



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA)
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO (PROGRAD)
CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JEFFERSON MURILLO LOPES MOREIRA

**VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA MACONHA (*CANNABIS SATIVA*) PARA A
PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

PAU DOS FERROS – RN

2020

JEFFERSON MURILLO LOPES MOREIRA

**VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA MACONHA (*CANNABIS SATIVA*) PARA A
PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, para obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.
Orientadora: Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias

PAU DOS FERROS – RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M835v Moreira, Jefferson Murillo Lopes.
VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA MACONHA (CANNABIS SATIVA) PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO DA LITERATURA / Jefferson Murillo Lopes Moreira. - 2020.
53 f. : il.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2020.

1. Propriedades. 2. Biocombustíveis . 3. Cânhamo. 4. Óleo. I. Dias, Sanderlir Silva, orient.
II. Título.

JEFFERSON MURILLO LOPES MOREIRA

**VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA MACONHA (CANNABIS SATIVA) PARA A
PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semiárido
(UFERSA) – *Campus* Pau dos Ferros, como
requisito para obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 10 / 12 / 2020.

BANCA EXAMINADORA


Assinado de forma digital
por SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387
Dados: 2020.12.14
20:48:23 -03'00'

Profa. Dra. Sanderlir Silva Dias
Presidente - UFERSA

KYTERIA SABINA LOPES DE
FIGUEREDO:04965705440

Assinado de forma digital por
KYTERIA SABINA LOPES DE
FIGUEREDO:04965705440
Dados: 2020.12.14 15:28:06 -03'00'

Profa. Dra Kytéria Sabina Lopes de Figueredo
1º Examinador - UFERSA

MARCELO NASCIMENTO
DE MORAIS OLIVEIRA:
07354485403

Assinado digitalmente por MARCELO NASCIMENTO DE
MORAIS OLIVEIRA:07354485403
DN: CN=MARCELO NASCIMENTO DE MORAIS OLIVEIRA:
07354485403, OU=UFERSA - Universidade Federal Rural do
Semi-Árido, O=ICP Edu, C=BR
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2020-12-14 08:23:45
Foxit Reader Versão: 9.5.0

Esp. Marcelo Nascimento de Moraes Oliveira
2º Examinador - UFERSA

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, quem em todas as dificuldades encontradas ao longo do meu caminho me guiou com sua sabedoria e misericórdia. Agradeço aos planos que Ele me reservou sabendo sempre o que é melhor para minha vida.

Agradeço a minha família, que mesmo ela crescendo em um ambiente pobre, nunca deixaram de apoiar e incentivar aos meus estudos e sonhos. Além de me ensinar o valor da humildade e trabalho duro.

Cito aqui minha avó, Maria das Graças Lopes Maia, matriarca materna e carinhosamente chamada por familiares e amigos de “Graciosa”, a mesma vindo de uma infância difícil com a perda precoce dos pais e a pobreza que assolava, batalhou incansavelmente para a criação das suas filhas e netos. Esta que é minha fonte diária de representatividade do espírito trabalhador, honesto e humilde.

Cito aqui minha mãe, Francisca Rosivânia Lopes Maia, professora. Agradeço pelos seus cuidados desde pequeno e por me ensinar que os estudos é o melhor caminho para se formar um bom cidadão. Ensinou-me a ter moral, ética e a seguir meus próprios pensamentos me tornando independente.

Cito aqui meu pai, Marcos Antônio Moreira de Moraes, secretário de finanças da prefeitura municipal de Itaú. Agradeço por me fazer amadurecer e tomar minhas responsabilidades como homem. Ensinou-me a expor minhas ideias e defendê-las independente da minha timidez.

Cito aqui meus irmãos, Juan Mário Lopes Moreira, Ana Cecília Costa Moreira e Luiz Fernando Costa Moreira. Por eu ser o mais velho de quatro filhos, venho a ser o “exemplo” a ser seguido, contudo, aprendo um pouco mais sobre o significado de família com meus irmãos a cada dia.

Cito aqui minha prima, Mariana Lopes Monteiro, que ao longo dos anos foi minha melhor amiga e confidente, sempre me apoiando nos meus projetos.

Cito aqui minha tia, Rosinelva Lopes, que como uma segunda mãe me criou e me ensinou a sempre buscar o melhor para mim e para minha vida.

Cito aqui meus amigos mais próximos, Raul, Letícia, Hirlean, Lenilton, João Paulo, Beatriz e Iraciana. Que me acompanharam no extra acadêmico durante a caminhada.

Cito aqui meus colegas de curso, Vitor, Robert e João Matias. Que com muito esforço e dedicação conseguimos concluir a primeira etapa das nossas vidas.

Cito aqui minha professora e orientadora, Prof.^a Dr.^a Sanderlir Silva Dias, que com muita paciência e carinho me ensinou e guiou até aqui, não medindo esforços e sempre me aconselhando a nunca desistir.

Cito aqui meu professor do curso tecnólogo de biocombustíveis, Prof. Dr. Alcivan Almeida Evangelista Neto, foi como fonte de inspiração primária para me adentrar no mundo da engenharia química.

Cito aqui meu professor e orientador do curso tecnólogo de biocombustíveis, Prof. Me. Márcio Cleivo de Moraes Souza, que me estimulou e despertou minha admiração nas pesquisas na área dos combustíveis renováveis.

Cito aqui minha professora da faculdade, Prof.^a Dr.^a Shirlene Kelly Santos Carmo, com muito carinho digo que foi minha inspiração maior para adentrar ao mundo da engenharia química e me fazer apaixonar mais pela área.

RESUMO

A divulgação de novas tecnologias para a produção de combustíveis renováveis se tornou algo valioso no âmbito científico, com isso, o presente trabalho traz uma revisão literária fazendo o levantamento de dados sobre a viabilidade da produção de biodiesel através da *Cannabis Sativa*, averiguando a cultura no Brasil, os métodos de produção e características das propriedades desse novo biodiesel diante do cenário ecológico atual, relacionando ainda as literaturas sobre as propriedades físico-químicas do óleo e do biodiesel de cânhamo quando comparadas as do diesel comum e de outras culturas. Evidenciando uma abordagem qualitativa dos parâmetros apresentados pelos pesquisadores a respeito da boa concentração de óleo em suas sementes quando comparada as de culturas convencionais, a redução de monóxido de carbono e hidrocarbonetos expelido na atmosfera, o elevado número de cetano salientando a boa qualidade de combustão e outros aspectos. Assim, o presente estudo ressalta o potencial de produção e competitividade no mercado dos combustíveis que a utilização da *Cannabis* pode trazer, vindo a servir de base ainda para o desenvolvimento de estudos aplicados acerca do tema, fomentando a perspectiva de evolução dos trabalhos sobre o uso da *Cannabis* como combustível que estão por vir.

Palavra-Chaves: Propriedades. Biocombustíveis. Cânhamo. Óleo.

ABSTRACT

The dissemination of new technologies for the production of renewable fuels has become something valuable in the scientific scope, with this, the present work brings a literary review making the survey of data on the viability of biodiesel production through Cannabis Sativa, investigating the culture in the Brazil, the production methods and characteristics of the properties of this new biodiesel in the current ecological scenario, also relating the literature on the physical-chemical properties of hemp oil and biodiesel when compared to that of common diesel and other crops. Evidencing a qualitative approach of the parameters presented by the researchers regarding the good concentration of oil in their seeds when compared to those of conventional cultures, the reduction of carbon monoxide and hydrocarbons expelled in the atmosphere, the high number of cetane emphasizing the good quality of combustion and other aspects. Thus, the present study highlights the potential for production and competitiveness in the fuel market that the use of Cannabis can bring, coming to serve as a basis for the development of applied studies on the theme, fostering the perspective of evolution of works on the use of Cannabis as fuel that are coming.

Keywords: Properties. Biofuels. Hemp. Oil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. HISTÓRICO DO BIODIESEL	15
2.2. CULTURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	16
2.3. <i>CANNABIS SATIVA</i>	18
2.3.1. Características.....	18
2.3.2. Fenologia.....	20
2.4. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE BIODIESEL.....	21
2.4.1. Transesterificação	21
2.4.2. Esterificação	23
2.4.3. Hidroesterificação.....	24
3. METODOLOGIA.....	26
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	26
3.2. INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. BIODIESEL DE <i>CANNABIS SATIVA</i>	29
4.1.1. Óleo.....	29
4.1.2. Biodiesel.....	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
6. REFERENCIAS.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Cannabis</i> macho e fêmea	20
Figura 2 - Fruto da <i>Cannabis</i>	21
Figura 3 - Reação de Transesterificação	22
Figura 4 - Reação de esterificação (direta).....	24
Figura 5 - Primeira etapa da Hidroesterificação (Hidrólise)	24
Figura 6 - Segunda etapa da Hidroesterificação (Esterificação)	25
Figura 7 - Óleo de <i>Cannabis</i>	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ácidos graxos presentes no óleo da <i>Cannabis S.</i>	29
Tabela 2 - Teor de óleo na semente de <i>Cannabis</i> segundo a literatura.....	30
Tabela 3 - Conversão do óleo em biodiesel por transesterificação.....	32
Tabela 4 - Propriedades Físico-químicas do Biodiesel de <i>Cannabis</i>	33
Tabela 5 - Parâmetros do Biodiesel (ANP)	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Levantamento de dados	26
Quadro 2 – Trabalhos selecionados.....	27
Quadro 3 - Informações acerca dos trabalhos selecionados	28

SIGLAS

ANP: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

R\$: Real/Reais

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

NaOH: Hidróxido de Sódio

KOH: Hidróxido de Potássio

GL: Glicerol Livre

GT: Glicerol Total

CO₂: Dióxido de Carbono

THC: Tetra-hidrocanabinol

CBD: Canabidiol

1. INTRODUÇÃO

“Os óleos e gorduras são misturas compostas essencialmente por ésteres de ácidos graxos e glicerina, e são conhecidos por triacilgliceróis (usualmente chamados de triglicerídeos)” (SUAREZ e MENEGHETTI, 2007, p. 2068). “Em 1895, [...] Rudolf Diesel e Henry Ford, descobriram nos óleos vegetais um combustível e um caminho para o desenvolvimento industrial” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006, p. 4). “O biodiesel é um combustível sintético produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais, algas ou fungos” (SILVA, 2010, p. 2).

“No transcorrer da década de 2000, os biocombustíveis ganham maior importância a partir do comprometimento para a redução de gases de efeito estufa e da alta nas cotações do petróleo” (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2011, p. 1). “Os combustíveis fósseis são grandes poluidores do ambiente, seja pela emissão de gases de efeito estufa durante a combustão, seja pelo descarte de resíduos ou pelos derramamentos que eventualmente ocorrem no mar e no solo” (SILVA e FREITAS, 2008, p. 844). E então surge a necessidade da pesquisa por novas fontes de combustíveis. De acordo com RUSCHEL *et al.* (2016) os biocombustíveis são um importante setor para a economia nacional que ainda precisa para o desenvolvimento de novas tecnologias, para soluções de questões econômicas e sociais, desse modo, intensificando pesquisas nas mais diversas áreas.

