

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE CULTURAS PARA EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL COM FOCO EM PRODUÇÃO DE BIODIESEL

TECHNICAL EVALUATION OF CULTURES FOR VEGETABLE OIL EXTRACTION FOCUSING ON BIODIESEL PRODUCTION

RESUMO: Pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de combustíveis renováveis são de suma importância para a conservação do meio ambiente. O uso dos combustíveis fósseis se deu a partir da Revolução Industrial, porém, apesar da indústria petroquímica ter impulsionado vários avanços tecnológicos, ela acaba sendo responsável por diversos problemas ambientais e o custo do barril de petróleo tende a aumentar a cada ano. Uma das alternativas para os combustíveis advindos do petróleo é a utilização dos combustíveis produzidos com o uso de biomassa. Um dos combustíveis originados da biomassa é o biodiesel que pode ser produzido pela transesterificação, esterificação ou craqueamento de óleos vegetais. Os óleos podem ser extraídos por prensagem mecânica ou por solventes. Muitos processos utilizam os dois métodos, em conjunto, visando um melhor rendimento. Neste sentido, foi realizada uma extensa revisão bibliográfica para analisar os tipos de matérias-primas e os processos que demonstrem um maior rendimento e viabilidade econômica. Foi dado enfoque nos óleos de soja e dendê que apresentaram aspectos mais positivos que as demais culturas estudadas neste trabalho. Contudo, as vantagens oferecidas pelo cultivo de dendê, superam as vantagens da soja, apresentando um excelente rendimento para produção em massa de biodiesel.

Palavras-chave: Biocombustível. Óleo de dendê. Óleo de soja.

ABSTRACT: The research and developments in the field of renewable fuels is very important for environmental conservation. The use of fossil fuels started in the Industrial Revolution. Although the petrochemical industry has driven a number of technological advances, it is responsible for many environmental problems and the cost of oil barrels tends to increase each year. One of the alternatives for petroleum-based fuel is the use of fuels produced from biomass. One of the biomass generated fuels is biodiesel, which can be produced by transesterification, esterification or cracking of vegetable oils. These oils can be extracted by mechanical pressing or by use of solvents. Many processes use both methods combined for a better yield. An extensive bibliographic review was carried out to analyze the kinds of feedstock and the processes that demonstrate a greater yield and economic viability. The focus was on soy oil and palm oil that presented more positive aspects than the other cultures studied in this research. However, the advantages offered by the cultivation of palm oil outweigh the advantages of soybeans, presenting an excellent yield for the mass production of biodiesel.

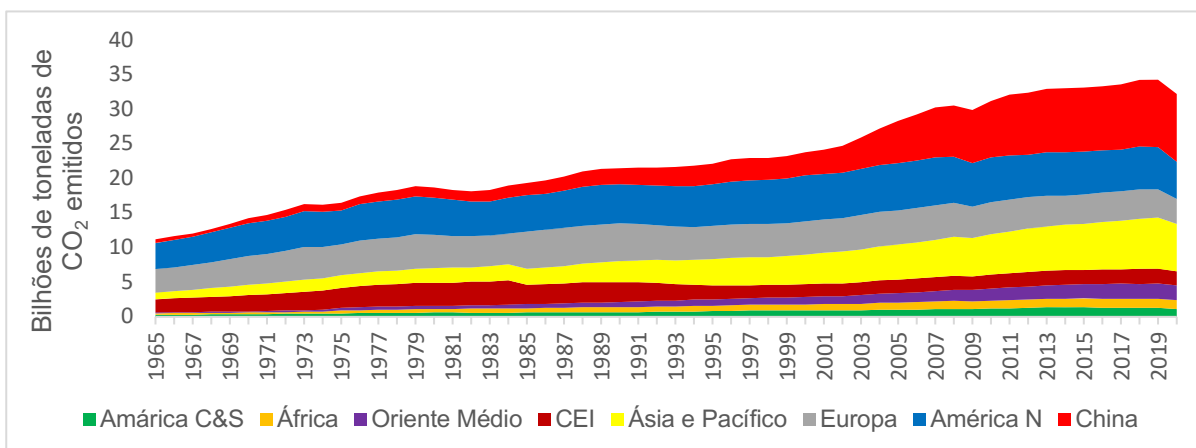
KEYWORDS: Biofuel. Palm oil. Soybean Oil.

1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o petróleo possui um imenso valor econômico. Os mais diversos sistemas da sociedade atual se encontram dependentes desta fonte de energia. Mas, o aumento da utilização de combustíveis fósseis resulta na intensificação da poluição global (GOLDEMBERG, 2000). Um dos parâmetros de poluição ambiental mais utilizados é a quantidade de emissão de gás CO₂ na atmosfera ao longo dos anos (tal como apresentada na Figura 1).

Assim, o aumento das preocupações ambientais gera um conseqüente movimento mundial para o desenvolvimento de energias renováveis que possam ajudar na conservação do planeta. Uma das fontes de energias renováveis são os combustíveis oriundos da biomassa (PIVA, 2010).

Figura 1: Emissão de CO₂ em bilhão de tonelada por região.



