



Avaliação Técnica e Econômica de Diferentes Matérias-Primas para Produção de Biodiesel

Victor Dias Pires

Projeto de Final de Curso

Orientadores

Prof. Raquel Massad Cavalcante, D.Sc

Prof. André Ferreira Young, D.Sc

Fevereiro de 2022

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Victor Dias Pires

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Kese Pontes Freitas Alberton, D.Sc

Flavio da Silva Francisco, D.Sc

Orientado por:

Raquel Massad Cavalcante, D.Sc

André Ferreira Young, D.Sc

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Fevereiro de 2022

CIP - Catalogação na Publicação

PP667a Pires, Victor Dias
Avaliação técnica e econômica de diferentes
matérias-primas para produção de biodiesel / Victor
Dias Pires. -- Rio de Janeiro, 2022.
232 f.

Orientadora: Raquel Massad Cavalcante.
Coorientador: André Ferreira Young.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia Química, 2022.

1. Biodiesel. 2. Simulação de Processos. 3.
Avaliação Técnica. 4. Avaliação Econômica. I.
Cavalcante, Raquel Massad, orient. II. Young, André
Ferreira, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

Dedico este trabalho aos meus pais, pilares da minha formação como ser humano, que sempre me incentivaram e me apoiaram nas minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus, por ter me concedido saúde, força e disposição para fazer a faculdade e o trabalho de final de curso. Sem ele, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Maria Leo e Antonio Pires, pelo apoio, força e amor incondicional.

Ao meu irmão Gustavo, meu mais antigo parceiro de conversa.

Aos meus orientadores, Raquel Massad e André Young, pela paciência, confiança e dedicação, e por compartilharem seus conhecimentos comigo durante o tempo de escrita.

Aos meus familiares.

Aos colegas de faculdade, Guilherme, Leonardo, Lucas, Macarena, Pedro e Raphael, por dividirem bons momentos, vivências e histórias durante a graduação.

Aos amigos Amanda, Dudu, Felipe, Leandro e Marcelo, pela assistência, pelos bons momentos, conselhos e risadas que compartilhamos.

Ao Bial e ao Diguinho, por quase sempre estarem presentes comigo durante a elaboração deste trabalho.

À EIDOS, por me proporcionar vasto conhecimento técnico de engenharia e de escrita.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro e à Escola de Química.

Resumo do Projeto Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Victor Dias Pires

Fevereiro, 2022

Orientadores: Prof. Raquel Massad Cavalcante, D.Sc
Prof. André Ferreira Young, D.Sc

A grande preocupação ambiental com o uso de combustíveis de origem fóssil leva à busca por alternativas mais renováveis. Neste contexto, o biodiesel surge como uma possibilidade para substituição do diesel tradicional. Este biocombustível pode ser produzido a partir de diversas oleaginosas, desta forma sua produção é bastante atrativa dos pontos de vista social e ambiental. O objetivo do trabalho foi avaliar técnica e economicamente a produção de biodiesel via catálise homogênea alcalina a partir de quinze diferentes matérias-primas. Estas foram comparadas quanto às demandas processuais necessárias para obtenção de biodiesel dentro do padrão estabelecido pela ANP, e também com relação a resultados econômicos como investimento necessário na planta, lucratividade e preço de equilíbrio do biodiesel. O trabalho reafirma que o preço do biodiesel é altamente influenciado pelos preços das oleaginosas, para estas, foram considerados os preços dos óleos brutos, desta forma, a etapa de pré-tratamento destes óleos não foi considerada na análise econômica. O trabalho também permitiu avaliar os benefícios e as limitações de cada matéria-prima. Com os parâmetros de análise apontados neste trabalho, a gordura de frango se apresentou como uma matéria-prima promissora. Verificou-se também que os óleos mais utilizados no mundo para produção deste biocombustível - óleo de soja, dendê e colza - também se mostram entre as matérias-primas mais indicadas, como esperado. Não há na literatura um trabalho que tenha compilado várias possibilidades de matérias-primas e que tenha avaliado, sob uma única metodologia, de modo a prover uma comparação justa, técnica e econômica, seus usos para produção de biodiesel. Desta forma, este trabalho visa preencher esta lacuna, contribuindo para futuros trabalhos que venham a seguir esse viés de análise.

Abstract of a Final Project presented to Escola de Química/UFRJ as part of the requirements for the obtention of Chemical Engineer degree.

TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF SEVERAL FEEDSTOCKS FOR BIODIESEL PRODUCTION

Victor Dias Pires

February, 2022

Professor advisor: Prof. Raquel Massad Cavalcante, D.Sc

Co-advisor: Prof. André Ferreira Young, D.Sc

The environmental concern about the use of fossil fuels leads to the seek of renewable alternatives. In this context, biodiesel appears as an alternative to replace traditional diesel. This biofuel can be produced from several feedstocks, thus, its production is quite attractive from social and environmental aspects. The objective of this work was to technically and economically evaluate the biodiesel production through homogeneous alkaline catalysis from fifteen different feedstocks. They were compared regarding the processual demands required to obtain biodiesel in ANP standard, as well as regarding some economic results such as the investment needed, profitability and biodiesel equilibrium price. The work reaffirms that the price of biodiesel is highly influenced by the prices of the oilseeds, for these, crude oil prices were considered, thus, the pre-treatment stage of these oils was not considered in the economic analysis. This work also evaluated the benefits and limitations of each feedstock. With the parameters indicated in this work, chicken fat appeared as a promising feedstock. It was also verified that the most used oils for the production of this biofuel in the world - soybean oil, palm oil and rapeseed oil - are also among the most indicated feedstocks, as expected. There is no work in the literature that has compiled several possibilities of feedstocks and that has evaluated their uses for the biodiesel production considering in a single methodology, in order to provide a fair, technical and economic comparison. Thus, this work was made to fill this gap, contributing to future works that follow this type of analysis.

ÍNDICE

1	Introdução.....	1
1.1	Cenário Histórico e Político do Biodiesel.....	1
1.2	Objetivos	4
2	Revisão Bibliográfica	5
2.1	Definição de Biocombustíveis e Biodiesel.....	5
2.2	Cenário Nacional.....	5
2.3	Cenário Internacional	9
2.4	Características e Propriedades Físico-Químicas do Biodiesel.....	10
2.5	Matérias-primas para a Produção do Biodiesel.....	14
2.5.1	Soja	19
2.5.2	Dendê	20
2.5.3	Colza	20
2.5.4	Mamona.....	21
2.5.5	Girassol	22
2.5.6	Amendoim	22
2.5.7	Algodão	23
2.5.8	Milho	23
2.5.9	Jajoba	24
2.5.10	Cártamo.....	24
2.5.11	Pinhão Manso.....	25
2.5.12	Sebo Bovino	25
2.5.13	Gordura de Porco	26
2.5.14	Gordura de Frango	26
2.5.15	Óleo de Fritura.....	26
2.6	Transesterificação	27
3	Preparação do Ambiente de Simulação.....	29
3.1	Definição dos Componentes Químicos Envolvidos.....	29
3.1.1	Óleo e Biodiesel.....	29
3.1.2	Álcool.....	35
3.1.3	Catalisadores.....	35
3.1.4	Glicerol	36
3.1.5	Outros Componentes.....	36
3.2	Definição do Pacote Termodinâmico.....	37

