineral, 5,6% (MME, 2022).

Associadas ao consumo, a poluição atmosférica, a concentração geográfica das jazidas, sua finitude e a volatilidade do preço do petróleo, atuam como forças motrizes de guerras geopolíticas e de crises como a chamada “crise do petróleo” na década de 70. Situações estas, que forcem governos e indústrias a buscar fontes energéticas alternativas desde décadas passadas (SILVA; FREITAS, 2008). Desta forma, cada vez mais consolida-se a necessidade de um combustível alternativo que reduza o consumo e a dependência que as sociedades atuais têm do petróleo e que ao mesmo tempo seja renovável e menos poluente.

Dentre as principais alternativas pode-se citar o biodiesel. Definido pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) como um combustível líquido sintético, constituído por uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa e proveniente de matérias-primas renováveis (DEMIRBAS, 2005), como os óleos vegetais “puros”, os já utilizados (de cozinha) ou gordura animal (SILVA; FREITAS, 2008; MACHADO, 2010).

No Brasil, esse combustível é definido pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 como, “combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para a geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005a) e que tem sua produção incentivada e respaldada pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) (BRASIL, 2005b). Regulamentado pela mesma lei, há no Brasil, desde 2010, a obrigatoriedade da mistura de 5% de biodiesel ao diesel com crescentes anuais, o que oportunizou a utilização de espécies vegetais com potencial para produção de óleo e a alavancagem das

oleaginosas nas pesquisas e produção com a demanda de matéria prima surgida (ANP, 2011). Atualmente, o biodiesel conta com um percentual mínimo no diesel de 13% (B13), sendo que, de acordo com o cronograma estabelecido, o teor mínimo será estendido 1% a cada ano, até atingir o percentual de 15% em 2023 (ANP, 2021). Em consonância, impulsionado pelo setor de transporte, o consumo de biodiesel no país em metros cúbicos aumentou 5,5% em 2021 (MME, 2022).

Nesse contexto, o Governo Federal, em 2004, lançou PNPB, na expectativa de que o potencial do país ao cultivo de espécies oleaginosas atenda a demanda por combustíveis de fontes renováveis, gerando empregos e renda na agricultura familiar e contribuindo para sua economia (BRASIL, 2005b). A especificação do biodiesel a ser comercializado no país para ser misturado ao óleo diesel A é estabelecida pela Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014 (ANP, 2014), enquanto para o diesel B a proposta ocorreu por meio da Nota Técnica Conjunta nº 10/2021/ANP (ANP, 2021).

Com esta iniciativa, novas espécies de oleaginosas vêm sendo inseridas como fonte de matéria-prima para biocombustível, dentre elas, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Esta espécie tem sido considerada promissora, devido à sua rusticidade, resistência à seca e alta produtividade de óleo (entre 40% e 60%) nas suas sementes (CARNIELLI, 2003; SATURNINO et al., 2005, LAVIOLA, 2019, GAVILANES et al., 2021). Estudos com a *Jatropha curcas* para estes fins, vem sendo realizado em diversas regiões do mundo. Na Índia, foi realizada a cinética simplificada do processo de transesterificação catalisada por ácido-base resultando na conversão para o biodiesel (JAIN; SHARMA, 2010)

No entanto, a espécie encontra-se ainda em processo de domesticação, sendo necessária a ampliação de seus estudos, pensando as várias áreas em potencial para o cultivo (SATURNINO et al., 2005; SATO et al., 2009, LAVIOLA, 2019). Portanto, o objetivo do presente trabalho é apresentar, por meio de pesquisa bibliográfica derivada de uma dissertação de mestrado (WITT, 2015), as características botânicas, de cultivo e potencialidades do pinhão-manso como fonte de óleo para o biodiesel. Para isso, o artigo conta com uma revisão de literatura sobre a caracterização botânica da espécie, a importância econômica e potencial agrônômico, métodos de propagação e, por fim, de forma dialogada, se propõem a discorrer sobre as potencialidades e desafios do cultivo de *Jatropha curcas*.

CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA DE *Jatropha curcas* L.

O gênero *Jatropha* pertence ao grupo Joannesieae, família Euphorbiaceae e contém aproximadamente 170 espécies conhecidas. Linnaeus (1753) foi o primeiro a identificar o pinhão-manso *Jatropha* L. na “*Species Plantarum*”, com o nome do gênero *Jatropha* derivado do grego *jatrós* (médico) e *trophé* (alimento), implicando em uma origem medicinal para o seu uso (KUMAR; SHARMA, 2008).

O pinhão-manso é uma pequena árvore ou um grande arbusto, perene, que pode atingir altura entre três e cinco metros, mas sob condições favoráveis pode chegar a 8-10 metros. Nativa das Américas, mas sem definição exata do local de origem, ocorre espontaneamente em quase todo o território brasileiro, em menor escala, nas regiões mais frias (DIVAKARA et al., 2010) (Figura 1).

Figura 1. Ocorrências registradas de *Jatropha curcas* no Brasil



Fonte: os autores.

O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, dividido desde a base, em compridos ramos com numerosas cicatrizes

produzidas pela queda das folhas na estação seca ou de baixas temperaturas (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Definida como uma planta caducifólia, suas folhas caem em parte ou totalmente quando termina a estação chuvosa ou durante a estação fria, quando a planta entra em período de repouso que dura até o começo da primavera ou da estação chuvosa (SATURNINO et al., 2005). O término do repouso vegetativo é demonstrado pelo rápido surgimento dos brotos no ápice dos galhos do ano. Na mesma ocasião do surgimento dos brotos, surgem também as inflorescências (ARRUDA et al., 2004; SANTOS et al., 2010). No entanto, para Henning (2009) não só a temperatura e a disponibilidade de água, mas também o fotoperíodo atua na fenologia da espécie; contudo, nem todas as plantas respondem aos mesmos estímulos, podendo haver desuniformidade na área de plantio.