Os biodieseis se tornaram mais conhecidos e com uma dupla responsabilidade de solução (substituir a dependência do petróleo e reduzir os impactos causados no meio natural). Segundo GAMA, GIL e LACHTER (2010) o biodiesel, um combustível não fóssil, renovável, atóxico, pode vir a substituir totalmente ou parcialmente o diesel de petróleo. “O uso de biodiesel requer poucas modificações nos motores a diesel” (SILVA, 2010, p. 2), e “as matérias-primas vegetais são derivadas de óleos vegetais, tais como soja, mamona, colza (canola), palma (dendê), girassol, pinhão manso e amendoim, entre outros” (CHING, 2007, p. 8), no qual refletiria no custo de produção por ter a matéria-prima podendo ser produzida no próprio local de utilização.

Com a utilização de oleaginosas a produção de biodiesel beneficia a produção agrícola estimulando os países que tem como principal ativo econômico vindo de atividades agrárias (como é o caso do Brasil). “No entanto, pode aumentar a competição entre a produção de alimentos e a produção de combustível, resultando em maior valor dos grãos e elevando o custo

de produção”. (SILVA e FREITAS, 2008, p. 846). Com isso, pesquisadores se voltaram a buscar novas fontes de matéria-prima de produção de biodiesel que não competisse com o mercado alimentício e fosse tão eficiente ou mais na produção.

Dentre as pesquisas que vem se desenvolvendo, uma das mais promissoras é a produção de biodiesel através da *Cannabis Sativa*, ou popularmente conhecida como maconha. A *Cannabis* é considerada uma planta ilícita mundialmente pelos efeitos psicoativos de substâncias presentes em sua composição e ao mesmo tempo é uma planta promissora em produção de diversos produtos inovadores, dentre eles temos: remédios, combustíveis, fibras têxteis.

Assim, essa revisão bibliográfica traz a utilização da *Cannabis* como matéria prima para a produção de biodiesel e vem a aumentar a matriz energética para essa produção, além de se utilizar de uma planta sem utilidade específica nos dias atuais, mostrando a importância de se buscar novas fontes não alimentícias disseminando a informação para uma maior abrangência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. HISTÓRICO DO BIODIESEL

“O uso de óleos vegetais como combustíveis iniciou-se em 1900 quando Rudolph Diesel, o inventor do motor a diesel, fez alguns testes em motores de compressão utilizando óleo de amendoim” (SILVA, 2010, p. 5). “A partir dessa época, diversas alternativas foram apontadas para o uso dos óleos e gorduras, de fontes vegetais ou animais, como combustível, principalmente durante períodos de escassez de petróleo no mercado internacional” (PINHO e SUAREZ, 2017, p. 2).

“Passados mais de cem anos, a associação dos óleos vegetais com o álcool, em um processo químico conhecido como transesterificação [...] pode viabilizar um novo combustível de origem renovável [...]” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006, p. 4). De acordo com SUAREZ *et al.* (2009) os últimos anos a sociedade vem passando por uma crise do petróleo que vem se prolongando por décadas, junto a isso a crescente demanda por biocombustíveis e a crescente preocupação com a degradação do meio ambiente, propagou a busca por novas fontes alternativas de energia no âmbito nacional e mundial.

No Brasil, a trajetória do biodiesel começou a ser delineada com as iniciativas de estudos realizados pelo Instituto Nacional de Tecnologia, na década de 20 do século 20, e ganhou destaque em meados de 1970 (CHING, 2007, p. 15). “Procurando resolver questões como abastecimento de energia, inclusão social através de geração de emprego e renda, redução da emissão de poluentes e da dependência de importações do petróleo” (KAUTZ, 2010, p. 1).

Segundo SUAREZ e MENEGETTI (2007), em 2003 o governo brasileiro desenvolveu uma comissão que estudava a viabilidade da produção e uso de combustível a base de óleos e gorduras. Em novembro do mesmo ano, a comissão chegou à conclusão de que o biodiesel deveria urgentemente ser integrado a matriz energética brasileira, e ainda complementa dizendo que não teria uma matéria-prima preferencial para sua produção, abrangendo maior área para sua produção e incentivando regiões e populações carentes a desenvolverem.

“Considerado um produto nobre, biodiesel pode ser adicionado ao óleo diesel em concentração de 1% a 2%, simplesmente com o objetivo de melhorar a lubricidade do combustível” (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006, p. 6). Em 2004 foi lançado o Programa Nacional de Produção de Biodiesel. “O programa estabeleceu a obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao petrodiesel a partir de 2008 e de 5% a partir de 2013” (LEITE e

LEAL, 2007, p. 19). De acordo com o despacho ANP (Agência Nacional de Petróleo, gás natural e Biocombustíveis) nº621/2009 o percentual mínimo atualmente de biodiesel a ser acrescido ao óleo diesel comercializado no país é de 11%. De acordo com FABRIS (2014) no Brasil o biodiesel é inserido no mercado nacional com especificação punica e qualificação internacional, independentemente da matéria-prima utilizada ou da rota tecnológica escolhida.

Em concordância com SALLABERRY (2009), o biodiesel em comparação com o diesel reduz significativamente a emissão de hidrocarbonetos aromáticos, como o benzeno e o tolueno, e por não conter enxofre na sua composição não há a emissão de dióxido de enxofre, assim, agredindo menos o ecossistema e sendo mais sustentável.

Atualmente, um dos maiores dilemas que a produção de biodiesel enfrenta é a competitividade com a produção de grãos com fins alimentícios. Em alguns países há o remanejamento de áreas destinadas a produção de alimento para o plantio de oleaginosas para a produção de biodiesel. Contudo, a ressalvas para resolver tal problema no Brasil. “Por exemplo, pastagens já abandonadas pela agropecuária [...] poderiam servir [...] para o plantio de [...] palmáceas oleaginosas destinadas à produção dos biocombustíveis, sem prejudicar a produção de alimentos” (SUAREZ *et al.*, 2009, p. 768). Além dessa alternativa, temos a da procura de novas culturas que não tenham fins alimentícios diretos.

2.2. CULTURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

“Dentre as fontes de biomassa prontamente disponíveis, os óleos vegetais têm sido largamente empregados em programas de energia renovável” (COSTA, OLIVEIRA e PIRES, 2015, p. 91). “Por ser biodegradável, não tóxico e por possuir baixa concentração de substâncias aromáticas e cancerígenas, recebe o título de ‘combustível ecológico’” (SILVA, 2014 *apud* MOREIRA, MARTINS e PINHEIRO, 2016, p. 13).

“Entre as oleaginosas, além da soja e do algodão, podem se destacar o amendoim, o dendê, o girassol e a mamona. Estas são as seis oleaginosas mais utilizadas como matéria-prima para produção do biodiesel no Brasil” (GLOVATSKI e RAIHER, 2013, p. 10). Segundo FERRARI, OLIVEIRA e SCABIO (2005), grande parte da produção de biodiesel mundial gira em torno da utilização da soja como fonte primária, contudo, fatores geográficos, naturais, políticos e econômicos vão definir a cultura de interesse a servir como matéria-prima para determinada região. Em concordância com CRESTANA (2005) 32 % dos óleos vegetais

produzidos mundialmente em 2003 eram de soja, seguido pelo óleo de palma (27%) e logo após o óleo de colza (14%).

Por causa do solo e dos fatores climáticos algumas culturas são mais intensificadas em determinadas regiões do Brasil. De acordo com VENTURA, ALVES e SANTOS (2010), com as características semiáridas do Nordeste brasileiro culturas como a da mamona (*Ricinus Communis L.*) são mais abrangentes tanto pelo fator adaptativo, como por fazer sistema de consórcio e/ou rodízio com outras culturas destinadas para a alimentação (feijão, milho, mandioca, etc.). Além da mamona o girassol é outra fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel por também apresentar resistência à seca e o calor.

Apesar do Brasil ser um país altamente agrícola, algumas dificuldades vêm surgindo principalmente no âmbito da produção de combustíveis renováveis. Segundo a reportagem do site BIODIESELBR (2020), com o aumento da escassez da soja, o governo estuda maneiras para amenizar os efeitos dos problemas causados por tal fator, assim, uma das alternativas é liberar o uso de biodiesel feito de gorduras e óleos importados. O que implicaria em um aumento dos custos de produção refletindo no preço final do biodiesel a ser vendido nos leilões da ANP.

Segundo TÁVOLA (2011), pelo fato do programa nacional de produção e uso do biodiesel (PNPB) ainda está em desenvolvimento e não consolidado totalmente, os preços do biodiesel ainda estão longe do ideal, sendo vendido em média, no ano de 2011, entre R\$ 1,64 a R\$ 2,69 por litro de biodiesel. No cenário atual no qual vivemos, em meio à pandemia e crise econômica, o valor do biodiesel ainda se mantém longe do ideal chegando a R\$ 2,85 por litro de biodiesel de acordo com os últimos leilões da ANP.

Com o surgimento de novos desafios e barreiras para a produção de biodiesel através das culturas convencionais novas fontes com finalidades diretas não alimentícias vêm sendo estudadas e desenvolvidas, como é o caso da intensificação dos estudos sobre a utilização das microalgas como fonte de matéria-prima. “As microalgas [...], além de não competir com produções agrícolas de alimentos, [...] apresentam produtividade significativamente superior à das plantas oleaginosas, aproximadamente 94,7 % em relação à palma e 99,7 % à soja” (CHIST, 2007 *apud* SILVA, BACHOLSKY e JERÔNIMO, 2015, p. 715).

Na mesma linha de pensamento na busca de culturas sem fins alimentício para inserir na matriz energética dos biodieseis vem a maconha (*Cannabis Sativa*). Planta que atualmente é vista com mal olhares na sociedade pela utilização como droga ilícita, porém, apresenta um grande potencial para a produção de biodiesel. Segundo AFIF e BIRADAR (2019) a *Cannabis* é anual e seu cultivo tem um baixo custo como também um baixo impacto ambiental sendo cultivada em zonas temperadas.

2.3. CANNABIS SATIVA

2.3.1. Características

“A *Cannabis Sativa* L., conhecida popularmente como maconha ou cânhamo, pertence à família *Canabaceae*. É uma planta herbácea de clima quente e úmido, originária da Índia” (NASCIMENTO, 2018, p. 19). “Achados históricos comprovam que a *Cannabis* era utilizada para obtenção de fibras desde 4000 anos a.C. na China, e foi uma das primeiras plantas a serem cultivadas pelo ser humano” (SUNAGA, 2018, p. 15).

Segundo CARLINI (2006), a história da *Cannabis Sativa* no Brasil está ligada com a chegada dos portugueses em 1500, que durante o período de colonização eram trazidos pelos escravos sementes e folhas de cânhamo (outro nome dado a maconha), como também a própria planta e um conjunto de cordas feitas da fibra da planta. “No princípio o uso da planta era feito para classe mais baixas, mas com o passar dos anos ela se difundiu para jovens de todas as classes” (GONÇALVES e SCHLICHTING, 2014, p. 92).