3.3	Caracterização das Correntes de Entrada	37
3.4	Definição da Capacidade das Plantas.....	38
3.5	Modelagem das Reações.....	38
4	Simulações da Produção de Biodiesel	40
4.1	Transesterificação	42
4.2	Recuperação do Metanol	42
4.3	Separação das Fases	43
4.4	Remoção da Base.....	43
4.5	Purificação do Glicerol	44
4.6	Purificação do Biodiesel	44
4.7	Resultados	45
5	Dimensionamento dos Equipamentos	49
5.1	Reatores.....	49
5.1.1	Reator de Transesterificação.....	49
5.1.2	Reator de Neutralização	52
5.2	Colunas de Destilação	52
5.3	Vasos de Lavagem.....	54
5.4	Clarificador	55
5.5	Trocadores de Calor.....	55
6	Avaliação Econômica dos Processos	57
6.1	Investimento.....	58
6.1.1	Custo das Bombas	59
6.1.2	Custo dos Motores Elétricos	60
6.1.3	Custo dos Trocadores de Calor.....	61
6.1.4	Custo das Colunas de Destilação.....	62
6.1.5	Custo dos Reatores	64
6.1.6	Custo do Sistema de Lavagem.....	65
6.1.7	Custo do Clarificador	65
6.2	Custo de Produção.....	66
6.3	Crítérios de Avaliação Econômica.....	67
7	Resultados e Discussão	68
7.1	Resultados das Simulações	68
7.2	Resultados Econômicos.....	75
7.2.1	Considerações Gerais	75
7.2.2	Comparação entre os Diferentes Casos.....	83

8	Conclusão e Sugestões	89
9	Referências Bibliográficas	91
	APÊNDICE I - Caracterização das Correntes de Processos.....	103
	APÊNDICE II - Propriedades e Custos dos Equipamentos.....	192

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Produção mensal de biodiesel	7
Figura 2.2 – Distribuição das plantas autorizadas a produzir biodiesel no Brasil em 2020	8
Figura 2.3 – Maiores produtores mundiais de biodiesel em 2020 (em bilhões de litros)	9
Figura 2.4 – Uso das matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil.....	15
Figura 2.5 – Distribuição do uso das matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil em 2020	16
Figura 2.6 – Mercado do óleo de soja	17
Figura 2.7 – Esquematização da reação de transesterificação	27
Figura 4.1 – Fluxograma geral das simulações.....	41
Figura 4.2 – Pureza final dos biodieseis estudados	47
Figura 4.3 – Energia total gasta no processo de produção dos biodieseis estudados	48
Figura 7.1 – Gráfico comparativo dos perfis graxos dos biodieseis	70
Figura 7.2 – Teor de acidez (%m/m) e custo estimado do pré-tratamento (US\$ x 10 ⁻³)	72
Figura 7.3 – Gráficos comparativos da composição da corrente de glicerol antes da purificação para diferentes matérias-primas	74
Figura 7.4 – Gráfico comparativo dos custos de produção (US\$ x 10 ⁻⁶)	81
Figura 7.5 – Custos dos Equipamentos (US\$ x 10 ⁻⁶)	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Evolução da mistura do biodiesel ao diesel convencional.....	6
Tabela 2.2 – Capacidade de produção de biodiesel por região do país em 2020.....	8
Tabela 2.3 – Especificação brasileira para o biodiesel.....	10
Tabela 2.4 – Principais componentes presentes no biodiesel.....	12
Tabela 2.5 – Efeitos dos parâmetros e especificações do biodiesel	13
Tabela 2.6 - Comparação entre propriedades do óleo diesel e do biodiesel.....	13
Tabela 2.7 - Principais matérias-primas vegetais em cada região do Brasil	17
Tabela 2.8 - Teor de óleo, produtividade e rendimento das matérias-primas de origem vegetal ou animal	18
Tabela 3.1 – Grupos de primeira ordem de Constantinou e Gani e suas contribuições	31
Tabela 3.2 – Composição molar dos óleos e biodieseis e suas respectivas massas molares	32
Tabela 3.3 – Propriedades críticas, ponto de ebulição e fator acêntrico dos pseudo-componentes.....	34
Tabela 3.4 – Condições de reação para produção de biodiesel a partir de diversas matérias-primas.....	39
Tabela 4.1 – Outputs do processo de produção de Biodiesel	46
Tabela 6.1 – Preço dos componentes utilizados no processo.....	58
Tabela 6.2 – Diâmetros mínimos da parede dos vasos verticais	64
Tabela 7.1 – Correlações para o cálculo dos diferentes custos de produção	75
Tabela 7.2 – Resultados econômicos para diferentes casos (US\$ x 10 ⁻⁶)	76
Tabela 7.3 –Aumento necessário no preço de venda do biodiesel para que o processo seja minimamente lucrativo (em %)	86
Tabela 7.4 –Redução necessária no preço da matéria-prima para que o prejuízo seja reduzido a zero (em %)	86

1 Introdução

1.1 Cenário Histórico e Político do Biodiesel no Brasil

As crises de petróleo ocorridas na década de 1970 geraram o desejo, por parte dos países importadores de petróleo, de diminuir a dependência desse insumo fóssil, buscando alternativas mais renováveis para sua substituição. Isto, aliado à preocupação com os efeitos negativos das emissões veiculares e ao objetivo de reduzir os recorrentes impactos financeiros dessa dependência, foram as principais razões para o aumento do interesse em biocombustíveis no mundo (LEITE; LEAL, 2007).

Uma grande vantagem do biodiesel em relação ao diesel convencional é a diminuição do impacto ambiental causado pelo uso de motores a combustão interna. Os combustíveis fósseis possuem enxofre na sua composição. Quando são queimados, ocorre a formação de óxidos de enxofre. Como o biodiesel não apresenta enxofre em sua composição, durante a queima, a emissão destes óxidos é reduzida (OLIVEIRA; SUAREZ; SANTOS, 2008; BANKOVIĆ-ILIĆ; STAMENKOVIĆ; VELJKOVIĆ, 2012). Além dos óxidos de enxofre, a queima de biodiesel também é capaz de reduzir as emissões de outros poluentes, como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e materiais particulados (MP) quando comparada a queima do diesel convencional. (EPA, 2002).

Entre os anos de 1970 e 1980, foram criados, no Brasil, programas de incentivo à obtenção de combustíveis a partir de biomassa. Um exemplo é o Programa Nacional do Álcool (Pró-álcool). Esse programa visava o desenvolvimento de técnicas e aperfeiçoamento dos insumos para a produção de etanol a fim de substituir o uso de combustíveis originados do petróleo por álcool etílico (ANDRADE; CARVALHO; SOUZA, 2010; BARREIROS *et al.*, 2020).

Além do álcool, o uso energético de óleos vegetais também foi proposto. A partir de pesquisas com o biodiesel desde a década de 1970, período em que o óleo de dendê era a principal matéria-prima, foi criado, em 1975, o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-óleo), que tinha o objetivo de gerar excedente de óleo vegetal capaz de tornar os custos competitivos com os dos combustíveis derivados de petróleo. No plano era prevista uma mistura de 30% de

óleo vegetal no óleo diesel (ABREU; VIEIRA; RAMOS, 2006). Em 1986, com a estabilização do preço do petróleo no mercado internacional, o programa foi abandonado (OLIVEIRA; SUAREZ; SANTOS, 2008).

No ano de 2004, a partir do Decreto nº 5.297/2004, foi implementado o marco regulatório do biodiesel no Brasil, um programa para produção de biodiesel que contemplava aspectos econômicos, ambientais e sociais denominado Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que tinha por objetivo estimular a produção e uso do biodiesel no Brasil, de forma técnica e economicamente sustentável (ANP, 2021a). As principais diretrizes do programa são: a promoção da produção inclusiva da agricultura familiar; a garantia de preços mínimos, da qualidade e do suprimento; e a produção de biodiesel a partir de diferentes matérias-primas, fortalecendo as potencialidades regionais (ABREU; VIEIRA; RAMOS, 2006).

Em 2005, o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira através de uma lei que estabelecia um percentual mínimo de biodiesel a ser adicionado no diesel vendido ao consumidor final em todo o país. Além disso, foi determinado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) que todo o biodiesel necessário para atendimento do percentual mínimo no diesel passasse a ser contratado mediante leilões públicos realizados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (ANP, 2021a). Este sistema vigorou até o último ano, tendo sido substituído por um novo modelo de negócio em 2022 (BIODIESELBR, 2021).