A floração da espécie é do tipo monóica e díclina, apresentando-se na mesma planta, mas com sexos separados, flores femininas e masculinas (Figuras 2A, B e C), sendo as flores femininas maiores do que as masculinas; no entanto, em pequenas quantidades, há também registros de flores hermafroditas (KAUR et al., 2011). A razão entre flores masculinas e femininas é, em média, de 29:1 (Saturnino et al., 2005) e, o que por consequência, leva a um número de sementes aquém do esperado (GHOSH et al., 2010).

De acordo com Dias et al. (2007), a floração é descontínua e a abertura das flores femininas ocorre em dias variados; à medida que uma flor abre, as outras se abrem diariamente durante cerca de 11 dias consecutivos, o que resulta na mesma floração, em frutos em estádios diferentes de maturação (Figura 2D). A polinização é entomófila, realizada por abelhas, trips e moscas. Da formação do botão floral ao fruto maduro são necessários em média 120 dias (SANTOS et al., 2010; FERNANDES et al., 2013). A espécie pode apresentar duas florações por ano, uma na estação seca e outra na estação chuvosa (Santos et al., 2010; Kaur et al., 2011), ou ainda, quando em regiões quentes e permanentemente úmidas, a floração pode ser contínua durante todo o ano (HELLER, 1996).

Figura 2. *Jatropha curcas* L.: A. Inflorescência. B. Flor masculina, C. Flor feminina. D. Maturação descontínua dos frutos



Fonte: WITT, 2015.

O fruto é classificado como capsular ovóide de diâmetro entre 1,5-3 cm (Arruda et al., 2004) e entre 2-2,5 cm com peso de 2,9g (SATURNINO et al., 2005). Santos et al. (2010) encontraram peso médio de 3g para os frutos de pinhão-manso que se apresentaram como secos deiscentes e Nunes et al. (2007) descrevem os frutos maduros com epicarpo de coloração marrom-escuro e quando secos de coloração preta. O início da produção do pinhão-manso se dá por volta do décimo mês após o plantio, no entanto, a produtividade atinge a plenitude no terceiro ou quarto ano, mantendo-se viável até aproximadamente os 40 anos (ARRUDA et al., 2004). Apesar destas projeções sobre a idade fisiológica da espécie, têm-se percebido que o ciclo reprodutivo do pinhão-manso apresenta forte dependência das características ambientais, as quais também irão determinar a produtividade da lavoura (MAES et al., 2009).

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E POTENCIAL AGRONÔMICO

Considerada uma espécie oleaginosa apropriada ao cultivo, principalmente em regiões áridas e semiáridas, devido sua rusticidade e resistência às condições adversas de clima e solo, o pinhão-manso pode ser cultivado em grande parte do território nacional (Arruda et al., 2004; Severino et al., 2007), sendo importante alternativa para o sertão brasileiro. O fator mais limitante para a espécie provavelmente seja as baixas temperaturas, o que dificulta seu estabelecimento em áreas subtropicais ou mesmo temperadas (ARRUDA et al., 2004).

Por mais que a cultura venha sendo indicada para áreas com pouca disponibilidade de água, alguns autores apontam queda na produtividade quando há déficit hídrico (SATO et al., 2009, GOMES et al., 2019). Em contrapartida, respostas positivas ao uso da irrigação foram encontradas por Openshaw (2000).

Quanto à disponibilidade de nutrientes, apesar da recomendação de plantio em áreas com restrição nutricional (Heller, 1996; Henning, 2000), há autores que indicam para cultivos comerciais e alta produtividade de frutos, a utilização de fertilizantes, havendo grande demanda pelo fósforo, nitrogênio e potássio, principalmente durante a fase reprodutiva (Openshaw, 2000; Laviola; Dias, 2008) e segundo Silva et al. (2009) a ordem de limitação encontrada seria de $Ca > Mg > K > N > P > S$ para os macronutrientes, sendo a carência destes observável nas folhas.

O interesse majoritário pela espécie é para a produção de biodiesel, devido suas sementes apresentarem alto teor de lipídeos, entre 40 e 60% de óleo, a depender da cultivar (Gavilane et al., 2021), valor superior ao da maioria das oleaginosas utilizadas no mercado, como por exemplo, a soja e o algodão com apenas 19% (KUMAR; SHARMA, 2008). O girassol e a mamona apresentam teores de óleo superiores ao pinhão-manso, porém com rendimento de óleo para o biodiesel e produtividade média inferiores. A presença de curcina (proteína tóxica), nas sementes de *J. curcas* impede seu uso para a alimentação sem destoxificação, evitando a competição como recurso alimentar (Miranda, 2011), característica esta que define o óleo do pinhão-manso como de segunda geração – não comestível (DUARTE et al., 2022). Ainda, é possível utilizar as cascas dos frutos para a geração de etanol e a torta resultante da extração do óleo para a produção de biogás (Gavilane et al., 2021), características essas que alavancam a sustentabilidade da cadeia produtiva da espécie.