De acordo com VELHO (2011), a maconha começou a ser percebida de uma maneira alarmante na década de 60, quando passou a ser consumida cada vez mais intensamente, mais espelhada pelos cantos, atingindo as camadas médias e nas elites, se transformando em uma ameaça a vida social padrão pelo fato de ameaça aos segmentos sociais e de uma maneira mais sucinta aos prejuízos a saúde.

“A principal substância química com princípios alucinógenos presentes na *Cannabis* é o Δ^9 THC (tetraidrocanabinol), do grupo dos canabinóides, sendo identificado também o canabidiol (CBD), que não possui efeitos alucinógenos” (GONTIÈS e ARAÚJO, 2003, p. 48). Por ser uma planta que contém substâncias psicoativas vindo a causar distúrbios e alucinações foi considerada uma droga ilícita e proibida em diferentes países. De acordo com MISSE (2011) o principal fator de criminalização dessa substância se dar pela modificação comportamental, chegando a apresentar quadros de violência. Entretanto, “o uso medicinal da *Cannabis* hoje é permitido em alguns estados americanos e em países como Holanda e Bélgica, para aliviar sintomas relacionados ao tratamento de câncer, AIDS, esclerose múltipla e síndrome de Tourette” (HONÓRIO, ARROIO E SILVA, 2006, p. 318).

“O Brasil foi o primeiro país do mundo a editar uma lei contra a maconha: em 4 de outubro de 1830, a Câmara Municipal do Rio de Janeiro penalizava o `pito de pango`, denominação da maconha” (BARROS e PERES, 2011, p. 7). De acordo com PEREIRA et. al (2018), os diversos efeitos causados pelo uso da *Cannabis* como entorpecente eram os mais

variados, desde problemas de memória e concentração até a ataques de pânico e taquicardia, o que vinha a mudar completamente o comportamento do usuário vindo a causar problemas agudos físicos e/ou agudos psíquicos.

“A maconha sempre foi uma planta polêmica e continua sendo, ela contém uma série de substâncias com propriedades terapêuticas comprovadas, mas tem como um obstáculo a sua parte psicoativa que produz efeitos tóxicos limitando assim o seu uso [...]” (GONÇALVES e SCHLICHTING, 2014, p. 96). Conforme NUNES *et al.* (2017), a maconha é a droga ilícita mais usada em todo o mundo, e por causa disso diversos estudos sobre os efeitos das mais de 400 substâncias encontradas na *Cannabis* foram cada vez mais avançados.

Por ter sido marginalizada e proibida no Brasil, a *Cannabis* pouco se é trabalhada em pesquisas revolucionárias ligadas a diferentes áreas que poderia ser aplicada, contudo, com base em COSTA (2011) a quebra do pré-conceito imposto sobre o cânhamo facilitaria o uso da maconha como tecnologia educacional e pioneira para o desenvolvimento do futuro. “A maconha sempre esteve associada às práticas das camadas populares, sobretudo os negros. Era utilizada, por exemplo, nos ritos do candomblé” (VIEIRA, 2011, p. 1).

Um dos produtos mais importantes da *Cannabis* é o óleo que pode ser extraído de suas sementes. Com base em RASHID *et al.* (2016), as sementes possuem uma composição bastante diversificada tendo de 26 a 38% de óleo bruto, além disso, o óleo da semente é rico em ácidos graxos insaturados (semelhante ao óleo de girassol que também apresenta uma alta concentração de ácidos graxos insaturados) sendo os mais presentes o ácido linoleico e o ácido α -linoleico.

Alguns estudos acerca do óleo de maconha como combustível já vêm sendo desenvolvidos em alguns países. De acordo com MUTINSUMU *et al.* (2014) e REHMAN *et al.* (2013), a utilização de plantas sem destinação para a alimentação é o novo foco para o desenvolvimento de biodieseis, visto que essa nova ramificação irá tirar a competitividade de produção de uma mesma matéria-prima para dois produtos, como também dará uma nova utilidade para uma planta marginalizada tendo em vista que a *Cannabis* requer quase nenhum pesticida e pouco fertilizante o que torna mais fácil seu cultivo.

Segundo CARNEIRO (2018), a legislação na qual Anvisa cumpre, a maconha é considerada como proscriita, exceto para fins médicos e científicos, de forma controlada e supervisionada, ou seja, mesmo sendo proibida a maconha pode ser liberada para fins científicos como o desenvolvimento de biodiesel, não tornando a marginalização da planta como um empecilho para o estudo da mesma.

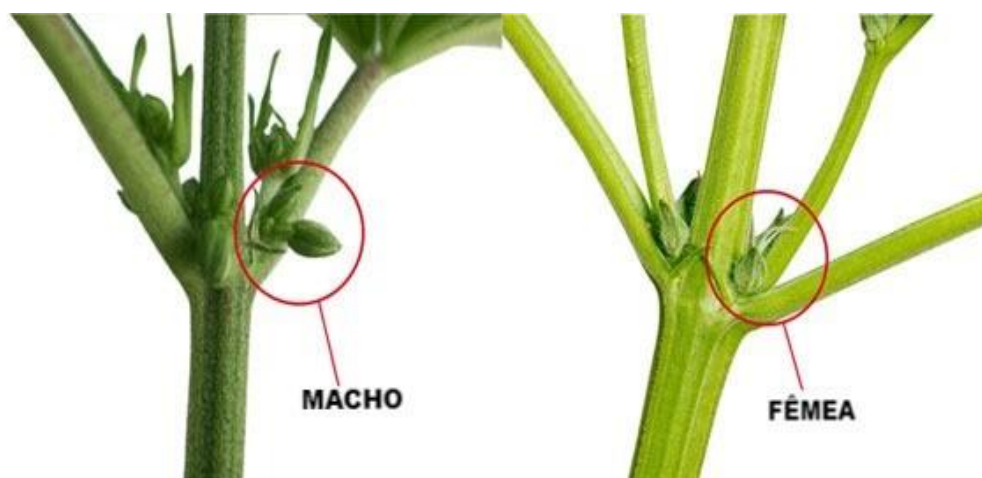
Além da utilização em pesquisas medicinais, a *Cannabis* vem sendo utilizada para as mais diversas descobertas em todas as áreas da ciência, de acordo com PATEL *et al.* (2014), a *Cannabis* se mostra promissora até na utilização para o cultivo de leveduras, pois, suas sementes são ricas em lipídios e ácidos graxos essenciais para o cultivo das leveduras.

2.3.2. Fenologia

“Morfologicamente, estas plantas são dioicas e apresentam aspecto herbáceo-arbustivo, com até seis metros de altura” (GARRIDO, RIBEIRO, NETO, 2013, p. 127). Com base em SMALL (2015), a *Cannabis S.* apresenta um crescimento acerbado em solos ricos em nutriente, porém, é capaz de sobreviver em solos deficientes chegando a produzir ainda sementes em solos muitos inférteis.

A *Cannabis* pode ter plantas masculinas, femininas ou hermafroditas. Segundo RIZZO (1972), a planta macho apresenta raízes do tipo pivotante, caule fino, folhas pecioladas com bordas dentadas, flores masculinas em panículas, estames com cinco filetes curtos, pólen abundante e tendo como característica o desenvolvimento inferior quando comparada a planta feminina. De acordo com BORILLE (2016), a *Cannabis* é uma planta anual dicotiledônea angiosperma, geralmente dioica, que apresenta flores machos e fêmeas em plantas separadas, mas também podem apresentar flores de ambos os sexos, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1: *Cannabis* macho e fêmea



Fonte: OLIVEIRA (2020).

Ainda de acordo com RIZZO (1972), a planta feminina se assemelha com a masculina, diferenciando nas flores femininas inseridas diretamente no eixo do ovário superior com dois estiletes com pelos e apresenta frutos como pode ser visto na Figura 2. Segundo SMALL e CRONQUIST (1976) a *Cannabis* secreta uma resina composta por uma classe de produtos químicos terpenóides, sendo a maior parte dessa resina composta por tetra-hidrocanabinol (THC).

Figura 2: Fruto da *Cannabis*



Fonte: Z. KLEIN/BBC (2015).

Conforme MORAIS (2018), a *Cannabis* se propaga através das sementes bastantes resistentes, adaptando-se aos diferentes solos, dos férteis aos áridos e estéril, sendo encontrada em regiões de zona tropical e temperada, moldando suas características químicas e morfológicas de acordo com as condições na qual foi cultivada. Um exemplo disso é baixa produção de THC pela planta quando cultivada em clima temperado.

2.4. MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE BIODIESEL

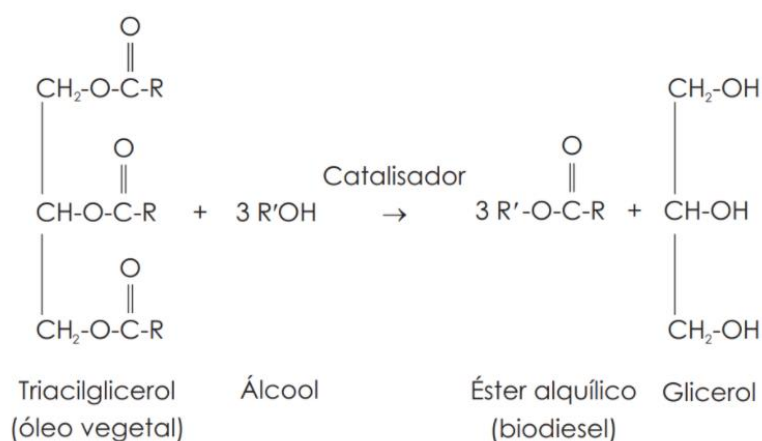
2.4.1. Transesterificação

“A reação química que efetivamente está relacionada à transformação de óleos ou gorduras de origem vegetal ou animal, com álcoois de cadeia curta em biodiesel é conhecida

como reação de transesterificação” (MENEGETTI, MENEGETTI e BRITO, 2013, p. 65). Além da transesterificação existem outros métodos para a síntese do biodiesel (esterificação, hidroesterificação, entre outros), contudo a resolução da ANP N°45 de 25/08/2014 art. 2 define especificações apenas para a produção de biodiesel através de transesterificação e/ou esterificação.

“Na transesterificação de óleos vegetais, um triglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador produzindo uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos e glicerol” (GARCIA, 2006, p. 11). A Figura 3 representa uma reação de transesterificação genérica. O processo de transesterificação pode ser dividido em três etapas as quais são processos reversíveis. “Na primeira é formado um diglicerídeo, através de triglicerídeos. Na segunda, a partir do diglicerídeo forma-se um monoglicerídeo e por fim na última reação obtém-se a glicerina através do monoglicerídrio” (SANTOS, 2007, p. 21).

Figura 3: Reação de Transesterificação



Fonte: KNOTHE et al. (2006).

Os álcoois mais conhecidos e utilizados para a produção de biodiesel são o etanol e o metanol, que de acordo com MARCINIUK (2007) as características dos dois podem variar bastante, o etanol vem de origem renovável, é produzido nacionalmente, não é tóxico, porém a separação do biodiesel da glicerina é mais complexa, já o metanol vem de origem fóssil, é tóxico, tem um menor custo e a separação da glicerina é imediata. “Para que ela seja estequiometricamente completa, uma proporção molar 3:1 de álcool por triacilglicerídeo é necessária. Porém, devido ao caráter reversível da reação, adiciona-se álcool em excesso, deslocando a reação para formação dos produtos [...]” (RODELLI, 2016, p. 18).