A produção do biodiesel é bastante atrativa dos pontos de vista social e ambiental, pois, além de contribuir para a redução do acúmulo de gases do efeito estufa na atmosfera, permite o aproveitamento do potencial agrícola brasileiro, uma vez que as principais matérias-primas a serem utilizadas na produção são as oleaginosas, das quais o Brasil é um grande produtor (BARREIROS *et al.*, 2020). Apesar de ser uma alternativa sustentável, a produção de biodiesel enfrenta alguns problemas, como o alto preço das matérias-primas, que correspondem a aproximadamente 79-82% do custo de produção, conforme será apresentado no Capítulo 7 deste trabalho.

No Brasil, os números do biodiesel demonstram um processo de crescente consolidação no mercado, não obstante os desafios impostos pela pandemia de Covid-19, com diversos impactos sobre o setor de combustíveis e demais energéticos. Dentre os desdobramentos recentes no mercado de combustíveis pode-se destacar a resiliência e mesmo a expansão da demanda por óleo diesel - que atingiu níveis

recordes no país - e turbulências no lado da oferta de biodiesel, com a elevação dos preços do óleo de soja, sua principal matéria-prima. Isso culminou na redução provisória do percentual de adição obrigatória de biodiesel no diesel, dos então 13% para 10% (MME, 2021).

Atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor de biodiesel no mundo, atrás apenas de Indonésia e Estados Unidos, que assumem a primeira e a segunda posições, respectivamente. A principal matéria-prima utilizada é o óleo de soja, chegando a 71,4% do total das matérias-primas utilizadas em 2020, de acordo com o Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis da ANP (ANP, 2021b).

Esta grande participação da soja na produção de biodiesel pode provocar alguns questionamentos quanto ao atendimento das metas preconizadas no PNPB. Isso porque a cultura da soja no Brasil é realizada em grandes áreas com sistemas de produção altamente mecanizados e tecnificados, o que não somente restringe a inclusão da agricultura familiar, como também leva a um número menor de empregos gerados (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014; SILVA; POLLI, 2020; SANTANA, 2021). Nos últimos anos, a agricultura familiar foi responsável por menos de 20% dos óleos utilizados para produção de biodiesel, sendo 99% destes óleos constituídos de soja (FILHO; BUAINAIN; CUNHA, 2021; SANTANA, 2021). Desse montante, notou-se uma contribuição ínfima das regiões norte e nordeste, com menos de 2% de participação, enquanto a região sul concentrou cerca 80% do total (SANTANA, 2021), muito por causa do controle da produção da soja por grandes corporações situadas no sul, da dependência da soja e da concentração da produção em locais onde a oferta desta oleaginosa é maior (RIBEIRO, 2019; SANTANA, 2021).

Além disso, apesar dos estímulos e incentivos fiscais para produção de mamona e dendê nas regiões norte e nordeste, propostos pelo governo na tentativa de diversificar o uso das matérias-primas, a participação da soja se mostrou mais competitiva, levando o país a dependência de uma oleaginosa que é cotada internacionalmente por causa do fluxo de exportação e que compete com a indústria alimentícia por causa de seus múltiplos usos no setor (RIBEIRO, 2019; BARREIROS *et al.*, 2020; SILVA; POLLI, 2020). No entanto, o Brasil é um país continental, com diversos biomas, produtor de diversas oleaginosas que também poderiam ser usadas para produção de biodiesel, conforme previsto no PNPB, que trariam maior flexibilidade, estabilidade e contribuiriam para o atendimento das metas do PNPB,

tornando a indústria de biodiesel brasileira mais robusta. Não há na literatura um trabalho que tenha compilado várias possibilidades de matérias-primas e que tenha avaliado, sob uma única metodologia, de modo a prover uma comparação justa, técnica e econômica, seus usos para produção de biodiesel. Desta forma, este trabalho visa preencher esta lacuna, contribuindo para futuros trabalhos que venham a seguir esse viés de análise.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho é realizar uma avaliação técnica e econômica comparativa da produção de biodiesel via catálise homogênea alcalina (rota tradicional) a partir de quinze diferentes matérias-primas. As matérias-primas foram comparadas quanto às demandas processuais necessárias para obtenção de biodiesel dentro do padrão estabelecido pela ANP, bem como com relação ao investimento necessário na planta, à lucratividade e preço de equilíbrio, de modo a se estabelecer as vantagens e desvantagens de cada matéria-prima e assim nortear, de maneira concreta, futuras políticas públicas e investimentos neste setor.

Para desenvolvimento do trabalho, foi necessário simular a produção de biodiesel para os diferentes casos. As simulações foram realizadas utilizando o *software* Aspen HYSYS® em sua versão 8.8. As condições dos processos foram sendo aperfeiçoadas para que o produto fosse obtido dentro das especificações. As mesmas métricas e hipóteses foram estabelecidas para todas as matérias-primas, de modo a permitir uma comparação justa dos processos. A partir dos resultados da simulação, foi possível dimensionar os equipamentos e com isso foi realizada a análise econômica comparativa, como relatado.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Definição de Biocombustíveis e Biodiesel

A dependência dos combustíveis fósseis no mundo é grande, gerando preocupação com os efeitos desses combustíveis no clima. Dessa forma, os biocombustíveis são alternativas importantes para substituir, mesmo que de maneira parcial, os combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores à combustão, levando em consideração que o setor de transportes é responsável por grande parcela das emissões de gases causadores do efeito estufa.

De acordo com o Decreto nº 10.527/2020, biocombustível pode ser definido como “substância derivada de biomassa renovável, tal como biodiesel, etanol e outras substâncias estabelecidas em regulamento da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, que pode ser empregada diretamente ou por meio de alterações em motores a combustão interna ou para outro tipo de geração de energia, e substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”. Pelo mesmo Decreto, o biodiesel é caracterizado como: “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme previsto em regulamento, para geração de outro tipo de energia, que pode substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”

Por parte da ANP, a definição de biodiesel, mais restritiva, apresenta informações sobre as características do mesmo. Segundo o órgão, o biodiesel é um “combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de materiais graxos, de origem vegetal ou animal, e que atenda a especificação contida no Regulamento Técnico nº 3/2014, parte integrante da Resolução ANP nº 45 de 25 de agosto de 2014, ou outra que venha substituí-la” (ANP, 2014).

2.2 Cenário Nacional

Conforme citado na Seção 1.1, foi estabelecido um percentual mínimo de biodiesel a ser adicionado no diesel vendido ao consumidor final em todo o país. A Lei nº 11.097/2005, inicialmente fixou o percentual mínimo de adição de biodiesel de 2% (B2) em volume ao diesel vendido ao consumidor final (ANP, 2021a). Este percentual

foi aumentado ao longo dos anos, conforme apresentado na Tabela 2.1, chegando, a partir de março de 2021, a um patamar de 13%. A partir de abril de 2021, esse valor foi reduzido a 10% de teor de mistura obrigatório do biodiesel no óleo diesel fóssil. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), "a medida decorre dos efeitos da valorização do custo do óleo de soja nos mercados brasileiro e internacional, combinados com a desvalorização cambial da moeda brasileira frente ao dólar, que tem impulsionado as exportações de soja e também encarecido o valor do biodiesel produzido nacionalmente" (MME, 2021).

A Lei 11.097 ainda concedeu à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a função de regulação e fiscalização das atividades relativas à produção, controle de qualidade, distribuição, revenda e comercialização do biodiesel e da sua mistura ao óleo diesel fóssil (YOUNG, 2015). Esta função é executada pela agência até os dias de hoje.