Além da importância para a geração de biocombustíveis, o pinhão-manso apresenta outras utilidades, tais como cerca viva, já que não é palatável para caprinos e bovinos e assim, pode proteger campos agrícolas (Kumar; Sharma, 2008) adubo verde, fertilizante agrícola, ração animal (Kumar; Sharma, 2008; Sato et al., 2009), e carvão vegetal (Heller, 1996; Arruda et al., 2004;

KUMAR; SHARMA, 2008). A glicerina, seu sub-produto, pode ser utilizada como sabão e combustível para lamparinas (KUMAR; SHARMA, 2008; SATO et al., 2009). Além disso, tem interesse medicinal, uma vez que todas as suas partes são utilizadas pela medicina tradicional para o tratamento das mais diversas doenças, inclusive, alguns dos compostos produzidos vêm sendo estudados e testados por laboratórios (Kumar; Sharma, 2008; Sato et al., 2009) e na indústria de cosmético tem sido utilizado como alternativa à manteiga de karité e constituintes de condicionador de cabelo (RIJSSENBEEK, 2006).

A produção da *Jatropha curcas*, pode, portanto, ser ainda mais rentável, uma vez que a economia gerada pela produção da planta é diversificada, podendo ser comercializada em diferentes mercados, tendo o do biodiesel, o mais rentável. Com isso, pequenos e grandes produtores podem ter seus produtos comercializados, separando as partes de interesse para cada tipo de economia (farmacêutica, combustível, fertilizantes, alimentação e outras).

Recentemente, estudos realizados no Paquistão, demonstraram o poder lucrativo da *Jatropha curcas* na produção de biodiesel, com adoção de uma estrutura política relacionada ao meio ambiente e à viabilidade socioeconômica da produção de combustível, contribuindo, assim, para o desenvolvimento econômico do país, com menores impactos ambientais (YAQOOB et al., 2021). Neste estudo, os autores demonstraram que o impacto ambiental da produção da planta é positivo, especialmente porque pode ser cultivada em terrenos áridos e mesmo em épocas de escassez pela seca, o permite que a economia continue a se desenvolver. Contribuindo assim, de forma direta para a economia do país. Quando estudos semelhantes avançarem no Brasil, possivelmente possam ocorrer os mesmos benefícios que ocorreram no Paquistão.

Arelado a todas essas possibilidades de uso, o pinhão-manso é uma espécie perene com grande produtividade de óleo por hectare plantado (4,0 – 6,0 toneladas por hectare) (Carioca et al., 2009), o que atrai ainda mais o interesse pela espécie na possibilidade de reduzir a área plantada com a finalidade de se obter óleo vegetal (Miranda, 2011) e a torna altamente competitiva com as demais espécies cultivadas no Brasil (CARIOCA et al., 2009).

O biodiesel do pinhão-manso demonstrou ser adequado para o uso em motores de combustão interna devido às suas características físico-químicas (Araújo et al., 2008) e menos poluente do que o óleo diesel (SATO et al., 2009). Apresenta também variações pouco significativas de acidez, além de possuir melhor estabilidade à oxidação do que a soja e a palma, e boa viscosidade se comparado à mamona (ARRUDA et al., 2004; TAPANES et al., 2007). Na África e na Ásia, durante a Segunda Guerra Mundial, o óleo do pinhão-manso chegou a ser utilizado como substituto ao diesel; no entanto, as pesquisas foram abandonadas com a evolução da situação internacional pós-guerra (SATO et al., 2009). Atualmente, países como a Índia, utiliza como uma

das principais matérias primas para produção de biodiesel, o óleo de pinhão-manso (DUARTE et al., 2022).

PROPAGAÇÃO DA ESPÉCIE

A propagação do pinhão-manso pode ser estabelecida por sementes ou mudas de origem vegetativa e a escolha do método influi no ciclo reprodutivo da cultura (SATURNINO et al., 2005). A via de propagação por sementes, também chamada sexual ou seminífera, deve ser feita obedecendo certos critérios. É importante o conhecimento da espécie e do hábito de reprodução da planta fornecedora das sementes. A planta deve ter as melhores características da espécie ou variedade em questão, tais como alta produção, boas características dos frutos, precocidade, sanidade e vigor (SILVA, 2005).

Estudos realizados por Tagliani (2011) mostram que sementes germinadas diretamente no substrato apresentaram 100% de taxa de germinação e aquelas embebidas em água por vinte e quatro horas em temperatura ambiente de 25°C, durante a pré-germinação, apresentaram melhores índices de velocidade de germinação e protrusão radicular mais vigorosa, concluindo que sementes de pinhão-manso não apresentam dormência. Moreira (2013) também concluiu que para a germinação de pinhão-manso não há necessidade de tratamento pré-germinativo e sugeriu escarificação seguida de doze horas de imersão em água como facilitadores da emissão radicular.

A obtenção de mudas deve ser iniciada com a aquisição de material adequado às condições locais e finalidade específica. Esse material deve ser oriundo de um processo de seleção e propagação de plantas com as características desejadas, também chamadas de plantas “de elite” (BATISTA, 2012).

Apesar da propagação sexuada de pinhão-manso ser uma técnica viável e usual, a propagação vegetativa por meio de miniestacas apresenta bons resultados. A vantagem dessa técnica consiste na seleção de genótipos favoráveis, por meio de cultivares com características vantajosas, além da produção de mudas em menor espaço de tempo e com idade fenológica mais avançada, o que pode antecipar e padronizar a floração (ZUFFELLATO-RIBAS, 2019).

CULTURA DO PINHÃO-MANSO

No Brasil, apesar de já se terem iniciativas de produção e pesquisa com o pinhão-manso, como é o caso do projeto Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão-Manso para Produção de Biodiesel (BRJATROPHA), a utilização como biodiesel ainda precisa ser mais difundida e os

estudos referentes ao uso deste vegetal ainda necessita de maiores incentivos de pesquisa e financiamento. Portanto, a seguir, serão apresentados resultados de diferentes pesquisas acerca do cultivo de *J. curcas* em diferentes regiões do Brasil e do mundo.