“Os catalisadores mais utilizados são o hidróxido de sódio (NaOH), conhecido também como soda cáustica, e o hidróxido de potássio (KOH). Para aumentar o rendimento da reação é necessária uma proporção de 1:6 molar” (LAGE *et al.*, 2019, p. 9-10). “Industrialmente, o biodiesel ainda é em grande parte produzido por catálise alcalina em meio homogêneo, utilizando alcóxidos metálicos como catalisadores e variando-se o tipo de óleo vegetal, de acordo com a região” (CORDEIRO *et al.*, 2011, p. 477). De acordo com CRUZ e CARDOSO (2014), outros tipos de catalisadores também vêm sendo estudados para complementar ainda mais os processos de transesterificação, um exemplo desses novos catalisadores é a sílica para a transesterificação de óleos.

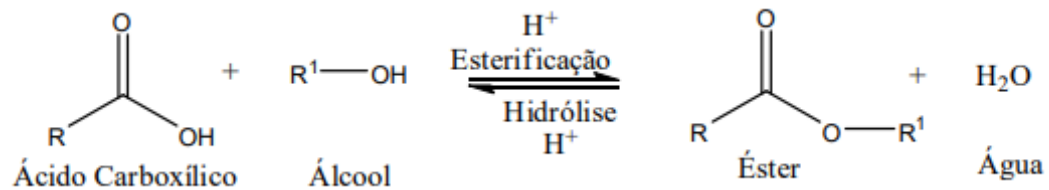
Uma das preocupações no processo de transesterificação é a saponificação do produto. Na catálise ácida “a saponificação ocorre quando há ácidos graxos livres, pois o íon hidróxido neutraliza os ácidos graxos livres formando os carboxilatos de ácidos graxos, [...] que uma vez em contato com a água residual leva a formação de gel” (TREMILIOSI, 2009, p. 12). De acordo com SUAREZ *et al.* (2007), a formação de sabões é indesejável, pois além de consumir o catalizador, acabam gerando emulsões dificultando a separação do éster e glicerina no final.

Conforme PIGHINELLI (2007) após a formação dos ésteres se faz necessário a realização da lavagem dos mesmos, essa etapa influencia na remoção das impurezas, como sabões, catalisadores e glicerol livre. A eficiência da lavagem é medida pelo pH quando ele após diversas lavagens se aproxima da neutralização.

2.4.2. Esterificação

“O método mais comum e mais utilizado em processos industriais para obtenção de ésteres é a reação reversível de um ácido carboxílico com um álcool, havendo eliminação de água” (BRITO, 2008, p. 18). Nesse tipo de reação há a substituição da hidroxila do ácido carboxílico por um radical alcoxila, tendo como produtos um éster e água. Na Figura 4 temos uma representação de uma reação de esterificação.

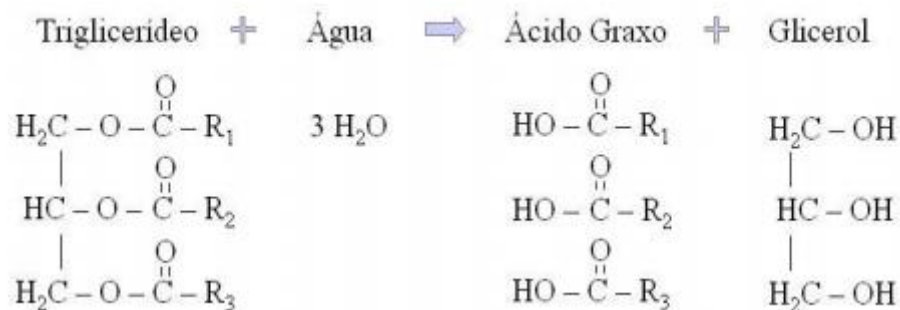
De acordo com VIEIRA *et al.* (2018) quando matérias-primas tem um valor ácido superior a 0,5% de ácidos graxos livres e umidade maior 0,25% de água dificultam o processo de transesterificação se tornando não adequadas ao processo, nisso, a esterificação com o intuito da redução de ácidos graxos livres é, em geral, o recomendado.

Figura 4: Reação de esterificação (direta)

Fonte: BRITO (2008).

2.4.3. Hidroesterificação

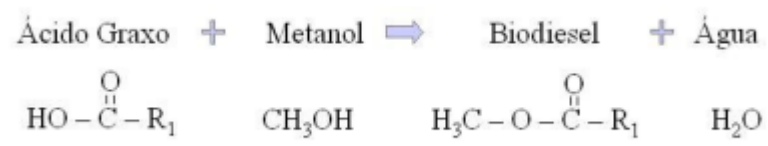
“A produção de biodiesel por hidroesterificação é um processo que envolve duas etapas consecutivas: a hidrólise e a esterificação” (SANTOS, *et al.*, 2015, p. 180). “A hidrólise é uma reação química que ocorre entre a gordura ou um óleo com a água, gerando glicerina e ácidos graxos como produto” (LAGE, *et al.*, 2019, p. 10). A Figura 5 representa uma reação da primeira etapa de hidroesterificação genérica (hidrólise).

Figura 5 - Primeira etapa da Hidroesterificação (Hidrólise)

Fonte: ENCARNAÇÃO (2008)

“Após a hidrólise a glicerina é removida e os ácidos graxos gerados são então esterificados com um álcool que “neutraliza” a acidez presente. [...] O biodiesel é gerado com elevada pureza, sem necessidade de etapas de lavagem [...]” (ENCARNAÇÃO, 2008, p. 27). Como representado na Figura 6 a segunda etapa da reação de hidroesterificação genérica (esterificação)

Figura 6 - Segunda etapa da Hidroesterificação (Esterificação)



Fonte: ENCARNAÇÃO (2008)

3. METODOLOGIA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo GIL (2008) o trabalho é caracterizado como uma pesquisa bibliográfica com finalidade básica estratégica, onde consiste na coleta de informações já conhecida a partir de textos, livros, artigos e demais materiais de caráter científico. Trata-se de um método teórico de objetivo descritivo e que foca em analisar os ângulos distintos que um mesmo problema pode ter e servindo como base para uma pesquisa aplicada.

A pesquisa é classificada como abordagem qualitativa, já que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa, sem utilizar de métodos e técnicas estatísticas.

3.2. INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Almejando a finalidade de um levantamento sobre a produção de biodiesel a partir da *Cannabis Sativa*, a revisão de literatura foi a metodologia empregada, a partir de levantamento em base de dados SCIELO, SCIENCEDIRECT, GOOGLE ACADÊMICO, TAYLER & FRANCIS GROUP, SPRINGER E RESEARCHGATE. As informações acerca do levantamento de dados estão no Quadro 1.

Quadro 1 – Levantamento de dados

Recursos Informacionais	Estratégia de Busca	Referências Recuperadas	Referências Selecionadas por Título e Resumo
SciELO	Título, palavras chaves e ano	16	1
ScienceDirect	Título, palavras chaves e ano	3	3
Google Acadêmico	Título, palavras chaves e ano	59	2
TAYLER & FRANCIS Group	Título, palavras chaves e ano	3	3
Springer	Título, palavras chaves e ano	2	1

ResearchGate	Título, palavras chaves e ano	1	1
--------------	-------------------------------	---	---

Fonte: Autoria própria (2020)

. Para a revisão bibliográfica, pesquisaram-se artigos, revistas científicas, notícias, resoluções, teses e monografias sobre o uso do óleo *Cannabis* como fonte para a produção de biodiesel. A busca se limitou a pesquisas entre 2010 a 2020, nos idiomas português e inglês. Os dados foram analisados e comparados, considerando alguns aspectos como teor de óleo presente nas sementes, taxa de conversão do biodiesel, comparação do biodiesel de *Cannabis* com de outras culturas, avaliação quanto ao quadro de parâmetros especificados pela ANP, bem como as propriedades físico-química tanto do óleo quanto do biodiesel. Nas buscas nos bancos de dados foram utilizadas palavras chaves, como: *Cannabis*, Biodiesel e Óleo de cânhamo. Foram selecionados cerca de 85 trabalhos publicados que se ligavam de alguma forma ao tema, separando destes, de acordo com os critérios de ano, assunto e área trabalhada, 11 artigos que trabalhavam diretamente com o tema em questão e atendia as especificações, como mostra o Quadro 2, sendo majoritariamente artigos internacionais.

Quadro 2 – Trabalhos selecionados

Nº	Autor(es)	Título	Ano
1	AFIF, M. K.; BIRADAR, C. H	Production of Biodiesel from Cannabis sativa (Hemp) Seed oil and its Performance and Emission Characteristics on DI Engine Fueled with Biodiesel Blends	2019
2	AHMAD, M. <i>et al.</i>	Physicochemical Analysis of Hemp Oil Biodiesel: A Promising Non Edible New Source for Bioenergy	2011
3	KHAN, I. A. <i>et al.</i>	Efficient production of biodiesel from <i>Cannabis sativa</i> oil using intensified transesterification (hydrodynamic cavitation) method	2019
4	LI, S. Y. <i>et al.</i>	The feasibility of converting <i>Cannabis sativa</i> L. oil into biodiesel	2010
5	MOHAMMED, M. N. <i>et al.</i>	Characterization of Hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.) Biodiesel Blends with Euro Diesel, Butanol and Diethyl Ether Using FT-IR, UV-Vis, TGA and DSC Techniques	2020
6	MUTINSUMU, M. <i>et al.</i>	Properties of biodiesel from Cannabis sativa and Carapa procera seeds by homogeneous catalysis	2014
7	PATEL, A. <i>et al.</i>	Boosting accumulation of neutral lipids in <i>Rhodosporidium kratochvilovae</i> HIMPA1 grown on hemp (<i>Cannabis sativa</i> Linn) seed	2014

		aqueous extract as feedstock for biodiesel production	
8	RASHID, U. <i>et al.</i>	Biodiesel production from Cannabis sativa oil from Pakistan	2016
9	REHMAN, M. S. U. <i>et al.</i>	Potential of bioenergy production from industrial hemp (Cannabis sativa): Pakistan perspective	2013
10	SMALL, E.	Evolution and Classification of Cannabis sativa (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization	2015
11	BORILLE, B. T.	Caracterização Química Da Planta <i>Cannabis Sativa L.</i> A Partir De Sementes Apreendidas Pela Polícia Federal No Estado Do Rio Grande Do Sul	2016

Fonte: Autoria própria (2020)

Os trabalhos foram analisados quanto sua área de trabalho e país de ligação ao autor principal como apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Informações acerca dos trabalhos selecionados

Autores/Ano	País de afiliação do Autor principal	Área de trabalhada
2019 ^[1]	Índia	Produção de Biodiesel
2011 ^[2]	Paquistão	Produção de Biodiesel
2019 ^[3]	Índia	Produção de Biodiesel
2010 ^[4]	Estados Unidos	Produção de Biodiesel
2020 ^[5]	Turquia	Produção de Biodiesel
2014 ^[6]	Nigéria	Produção de Biodiesel
2014 ^[7]	Índia	Produção de Biodiesel
2016 ^[8]	Malásia	Produção de Biodiesel
2013 ^[9]	Paquistão	Potencial industrial
2015 ^[10]	Canadá	Propriedades gerais
2016 ^[11]	Brasil	Caracterização Química

Fonte: Autoria própria (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram trabalhados 11 artigos que se relacionavam diretamente com o tema seja na produção de fato do biodiesel como na caracterização do óleo da *Cannabis*. Nisso foi estipulado a utilização de trabalhos nos últimos 10 anos, e por ser um ramo de estudo bastante recente, quase todas as publicações eram internacionais, apenas uma que falava acerca da caracterização química da planta era nacional. Os trabalhos selecionados apresentaram um aumento nos estudos nos anos mais recentes o que indica que essa área tem despertado bastante interesse dos pesquisadores.