Tabela 2.1 – Evolução da mistura do biodiesel ao diesel convencional

Período	Percentual de biodiesel (v/v)
2005	2 (facultativo)
Jan/08	2
Jul/08	3
Jul/09	4
Jan/10	5
Ago/14	6
Nov/14	7
Mar/17	8
Mar/18	10
Mar/19	11
Mar/20	12
Set/20	10
Nov/20	11
Jan/21	12
Mar/21	13
Abr/21	10

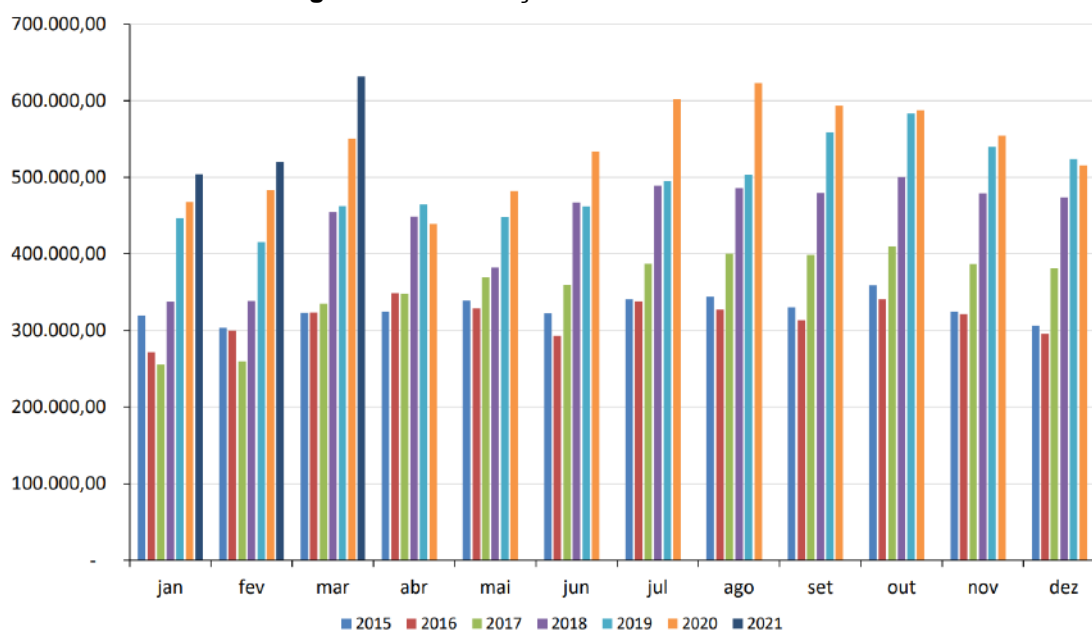
Fonte: Adaptado de ANP (2021a)

De acordo com o Boletim Trimestral de Preços e Volumes de Combustíveis da ANP do primeiro trimestre de 2021, em quase todos os meses de 2020 foram registrados recordes de produção de biodiesel. Essa tendência se repetiu nos três primeiros meses de 2021, conforme ilustrado na Figura 2.1. Ainda segundo o boletim,

devido ao fato de não ser permitido importar biodiesel para o atendimento da mistura obrigatória, a demanda por esse combustível segue o mesmo comportamento apresentado pela produção mensal.

O boletim da ANP ainda explica que a recuperação econômica em meio à pandemia está gerando uma crescente demanda por biodiesel, principalmente devida à relevância do óleo diesel no transporte de cargas no país e a importância do modal rodoviário na matriz de transportes do Brasil. Como exemplo, em 2020, a comercialização de óleo diesel manteve-se estável, com pequeno aumento de 0,30%, gerando um total de 57,47 bilhões de litros. Por outro lado, 6,6 bilhões de litros de biodiesel foram comercializados no mesmo período, o que representa crescimento de 11,47% em relação a 2019. Isso pode ser explicado pelo incremento da mistura obrigatória ao óleo diesel, de 11% para 12% em março de 2020, conforme a tendência histórica mencionada.

Figura 2.1 – Produção mensal de biodiesel



Fonte: ANP (2021a)

De acordo com o mais recente Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis da ANP, em 2020 foi registrado aumento na produção de biodiesel em todas as regiões geográficas do Brasil: Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste, com aumentos de 37,2%, 5,3%, 1,2%, 14,4% e 4,7%, respectivamente. A região Sul foi a maior produtora, com volume de aproximadamente 2,7 milhões de

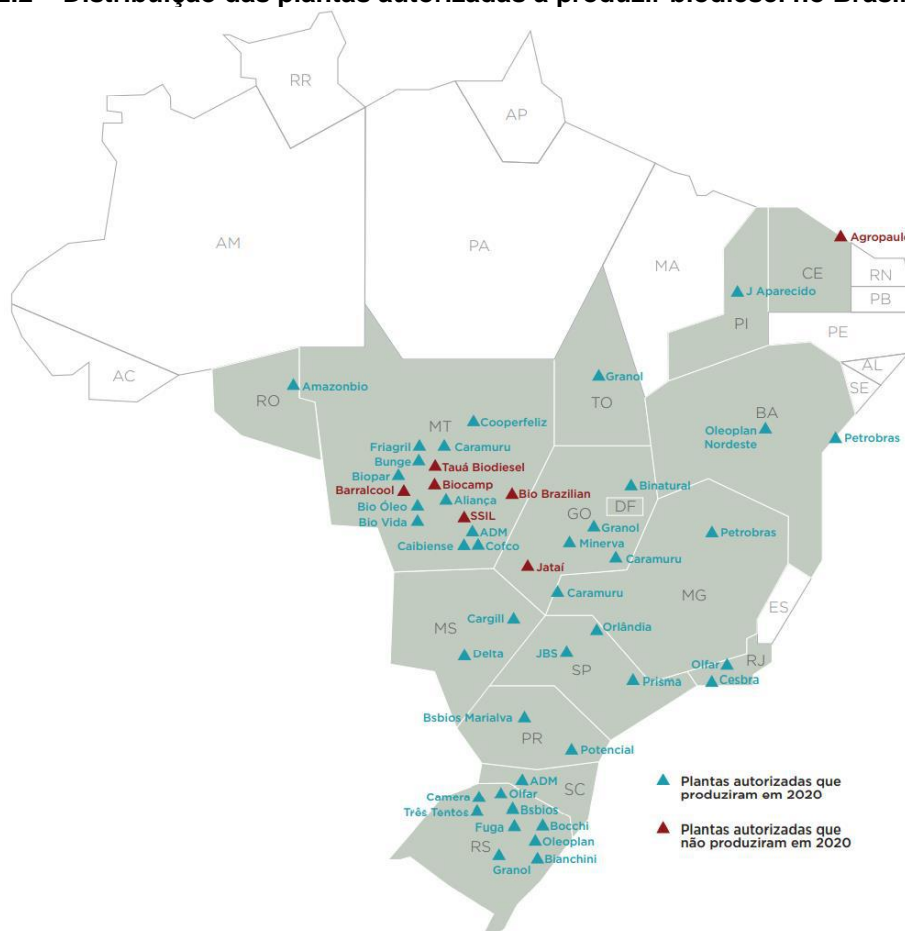
m³, representando 42,6% de toda produção do país. A Tabela 2.2 e a Figura 2.2 apresentam, respectivamente, a capacidade de produção de biodiesel por região do país e a distribuição das plantas autorizadas a produzir biodiesel no Brasil, ambas para o ano de 2020. É possível observar que nem todas as plantas foram utilizadas para produção, o que pode ser explicado pela demanda por biodiesel no Brasil, que varia de acordo com a utilização do diesel petroquímico e pode justificar a diferença entre a capacidade nominal e a efetiva produção anual de biodiesel (BARREIROS *et al.*, 2020).