Pesquisas e Cultivo do Pinhão-Manso

Por ser uma planta ainda em processo de domesticação, estudos com o pinhão-manso em cultivo a campo em diferentes condições edafoclimáticas e, em ambiente protegido e/ou controlado, estão em fase de implantação e/ou avaliação (CUNHA et al., 2009; PAULINO et al., 2011; FERNANDES et al., 2013). Em parte dessas pesquisas, há para além da compreensão do padrão fenológico da espécie a busca por cultivares com características favoráveis, uma das etapas consideradas por Laviola (2019), como fundamentais para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva de pinhão-manso.

Pesquisas com a cultura a campo vêm sendo implantadas em diferentes regiões do Brasil. Cunha et al. (2009), na cidade de Altamira – Pará, com o objetivo de avaliar a influência do espaçamento no crescimento e desenvolvimento de mudas provenientes de diferentes genótipos, identificou que, o maior espaçamento, independente do material vegetal, alterou positivamente a produtividade. Esses resultados sugerem que o aumento da população de plantas provoca competição por nutrientes, água, luz e CO₂, o que pode resultar em decréscimo de produção por planta e até redução da produtividade por área (PETINARI et al., 2012).

Avaliando aspectos do desenvolvimento com plantio a campo, sob diferentes fontes de adubações e produtividade no município de Remígio, estado da Paraíba, Fernandes et al. (2013) identificaram que a abscisão foliar ocorreu com a queda da pluviosidade. Determinaram também, que o intervalo de tempo entre a floração e o fruto maduro nas condições da pesquisa demandou 120 dias. Santos et al. (2010), na cidade de Rio Largo, estado de Alagoas, avaliaram a fenologia e crescimento da espécie nas condições edafoclimáticas da região e atingiram resultados fenológicos semelhantes aos exibidos por Fernandes et al. (2013), concluindo que a espécie é caducifólia e que 120 dias é o tempo médio entre a florada e colheita dos frutos.

Com os resultados encontrados, o que se pode sugerir é que possivelmente a semelhança climática das condições dos dois experimentos relatados, a saber, clima quente e úmido com chuvas concentradas nas mesmas épocas do ano e de quatro a cinco meses de período com baixa pluviosidade, convergiu às respostas da espécie quando em plantio a campo, estando a temperatura, pluviosidade, radiação e o fotoperíodo coordenando os eventos fisiológicos.

Em contrapartida, Queiroz et al. (2013), ao compararem o crescimento vegetativo e a fenologia de três espécies de *Jatropha* no município de Lagoa Seca (Paraíba), em condições de campo e durante a estação chuvosa, encontraram um ciclo reprodutivo médio para *Jatropha curcas* de 97 dias, diferindo dos resultados citados anteriormente, sugerindo que a elevada pluviosidade da época do plantio tenha afetado positivamente o ciclo reprodutivo da espécie.

Tanto a precipitação, quanto a disponibilidade de água para a planta deve ser considerada em estudos fenológicos das espécies e estes fornecem informações sobre ritmos de crescimento e reprodução, interações com o clima, produção de frutos e sementes (FISCH et al., 2000; BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002). Além disso, a avaliação do comportamento fenológico propicia o conhecimento e a definição das épocas em que ocorrem as diversas fases do período vegetativo das plantas, o que pode favorecer a melhor utilização das práticas culturais, conhecimento da dinâmica fenológica e servir como base para a elaboração de estratégias de cultivos (BERGAMASCHI, 2007).

Pesquisas com o pinhão-manso em diferentes áreas vêm elucidando as relações entre a espécie e os parâmetros ambientais nas diversas regiões brasileiras, com ênfase nas zonas mais quentes, tanto pelas condições requeridas pela espécie quanto por ser uma cultura em potencial para zonas áridas e semiáridas brasileiras, onde há necessidade de implantação de novas culturas, principalmente na agricultura familiar. Em conjunto, verifica-se que o crescimento e desenvolvimento da espécie divergem de forma correlata com as condições climáticas das condições do plantio.

Em ambiente protegido, o cultivo do pinhão-manso, na maioria das pesquisas versa sobre o desenvolvimento da espécie relacionado com o suprimento hídrico, como realizado por Silva et al. (2011) em pesquisa conduzida em casa de vegetação no município de Campina Grande, no Estado da Paraíba, com o objetivo de avaliar o crescimento e produção do pinhão-manso sob vários níveis de reposição da evapotranspiração com água residuária (esgoto doméstico). Os autores acompanharam as variáveis, altura, diâmetro, número de folhas e área foliar a cada 42 dias e o número de cachos com frutos por planta durante o período reprodutivo. Na região, a média anual da temperatura máxima é de 27,5 °C, a mínima de 19,2 °C e a altitude média de 550m. Com relação ao crescimento em altura os autores constataram, em plantas de pinhão-manso bem supridas de umidade (reposição de água igual a 100% da evapotranspiração), altura média de 130 cm próxima dos 144 dias após o transplante (SILVA et al., 2011).

Resultados similares foram encontrados por Queiroz et al. (2013) em experimento a campo em período chuvoso, também no Estado da Paraíba. Em condições de suprimento hídrico adequado a cultura do pinhão-manso, apresentou crescimento e desenvolvimento contínuo,

havendo inclusive incrementos lineares para as variáveis vegetativas e, quanto maior foi a reposição da evapotranspiração maior foi o incremento de cachos de frutos por planta. A variável mais sensível ao déficit hídrico é a área foliar, indicando que a espécie reduz a área do limbo foliar, como mecanismo de otimizar o uso da pouca água disponível (SILVA et al., 2011).