4.1. BIODIESEL DE CANNABIS SATIVA

4.1.1. Óleo

Segundo RASHID *et al.* (2016), as sementes de cânhamo têm de 26% a 38% de óleo, sendo esse óleo rico em ácido linoleico (C18:3) e o ácido α – linolênico (C18:3), já MUTINSUMU *et al.* (2014) afirma que o óleo presente na *Cannabis S.* é rica em ácidos graxos insaturados principalmente ácidos C18, Podemos ver a composição dos ácidos graxos presente na semente da *Cannabis* na Tabela 1. O óleo da *Cannabis* em comparação com outros óleos se apresenta mais positivamente quanto a porcentagem de óleo, é o que afirma REHMAN *et al.* (2013) que diz que a semente do cânhamo é mais atrativa em termos de óleo do que o caroço de algodão (15 - 24%), soja (17 - 21%) e azeitona (20 - 25%) cultivados em diversos países. Os valores de rendimento de óleo da semente estão presentes na Tabela 2.

Tabela 1: Ácidos graxos presentes no óleo da *Cannabis S.*

Ácidos Graxos	Símbolo	Óleo da semente (% em peso)
Saturados		9,13 - 12,5
Palmítico	C16:0	6,0 - 8,5
Esteárico	C18:0	2,5 - 3,0
Araquidônico	C20:0	0,5 - 0,8
Insaturados		82,0 - 94,0
Oleico	C18:1	12,0 - 15,0
Linoleico	C18:2	52,0 - 56,0
α -Linoleico	C18:3	15,5 - 18,0

γ -Linoleico	C18:3	2,3 - 3,0
---------------------	-------	-----------

Fonte: Elaborada pelo autor com base em LI *et al.* (2010).

Conforme FONSECA e GUTIERREZ (1974) o girassol apresenta 56% de C18:2, a soja apresenta 50% de C18:2 e o algodão apresenta 50% de C18:2, ou seja, valores bem próximos da porcentagem do ácido linoleico presente no óleo da semente da *Cannabis*, mostrando o potencial de substituição das culturas existentes pela cultura do cânhamo.

O óleo bruto da semente apresenta uma coloração verde escuro como apresentado na Figura 7, segundo MUTINSUMU *et al.* (2014) a densidade do óleo é de 0,9615 kg/L a 15° - 20° C. Tendo alto teor de óleo o rendimento de extração do óleo de cânhamo se assemelha a de outras culturas.

Tabela 2: Teor de óleo na semente de *Cannabis* segundo a literatura

MUTINSUMU <i>et al.</i> (2014)	AFIF e BIRADAR (2019)	RASHID <i>et al.</i> (2016)	LI <i>et al.</i> (2010)	MOHAMMED <i>et al.</i> (2020)
36,50%	26% - 42%	26% - 38%	26% - 38%	26% - 38%

Fonte: Elaborada pelo autor com base em MUTINSUMU *et al.* (2014), AFIF e BIRADAR (2019), RASHID *et al.* (2016), LI *et al.* (2010) e MOHAMMED *et al.* (2020).

Outras propriedades do óleo são descritas por RASHID *et al.* (2016) como o valor ácido de 2,05 mg KOH/g, valor de saponificação de 192,95 mg KOH/g e valor de Iodo de 149, 75 g I₂/100g.

O índice de saponificação do óleo da *Cannabis* se mostra bastante parecido com de outros óleos, como o da mamona, conforme LIMA *et al.* (2007) o óleo da mamona apresenta o índice de saponificação em média de 180 mg KOH/g, já o óleo de babaçu é bem superior a isso com um índice de saponificação de 233 mg KOH/g. De acordo com SANTOS (2017) o índice de saponificação retrata a quantidade de mg KOH necessária para neutralizar os ácidos graxos provenientes de 1 g de amostra.

Figura 7 - Óleo de Cannabis



Fonte: LI *et al.* (2010)

4.1.2. Biodiesel

Para a produção de biodiesel, dos estudos analisados, as seguintes metodologias foram empregadas:

- MUTINSUMU *et al.* (2014): A produção de biodiesel se deu por transesterificação de catálise ácida seguida por uma transesterificação alcalina, o reagente utilizado foi etanol;
- AFIF e BIRADAR (2019): A produção de biodiesel se deu por catálise básica de etapa única por transesterificação, reagindo com 300 ml de metanol e o catalisador foi NaOH;
- RASHID *et al.* (2016): A produção de biodiesel se deu por transesterificação de catálise básica, o reagente utilizado foi o metanol;
- LI *et al.* (2010): A produção de biodiesel se deu por duas etapas de transesterificação de catálise básica (KOH), o reagente utilizado foi o metanol;
- MOHAMMED *et al.* (2020): A produção de biodiesel se deu por transesterificação básica de catálise básica (KOH), o reagente utilizado foi o metanol.

- KHAN *et al.* (2019): A produção de biodiesel se deu por transesterificação básica (KOH) através de cavitação hidrodinâmica, o reagente utilizado foi o metanol;
- AHMAD *et al.* (2011): A produção de biodiesel se deu por transesterificação básica (NaOH e KOH), o reagente utilizado foi o metanol.

De acordo com KHAN *et al.* (2019) os testes com a síntese de biodiesel com diferentes razões molares de óleo e metanol apresentaram resultados bastantes diversificados, as proporções foram de 1:3 a 1:7 tendo respectivamente 44 a 94% de conversão em biodiesel, contudo a proporção molar de 1:6 foi a que apresentou uma melhor conversão tendo um resultado de 97,5%, o que está de acordo com os outros autores que usaram dessa proporção e tiveram resultados de conversão bem próximos.

Ainda segundo o autor, testes com diferentes concentrações de catalisadores básicos foram realizados no processo de transesterificação, variando a concentração de 0,5% a 1,25% em peso, sendo 1% a concentração que apresentou melhor conversão do biodiesel em um menor tempo de reação. O valor da concentração está próximo dos utilizados pelos outros autores, como MUTINSUMU *et al.* (2014) que utilizou uma concentração de catalisador básico por volta de 1,10% em peso.

A síntese do biodiesel de cânhamo apresenta um alto rendimento, de acordo com MOHAMMED *et al.* (2020) a taxa de conversão foi de 99%. Um valor superior à de algumas culturas convencionais como no caso do girassol, “o óleo de girassol quando submetido à transesterificação por via etílica obtém um rendimento em biodiesel de cerca de 70%” (VENTURA, ALVES e SANTOS, 2010, p. 10). Na Tabela 3 apresenta os valores de conversão do óleo de *Cannabis* em biodiesel.

Tabela 3 - Conversão do óleo em biodiesel por transesterificação

Rendimento do Biodiesel de <i>Cannabis</i>				
MUTINSUMU <i>et al.</i> (2014)	AFIF e BIRADAR (2019)	RASHID <i>et al.</i> (2016)	LI <i>et al.</i> (2010)	MOHAMMED <i>et al.</i> (2020)
98,70%	92%	86,10%	90% e 97%*	99%
*Referente a as duas etapas de transesterificação				

Fonte: Elaborado pelo autor com base em MUTINSUMU *et al.* (2014), AFIF e BIRADAR (2019), RASHID *et al.* (2016), LI *et al.* (2010) e MOHAMMED *et al.* (2020)

O biodiesel de *Cannabis* apresenta uma cor verde escuro mais clara do que a do óleo de cânhamo bruto. Quando convertido em biodiesel os parâmetros que antes eram do óleo bruto se modificam com o intuito de preparar a qualidade do biodiesel. Propriedades tais como o valor ácido, densidade, viscosidade, ponto de inflamação, entre outros, são de extrema importância para definir o funcionamento do combustível no motor apresentando melhor rendimento e não trazendo danos relacionado ao seu uso. Essas propriedades estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Propriedades Físico-químicas do Biodiesel de *Cannabis*

Propriedade do combustível	MUTINSUM U <i>et al.</i> (2014)	AFIF e BIRADAR (2019)	RASHID <i>et al.</i> (2016)	LI <i>et al.</i> (2010)	MOHAMME D <i>et al.</i> (2020)
Densidade (Kg/m ³)	873,6	810	890	884	891,5
Viscosidade Cinemática (mm ² /s)	5,76	4,82	5,17	3,48	3,86
Ponto de Inflamação (°C)	75	176	180	162	180
Ponto de Nuvem (°C)	-	3,7	-3	-5	3
Ponto de Fluidez (°C)	-10	-1	-4	-	-4
Valor Calorífico Bruto (Kj/ KG)	-	41742	-	-	-
Valor Ácido (mg KOH/g)	-	0,41	0,45	0,25	-
Índice de Refração	-	1,4712	-	-	-
Resíduo de Carbono (em peso %)	0,008	0,39	-	-	-
Resíduo de água (em peso %)	0	0,001	-	-	-
Resíduo de Enxofre (em peso %)	0,001	0,034	0,014	0,4	-
Sedimentos (em peso %)	-	0,001	-	-	-
Número de Cetano	14,8	55	63	-	51,63
Valor de Saponificação (mg KOH/g)	-	177	-	-	194,99
Ponto de obstrução de filtro (°C)	-	-	-3	-	-10
Teor de cinzas (em peso %)	0,002	-	0,01	-	-
Glicerina Total (em peso %)	-	-	-	0,1	-
Glicerina Livre (em peso %)	-	-	-	<0,005	-

Estabilidade a oxidação (h)	-	-	-	-	4,46
------------------------------------	---	---	---	---	------

Fonte: Elaborado pelo autor com base em MUTINSUMU *et al.* (2014), AFIF e BIRADAR (2019), RASHID *et al.* (2016), LI *et al.* (2010) e MOHAMMED *et al.* (2020)

A produção de biodiesel a partir da *Cannabis S.* nos traz dados importantes para se analisar a viabilidade da produção do mesmo, de acordo com a Resolução de 2014 da ANP, algumas das especificações da ANP para o biodiesel estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros do Biodiesel (ANP)

Propriedade	Unidade	Especificações ANP (2014)
Viscosidade Cinemática	mm ² /s	3,0 - 6,0
Número de Cetano	-	Anotar
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	9
Índice de Acidez, máx.	mg KOH/g	0,5
Glicerol Livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol Total, máx.	% massa	0,25
Estabilidade a Oxidação, mín.	hora	12
Ponto de Fulgor, mín.	°C	100
Cinzas Sulfatadas, máx.	% massa	0,02
Corrosividade ao Cobre, máx.	-	1
Densidade	Kg/m ³	850 - 900

Fonte: Elaborado pelo autor com base ANP (2014)

- Viscosidade:

Como podemos perceber as viscosidades apresentadas pelos estudos analisados estão dentro das especificações da ANP, visto que a variação das viscosidades estão entre 3 a 5 mm²/s. Em comparação com a viscosidade da mamona, o biodiesel de *Cannabis* leva vantagem, pois de acordo com ZUNIGA *et al.* (2011), a mamona apresenta uma viscosidade de 13,5 mm²/s o que está muito acima da faixa exigida.