Tabela 2.2 – Capacidade de produção de biodiesel por região do país em 2020

Região	Capacidade nominal (mil m ³ / ano)	Produção (mil m ³ / ano)
Norte	320,4	148,6
Nordeste	880,4	478,2
Sul	4173,6	2741,4
Sudeste	824,2	506,1
Centro-Oeste	4022,4	2557,6

Fonte: Adaptado de ANP (2021b)

Figura 2.2 – Distribuição das plantas autorizadas a produzir biodiesel no Brasil em 2020



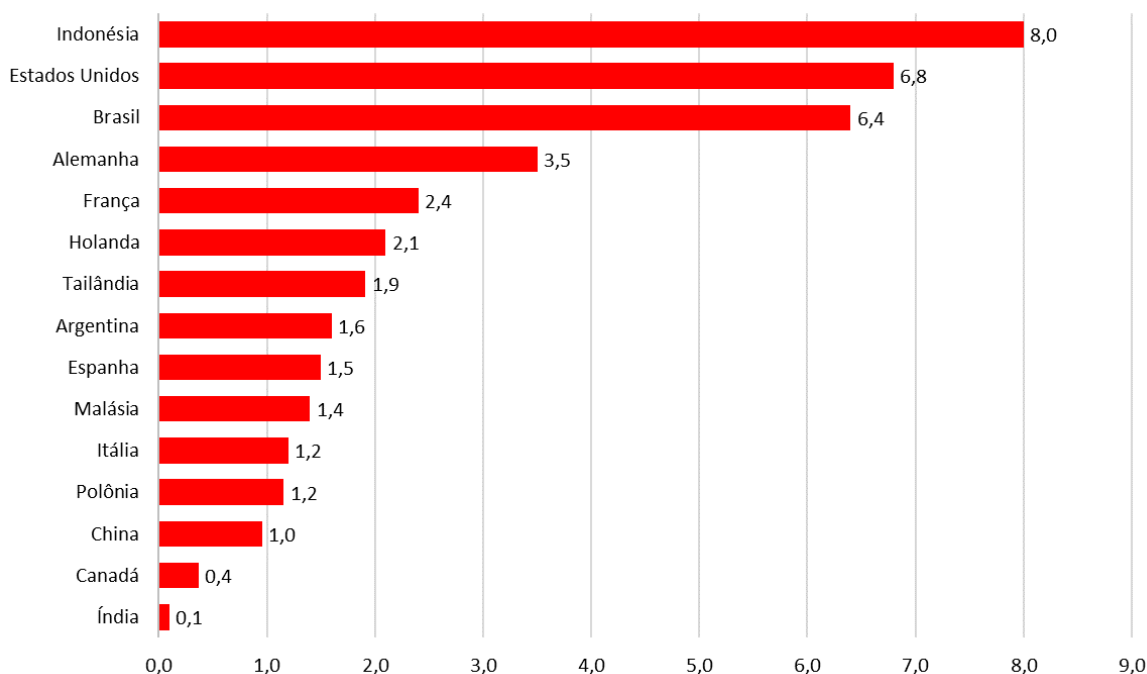
Fonte: ANP (2021b)

2.3 Cenário Internacional

A produção global de biodiesel aumentou menos de 1% no ano de 2020, com o valor de 46,8 bilhões de litros nesse ano, quando comparado com a produção em 2019, de 46,5 bilhões de litros. Onze países detêm 80% de toda produção global deste biocombustível. Quando comparado com o etanol é possível perceber que a produção de biodiesel é bem mais distribuída mundialmente, levando em consideração que, no caso do etanol, apenas dois países já representam os mesmos 80%. São eles Estados Unidos e Brasil, com 51% e 32% da produção global de etanol, respectivamente (RENEWABLES NOW, 2021).

No ano de 2020, os seis principais produtores de biodiesel do mundo foram: a Indonésia em primeiro lugar com 17,2% do total global, seguida por Estados Unidos com 14,4%, Brasil com 13,7%, Alemanha com 7,4%, França e Holanda com 5,0% e 4,6% da produção total global, respectivamente (RENEWABLES NOW, 2021). A Figura 2.3 apresenta os quinze principais países produtores de biodiesel no ano de 2020, com seus respectivos volumes produzidos, em bilhões de litros.

Figura 2.3 – Maiores produtores mundiais de biodiesel em 2020 (em bilhões de litros)



Fonte: Adaptado de Renewables Now (2021)

A publicação *Renewables 2021 Global Status Report* apresenta também o panorama dos principais produtores de biodiesel. A produção na Indonésia cresceu

11% em 2020. Esse aumento pode ser explicado pelo aumento do nível de mistura do biodiesel no óleo diesel convencional, que passou de 20% para 30% em janeiro de 2020. Nos Estados Unidos, a produção cresceu 3%, o que pode ser explicado pelo fato das tarifas sobre as importações de biodiesel da Indonésia e da Argentina terem aumentado, o que favoreceu a produção interna do biocombustível (RENEWABLES NOW, 2021).

Na Alemanha, a redução do uso de óleo diesel devido à pandemia limitou a demanda por biodiesel. Com isso a produção caiu cerca de 9% em 2020 quando comparado ao ano de 2019. A produção na França teve uma queda de cerca de 20%, que também pode ser atribuída ao uso reduzido de diesel. Com 2,1 bilhões de litros de biodiesel produzidos em 2020, a Holanda se manteve com a mesma produção do ano anterior. Já na Argentina, único país da América do Sul além do Brasil na lista de maiores produtores, a produção foi reduzida em cerca de 36% no ano de 2020, fazendo com que o país latino caísse da sexta para a nona posição no *ranking*. Esse fato pode ser explicado também pelos efeitos das políticas de combate a pandemia, que foram bastante rígidas no país e pela diminuição das exportações para os Estados Unidos (RENEWABLES NOW, 2021).

2.4 Características e Propriedades Físico-Químicas do Biodiesel

O biodiesel e as suas misturas com o óleo diesel convencional são caracterizados pelas suas propriedades físicas e termoquímicas, como acidez, ponto de névoa, ponto de fluidez, densidade, viscosidade, índice de acidez, número de cetano. Este biocombustível, no Brasil, deve atender às especificações do órgão regulamentador, nesse caso a ANP, por meio da Resolução nº 45/2014, não importando qual matéria-prima tenha sido utilizada na obtenção do biodiesel. O atendimento às especificações da ANP, apresentadas na Tabela 2.3, garante o desempenho do motor e do sistema de injeção em longo prazo (CARVALHO, 2018).

Tabela 2.3 – Especificação brasileira para o biodiesel

Característica	Unidade	Limite
Aspecto	-	A
Massa específica a 20 °C	kg/m ³	850 a 900
Viscosidade Cinemática a 40 °C	mm ² /s	3,0 a 6,0
Teor de água, máx.	mg/kg	200,0

Tabela 2.3 – Especificação brasileira para o biodiesel (continuação)

Característica	Unidade	Limite
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0
Teor de éster, mín	% massa	96,5
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020
Enxofre total, máx.	mg/kg	10
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5
Fósforo, máx.	mg/kg	10
Corrosividade ao cobre, 3 h a 50 °C, máx.	-	1
Número Cetano	-	Anotar
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	^B
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02
Glicerol total, máx.	% massa	0,25
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,7
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,20
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,20
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,20
Índice de Iodo	g/100g	Anotar
Estabilidade à oxidação a 110 °C, mín.	h	12

^A Límpido e isento de impurezas.

^B Valores variam de acordo com região e época do ano. O valor padrão é 19 °C.

Fonte: Adaptado de ANP (2014)

As propriedades dos ésteres graxos que constituem o biodiesel determinam as propriedades desse biocombustível. Essas propriedades são determinadas pelas estruturas das moléculas de ácido graxo e do álcool que geram o éster. O tamanho da cadeia, grau de insaturação e a presença de ramificações são alguns dos parâmetros estruturais que influenciam as propriedades do biodiesel (KNOTHE *et al.*, 2006).

As proporções dos diferentes ácidos graxos saturados e insaturados nos óleos e gorduras vegetais variam de acordo com a matéria-prima da qual foram obtidos. Destes ácidos derivam os principais ésteres presentes no biodiesel, que apresentam 12, 14, 16 ou 18 átomos de carbono (SOUZA *et al.*, 2009). A Tabela 2.4 apresenta os principais compostos que constituem o biodiesel.