Em pesquisa realizada no estado de Goiás, verificando o efeito da água salina no desenvolvimento do pinhão-manso, verificaram redução no crescimento vegetativo e elevados índices de senescência e abscisão foliar (MATOS et al., 2013). Nery et al. (2009), encontraram resultados semelhantes ao disponibilizar água salina para plantas de pinhão-manso por 163 dias ao averiguarem redução significativa na altura, diâmetro, número e área foliar.

Como a floração e a brotação, marcam o início do ciclo reprodutivo das espécies, com a formação de folhas, flores, frutos e sementes, e o interesse em *J. curcas* é a obtenção de sementes, sendo essas características de importância econômica, pesquisas sobre o controle da floração vem ocorrendo em várias regiões do mundo, chegando a resultados importantes, principalmente quanto a variedade de estímulos que regulam a transição do crescimento vegetativo para o crescimento reprodutivo, tanto aqueles externos quanto internos (MAES et al., 2009).

A partir de análises fisiológicas e genéticas da floração têm-se buscado qualificar os estímulos (WU et al., 2011); dentre os exógenos, estudos apontam que a floração e conseqüentemente a produtividade, é altamente afetada por condições geográficas e ambientais apresentando bom desenvolvimento quando cultivada em regiões tropicais e subtropicais entre as latitudes 30° N e 35° S (MAES et al., 2009).

A temperatura e pluviosidade são consideradas fundamentais para o ciclo reprodutivo do pinhão-manso. Temperaturas muito baixas, associadas a geadas, podem provocar a morte das plantas ou reduzir drasticamente a produção de sementes e, quando a disponibilidade de água está aquém do ideal, ocorre queda na produtividade (MAES et al., 2009). De acordo com Andrade et al. (2008) a temperatura mínima letal para o pinhão-manso está entre -3°C e -4°C, porém já há redução da taxa fotossintética com temperaturas positivas próximas a 0°C.

Wu et al. (2011) descreveram 12 fases do desenvolvimento das flores em pinhão-manso. Até a fase 5, o tecido é unissexual, sem diferenciação, o qual começa a diferenciar na fase seguinte, com a formação dos estames primordiais em todas as flores, indicando que no início do seu desenvolvimento as flores femininas são bissexuais e apresentam localização específica dentro da inflorescência; porém a diferenciação é coordenada por parâmetros ambientais, como temperatura e disponibilidade água. Para os autores, temperaturas médias e quantidade de água apropriada propiciam a diferenciação em flores femininas, informações que corroboram Dhillon et al. (2006),

ao identificarem relação positiva entre a queda de temperatura e aumento das flores masculinas com subsequente redução no número de flores femininas.

Como o ciclo reprodutivo do pinhão-manso é regulado por características climáticas, em regiões permanentemente úmidas, a floração das plantas é contínua, ocorrendo o ano todo (Heller, 1996), como nas províncias orientais da China Sichuan, Yunan e Hainan (WU et al., 2011). Em contrapartida, em regiões com estações definidas, pode apresentar picos de floração bem marcantes, como encontrado por Santos et al. (2010), no município de Rio Lago, estado de Alagoas, com a florada principal ocorrendo no início da estação chuvosa (outono/inverno) e outra com números reduzidos, durante a estação seca e quente (primavera). Comportamento semelhante de florescimento foi encontrado em diferentes regiões de clima tropical e subtropical (MAES et al., 2009).

Meng et al. (2009) estudando pinhão-manso em regiões de clima quente na China verificaram que a planta floresce duas vezes ao ano apresentando duas frutificações; entretanto, em algumas regiões secas a floração só ocorreu uma vez por ano devido à baixa disponibilidade hídrica do solo.

O início do ciclo reprodutivo também é coordenado pelos eventos ambientais e características genéticas da planta (MAES et al, 2009; WU et al., 2011), podendo ocorrer já aos seis meses de idade como encontrado no estado de Alagoas (SANTOS et al., 2010) ou iniciando aos dez meses, como sugerido por Arruda et al. (2004).

Além dos estudos moleculares, bioquímicos e ambientais favorecerem o manejo floral das espécies, o uso de substâncias sintéticas também pode modificar o comportamento vegetativo e reprodutivo das plantas, constituindo um importante meio de interferir no ciclo dos vegetais. Tendo isso como premissa, experimento realizado em estufa no município de Colombo – Paraná, com mudas de origem seminal de dois genótipos de *J. curcas* com a aplicação de diferentes concentrações do regulador vegetal PBZ (Paclobutrazol), obteve redução das características biométricas altura, diâmetro e número de folhas (ZUFFELLATO-RIBAS, WITT e LAVIOLA, 2016). No entanto, o regulador não antecipou a floração, resultado semelhante ao encontrado por Ghosh et al (2010), os quais apontam que não há resposta de florescimento com a aplicação de PBZ durante o primeiro ciclo reprodutivo. Já no ano seguinte, ocorre maior produtividade com o uso desta anti-giberelina.

Portanto, a nível das pesquisas nacionais, percebe-se variedade de estudos com o pinhão-manso com foco nas zonas mais quentes do país e tratando a problemática regional que é a disponibilidade de água, a qual, apesar de não ser limitante, altera o crescimento e desenvolvimento e o ciclo reprodutivo da espécie. Já para a região sul, onde o fator limitante comumente é a

temperatura, pouco se estuda o desenvolvimento do pinhão-manso, não sendo uma área natural de interesse para o cultivo de *J. curcas*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características físico-químicas do óleo de *J. curcas* e a produtividade por hectare como biocombustível de segunda geração se demonstra uma forma viável, econômica e que pode contribuir com o meio ambiente no Brasil. Além disso, por não competir como um recurso de alimento, o elevado teor de óleo por semente e certa rusticidade da espécie (resistência ao déficit hídrico e a solos pobres) são favoráveis para o seu cultivo. Todavia, ainda são necessárias pesquisas que se proponham a entender o manejo e as características agronômicas de *J. curcas* no Brasil e nas diferentes regiões com potencial de produção, visando assim, o desenvolvimento de sistemas de produção eficientes e sustentáveis.