Fonte: BP, 2020 - adaptada

Uma das vantagens, em termos ambientais, dos biocombustíveis (em relação aos combustíveis fósseis), é que esses são produzidos a partir de fontes renováveis. Desse modo é possível ajustar sua produtividade com base na demanda. Isto ocorre, principalmente devido à flexibilização da área de plantio (seja aumentando, diminuindo, ou, em determinados casos, mudando a cultura cultivada no local). Ao contrário dos combustíveis fósseis que não é uma opção renovável. Outra vantagem é que, de acordo com o levantamento bibliográfico realizado, a matéria-prima do biocombustível absorve o gás carbônico do ar, reduzindo o efeito estufa e compensando a emissão do gás carbônico pela queima do combustível. Em termos sociais, a construção de uma usina para produção de biocombustível envolve a formação de uma cadeia produtiva, que proporciona um número expressivo de geração de empregos no campo, ajudando a promover a inclusão social (a partir do plantio das matérias-primas), de mão de obra especializada para a produção na usina, e de conseqüente pesquisa

e desenvolvimento na área, uma vez que a comercialização do biocombustível impulsiona o aprimoramento de novas tecnologias (PETROBRAS, 2007). Alguns dos aspectos da produção de biocombustível frente ao combustível tradicional são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação de aspectos entre combustíveis de origem fóssil e de biomassa.

Aspectos	Fósseis	Biomassa
Extração	Limitado	Renovável
Em caso de aumento de demanda	Necessário encontrar uma nova fonte	Flexibilizar o plantio da matéria-prima
Emissão de poluentes	Aumento dos gases de efeito estufa	Compensa pela absorção durante o crescimento da planta
Geração de vagas de emprego	Majoritariamente de mão de obra especializada	Alta inclusão com trabalho em campo e industrial

Fonte: PETROBRAS, 2007 - adaptada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O processo de produção de biocombustível consiste na extração do óleo de matérias-primas tais como soja, óleo de palma, algodão etc. Em seguida, este é tratado por métodos mecânicos e químicos para a obtenção do combustível. O perfil atual da produção nacional de biodiesel (de acordo com a matéria prima utilizada) é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Perfil brasileiro de produção de biodiesel de acordo com a matéria prima

Matéria-prima	Óleo de Soja	Gordura Bovina	Outros Materiais Graxos	Gordura de Porco	Óleo de Fritura	Óleo de Palma / Dendê	Óleo de Algodão	Gordura de Frango	Óleo de Milho	Óleo de Colza / Canola
Média de produção em volume	70,00%	13,24%	9,74%	2,14%	1,65%	1,33%	0,86%	0,85%	0,10%	0,07%

Fonte - adaptadas da tabela Processamento de matérias-primas (ANP, 2019)*.

*A participação do óleo de amendoim, girassol, mamona e do nabo-forrageiro para a produção de biodiesel, possuíam valores insignificantes para comparação nesta tabela.

O processo de produção de biocombustíveis é realizado em três fases: preparação da matéria-prima, extração do óleo, e processo produtivo a partir do óleo.

2.1. Preparação da matéria-prima

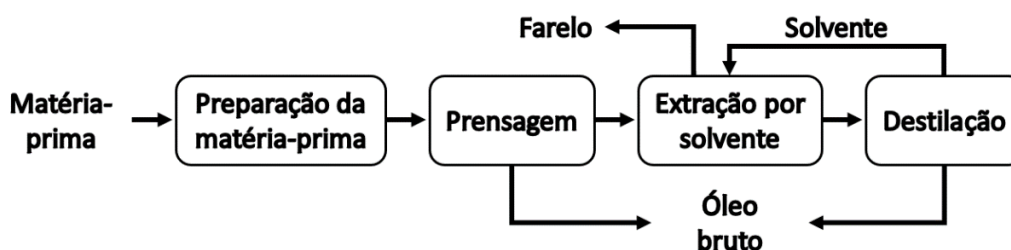
Antes de se iniciar o processo de extração do óleo, a matéria-prima é preparada de acordo com seu tipo e sua qualidade. Inclui-se na preparação, o descascamento (ou despulpamento) e, em alguns casos, deve ser feito um processo de tratamento que inclui: limpeza, secagem, desintegração ou trituração, flocculação e condicionamento ou aquecimento (BORGES, 2016 apud GANDOLFI, 2017).

2.2. Processo de extração via mecânica e via solvente

A extração mecânica do óleo consiste, principalmente, na prensagem das matérias-primas. De início, eram utilizadas prensas hidráulicas. Contudo, devido à sua baixa eficiência, complexidade e custo operacional elevados, elas vêm sendo substituídas pelas prensas mecânicas (WEISS apud PIGHINELLI, 2010). A extração mecânica é indicada para matérias-primas com alto teor de óleo. Destaca-se a prensa de parafuso contínuo.

Após a prensagem, uma quantidade significativa de óleo ainda pode ser encontrada na torta. Esse pode ser recuperado por meio de uma extração por solventes, seguido de uma destilação para a recuperação do solvente (com conseqüente recuperação do óleo bruto). O processo em série de prensagem e extração por solvente é descrito no fluxograma da Figura 2. Uma das vantagens deste método é o aumento da eficiência do processo (ou seja, maior recuperação do óleo). Contudo, uma das desvantagens apresentada por essa técnica é seu alto custo (JUNIOR, 2008).

Figura 2: Fluxograma representando o método de extração mista de mecânica e solvente.