Tabela 2.4 – Principais componentes presentes no biodiesel

Principais ácidos graxos que originam o Biodiesel	Principais ésteres no Biodiesel¹
Ácido Laurico	Laurato
Ácido Mirístico	Miristato
Ácido Palmítico	Palmitato
Ácido Esteárico	Estearato
Ácido Oleico	Oleato
Ácido Linoleico	Linoleato
Ácido Linolênico	Linolênato

Fonte: Adaptado de NCBI (2021)

Conforme explicado por Souza *et al.* (2009), o biodiesel não apresenta enxofre e aromáticos. Além disso, o biocombustível tem número de cetano superior em relação ao óleo diesel, possui cerca de 11% de teor de oxigênio e apresenta maior viscosidade, densidade e maior ponto de fulgor quando comparado com o diesel convencional.

O número de cetano (NC) é um valor adimensional e está relacionado com a qualidade da combustão de misturas de óleo diesel, sendo um parâmetro importante para avaliar e garantir o desempenho energético do combustível. Ele representa a inflamabilidade do combustível durante as condições de arranque a frio. Valores de NC baixos geram um intervalo de tempo longo entre a injeção do combustível e o início da combustão (RUSCHEL, 2014). Compostos com cadeias mais longas e com poucas ramificações têm números de cetano maiores, sendo, portanto, mais adequados para utilização em motores. Dessa forma, os óleos vegetais e o biodiesel, por apresentarem longas cadeias, são caracterizados como compostos de qualidade satisfatória (GERPEN, 2010; HOEKMAN *et al.*, 2012).

Conforme explicado por Hoekman *et al.* (2012), o percentual de 11% de oxigênio no biodiesel faz com que este possua menor quantidade de carbono e hidrogênio em relação ao diesel convencional. Isso gera uma redução de energia por unidade de massa e de volume. Dessa forma, na queima da mesma quantidade de diesel e biodiesel, o último gera menos energia.

Para que o biodiesel tenha uma boa estabilidade oxidativa é necessário que este tenha altas concentrações de ésteres saturados (PARK *et al.*, 2008). Entretanto, para obter um bom desempenho em baixas temperaturas, o biodiesel precisa de

¹ A composição final dos ésteres, assim como suas fórmulas moleculares e massas molares, dependem do álcool utilizado na transesterificação.

baixas concentrações desses componentes. Desta forma, a composição deve ser balanceada para se obter um produto favorável à demanda do mercado consumidor (BARREIROS *et al.*, 2020). A Tabela 2.5 apresenta os efeitos de alguns parâmetros no desempenho do motor, conforme Krause (2008). Um comparativo entre as principais propriedades do óleo diesel convencional e do biodiesel é apresentado na Tabela 2.6.

Tabela 2.5 – Efeitos dos parâmetros e especificações do biodiesel

Parâmetro	Descrição / Origem	Efeito no motor
Viscosidade	Resistência ao fluxo	Funcionamento dos sistemas de injeção
Ponto de Fulgor	Temperatura de inflamação da amostra	Segurança no manuseio, indicação de excesso de álcool
Acidez	Medida de presença de ácidos graxos livres, sintoma da presença de água	Corrosão
Glicerina livre	Separação incompleta da glicerina após transesterificação	Depósitos de carbono no motor
Na, K, Ca, Mg, P	Resíduos de catalisador	Danos ao motor, entupimento de injetores
Mono-, di- e triacilglicerídeos	Transesterificação incompleta	Depósitos de carbono no motor
Estabilidade oxidativa	Resistência à degradação ao longo do tempo	Afeta a acidez, a corrosão e a formação de resíduos insolúveis

Fonte: Adaptado de Krause (2008)

Tabela 2.6 - Comparação entre propriedades do óleo diesel e do biodiesel

Propriedades	Diesel	Biodiesel
Método Padrão	ASTM D975	ASTM D6751
Poder calorífico inferior, Btu/gal	131.295	117.093
Viscosidade cinemática, mm ² /s (40 °C)	1,3 a 4,1	1,9 a 6,0
Peso específico, kg/L (60 °F)	0,85	0,88
Densidade, lb/gal (15 °C)	7,079	7,328
Água e sedimentos (% volume)	0,05 máx	0,05 máx
Carbono (% massa)	87	77
Hidrogênio (% massa)	13	12
Oxigênio (% massa)	-	11

Tabela 2.6 - Comparação entre propriedades do óleo diesel e do biodiesel (continuação)

Propriedades	Diesel	Biodiesel
Enxofre (% massa)	0,05 máx	0,0 a 0,0024
Ponto de Ebulição (°C)	188 a 343	182 a 338
Ponto de Fulgor (°C)	60 a 80	100 a 170
Lubricidade SLBOCLE (g)	3.600	> 7.000
Lubricidade HFRR (µg)	685	314

Fonte: Adaptado de Strong *et al.* (2004)

2.5 Matérias-primas para a Produção do Biodiesel

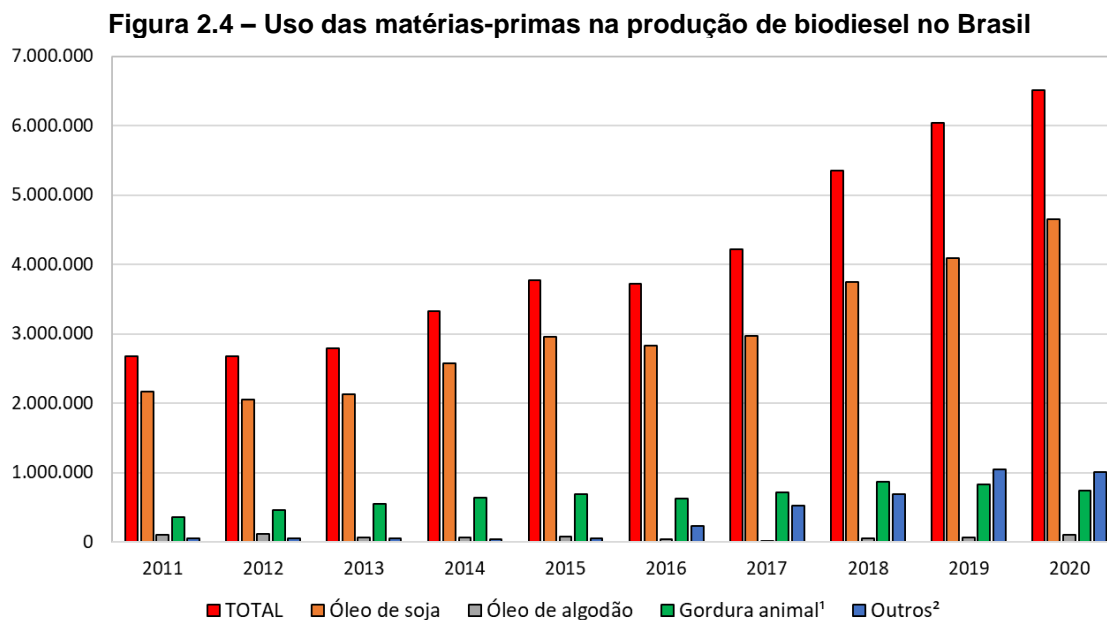
O Brasil apresenta uma grande extensão territorial e por isso oferece uma grande diversidade de matérias-primas adequadas para a produção de biodiesel, tais como: a soja, o dendê, o girassol, a mamona, o milho, o pinhão manso, a canola, amendoim, entre outras. Matérias-primas de origem animal também são utilizadas para a produção do biodiesel. Dentre elas é possível citar o sebo bovino e as gorduras de frango e de porcos. Óleos de vísceras de peixes e óleos utilizados para cozimento de alimentos, os chamados óleos de fritura, também são utilizados (CARVALHO, 2018).

O biodiesel é obtido a partir de diferentes matérias-primas ao redor do mundo. Ele é produzido majoritariamente a partir do óleo de soja nos Estados Unidos, no Brasil, na Argentina e no Canadá. Nesse último o óleo de canola também é bastante utilizado. O óleo de colza é a matéria-prima principal na União Europeia, conjuntamente com óleo de cozinha. Na Indonésia, principal produtor de biodiesel mundial, na Tailândia e na Colômbia, o óleo de palma/dendê é a principal matéria-prima utilizada (ANP, 2021a).