Estudos que versem sobre o crescimento e desenvolvimento com foco nas características fenológicas da espécie, com vistas ao aumento da floração e consequente frutificação poderão aumentar a produtividade da planta e conseqüentemente, promover melhoria para a economia do país, inclusive em áreas onde existem escassez de recursos como as áreas do sertão.

O aumento do conhecimento e produção do *J. curcas*, poderão colocar o cultivo desta planta em patamar economicamente mais atrativo, podendo ser comparadas com outras já comumente utilizadas no Brasil, como é o caso da soja, do óleo de palma/dendê e girassol, as quais além de maior exigência hídrica e de nutrientes, são fontes de alimentos, o que pode fazer com que estas reduzam a produtividade de biocombustível. Ainda, para além das características agronômicas, o aproveitamento integral de resíduos e o uso de recursos tecnológicos são considerados importantes quando se pensa a viabilidade econômica, social e ambiental da cadeia de produção de *J. curcas*.

Por fim, para além do potencial agronômico da espécie, o cultivo de pinhão-manso também deve ser visto como uma alternativa mais ecológica para o uso de combustíveis reduzindo assim o impacto antrópico nas mudanças climáticas ocasionadas pela queima de combustível fóssil.

REFERÊNCIAS

ANP. *Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*. 2011. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 15 dez. 2022.

ANP. *Resolução ANP nº 45, 25 de agosto de 2014*. Regulamento Técnico ANP nº 3 de 2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 1, jan./jun. 2023. P. 88-109.

Pinhão-manso (jatropha curcas) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques; WARNAVIN, Larissa; ATTADAMO, Fernanda Löffler Niemeyer; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

que comercializam o produto em todo o território nacional. Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=274064>. Acesso em: 15 dez. 2022.

ANP. *Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*, 2015. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 15 dez. 2022.

ANP. *Resolução de Diretoria RD N° 248/2021*. Nota Técnica Conjunta n° 10/2021/ANP que apresenta a proposta de novo modelo de comercialização de biodiesel para atendimento da mistura obrigatória ao Diesel B, elaborada pelo Grupo de Trabalho instituído pela Portaria ANP n° 292/2020, de forma a atender o disposto na Resolução CNPE n° 14/2020. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/composicao/diretoria-colegiada/reunioes-da-diretoria-colegiada/pautas-atas-e-calendario-de-reunioes-da-diretoria-colegiada/2021/ata-1046-2021.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. *Revista de Oleaginosas e Fibras*, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

ARAÚJO, E. C. E.; RIBEIRO, A.M.B. Avaliação Fenológica de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas* L.) no Município de Teresina-PI. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 5, 2008, Lavras-MG. *Anais [...]* Lavras-MG, UFLA, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45058/1/a5310.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BATISTA, L. R. L. *Características radiculares e fisiológicas de pinhão-manso (Jatropha curcas L.) propagado por semente e por estaca cultivados sob diferentes condições hídricas*. 2012. 47f. Dissertação. Mestrado em Agronomia Produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. C. (Org.). *Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos*. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 291-310.

BRASIL. *Lei n° 11.097*, 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Brasília, 2005a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111097.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.097%2C%20DE%2013%20DE%20JANEIRO%20DE%202005.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20introdu%C3%A7%C3%A3o%20do,2002%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL. *Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB)*. Brasília, 2005b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL. MCT. Ministério de Ciência e Tecnologia. *Plano Nacional de Agroenergia*. Brasília, 2005. 120p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/pna-2ed-portugues.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 1, jan./jun. 2023. P. 88-109.

Pinhão-manso (jatropha curcas) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques; WARNAVIN, Larissa; ATTADAMO, Fernanda Löffler Niemeyer; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, n. 3, p. 361-369, 2002.

CARIOCA, J.O.B; HILUY FILHO, J.J.; LEAL, M.R.I.V; MACAMBIRA, F.S. The hard choice for alternative biofuels to diesel in Brazil. *Biotechnology Advances*. n. 27. p. 1043-1050, 2009.

CARNIELLI, F. O combustível do futuro: UFMG e governo de Minas firmam parceria para implantar unidades produtoras de biodiesel. *Boletim UFMG*, n. 1413, ano 29, 2003. Disponível em: <https://www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.shtml>. Acesso em: 15 dez. 2022.

CUNHA, R. L.; LUNZ, A. M.; ADAMS, M. Avaliação do crescimento vegetativo e reprodutivo em plantas de pinhão manso sob condições de campo. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão Manso, 1, 2009, Dom Eliseu-PA. *Anais [...]*. Dom Eliseu: Embrapa, Amazônia oriental, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43535/1/243.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.

DEMIRBAS, A. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. *Progress In Energy and Combustion Science*. n. 31. p. 466-487, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2005.09.001>. Acesso em: 15 dez. 2022.

DHILLON, R. S. et al. Clonal propagation and reproductive biology in *Jatropha curcas* L. *Indian Journal Agroforest*, v. 8, n. 2, p. 18-27, 2006.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. *Cultivo de pinhão-manso (Jatropha curcas L.) para produção de óleo combustível*. V. 1. Viçosa: Editora UFV, 2007.

DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S. P.; LAXMIPATHI GOWDA, C. L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. *Applied Energy*, v. 87, p. 732-742, 2010.