Esse é um parâmetro importante, pois a viscosidade é quem vai influenciar no transporte adequado do combustível do tanque ao motor. Além de influenciar no transporte do combustível atua na etapa de combustão. “Quanto maior a viscosidade, menor a eficiência do sistema de injeção de combustível, já que na atomização o tamanho das gotículas aumentará levando à redução da área superficial para contato com os gases pressurizados [...]” (ZUNIGA *et al.*, 2011, p. 60).

Segundo OLIVEIRA *et al.* (2015) a viscosidade é influenciada pelas propriedades do ácido linoleico, na qual promove interações intramoleculares onde promove o aumento do tempo de escoamento do biodiesel, um exemplo dessas forças intramoleculares são as forças de Van der Waals.

- Densidade:

A densidade do biodiesel da *Cannabis* também se deu dentro dos parâmetros impostos pela ANP ficando na faixa de 800 a 900 Kg/m³. De acordo com MUTINSUMU *et al.* (2014), combustíveis com altas densidades causam uma combustão incompleta e emite uma fumaça mais escura e densa, o que vai de contraponto com as finalidades dos biocombustíveis, uma vez que o objetivo é a busca do equilíbrio entre o meio ambiente e o desenvolvimento social.

- Índice de acidez:

O índice de acidez é outra especificação importante, pois no óleo, ela dificulta a reação de produção do biodiesel, já um biodiesel com elevado índice de acidez pode vir a trazer danos no motor como a corrosão dele e ainda vem influenciar na deterioração do biodiesel. Assim, os índices de acidez apresentado pelos estudos confirmam que o biodiesel de *Cannabis* está dentro dos parâmetros, prevenindo assim danos que um biodiesel com acidez elevada traria para o motor.

De acordo com FERRARI, OLIVEIRA e SCABIO (2005), o biodiesel de soja apresenta um índice de acidez de 0,5 mg KOH/g ficando no valor de limite máximo imposto pela ANP, já o biodiesel de *Cannabis* apresenta um valor mais confortável dentro da faixa exigida.

- Número de cetano:

O número de cetano compreende o fenômeno chamado de “faixa de potência”, onde está relacionado com o tempo da ingestão do combustível até o início da combustão. Assim uma boa qualidade de combustão se entende por uma ignição seguida de uma combustão rápida, desse modo quanto maior o número de cetano melhor será a qualidade de combustão.

Segundo a empresa de combustíveis e lubrificantes Unipetro, o diesel comum S500 possui um número de cetano de 42, já o diesel S10 tem o número de cetano 48, assim o biodiesel de *Cannabis* apresenta um número de cetano de 50 a 60 (com exceção do número apresentado por MUTINSUMU *et al.* (2014)), por essa razão o biodiesel queima melhor em um motor a diesel do que o próprio diesel.

Comparando o número de cetano do biodiesel de girassol com o do biodiesel de *Cannabis*, o biodiesel de cânhamo se apresenta mais eficiente, pois, de acordo com CORRÊA *et al.* (2008), o número de cetano do biodiesel de girassol é de 48 estando próximo do número de cetano do diesel comum, porém longe do biodiesel de *Cannabis*.

- Glicerol livre e total:

A presença de glicerol livre (GL) e de glicerídeos, quantificados indiretamente pelo glicerol total (GT), no produto final pode, em níveis elevados, levar à formação de depósitos no motor (VALDEZ *et al.*, 2012, p. 601). Assim o monitoramento de tais parâmetros se torna importante para manter o bom funcionamento do motor tão quanto a conservação do mesmo. A ANP define as porcentagens máximas em massa de glicerol livre e total de respectivamente 0,02 e 0,25, já o biodiesel de *Cannabis* apresentou valores bastante inferiores com o glicerol livre e total respectivamente <0,005 e 0,1.

Conforme com LÔBO, FERREIRA e CRUZ (2009) além de definir a eficiência do processo de purificação do biodiesel, o glicerol em altas concentrações no biodiesel pode vir a dissociar quando misturado ao diesel de petróleo gerando entupimentos dos bicos injetores, emissões de aldeídos, depósitos, entre outros.

- Estabilidade a oxidação:

Segundo ALMEIDA (2018) quando o biodiesel começa a sofrer o processo oxidativo devido a desgastes na bomba e/ou nos bicos injetores, começa a ocorrer a formação de ácidos orgânicos corrosivos, gomas insolúveis e depósitos de sedimentos que podem vir a interferir na

operatividade do veículo. De acordo com a ANP o tempo mínimo para essa estabilização é de 12 h, já o biodiesel de *Cannabis* apresentou um tempo para estabilidade de 4 h, ficando abaixo do valor mínimo recomendado pela ANP.

- Ponto de fulgor:

“O ponto de fulgor é importante para determinar o risco de explosão de líquidos envolvendo funcionamento de ignição, combustão e armazenagem de combustíveis” (OLIVEIRA *et al.*, 2010, p. 1). Esse parâmetro é definido pela temperatura mínima onde uma mistura libera vapor suficiente para se inflamar. A ANP define como ponto de fulgor mínimo de 100°C, sendo o ponto de fulgor do biodiesel de *Cannabis* em torno de 170°C, apresentando dentro do parâmetro solicitado e dando mais segurança no uso do combustível.

- Cinzas sulfatadas:

“O ensaio de cinzas sulfatadas é usado para a determinação de contaminantes inorgânicos presentes no biodiesel na forma de sólidos abrasivos, sabões metálicos solúveis e resíduos de catalisadores” (VECHIATTO, 2012, p. 39). O teor de cinzas apresentado pelo biodiesel de *Cannabis* é inferior para o limite imposto pela ANP, não apresentando risco ao motor a diesel.

- Corrosividade ao cobre:

De acordo com a pesquisa de MUTINSUMU *et al.* (2014), o biodiesel de *Cannabis* apresenta o código de corrosão ao cobre igual a 1, ou seja, não apresenta tendência de corroer o cobre estando de acordo com a ANP. Esse parâmetro reflete também no transporte e armazenamento do combustível, pois, caso o combustível apresente tendência a corroer tanques isso significaria que poderia danificar tanques no qual o combustível estaria armazenado.

- Emissões de gases poluentes:

Conforme a pesquisa de AFIF e BIRADAR (2019), uma comparação entre o biodiesel de *Cannabis* e o diesel comum em um motor teste apresentou que o biodiesel de *Cannabis* apresentou uma redução monóxido de carbono de 0,21%, uma redução de hidrocarbonetos não queimados de 45 ppm para o Diesel como para 43 ppm para o Biodiesel de *Cannabis*.

Além disso a emissão de CO₂ foi maior para o biodiesel do que para o diesel, isso se resulta pelo excesso de oxigênio presente para a combustão completa do combustível, contudo,

uma maior emissão de CO₂ refere em uma melhor combustão. Ainda assim, a opacidade da fumaça expelida pela queima foi reduzida em 2%.

De acordo com SANTOS e PINTO (2009) o ciclo curto do carbono apresentado pelo biodiesel assim como a não presença de compostos sulfatados e aromáticos contribuem para a redução dos gases poluentes lançados na atmosfera após a combustão do biodiesel.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biodiesel de *Cannabis Sativa* se mostra promissor visto que atende muitos requisitos da busca constante por novas fontes de energias limpas que substitua completamente ou parcialmente o diesel de fonte fóssil. Os artigos trabalhados mostram que por apresentar um alto rendimento tanto de óleo como de conversão em biodiesel, a *Cannabis* se destaca como inovação e forte concorrente a se tornar uma matéria-prima para a produção de biodiesel tendo como características principais a boa adaptabilidade aos fatores climáticos, a diferentes tipos de solos, a definição de finalidade para uma planta marginalizada e o avanço das tecnologias ecológicas. Além de atender aos padrões estabelecidos pela ANP, como: bom ponto de fulgor, índice de acidez, densidade, entre outros, ele ainda tem vantagens de padrões físico-químicas sobre outras culturas padrões para a produção de biodiesel como a da mamona, soja, algodão, girassol e etc.

A concordância entre os pesquisadores dos artigos trabalhados sobre a facilidade do cultivo da *Cannabis* mostra que a boa adaptabilidade da planta em diferentes solos se faz capaz de trabalha-la como fonte de combustível em diferentes países, variando seu rendimento e expondo a planta a situações supercríticas de cultivo. Além disso, o biodiesel proveniente da *Cannabis* tem número de cetano maior que o do diesel sendo melhor aproveitado no motor a diesel do que o próprio diesel trazendo reduções nos gases poluentes expelido pela combustão quando comparado ao diesel comum.

Como mostrado pelos trabalhos analisados a viabilidade da utilização da *Cannabis* como biodiesel é algo indubitável, pois, além de apresentar as características físico-químicas favoráveis a produção do biodiesel e a redução da emissão de poluentes a planta ainda tem a vantagem da não competitividade com a destinação a alimentação humana, utilizando solos abandonados que já não tinha uso para o plantio alimentício ou fazendo consorcio com outras culturas.

Como nenhum trabalho sobre a utilização da *Cannabis* como fonte para produção de biodiesel foi desenvolvido em solo nacional, pesquisas futuras podem vim a trabalhar esse tema como pioneiros no Brasil trazendo o foco ao rendimento da planta nos diferentes climas brasileiros, fermentando ainda mais a matriz energética de um dos maiores produtores de biodiesel do mundo. Como existe a proibição do plantio da *Cannabis* no Brasil, dificultaria o processo industrial.

Outras pesquisas como a mistura do biodiesel de *Cannabis* a outros biodieseis como forma de aprimoramento de parâmetros podem vir a se desenvolver abrindo novas áreas de pesquisas para os biocombustíveis. Assim as propriedades atrativas e distintas do biodiesel de cânhamo o tornam promissor e competitivo no mercado.

6. REFERENCIAS

AFIF, M. K.; BIRADAR, C. H. Production of Biodiesel from Cannabis sativa (Hemp) Seed oil and its Performance and Emission Characteristics on DI Engine Fueled with Biodiesel Blends, **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 6, n°.8, p. 246-253, Ago 2019. Disponível em: < <https://www.irjet.net/>>. Acessado em: 11/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Diretora-Geral. **Resolução ANP N° 45, de 25/08/2014**. Dispõe sobre o Biodiesel e suas especificações. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>>. Acessado em: 24/07/2020.

AHMAD, M. et al. Physicochemical Analysis of Hemp Oil Biodiesel: A Promising Non Edible New Source for Bioenergy, **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, v. 33, n°.14, p. 1365-1374, Abr 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15567036.2010.499420>>. Acessado em: 05/07/2020.