Segundo Barreiros *et al.* (2020), na literatura há estudos de produção de biodiesel a partir de 26 plantas que têm destinações não comestíveis, como por exemplo o algodão. Também estão em desenvolvimento novas tecnologias para o aproveitamento de materiais celulósicos na produção do biocombustível, como folhas e caules de plantas e biomassa derivada de resíduos.

No Brasil, o óleo de soja e a gordura animal (principalmente sebo bovino) se consolidaram como as principais matérias-primas do processo de produção de

biodiesel, sendo a soja responsável por 71% do uso total de matérias-primas no país (ANP, 2021b). A Figura 2.4 apresenta a evolução do uso de matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil.



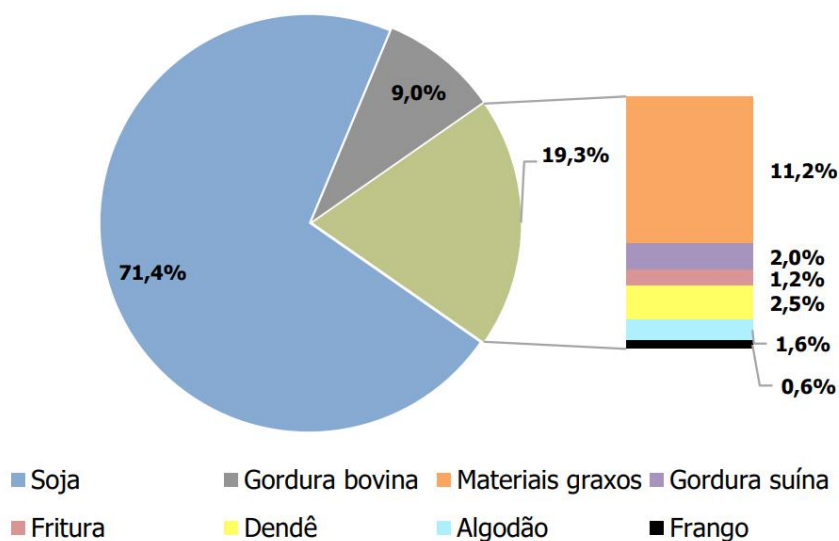
¹ Inclui gordura bovina, de frango e de porco.

² Inclui óleo de palma, óleo de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo, óleo de canola, óleo de milho, óleo de fritura usado e outros materiais graxos.

Fonte: Adaptado de ANP (2021b)

A participação de cada matéria-prima na produção de biodiesel no Brasil em 2020 é apresentada pela Figura 2.5. Conforme citado anteriormente, a soja representa cerca de 71,4% e é o insumo mais importante para a produção de biodiesel, seguido pelo sebo bovino, com 9% do total.

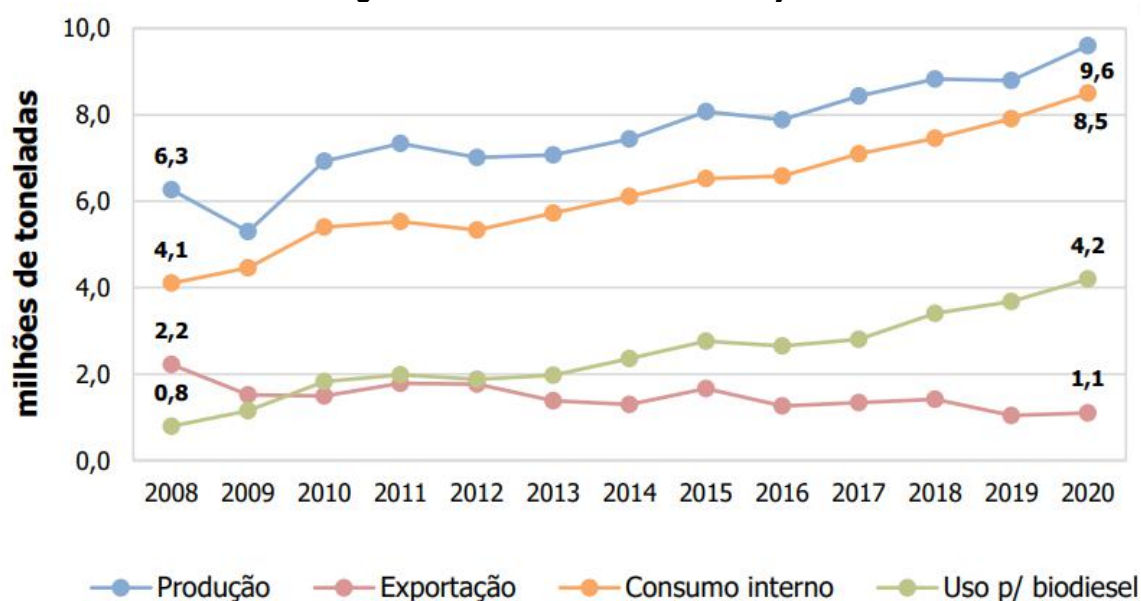
Figura 2.5 – Distribuição do uso das matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil em 2020



Fonte: EPE (2021)

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a liderança da soja entre as matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil deve perdurar por vários anos. A produção do óleo desse insumo aumentou 53% entre os anos de 2008 e 2020. Além disso, com o aumento do teor obrigatório de biodiesel ao longo dos anos, o volume destinado à produção deste biocombustível teve um aumento de 431% no mesmo período. Como consequência, o volume de exportações de óleo de soja até 2019 apresenta tendência de baixa, com um pequeno aumento de 6% no ano de 2021 (EPE, 2021). Conforme explicado na Seção 2.2, recentemente a desvalorização cambial da moeda brasileira frente ao dólar tem impulsionado as exportações do óleo de soja. Isso pode ser verificado nas estatísticas do ano de 2021, em que houve um aumento de 48% nas exportações do óleo de soja quando comparado ao ano anterior (ABIOVE, 2022). A Figura 2.6 ilustra o comportamento do mercado de óleo de soja no Brasil desde 2008 até 2020.

Figura 2.6 – Mercado do óleo de soja



Fonte: EPE (2021)

Caixeta (2009) listou as principais matérias-primas vegetais de cada região geográfica do Brasil. A soja, principal matéria-prima do país, está disponível em todas as regiões, sendo que a maior parte de seu uso ocorre nas regiões Centro-Oeste e Sul, que foram as que mais produziram biodiesel no ano de 2020, conforme apresentado na Seção 2.2 deste trabalho. As principais matérias-primas vegetais em cada região do Brasil estão apresentadas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 - Principais matérias-primas vegetais em cada região do Brasil

Região	Oleoginosas disponíveis
Norte	Dendê / Babaçu / Soja
Nordeste	Babaçu / Soja / Mamona / Dendê / Algodão / Coco
Centro-Oeste	Girassol / Soja / Mamona / Dendê / Algodão / Nabo Forrageiro
Sudeste	Girassol / Soja / Mamona / Algodão
Sul	Girassol / Soja / Algodão / Nabo Forrageiro

Fonte: Caixeta (2009)

Conforme apresentado pelo IBGE (2021), as gorduras de origem animal estão disponíveis em todas as regiões do Brasil. A pecuária bovina, que gera o sebo bovino, responsável por 9% da participação total de matérias-primas na produção de biodiesel, pode ser encontrada em maior quantidade no Centro Oeste e no Norte. Já

a suinocultura e a avicultura, que originam as gorduras de porco e de frango, respectivamente, são encontradas majoritariamente na região Sul (IBGE, 2021).

A principal diferença entre os óleos vegetais e as gorduras animais é que estas segundas são predominantemente formadas por compostos graxos saturados, que lhes conferem maior viscosidade e elevado ponto de congelamento - são sólidas (ou quase sólidas) a temperatura ambiente (YOUNG, 2015). Isso acontece pois quanto mais saturado é o composto graxo, mais alto é o ponto de fusão (CASTRO, 2014). Conseqüentemente, o biodiesel obtido a partir dessas matérias-primas terá propriedades semelhantes.