Fonte: acervo pessoal

O processo de extração de óleo por solvente, de modo geral, é dividido em quatro etapas: preparação da matéria-prima, prensagem, extração com o solvente e a recuperação do solvente. A preparação da matéria-prima é feita para facilitar a extração do óleo como por exemplo, o peneiramento, a esterilização dos frutos ou grãos, cozimento, trituração etc. Na fase de prensagem, a matéria-prima é acondicionada na prensa, que separa, por métodos físicos, a torta do óleo bruto. Na etapa de extração a torta é acondicionada no extrator

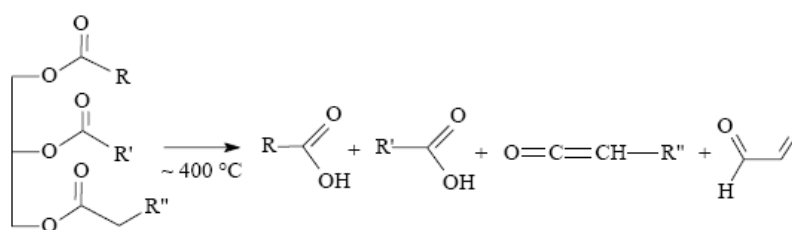
(equipado com um solvente adequado). Durante este processo são geradas duas correntes distintas: uma é a mistura de farelo, hexano, água e óleo residual e a outra é a micela. Na terceira e na quarta etapa ocorre, respectivamente, a separação e recuperação do solvente presente na micela (GUARIENTI, 2009). O solvente mais utilizado é o hexano (derivado do petróleo). Porém, o hexano possui diversas desvantagens tais como: risco de explosão por ser inflamável, origem de uma fonte não renovável (portanto nociva ao meio ambiente), e pode acarretar em diversos problemas à saúde humana devido a sua alta toxicidade.

O etanol também pode ser utilizado como solvente, mas, diferentemente do hexano, este advém de uma fonte renovável, sendo favorável ao meio ambiente e menos nocivo à saúde. Porém, a utilização de etanol torna o processo consideravelmente mais caro, em decorrência da necessidade de evaporação do solvente (desidratação do etanol) antes que este retorne ao processo (JUNIOR, 2008).

2.3. Métodos de produção de biodiesel

São descritos na literatura três métodos de produção de biodiesel: craqueamento, esterificação e transesterificação. O craqueamento é realizado sob temperaturas acima de 350°C e consiste na quebra da molécula de glicerol formando ésteres, tal como representado na Figura 3. O radical **R**, ligado às moléculas das reações de craqueamento e de transesterificação, representa um radical hidrocarboneto. Por ser uma reação envolvendo óleos, os radicais de hidrocarbonetos possuem cadeias longas com mais de 10 carbonos.

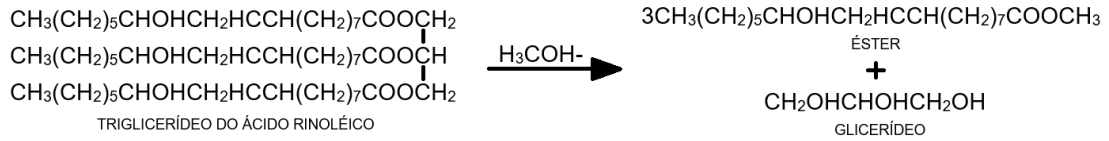
Figura 3: Reação de craqueamento



Fonte: AGEITEC, 2022 - adaptada.

A esterificação consiste de uma reação, a partir do álcool, com ácidos graxos formando um éster, tal como representado na Figura 4.

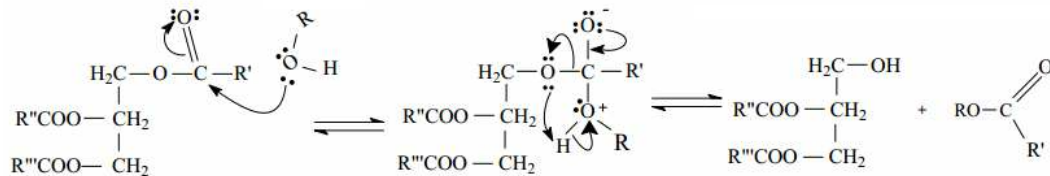
Figura 4: Reação de esterificação por alcoólise



Fonte: ARAÚJO, 2002 - adaptada.

A transesterificação é um processo que reduz a viscosidade do triacilgliceróis. Neste mecanismo de reação, as cadeias de ácidos graxos são separadas do glicerol ao serem misturadas com um álcool, tal como representado na Figura 5.

Figura 5: Reação de transesterificação



Fonte: VIDAL, 2016 - adaptada.

Atualmente, a transesterificação é o método mais utilizado para produção de biodiesel (DIB, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A escolha da matéria-prima (a partir da qual será realizada a extração do óleo) também é um fator determinante para a produção do biocombustível. Esta escolha, além de influenciar na estrutura da usina (que deve ser compatível para realizar o tratamento adequado da matéria prima) varia conforme a cultura utilizada. Como parte do presente estudo, foi realizado um extenso levantamento bibliográfico comparando a produtividade de safras de diferentes matérias-primas (kg/ha). Foram analisadas a porcentagem média de óleo (óleo %) presente na matéria-prima bruta e a produtividade do óleo por hectare (kg/ha), com o objetivo de comparar os seus rendimentos. Os valores compilados são apresentados na Tabela 3. Já o comparativo de produção bruta de matéria-prima entre essas fontes é apresentado na Figura 8 e o comparativo de produção de óleo por hectare é apresentado na Figura 9 a seguir.