ALMEIDA, J. S. **Estudo da Estabilidade Oxidativa de Blendas Diesel/Biodiesel Para Uso Automotivo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Mecânico). Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Natal - RN, 2018.

.

BARROS, A.; PERES, M. Proibição da maconha no Brasil e suas raízes históricas escravocratas. **Revista Periferia**, Rio de Janeiro, v. 3, n°. 2, Jul/Dez 2011. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/issue/view/285>>. Acessado em: 05/07/2020.

BORILLE, B. T. **Caracterização Química Da Planta Cannabis Sativa L. A Partir De Sementes Apreendidas Pela Polícia Federal No Estado Do Rio Grande Do Sul**. Tese de Doutorado (Doutor em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre - RS, 2016.

BRITO, Y. C. **Esterificação e transesterificação em presença de complexos de titânio e zircônio**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Química). Universidade Federal de Alagoas – UFAL/PPGQB. Maceió - AL, 2008.

CARLINI, E. A. A História da Maconha no Brasil. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, Rio de Janeiro, v. 55, n°. 4, p. 314-317, Nov/Dez 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250051170_A_historia_da_maconha_no_Brasil>. Acessado em: 02/07/2020.

CARNEIRO, D. A. **Uso Medicinal De *Cannabis Sativa***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Direito). Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Anápolis - GO, 2018.

CHING, W. H. (Coord.). **Biodiesel**. Cartilha do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). Brasília - DF, 2007.

CORDEIRO, C. S. et al. Catalisadores Heterogêneos Para A Produção De Monoésteres Graxos (Biodiesel). **Química Nova**, v. 34, n°. 3, p. 477-486, Jan 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000300021>. Acessado em: 02/08/2020.

CORREIA, I. M. et al. Desempenho De Motor Diesel Com Misturas De Biodiesel De Óleo De Girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n°. 3, p. 923-928, Mai/Jun 2008. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542008000300033&script=sci_arttext&tlng=pt#:~:text=%2D%20O%20uso%20das%20misturas%20B5,3%25%2C%20no%20consumo%20espec%C3%ADfico](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542008000300033&script=sci_arttext&tlng=pt#:~:text=%2D%20O%20uso%20das%20misturas%20B5,3%25%2C%20no%20consumo%20espec%C3%ADfico.)>. Acessado em: 10/11/2020.

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, Jul/Dez 2015. Disponível em: <[https://revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/3298#:~:text=BIODIESEL%3A%20MAMONA%20E%20DEND%C3%8A%20COMO%20CULTURAS%20ENERG%C3%89TICAS,-Lenise%20Viana%20Costa&text=A%20procura%20por%20combust%C3%ADveis%20como%20destacam%20se%20os%20%C3%B3leos%20vegetais](https://revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/3298#:~:text=BIODIESEL%3A%20MAMONA%20E%20DEND%C3%8A%20COMO%20CULTURAS%20ENERG%C3%89TICAS,-Lenise%20Viana%20Costa&text=A%20procura%20por%20combust%C3%ADveis%20como%20destacam%20se%20os%20%C3%B3leos%20vegetais.)>. Acessado em: 11/11/2020.

COSTA, M. S. R. As Possibilidades Educacionais da Maconha. **Revista Periferia**, Rio de Janeiro, v. 3, n°. 2, Jul/Dez 2011. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/issue/view/285>>. Acessado em: 05/07/2020.

CRESTANA, S. **MATÉRIAS MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO PRIMAS PARA PRODUÇÃO DO BIODIESEL**: Priorizando Alternativas, São Paulo, 2005, 35

Slides. Disponível em: <

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/matprima1_000gevvbauw02wx5ok0dnrs_vx8drsue9.pdf>. Acessado em: 10/11/2020.

CRUZ, F. T.; CARDOSO, D. Catálise Básica Usando Sílica Mesoporosa Estabilizada Por Acrilatos Encapsulados. **Química Nova**, v. 37, n°. 5, p. 761-765, Mai 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422014000500001>. Acessado em: 02/08/2020.

DIESEL COMUM X DIESEL S10: QUAL A DIFERENÇA ENTRE OS DOIS. **Unipetro**, 06/08/2019, Disponível em: <<http://www.grupounipetro.com.br/blog/2019/08/06/diesel-comum-x-diesel-s10-qual-a-diferenca-entre-os-dois#:~:text=A%20composi%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%B3leo%20diesel,da%20ign%C3%A7%C3%A3o%20e%20da%20combust%C3%A3o.>>. Acessado em: 12/11/2020.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. **Geração De Biodiesel Pelos Processos De Transesterificação E Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro - RJ, 2008.

FABRIS, Deborah Monik. **Elaboração de Material Didático Sobre Fontes Renováveis de Energia**: Estudo Voltado ao Biodiesel. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Pato Branco - PR, 2014.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel De Soja – Taxa De Conversão Em Ésteres Etilicos, Caracterização Físico-química E Consumo Em Gerador De Energia. **Química Nova**, v. 28, n°. 1, p. 19-23, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422005000100004&script=sci_arttext&tlng=es>. Acessado em: 08/11/2020.

FONSECA, H.; GUTIERREZ, L. E. Composição em Ácidos Graxos de Óleos Vegetais e Gorduras Animais. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 31, p. 485-490, 1974. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/aesalq/v31/38.pdf>>. Acessado em: 08/11/2020.

GAMA, P. E.; GIL, R. A. S. S.; LACHTER, E. R. Produção De Biodiesel Através De Transesterificação *In Situ* De Sementes De Girassol Via Catálise Homogênea E Heterogênea. **Química Nova**, v. 33, n°. 9, p. 1859-1862, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000900007>. Acessado em: 08/08/2020.

GARCIA, C. M. **Transesterificação de óleos vegetais**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas - SP, 2006.

GARRIDO, R. G.; RIBEIRO, A. S. D.; NETO, R. S. M. Identificação e Vinculação Geográfica da *Cannabis sativa*: Ferramentas para Inteligência Policial. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics**, v. 2, n°. 2, p. 123-140, 2013. Disponível em: < <https://www.ipebj.com.br/forensicjournal/>>. Acessado em: 11/11/2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6° ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLOVATSKI, T. G. G.; RAIHER, A. P. A Oferta De Matérias-Primas (Oleaginosas) Do Biodiesel No Brasil E Seus Determinantes: Uma Análise Dos Anos De 1991 A 2010. **Estudo & Debate**, v. 20, n°. 2, p. 07-32, Dez 2013. Disponível em: < <http://www.meep.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/viewFile/589/579>>. Acessado em: 10/11/2020.

GONÇALVES, G. A. M.; SCHLICHTING, C. L. R. Efeitos Benéficos E Maléficos Da *Cannabis Sativa*. **Revista UNINGÁ Review**, v. 20, n°. 2, p. 92-97, Out/Dez 2014. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1560>>. Acessado em: 17/07/2020.

GONTIÉS, B.; ARAÚJO, L. F. Maconha: uma perspectiva histórica, farmacológica e antropológica. **Revista de Humanidades**, Caicó - RN, v. 4, n°. 7, Fev/Mar 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/mneme/article/view/164>>. Acessado em: 24/07/2020.

GOVERNO ESTUDA LIBERAR PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM MATÉRIA-PRIMA IMPORTADA. **BiodieselBR.com**, 23/09/2020, Disponível em: < <https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/politica/governo-estuda-liberar-producao-de-biodiesel-com-materia-prima-importada-230920>>. Acessado em: 12/11/2020.

HONÓRIO, K. M.; ARROIO, A.; SILVA, A. B. F. Aspectos Terapêuticos De Compostos Da Planta *Cannabis sativa*. **Química Nova**, v. 29, n°. 2, p. 318-325, Dez 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000200024>. Acessado em: 17/07/2020.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Óleos Vegetais Para Alimentos ou Para Biodiesel?. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 6, n°. 6, Jun 2011. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=12153>>. Acessado em: 12/06/2020.

KAUTZ, Jacqueline. **Síntese de Biodiesel Etílico a Partir de Óleo de Tungue (Aleurites fordii)**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química Tecnológica e Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Natal - RN, 2010.

KHAN, I. A. et al. Efficient production of biodiesel from *Cannabis sativa* oil using intensified transesterification (hydrodynamic cavitation) method. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, v. 42, n°.20, p. 2461-2470, Abr 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1607946>>. Acessado em: 24/07/2020.

KLEIN, Z. **Como a ciência busca o equilíbrio da 'boa maconha'**. 2015. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/bbc/2015/02/23/como-a-ciencia-busca-o-equilibrio-da-boia-maconha.htm>> Acessado em: 11/11/2020.

KNOTHE, G. et al. **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 2006.

LAGE, L. H. A. et al. Análise Dos Processos De Transesterificação E Hidroesterificação Na Produção De Biodiesel, **Journal of Exact Sciences**, v. 21, n°. 3, p. 09-14, Abr/Jun 2019, Disponível em: <<http://www.mastereditora.com.br/>>. Acessado em: 08/08/2020.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. **O Biocombustível no Brasil**. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200003>. Acessado em: 12/06/2020.

LI, S. Y. et al. The feasibility of converting *Cannabis sativa* L. oil into biodiesel. **Bioresource Technology**. v. 101, p. 8457-8460, Jun 2010. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/bioresource-technology>>. Acessado em: 10/11/2020.

LIMA, J. R. O. et al. Biodiesel De Babaçu (*Orbignya Sp.*) Obtido Por Via Etanólica. **Química Nova**, v. 30, n°. 3, p. 600-602, Jan 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/244750462_Biodiesel_de_babacu_Orbignya_sp_obtido_por_via_etanolica>. Acessado em: 02/08/2020.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. Biodiesel: Parâmetros De Qualidade E Métodos Analíticos. **Química Nova**, v. 32, n°. 6, p. 1596-1608, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000600044&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acessado em: 07/11/2020.

MARCINIUK, L. L. **Formação de Biodiesel via Catálise Ácida**, 2007, 46 Slides. Disponível em: <<http://www.labcat.org/ladebio/pub/MiniBiodiesel-ufscar-Leticia.pdf>>. Acessado em: 08/08/2020.

MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; BRITO, Y. C. A Reação de Transesterificação, Algumas Aplicações e Obtenção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n°. 1, p. 63-73, Jan 2013. Disponível em: <[http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/389#:~:text=A%20rea%C3%A7%C3%A3o%20de%20transesterifica%C3%A7%C3%A3o%2C%20de,de%20%C3%A1cidos%20graxos%20\(biodiesel\).>](http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/389#:~:text=A%20rea%C3%A7%C3%A3o%20de%20transesterifica%C3%A7%C3%A3o%2C%20de,de%20%C3%A1cidos%20graxos%20(biodiesel).>)>. Acessado em: 02/08/2020.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Biodiesel**. Apostilha da Secretária de Educação Profissional e Tecnológica, Brasília - DF, 2006.

MISSE, M. As Drogas Como Problema Social. **Revista Periferia**, Rio de Janeiro, v. 3, n°. 2, Jul/Dez 2011. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/issue/view/285>>. Acessado em: 05/07/2020.