DUARTE, V. H.; VALENTINI, M. H. K.; SANTOS, G. B. dos; NADALETTI, W. C.; VIEIRA, B. Biocombustíveis: uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 4, n. 2, p. 50-68, 2022. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/185>. Acesso em: 15 dez. 2022.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P. & SILVA, J. R. P. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivados com diferentes fontes de adubação. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, p. 339- 346, 2013.

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA JR., L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na mata atlântica (reserva ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba – SP). *Revista de Biociências de Taubaté*, v. 6, n. 2, p. 31- 37, 2000.

GAVILANES, F. Z.; ANDRADE, D. S.; SILVA, H. R.; CRUZATTI, L. G.; PALACIOS, C. C. Avaliação do potencial do uso de pinhão-manso para a geração de biocombustíveis. *UNESUM-Ciências: Revista Científica Multidisciplinária*, v. 5, n. 3, p. 33-46, 2021. Disponível em:

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 1, jan./jun. 2023. P. 88-109.

Pinhão-manso (jatropha curcas) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques; WARNAVIN, Larissa; ATTADAMO, Fernanda Löffler Niemeyer; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

<https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/download/113/332/>. Acesso em: 15 dez. 2022.

GHOSH, A., CHIKARA, J., CHANDHARI, D. R., PRAKASHI, A. R., BORICHA, G. AND ZALA, A. Paclobutrazol arrests vegetative growth and unveils unexpressed yield potential of *Jatropha curcas*. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 29, p. 307-315. 2010.

GLOBAL Biodiversity Information Facility. GBIF.org. GBIF Occurrence Download. 2022. Disponível em: <https://www.gbif.org/occurrence/download/0218982-220831081235567>. Acesso em: 15 dez. 2022. <https://doi.org/10.15468/dl.3yh87a>.

GOMES, F. P.; OLIVEIRA, P. S. de; SANTANA, T. A. de; SILVA, L. D. da. Ecofisiologia de *Jatropha curcas*. In: LAVIOLA, B. G.; RODRIGUES, E. V. (org.) *Pinhão-manso: pesquisas, conhecimentos e práticas*. Brasília: Embrapa, 2019. p.154-175.

HELLER, J. PHYSIC NUT. *Jatropha curcas* L. 1996, 66p. Tese. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben, Alemanha, International Plant Genetic Resource Institute, Roma, Itália. 1996.

HENNING, R. K. *The Jatropha Manual: A guide to the integrated exploitation of the Jatropha plant in Zambia*. GTZ-ASIP-Support-Project Southern Province, 2000.

HENNING, R. K. *The Jatropha System*. An integrated approach of rural development. 2009.

JAIN, S & SHARMA, M.P. Biodiesel production from *Jatropha curcas* oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 9, p. 3140-3147, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.047>. Acesso em: 15 dez. 2022.

KAUR, K.; DHILLON, G. P. S.; GILL, R. Floral biology and breeding system of *Jatropha curcas* in north-western India. *Journal of Tropical Forest Science*, v. 23, n. 1, p. 4-9, 2011.

KUMAR A., SHARMA S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products*. v. 28, n. 1, p. 1-10, 2008.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1969-1975, 2008.

LAVIOLA, B.G. Pesquisa, desenvolvimento e inovação em pinhão-manso para produção de biodiesel. In: LAVIOLA, B. G.; RODRIGUES, E. V. (org.) *Pinhão-manso: pesquisas, conhecimentos e práticas*. Brasília: Embrapa, 2019. p.16-21.

MACHADO, A. B. 2010. 180f. Tese. Doutorado em Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

MAES, W. H.; TRABUCCO, A.; ACHTEN, W. M. J.; MUYS, B. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. *Biomass Bioenerg*, v. 33, p. 1481-1485, 2009.

MATOS, F. S.; ROCHA, E. C.; CRUVINEL, C. K. L.; RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, R. P.; TICONO, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 947-954, 2013.

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 1, jan./jun. 2023. P. 88-109.

Pinhão-manso (jatropha curcas) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques; WARNAVIN, Larissa; ATTADAMO, Fernanda Löffler Niemeyer; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

MENG, Y. et al. Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. *Agroforestry Systems*, v. 76, n. 2, p. 487-497, 2009. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-009-9226-x>. Acesso em: 15 dez. 2022.

MIRANDA, J. C. de C. *Criação do banco de dados, simulação e análise energética do processo de produção do biodiesel de soja, mamona e pinhão manso*, 2011, 162f. Dissertação. Mestrado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MME. Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional (BEN), Relatório Síntese 2022, Ano base 2021*. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022.

MONTEIRO, J. M. G. *Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas*. 302f. Tese. Doutorado em Ciência de Planejamento Energético, Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MOREIRA, E. R. *Métodos de propagação do pinhão manso (Jatropha curcas L.)*, 2013, 118f. Tese. Doutorado em Agronomia. Faculdade de Engenharia, sistemas de produção. UNESP, Ilha Solteira, 2013.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R. DA; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, p. 551-558, 2009.

NUNES, C. F. *Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (Jatropha curcas L.)*, 2007, 78f. Dissertação. Mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*, Amsterdam, v. 19, p. 1-15, 2000.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; FLUMIGNAN, D. L.; ZOLIN C. A.; BARBOSA JÚNIOR C. R. A.; PIEDADE, S. M. S. Crescimento e qualidade de mudas de pinhão-manso produzidas em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p.3 7-46, 2011.

PETINARI, R. A.; SORATTO R. P.; SOUZA-SCHLICK G. D. DE; ZANOTTO, M. D.; BERGAMASCO, S. M. P. P. Custos de produção e lucratividade de cultivares de mamona em diferentes arranjos de plantas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 2, p. 143-149, 2012.