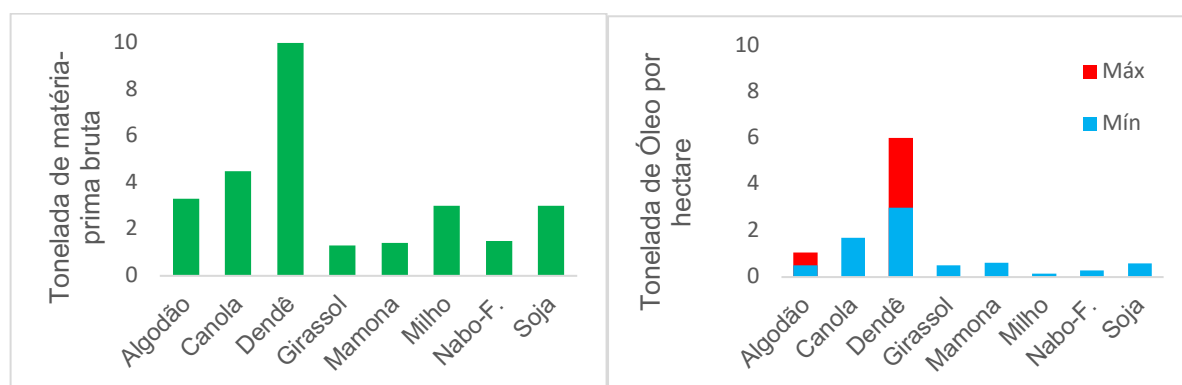
Tabela 3: Comparativo de rendimento entre diferentes culturas

Planta	Algodão	Canola	Dendê	Girassol	Mamona	Milho	Nabo-Forageiro	Soja
Produção kg/ha	3302	4500	10000	1300	1400	3000	1500	3000
Óleo %	15 a 32	38	75 a 77	40	20 a 60	5	35	18 a 20
Óleo kg/ha	495 a 1.057	1710	3.000 a 6.000	520	610	150	285	600
Fonte	1 e 2	3 e 4	5, 6	8 e 9	10 e 11	12, 13 e 14	15 e 16	17, 18 e 19

Fonte: (1) Putti et al, 2012; (2) Richetti et al, 2005; (3) Tomm et al, 2007; (4) Tomm et al, 2005; (5) Costa et al, 2015; (6) Feroldi et al, 2014; (7) Guimarães et al, 2016; (8) Filho et al, 2015; (9) Smiderle et al, 2005; (10) Beltrão et al, 2002; (11) Costa et al, 2015; (12) Garcia et al, 2006; (13) Mittelman et al, 2006; (14) Pavinato et al, 2008; (15) Cremonez et al, 2013; (16) Pereira et al, 2012; (17) Cavalcante et al, 2006; (18) Martin et al, 1994; (19) Menegatti et al, 2007.

É preciso ressaltar que os dados registraram resultados ideais de rendimento. Este pode ser afetado por diversos fatores como: ambientais, climáticos, econômicos e sociais, tendo em vista que todos os dados foram obtidos de fontes as quais os sistemas de operação de plantio e colheita já estavam implantados e estabilizados.

Figura 6: Rendimento de tonelada de matéria-prima por hectare (à esquerda) e respectivos rendimentos de óleo por hectare



Fonte: Acervo pessoal*

*Todos os dados utilizados foram adaptados da Tabela 3 e suas respectivas fontes.

Ao analisar a tabela de rendimento de óleo por hectare (Figura 6), é possível selecionar duas candidatas às culturas para a produção de biodiesel. Primeiramente o dendê, devido à

maior capacidade de produção de óleo por hectare (produtividade de biocombustível por hectare cultivado). A segunda cultura escolhida foi a soja. Além de também ter uma produtividade interessante, no Brasil, esta possui uma produção consolidada, com grandes áreas de plantio (que se estendem por quase todas as regiões brasileiras), e tecnologias próprias que aumentam a eficiência de sua produção.

Outras culturas como o girassol, milho e nabo forrageiro possuem baixo rendimento de óleo por hectare, não sendo adequadas para produção do biodiesel. A mamona é uma cultura bastante difundida no Brasil. Contudo, ela apresenta uma alta oscilação em relação à quantidade de óleo produzido por hectare. Isso se deve, principalmente, a sensibilidade da planta à diversas mudanças climáticas, dificultando a implementação de uma produção regular de biodiesel (SANTOS, 2001 apud BELTRÃO 2002).

A literatura atual não dispõe de dados suficientes para afirmar o potencial da mamona na geração de biodiesel. O algodão, por sua vez, ainda que apresente um teor instável de óleo, já possui uma pequena aplicação consolidada para a geração de biodiesel (em torno de 4% da produção nacional). Contudo, este ainda perde para o biodiesel derivado do sebo bovino, que representa cerca de 20% da produção nacional. A soja ainda é a cultura dominante no país, cuja participação varia de 70 a 85% da produção de biodiesel nacional. Tendo em vista esta proporção dominante da soja, é possível prever uma saturação em relação a sua produtividade. Logo, esforços em outras áreas (tal como melhoramento genético) seriam necessários a fim de se obter um crescimento representativo desta cultura para atender a demanda de óleo para biocombustíveis (BiodieselBR, 2014). Por fim, a canola, mesmo ocupando o segundo lugar em rendimento de óleo por hectare, só poderia ser cultivada em climas de baixa temperatura, portanto, seu cultivo se restringiria a algumas áreas disponíveis, principalmente, na região sul do País.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentadas as características das principais matérias-primas para produção do biodiesel e a comparação entre elas. Também é traçado um panorama acerca das perspectivas para o futuro dos biocombustíveis

4.1. Comparativos entre a Soja e o Dendê

Assim, dentre as culturas apresentadas (algodão, canola, dendê, girassol, mamona, milho, nabo forrageiro e soja) e, de acordo com os dados do levantamento bibliográfico, as culturas aconselháveis para cultivo (visando a produção de biodiesel) são: a soja e o dendê.