MOHAMMED, M. N. *et al.* Characterization of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Biodiesel Blends with Euro Diesel, Butanol and Diethyl Ether Using FT-IR, UV-Vis, TGA and DSC Techniques. **Waste Biomass**, v. 11, p. 1097–1113, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12649-018-0340-8>> Acessado em: 10/11/2020

MORAIS, M. E. F. ***Cannabis Sativa L. (Cannabaceae)***: Uma Abordagem Morfológica E Medicinal. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Campinas – UFCG/CFP. Cajazeiras - PB, 2018.

MOREIRA, J. M. L.; MARTINS, T. K. P.; PINHEIRO, V. C. A. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A PRODUÇÃO DE BIODIESEL DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.) E DA MISTURA GIRASSOL/OITICICA (*Licania rígida Benth*).** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Biocombustíveis). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN. Apodi - RN, 2017.

MUTINSUMU, M. et al. Properties of biodiesel from Cannabis sativa and Carapa procera seeds by homogeneous catalysis. **International Journal of Agricultural and Food Science**, v. 4, n°. 2, p. 59-63, Abr/Mai 2014. Disponível em: < <http://www.urpjournals.com/>>. Acessado em: 24/07/2020.

NASCIMENTO, P. A. **Caracterização Do Perfil Químico Inorgânico Dos Extratos De Canabidiol Empregados Para Fins Terapêuticos Por Espectrometria De Emissão Óptica Com Plasma Indutivamente Acoplado (Icp Oes) E Desenvolvimento De Método Para A Determinação De As, Cd E Pb Por Espectrometria De Absorção Atômica Por Forno De Grafite (Gf Aas) Nesses Extratos**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química). Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba - PR, 2018.

NUNES, K. M. S.; et al. Canabidiol (*Cannabis Sativa*): Associada No Tratamento De Doenças Neurológicas E Sua Legalização. **Revista Brasileira Militar de Ciências**, Goiânia – GO, v. 3, n°. 7, Nov 2017. Disponível em: <<https://rbmc.org.br/edicoes-antiores/revista-brasileira-militar-de-ciencias-vol-2-no-7-novembro-de-2017.html>>. Acessado em: 17/07/2020.

OLIVEIRA, B. **Macho e Fêmea: como identificar o sexo da planta cannabis**. 2020 Disponível em: < <https://cannalize.com.br/macho-e-femea-como-identificar-o-sexo-da-planta-cannabis/>> Acessado em: 11/11/2020.

OLIVEIRA, D. S. et al. Análise das Propriedades Físico-Químicas do Biodiesel de Girassol e do Ecodiesel nas Proporções B2.5, B7.5, B10, B25, B50 E B75. **5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química**, v. 3, n°. 1, Nov 2015. Disponível em: < <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/anlise-das-propriedades-fsico-qumicas-do-biodiesel-de-girassol-e-do-ecodiesel-nas-propores-b25-b75-b10-b25-b50-e-b75-22109>>. Acessado em: 05/11/2020.

OLIVEIRA, E. C. et al. Determinação E Predição Do Ponto De Fulgor De Biodisel Etílico E Misturas Binárias Desses Biodieseis Com Etanol. **XVIII CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP**, 2010. Disponível em: <<https://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xviii-congresso/paineis/070708.pdf>>. Acessado em: 10/11/2020.

PATEL, A. et al. Boosting accumulation of neutral lipids in Rhodosporidium kratochvilovae HIMPA1 grown on hemp (*Cannabis sativa* Linn) seed aqueous extract as feedstock for biodiesel production. **Bioresource Technology**. v. 165, p. 214-222, Ago 2014. Disponível

em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852414004477>>. Acessado em: 10/11/2020.

PEREIRA, J. R. Cannabis Sativa: Aspectos Relacionados Ao Consumo De Maconha No Contexto Brasileiro. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, Belo Horizonte - MG, v. 15, n°. 1, p. 01-16, Jan/Mar 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21450/rahis.v15i1.4573>>. Acessado em: 17/07/2020.

PIGHINELLI, A. L. M. T. **Extração Mecânica De Óleos De Amendoim E De Girassol Para Produção De Biodiesel Via Catálise Básica**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas - SP, 2007.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. Do óleo de amendoim ao biodiesel: Histórico e política brasileira para o uso energético de óleos e gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n°. 1, Nov 2017. Disponível em: <http://rvq.s bq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=686&nomeArquivo=SuarezNoPrelo.pdf>. Acessado em: 08/06/2020.

RASHID, U. et al. Biodiesel production from Cannabis sativa oil from Pakistan. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, v. 36, n°.8, p. 865-875, Abr 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15567036.2013.803179>>. Acessado em: 24/07/2020.

REHMAN, M. S. U. et al. Potential of bioenergy production from industrial hemp (Cannabis sativa): Pakistan perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, p. 154-164, 2013. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/renewable-and-sustainable-energy-reviews>>. Acessado em: 24/07/2020.

RIZZO, J. A. Cannabis Sativa L. (Maconha). **Revista Patologia Tropical**, v. 1, n°.3, p. 419-423, Jul/Set 1972.

RODELLI, M. C. **Produção De Biodiesel A Partir Da Transesterificação De Óleo De Palma**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Campo Mourão - PR, 2016.

RUSCHEL, C. F. C. et al. Otimização Do Processo De Transesterificação Em Duas Etapas Para Produção De Biodiesel Através Do Planejamento Experimental Doehlert. **Química Nova**, v. 39, n.º. 3, p. 267-272, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422016000300267&script=sci_abstract>. Acessado em: 08/08/2020.

SALLABERRY, R. R. **Emprego da Avaliação de Ciclo de Vida para Levantamento dos Desempenhos Ambientais do Biodiesel de Girassol e do Óleo Diesel**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre - RS, 2009

SANTOS, A. F. X. G. **Catalisadores Heterogêneos para a Produção de Biodiesel: Metanólise do Óleo de Soja sobre Hidrotalcites de Magnésio e Alumínio Modificadas**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa - ULisboa. Lisboa - POR, 2007.

SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: Uma Alternativa de Combustível Limpo. **Química Nova Na Escola**, v. 31, n.º. 1, p. 58-62, Fev 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/11-EEQ-3707.pdf>. Acessado em: 02/08/2020.

SANTOS, L. K. S.; et al. Estado da arte da aplicação do processo de hidroesterificação na produção de biodiesel a partir de matérias-primas de baixa qualidade. **Revista Principia**, v. 28, p. 178-190, Dez 2015. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/456/342>>. Acessado em: 12/11/2020.

SANTOS, M. C. P. **Óleos e Gorduras**, 2017, 33 Slides. Disponível em: <http://www.unirio.br/analisedealimentos/menu-3/controle-de-qualidade-de-oleos-e-gorduras/at_download/file>. Acessado em: 09/11/2020.

SILVA, C. A. Obtenção de Biodiesel Empregando Rota Etilica e Catalisador Alcalino. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo, v. 7, n.º. 2, p. 252-262, Abr/Jun 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=1160&article=420&mode=pdf>>. Acessado em: 08/11/2020.

SILVA, N. L. **Produção de Biodiesel: Processo e Caracterizações**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas - SP, 2010.

SILVA, P. R. F.; FREITAS, T. F. S. Biodiesel: O ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n°. 3, p. 843-851, Mai/Jun 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782008000300044&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acessado em: 08/06/2020.

SILVA, R. M. D.; BACHOLSKY, R. G.; JERÔNIMO, C. E. M. Produção De Biodiesel Por Algas: Integração Com Processos De Carcinicultura. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n°. 3, p. 713-724, Set/Dez 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/17784>>. Acessado em: 12/11/2020.

SMALL, E. Evolution and Classification of *Cannabis sativa* (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. **The New York Botanical Garden**, v. 81, p. 189-294, Ago 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12229-015-9157-3> >. Acessado em: 24/07/2020.

SMALL, E. CRONQUIST, A. A Practical and Natural Taxonomy for *Cannabis*, **Taxon**, v. 25, n°. 4, p. 405-435, Ago 1976. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1220524?seq=26#metadata_info_tab_contents>. Acessado em: 02/07/2020.

SUAREZ, P. A. Z. et al. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: Desafios tecnológicos para viabilizá-los. **Química Nova**, v. 32, n°. 3, p. 768-775, Jan/Mar 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-40422009000300020&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acessado em: 08/06/2020.

SUAREZ, P. A. Z. et al. Transformação De Triglicerídeos Em Combustíveis, Materiais Poliméricos E Insumos Químicos: Algumas Aplicações Da Catálise Na Oleoquímica#. **Química Nova**, v. 30, n°. 3, p. 667-676, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300028>. Acessado em: 08/08/2020.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P. 70º Aniversário do Biodiesel em 2007: Evolução Histórica e Situação Atual no Brasil#. **Química Nova**, v. 30, n°. 8, p. 2068-2071, Fev/Nov 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000800046&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acessado em: 08/06/2020.

SUNAGA, B. Y. **Efeitos Terapêuticos E Tóxicos Da *Cannabis sativa***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia). Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP. Diadema - SP, 2018.

TÁVORA, F. L. **História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil**. 86 ed. Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado, 2011.

TREMILIOSI, G. C. **Estudo Comparativo de Catalisadores Ácidos para a Produção de Biodiesel**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química). Universidade de São Paulo – USP/IQSC. São Carlos - SP, 2009.

VALDEZ, H. C. et al. Determinação De Glicerol Livre E Total Em Amostras De Biodiesel Por Método Enzimático Com Detecção Colorimétrica. **Química Nova**, v. 35, n°. 3, p. 601-607, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422012000300028&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acessado em: 07/11/2020.

VECHIATTO, W. W. **INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DA ESPECIFICAÇÃO SOBRE AS GARANTIAS DE QUALIDADE DO BIODIESEL COMERCIALIZADO NO BRASIL**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Bioenergia). Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba - PR, 2012.

VELHO, G. O Consumo da *Cannabis* e Suas Representações Culturais. **Revista Periferia**, Rio de Janeiro, v. 3, n°. 2, Jul/Dez 2011. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/issue/view/285>>. Acessado em: 05/07/2020.

VENTURA, D. A. M. F.; ALVES, K. B.; SANTOS, M. K. V. A. Análise Comparativa Entre O Biodiesel De Girassol E O Biodiesel De Mamona. **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa – PB, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/855023/1/BID06.pdf>>. Acessado em: 05/11/2020.

VIEIRA, J. S. C. et al. Esterificação E Transesterificação Homogênea De Óleos Vegetais Contendo Alto Teor De Ácidos Graxos Livres. **Química Nova**, v. 41, n°. 1, p. 10-16, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422018000100010&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acessado em: 02/08/2020.

VIEIRA, L. Maconha: Um Problema Político. **Revista Periferia**, Rio de Janeiro, v. 3, n.º. 2, Jul/Dez 2011. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/issue/view/285>>. Acessado em: 05/07/2020.

ZUNIGA, A. D. G. et al. Revisão: Propriedades Físico-Químicas do Biodiesel. **Pesticidas:** Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 21, p. 55-72, Jan/Dez 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/25939>>. Acessado em: 05/07/2020.