QUEIROZ, M. F. de; FERNANDES, P. D.; NETO, J. D.; ARRIEL, N. H. C.; MARINHO, F. J. L.; LEITE, S. F. Crescimento e fenologia de espécies de *Jatropha* durante a estação chuvosa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 17, n. 4, p. 405-411, 2013.

RIJSSENBEEK, W. *Jatropha Handbook: first draft. Jatropha planting manual*. FACT Foundation, 2006. p. 14-23. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/001365632ebcc58ed3d51>. Acesso em: 15 dez. 2022.

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 1, jan./jun. 2023. P. 88-109.

Pinhão-manso (jatropha curcas) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques; WARNAVIN, Larissa; ATTADAMO, Fernanda Löffler Niemeyer; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

SANTOS, C. M.; ENDRES, L.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; ROLIM, E. V.; FERREIRA, V. M. Fenologia e crescimento do pinhão-manso cultivado na zona da Mata do estado de Alagoas, Brasil. *Scientia Agraria*, v. 11, p. 201-209, 2010.

SATO, M.; BUENO, O. DE C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): Uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. *Revista Varia Scientia*, v. 07, p. 47-62, 2009.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). *Informe Agropecuário*, v. 26, p. 44-78, 2005.

SEVERINO, L.V.; LIMA, R. de L. S. de.; BELTRÃO, N. E. de M. Avaliação de mudas de pinhão manso em recipientes de diferentes volumes. Embrapa, Campina Grande-PB. *Boletim de Pesquisa e desenvolvimento*, n. 81, p. 16, 2007.

SILVA, P. H. M. *Sistemas de propagação de mudas de essências florestais*. Instituto de pesquisas e estudos florestais (IPEF), 2005.

SILVA, P. R. F. da; FREITAS, T. F. S. de. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 843-851, 2008.

SILVA, M. B. R.; FERNADES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIEGAS, R. A. Crescimento produção do pinhão manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 621-629. 2011.

TAGLIANI. *Propagação de pinhão manso (Jatropha curcas L.) por sementes e miniestacas*, 2011, 96f. Dissertação. Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TAPANES, N. C. O.; ARANDA, D. A. G.; CARNEIRO, J. W. M. Produção de Biodiesel do óleo de Pinhão Manso. Modelagem da Cinética. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel, 2, 2007. *Anais [...]* Brasília: ABIPTI, 2007.

YAQOOB, H.; TEOH, Y. H.; SHER, F.; ASHRAF, M. U.; AMJAD, S.; JAMIL, M. A.; JAMIL, M. M.; MUJTABA, M. A. *Jatropha Curcas Biodiesel: A Lucrative Recipe for Pakistan's Energy Sector*. *Processes*, v. 9, n. 7, 1129, p.1-36, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr9071129>. Acesso em: 15 dez. 2022.

WITT, N. G. P. M. *Uso de Paclobutrazol no crescimento e florescimento de mudas de Pinhão-Manso (Jatropha curcas L.)*, 2015, 104f. Dissertação. Mestrado em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

WU J. L. Y.; TANG L.; ZHANG F.; CHEN F. A study on structural features in early flower development of *Jatropha curcas* L. and the classification of its inflorescences. *African Journal Agricultural Research*, v. 6, n. 2, p. 275–284, 2011.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WITT, N. G. P. M.; LAVIOLA, B. G. Uso de Paclobutrazol no crescimento e florescimento de mudas de pinhão-manso. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 6, Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 9, 2016. *Anais [...]* Natal, 2016.

Bioenergia em revista: diálogos, ano/vol. 13, n. 1, jan./jun. 2023. P. 88-109.

Pinhão-manso (jatropha curcas) e biodiesel: potencialidades e desafios

WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques; WARNAVIN, Larissa; ATTADEMO, Fernanda Löffler Niemeyer; PAZ, Otacílio Lopes de Souza da

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Enraizamento de miniestacas de pinhão-manso: propagação e anatomia. In: LAVIOLA, B. G.; RODRIGUES, E. V. (org.) *Pinhão-manso: pesquisas, conhecimentos e práticas*. Brasília: Embrapa, 2019. p. 136-152.

1 WITT, Nicole Geraldine de Paula Marques. Graduada em Ciências Biológicas (licenciada e bacharela) pela Universidade Federal do Paraná (2010), especialista em Educação, Meio Ambiente e Desenvolvimento pela mesma instituição (2012) e em Inovação e Tecnologia na Educação pela UTFPR (2020). Mestra em Agronomia (Produção Vegetal) pela UFPR (2015). Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Fisiologia Vegetal, atuando principalmente na propagação vegetativa de espécies de interesse para a conservação de áreas degradadas e de interesse medicinal. Trabalhou também, com peixes e aves marinhas, os quais constituíram a sua pesquisa monográfica. Atualmente é professora do curso de Pedagogia e integrante do corpo docente da Área de Geociências (cursos de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas e Geografia) do Centro Universitário Internacional - UNINTER, dentro do qual compõe o Grupo de Pesquisa ATLAS Geociências: mudanças globais, planejamento, saúde e ambiente. Atua também com produção e edição de materiais didáticos para a educação básica, ensino superior e pós graduação. E-mail: nicole.w@uninter.com

2 WARNAVIN, Larissa. E-mail: larissa.w@uninter.com

3 ATTADEMO, Fernanda Löffler Niemeyer. E-mail: niemeyerattademo@yahoo.com.br

4 PAZ, Otacílio Lopes de Souza da. E-mail: otacilio.p@uninter.com