Ambas ocupam uma área de produção considerável no Brasil. Tão logo, possuem uma produtividade altamente estável e em quantidade grande o suficiente para abastecer a demanda de óleo. Faz-se necessário verificar e ponderar as questões de maior interesse comercial, impactos ambientais e sociais para definir a espécie que possibilite maiores vantagens de cultivo e produção dos biocombustíveis.

4.1.1. Soja

A soja é uma das culturas mais difundidas no Brasil. Sua estabilidade na produção - obtidas pelos investimentos tecnológicos para tratamento e fortalecimento da planta - tornaram-na uma das melhores opções para a obtenção de óleo para a produção de biodiesel.

A soja é da família das leguminosas e a semente quase não possui amido. Sua semente é rica em substâncias proteicas e graxas. O teor médio de óleo na soja cultivada no sul do Brasil é de 20% (GUARIENTI, 2009)

Mesmo com os grãos possuindo baixas quantidades de óleo e rendimentos razoáveis na extração, a soja ainda é uma das melhores escolhas para a extração de óleo para produção do biodiesel. Atualmente, o óleo de soja é o que possui mais vantagens entre os grãos devido ao baixo custo e facilidade na colheita. Contudo, por se tratar de uma cultura sazonal, limita-se a sua colheita a apenas três meses ao ano. Isto significa que se faz necessário a estocagem do produto durante os nove meses restantes, a fim de atender a demanda de óleo do ano inteiro. Isto pode acarretar em altos custos para estocagem de longa duração e transporte.

4.1.2. Dendê

O dendezeiro é uma palmeira cujo fruto é o dendê (Figura 7). A partir do Dendê, é possível extrair dois tipos de óleos: o que pode ser extraído da polpa (ou azeite de dendê) e o que pode ser extraído a partir da amêndoa (ou azeite de palmiste). Ambos os óleos são utilizados nos setores alimentício e industrial. Após a extração do óleo, a torta restante da amêndoa ainda pode ser usada tanto na produção de compostos para alimentação bovina e suína, quanto como adubo (MÜLLER, 1980).

Figura 7: Dendzeiro (planta, à esquerda), dendê (fruto, no centro) e o óleo extraído a partir do fruto (à direita)



Fonte MAPA, 2018 - adaptada.

Hoje, a produção de óleo de dendê é uma das que mais recebe incentivos pela RenovaBio. Em especial, a cultura do dendzeiro está focada em pequenas propriedades nos estados do Amazonas, Amapá, Bahia e Pará. Sendo este último responsável por 80% da produção (JUNIOR, 2008). Atualmente a área cultivada do dendê possui cerca de 236 mil hectares. Contudo, estudos recentes indicam um potencial de terra agricultável de cerca de 7 milhões de hectares (aptas a receberem o dendzeiro). Estas áreas se concentram na região Norte e Nordeste do país, que consomem, juntas, cerca de 25% do diesel nacional (APROBIO, 2018).

Tal como descrito anteriormente, o dendê possui mais aspectos positivos e poucas desvantagens quando comparado com a soja. Uma das desvantagens do dendê, apontada na literatura, é que o processo de esterilização dos cachos e a extração do óleo deve ser realizado, em no máximo, 24 horas após a colheita, esse procedimento é necessário tanto para facilitar a retirada dos frutos do cacho quanto para evitar a fermentação do fruto (que começa a ocorrer logo após o corte do cacho), que causa o desenvolvimento da acidez no óleo (MÜLLER, 1980).

Isto impossibilita a realização de estoques para entressafra e no longo prazo (visando possíveis regulações do mercado). Além disso, essa limitação obriga a implantação da usina próxima ao local de plantio, para que possam ser evitados longos períodos de transporte. Outra desvantagem diz respeito ao fato de a colheita ser realizada praticamente de forma manual, impossibilitando sua produção de forma extensiva como a soja. Por outro lado, uma das vantagens apresentadas pela cultura do dendê é seu regime de produção contínuo ao longo do ano. Isto possibilita uma maior estabilização, ou seja, sua produção pode ser adaptada mais facilmente que produtos sazonais (sujeitos a flutuações de acordo com a oferta e a demanda do mercado). Conseqüentemente, evita-se possíveis altas no preço, mantendo-se um abastecimento constante de seus produtos e gerando um maior incentivo por parte de seus consumidores. Porém, há uma variação da quantidade da colheita durante o ano. O mês

de maio representa 12% da produção anual, já o mês de novembro a produção cai a cerca de 4,5% da produção anual (MÜLLER, 1980).

A partir de dados levantados sobre as colheitas de soja e dendê, apresentados na Tabela 4, foi possível estabelecer uma comparação entre as culturas de soja e dendê visando a produção de biodiesel.

Tabela 4: Comparativo resumido entre as culturas de soja e dendê para produção de biocombustível

Descrição	Soja	Dendê
Tipo de cultivo	Sazonal (batelada)	Contínua
Replântio	Anual	A cada 25 ~ 30 anos
Meses de colheita/ano	3	12
Colheita	Mecanizada	Manual
Produção de grãos ou frutos anual máxima/ha	3.000 kg	10.000 kg
% de óleo	18 a 20	75 a 77
Produção anual de óleo/ha	600 kg	3.000 a 6.000 kg
Área em produção atual	33.890.000 ha	210.000 ha
Produção anual nacional	113.923.000 t	945.000 t
Tempo de estocagem	Longo	24 horas após a colheita
CO ₂ sequestrado por ha/ano	10 a 15 t	4 a 8 t
Custo médio total/ha ao ano*	R\$ 3.298,05	R\$ 1.385,38

Fonte: Dados adaptados de SUFRAMA (2003), FEROLDI (2014), BELTRÃO (2007), SOARES (2008), CENTRO DE REFERÊNCIA DA CADEIA DE PRODUÇÃO DE BIOCMBUSTÍVEIS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR (2014)*.

*Obs.: o custo médio total se refere aos gastos na agricultura (plântio, mão de obra, insumos e colheita).

Estabelecendo a relação entre as áreas utilizadas para o plântio e a produtividade de óleo por hectare, o dendê necessitaria de uma área equivalente a 20% da área ocupada pela soja para produzir a mesma quantidade de óleo. No Brasil, o plântio de soja já equivale a cerca de 3,53% do território brasileiro, ou seja, esta vasta área poderia ser utilizada para outros fins (como por exemplo abastecimento de grãos e hortaliças). Observando os dados disponíveis na Tabela 4, o dendê possui tanto a maior produção (por hectare) de óleo, quanto o menor custo médio, uma vez que tanto a casca quanto a polpa possuem grande teor de óleo no fruto. Conseqüentemente, um alto rendimento durante a extração pode ser obtido.

Estes fatores fazem com que o dendê seja a cultura mais viável para produção de biocombustíveis (GANDOLFI et al, 2017).

Outra vantagem do dendê, em relação à soja, é a taxa de sequestro de carbono da atmosfera. Tal como pode ser observado na Tabela 4, mesmo a palma do dendê apresentando uma taxa de sequestro de carbono de cerca de 6 ton./ha.ano, em média, (numericamente inferior à taxa de 10 a 15 ton./ha.ano pela soja), é necessário considerar fatores fisiológicos das plantas. No caso da soja, o carbono capturado pela planta acaba sendo liberado posteriormente – após sua colheita – quando é depositada no solo, e conseqüentemente degradada por microrganismos, gerando o gás carbônico de volta para a atmosfera. Por outro lado, a absorção de gás carbônico realizada pela palma do dendê continuará fixada na planta durante 25 anos. O que pode representar, em larga escala, um sorvedouro deste gás.

4.2. RenovaBio e o futuro dos biocombustíveis

Os primeiros programas de incentivo à produção dos biocombustíveis foram o Selo Combustível Social e o decreto federal nº 6.458/08, publicado no Diário Oficial da União em 14 de maio de 2008. O Selo Combustível Social é concedido pelo Ministério da Agricultura, a cada unidade produtora de biodiesel que cumpra com os critérios estabelecidos, permitindo ao portador, alíquotas de PIS/Pasep e COFINS com coeficientes de redução diferenciados para o biodiesel, variando de acordo com a matéria-prima e região da aquisição (GOV.BR, 2022).

A Política Nacional Dos Biocombustíveis (RenovaBio) teve seu ordenamento com a Lei Federal nº 13.576/2017 e é gerido atualmente pela ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Ela consiste na criação de um mercado de Crédito de Descarbonização (CBIOS) e metas definidas. Estas metas são individuais, e cada distribuidor de combustível deve comprovar ter alcançado a meta, a partir da quantidade de CBIOS em sua posse. Pela lei, os distribuidores de combustíveis fósseis são obrigados a comprar os CBIOS emitidos pelos produtores de Biocombustíveis após a venda do combustível para compensar e cumprir as metas de emissões estabelecidas. A meta anual de redução de gases geradores de efeito estufa, de cada distribuidor é calculada a partir da multiplicação da participação de mercado do distribuidor (nas emissões totais oriundas de combustíveis fósseis), pela meta anual estabelecida pelo Conselho Nacional de Política Energética. Sendo essas metas, estabelecidas em unidades de CBIOS. (Resolução 838/2021).

O RenovaBio também prevê a mistura de 20% de biodiesel, até o ano de 2030. A partir dessa meta, dentre os 7 milhões de hectares já cultivados de soja, calculou-se que o dendê requer apenas uma fração desta área (cerca de 250 mil hectares). Esta área extra, voltada exclusivamente para suprir a demanda de biodiesel, seria complementar à área já existente. Portanto, os objetivos de produção de biodiesel poderiam ser atingidos com áreas bem menores que a disponibilizada pelo Zoneamento Agroecológico (MAPA, 2018)

Entre as vantagens e desvantagens apresentadas, o dendê aparece como uma cultura capaz de suprir as demandas de óleo para produção de biodiesel, aliando vantagens econômicas e ambientais num futuro próximo. Seu grande potencial, em particular, é devido à alta concentração de óleo em seus frutos (produzidos ao longo do ano, independente da sazonalidade). Isto possibilita um maior controle no fluxo de mercado, e facilita a adaptação da produção à sua demanda (o que conseqüentemente também atinge os produtos derivados da mesma). Este fator se sobrepõe às principais desvantagens da cultura: tempo limite de 24 horas após a colheita para processamento dos cachos e a colheita ainda realizada relativamente de forma manual.

5. CONCLUSÃO

É necessário considerar que todos os dados pertencentes às culturas de plantas, podem sofrer variações advindas principalmente do clima. Esta instabilidade pode alterar sua produtividade e, conseqüentemente, diminuir a produção e o alcance dos resultados desejados. Apesar disso, as culturas aqui selecionadas como as principais candidatas (soja e dendê), possuem como grande diferencial a resistência em relação a interferências climáticas consideradas (quando comparadas às demais culturas). Considerando o dendê como a cultura a ser utilizada para a obtenção do óleo, o processo para a sua extração pode ser realizado pelo método mecânico e químico a fim de aumentar sua eficiência.

O processo mecânico pode ser realizado utilizando-se a prensa de parafuso contínuo (tanto para a polpa do dendê quanto para a sua amêndoa). Ela é capaz de processar grandes quantidades de frutos de forma contínua, e sua velocidade pode ser adaptada de acordo com a quantidade de frutos processados durante a etapa de preparação da matéria-prima.

A extração por solvente é feita, em geral, empregando o hexano. Contudo, devido à sua toxicidade e por não ser favorável ambientalmente, o mesmo pode ser substituído pelo etanol. Isto reduz os riscos à saúde dos operários que controlam o processo de extração, além de reduzir a variação nos preços por se tratar de um composto de fonte vegetal que já possui uma produção sedimentada no Brasil.

Também é possível destacar a importância dos impactos econômicos e socioambientais positivos advindos da decisão de produzir biocombustíveis no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste.

6. REFERÊNCIAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Biodiesel: oportunidades e desafios no longo prazo**. Brasília, 6 out. 2016. Disponível em: <http://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/05/07102016-131231-07_10_2016_n-_cenario_para_o_biodiesel_em_20302.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Craqueamento**. Brasília, Distrito Federal, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe3wx8euqg.html#>>. Acesso em 24 maio 2022.

ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Processamento de matérias primas**. Tabela de 22 Jan. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em 21 maio 2022.

APROBIO (Associação dos produtores de Biodiesel do Brasil). **RenovaBio O potencial da palma de óleo para o biodiesel**. 16 ago. 2018. 10 slides. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/palma-de-oleo/2018/27a-ro/aprobio-2018_cspo-renovabio-biodiesel.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C.; MELO, F.B. Mamona consorciada com feijão visando produção de biodiesel, emprego e renda. **Revista Bahia Agrícola**, Bahia, v. 5, n. 2, p 34-37, nov. 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105772/1/Revistav5n2-Mamona.pdf>>. Acesso em 21 maio 2022.

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. Balanço Energético e “Seqüestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas. **Embrapa algodão. Documentos, 167**, Campina Grande, PB, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/273300/1/DOC167.PDF>>. Acesso em: 21 maio 2022.

BiodieselBR. **Matéria-Prima para Biodiesel**. Jan. 2014. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/plantas/oleaginosas/index>>. Acesso em: 21 maio 2022.

BP. **Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2020**. Disponível em: <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/country-and-regional-insights/global.html>>. Acesso em: 24 maio 2022.

CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. **BioscienceJournal**, v. 27, n. 1, p. 8-15, Uberlândia, São Paulo, jan./fev. 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7353>>. Acesso em: 21 maio 2022.

CENTRO DE REFERÊNCIA DA CADEIA DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR. **Custo de Produção do Dendê**, 2014, Campus Universitário, Viçosa, MG. Disponível em: <<http://www.biomercado.com.br/imagens/publicacao/arquivo96.pdf>>. Acesso em 21 maio 2022.

COSTA, L. V.; OLIVEIRA, E. C. A. M.; PIRES, N. R. O. Biodiesel: mamona e dendê como culturas energéticas. **Revista eletrônica de Energia**, v. 5, n. 2, p. 90-99, jul./dez. 2015. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/3298/2820>>. Acesso em: 21 maio 2022.

CREMONEZ, P. A. et al. Nabo forrageiro: do cultivo a produção de biodiesel. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 2, p. 64-72, Cascavel, Paraná, 2013. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/8392/6203>>. Acesso em: 21 maio 2022.

DIB, F. H. **Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um motor gerador**. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2010. Disponível em: <<https://condor.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/nuplen/producao-de-biodiesel-a-partir-de-oleo-residual-reciclado-e-realizacao-de-testes-comparativos-com-outros-tipos-de-biodiesel-e-proporcoes-de-mistura-em-um-moto-gerador.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; ESTEVAM, A. Dendê: do cultivo da palma à produção de biodiesel. **Revista Monografias Ambientais (REMOA)**, v.13, n.5, p.3800-3808, Santa Maria, Paraná, dez. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/remoa/article/viewFile/14674/pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

FILHO, D. H. G. et al. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 514-527, Botucatu, São Paulo, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://200.145.140.50/index.php/irriga/article/view/1029/1316>>. Acesso em: 21 maio 2022.

GANDOLFI, M. V. C. et al. **Extração do óleo do dendê para produção de biodiesel**. IX Sintagro - Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, Botucatu, 2017.

GARCIA, J. C. et al. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização do Milho. **Circular Técnica (EMBRAPA)**, n. 74, Sete Lagoas, Minas Gerais, dez. 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/474206/1/Circ74.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

GOLDEMBERG, J. **Pesquisa e desenvolvimento na área de energia**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/spp/a/hTG4gg9mcCL6WvtkJ6zPpgh/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 maio 2022.

GOV.BR. **Solicitar direito de uso do Selo Biombustível Social (SBS)**, Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-disponibiliza-novas-ferramentas-online-para-usuarios-do-selo-combustivel-social>>. Acesso em: 09 jun. 2022.

GUARIENTI, É. P. **O solvente hexano no processo de extração de óleo de soja**. 2009. 54 f. Projeto de Estágio de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção

Agroindustrial) - Faculdade Três de Maio, Três de Maio, 2009. Disponível em: <<https://xdocs.com.br/doc/extraao-de-oleo-vegetal-qoeyryv7wkn6>>. Acesso em: 21 maio 2022.

GUIMARÃES, M. B. et al. Variação dos parâmetros associados ao rendimento e qualidade de óleo no período pós-colheita do dendê híbrido. **III Encontro de Pesquisa e Inovação da Embrapa Agroenergia: Anais**, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151271/1/III-EnPI-2016-231-238.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

JUNIOR, C. T. **Extração de óleo de soja com etanol e transesterificação etílica na miscela**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-14052010-100105/publico/Mestrado.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

MARTIN, N. B. et al. Custos: sistema de custo de produção agrícola. **Informações Econômicas**, v. 24, n. 9, p. 97-122, São Paulo, set. 1994. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/tec1-0994.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **RER**, v. 45, n. 1, p. 163-183, Rio de Janeiro, jan./mar. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/resr/v45n1/08.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diagnóstico da Produção Sustentável da Palma de Óleo no Brasil**. Mapa/ACE, Brasília, 2018. Disponível em: <https://aprobio.com.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Diagn%C3%B3stico-Prod-Sust-da-Palma-de-%C3%93leo_MAPA_2018.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

MITTELMANN, A. et al. Análise dialética do teor de óleo em milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 139-143, Pelotas, Rio Grande do Sul, abr./jun. 2006. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/4509/3381>>. Acesso em: 21 maio 2022.

NOBRE, Maria Auxiliadora de Arruda. **Palma de Óleo no RenovaBio**. 06 ago. 2019. 37 slides. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/palma-de-oleo/2019/29a-ro-1/palma-de-oleo-no-renovabio-convertido.pdf>>. Acesso em 21 maio 2022.

PAVINATO, P. S. et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 358-364, Santa Maria, Rio Grande do Sul, mar./abr, 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/331/33138210.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

PEREIRA, P. P. **Biodiesel e agricultura familiar: estudos do nabo forrageiro**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Paraná, 2002. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/378/1/PB_PPGDR_M_Pereira%2c%20Pedro%20Paulo_2012.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

PETROBRAS (Brasil). **Biocombustíveis: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado**. Brasil, 2007. Disponível em:

<<http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/594/1/Biocombust%c3%adveis%2050%20perguntas%20e%20respostas%20sobre%20este%20novo%20mercado.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

PIGHINELLI, A. L. M. T. **Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais**. 2010. 222f. Tese de doutorado em Engenharia Agrícola (Tecnologia Pós-Colheita) - Universidade Estadual De Campinas, Faculdade De Engenharia Agrícola, Campinas, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882711/1/AnnaLeticiaMontenegroTurtelliD.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PIVA, R. B. **Economia ambiental sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas**. 2010. 81 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Econômicas)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26107/000755427.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21 maio 2022.

PUTTI, F. F.; LUDWIG, R.; MACINI, N. Análise da viabilidade da produção de biodiesel a partir do uso do algodão. **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 7, p. 127-142, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/336/339>. Acesso em: 21 maio 2022.

RICHETTI, A. et al. Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2005/06, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. **Comunicado Técnico**, n. 110, Dourados, Mato Grosso do Sul, 2005. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/custoalgodao.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JR, M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. **ACTA Amazônica**, v. 35, n. 3, p. 331-336, Roraima, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n3/v35n3a03>>. Acesso em: 21 maio 2022.

SOARES, C. M. **Potenciais de Geração de Créditos de Carbono na Indústria da Palma**. 2008 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)-Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química – EQ, 2008. Disponível em: <<http://epqb.eq.ufrj.br/download/potenciais-de-geracao-de-creditos-de-carbono-na-industria-da-palma.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

SUFRAMA. Superintendência Adjunta de Planejamento e Desenvolvimento Regional Coordenação de Identificação de Oportunidades de Investimentos Coordenação Geral de Comunicação Social (Distrito Industrial, AM). **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica dendê**, jul. 2003. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/publicacoes/proj_pot_regionais/dende.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

TOMM, G. O. Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul. **Sistema de Produção**, Embrapa Trigo, n. 4, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174531/1/CNPT-ID09766.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2022.

TOMM, G. O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 21 p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 26). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

VIDAL, R. S. **Extração de óleo de dendê e produção de biodiesel em processo integrado a alta pressão: estudo do efeito das variáveis de processo**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos)-Universidade Tiradentes, Aracaju, 2016. Disponível em:
<<https://openrit.grupotiradentes.com/xmlui/bitstream/handle/set/3332/Reginaldo%20Scariot%20Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21 maio 2022.