Como representativo para as análises técnica e econômica da produção de biodiesel e para os capítulos seguintes, de acordo com a disponibilidade de informações na literatura e considerando a diversidade de matérias-primas possíveis para produção de biodiesel no Brasil, foram definidas quinze diferentes matérias-primas, de origem animal ou vegetal, que são apresentadas na Tabela 2.8 juntamente com o seu teor de óleo, produtividade e o rendimento por hectare.

Tabela 2.8 - Teor de óleo, produtividade e rendimento das matérias-primas de origem vegetal ou animal

Matérias-primas	Teor de óleo (%m/m)	Produtividade (t/ha)	Rendimento (t óleo/ha)	Referências
Soja	17	2-3	0,2-0,4	Encarnação (2008)
Dendê	20	15-25	3-6	Encarnação (2008)
Colza	40	1,3	0,5	Carels, Sujatha e Bahadur (2012)
Mamona	43-45	0,5-1,5	0,5-0,9	Encarnação (2008)
Girassol	28-48	1,5-2	0,5-0,9	Encarnação (2008)
Amendoim	40-43	1,5-2	0,6-0,8	Encarnação (2008)
Algodão	15	0,86-1,4	0,1-0,2	Encarnação (2008)
Milho	32-37	2,5	1,4	Markov; Kamaltdinov e Loboda (2016)
Jojoba	50	2,25	0,9	Abu-Arabi <i>et al.</i> (2000), Markov; Kamaltdinov e Loboda (2016)
Cártamo	35-48	1-3	0,3-1,44	Medeiros (2011)
Pinhão Manso	50-52	2-12	1-6	Encarnação (2008)
Sebo Bovino	30-70	-	-	ANP (2021a)
Gordura de Porco	9-24	-	-	Mitchell, Scholz e Conway (1998)
Gordura de Frango	30-70	-	-	ANP (2021a)
Óleo de Fritura	30-70	-	-	ANP (2021a)

2.5.1 Soja

A soja é a fonte de oleaginosa mais utilizada para a produção de biodiesel no Brasil, representando cerca de 71,4% da participação de matérias-primas para este fim. Atualmente, cerca de 80% de toda soja produzida no mundo é proveniente dos Estados Unidos, Brasil e Argentina (CESB, 2018; CAMPEÃO; SANCHES; MACIEL, 2020) No Brasil, a soja é a principal cultura em extensão de área e volume de produção, sendo cultivada em todas as regiões do país, devido principalmente ao desenvolvimento de biotecnologias de produção específicas para as condições edafoclimáticas encontradas no Brasil e também ao melhoramento genético da espécie, que permite que os grãos sejam toleráveis a pragas e doenças (OLIVEIRA; FERREIRA, 2020).

Além do impacto socioeconômico gerado pelo crescimento da produção de soja nos últimos anos com a criação de empregos, esta matéria-prima tem importância também para o uso industrial, sendo utilizado no setor de adesivos, tintas, fibras, tecidos, sabões, cosméticos e rações de animais, neste último a soja é a principal matéria-prima, servindo como fonte de proteína (CESB, 2018; CAMPEÃO; SANCHES; MACIEL, 2020; BARREIROS *et al.*, 2020).

Atualmente, além das utilidades citadas acima, duas das principais aplicações da soja, na forma de seu óleo, são no ramo de alimentos e a destinação para produção de biodiesel. No setor alimentício, o grão é processado, gerando importantes produtos derivados, tais como molho shoyu, pães, tofu, leite e óleo de cozinha (SANTIAGO; REIS, 2018). Para a produção de biodiesel, o óleo de soja é a segunda matéria-prima mais utilizada no mundo, atrás apenas da colza (OECD/FAO, 2020). Isso porque é a matéria-prima mais utilizada em dois dos três países que mais produzem biodiesel no mundo, Estados Unidos e Brasil. Além destes, também figura como oleaginosa principal na Argentina e no Canadá. Diversos autores analisaram a produção de biodiesel a partir da soja, como Freedman, Pryde e Mounts (1981), Young (2015) e Galvão (2019).

2.5.2 Dendê

O óleo obtido a partir do dendê/palma é uma boa alternativa econômica para a produção de biodiesel, isso porque sua planta possui produtividade de óleo por hectare maior que a da maioria das oleaginosas (SAWANGKEAW; NGAMPRASERTSITH, 2013), além de poder ser produzida o ano todo, o que gera menores volumes de estocagem e a não necessidade de instalações de grande porte (RODELLI *et al.*, 2017). O maior produtor desta planta é a Indonésia, que aproveita parte dessa produção para o mercado interno, haja vista que é a maior produtora de biodiesel do mundo, sendo este obtido majoritariamente a partir do óleo de dendê (MAHLIA *et al.*, 2019). Em seguida aparece a Malásia, que apesar de ser o segundo maior produtor desta matéria-prima, lidera o *ranking* de maiores exportadores desta oleaginosa no mundo, além disso, a indústria do óleo de palma representa cerca de 40% do setor de agricultura no país (SARKAR; BEGUM; PEREIRA, 2020).

O óleo de dendê tem ampla utilização na indústria alimentícia, farmacêutica e sobretudo química (EMBRAPA, 2014), esta última alavancada principalmente por seu uso para produção de biodiesel, já estudado na literatura por Ali e Tay (2013) e Young (2015), pois este óleo é a terceira matéria-prima mais utilizada no mundo para este fim, atrás da colza e da soja (OECD/FAO, 2020). Além da Indonésia, o óleo de dendê é a matéria-prima principal para produção de biodiesel na Tailândia e na Colômbia. Apesar da sua produtividade ser muito mais elevada que a soja e a colza, este óleo não figura como principal matéria-prima para obtenção de biodiesel no mundo principalmente por causa das suas restrições no continente europeu, devido aos padrões determinados pela normativa europeia (DIN EN 14214) para biodiesel, em relação ao índice de iodo e a estabilidade, que limitam o uso não somente deste óleo como também o de soja (MORI; TOMM; FERREIRA, 2013).

2.5.3 Colza

A colza é uma das únicas oleaginosas adaptadas às regiões temperadas. Sua capacidade de germinar e crescer em baixas temperaturas permite a produção em regiões mais frias e em altitudes mais elevadas em comparação com outras culturas de sementes oleaginosas (ESKIN; PRZYBYLSKI, 2003). Dessa forma, a produção mundial está concentrada longe da linha do equador, em áreas com clima seco e

estações curtas de crescimento. Na Europa, Rússia e em partes da China, o cultivo acontece durante o inverno, já na Índia, Canadá e Estados Unidos acontece na primavera (MORI; TOMM; FERREIRA, 2013). Os maiores produtores desta planta são: Canadá, seguido por Índia, China, União Europeia e Austrália. Essas cinco regiões representam aproximadamente 85% de toda a produção mundial de colza (ROZHKOVA, 2021).

Uma variação genética da colza é a canola (**Canadian Oilseed, Low-Acid**), que se refere ao baixo teor de ácido erúxico no óleo, ao contrário da colza. A adoção dos nomes serve justamente para distinguir o teor das duas plantas (NG *et al.*, 2010).

O uso do óleo de colza na alimentação humana até a década de 1990 era superior a 90%. A partir da década de 2000, observou-se o crescimento do uso deste óleo para processos industriais, decorrente do aumento da produção de biodiesel na Europa, onde o óleo de colza é a matéria-prima mais utilizada. Conforme explicado para o dendê, um dos motivos desta grande utilização é que os padrões determinados pela normativa europeia (DIN EN 14214) para biodiesel, em relação ao índice de iodo e a estabilidade, limitam o uso de óleos como de soja e de dendê, favorecendo o uso do óleo de colza (MORI; TOMM; FERREIRA, 2013). Por estas razões o óleo de colza é a matéria-prima mais usada para produção de biodiesel no mundo (OECD/FAO, 2020). O biocombustível a partir desta matéria-prima já foi estudado na literatura, como reportado por Rashid e Anwar (2008a).

2.5.4 Mamona

O óleo de mamona (*Ricinus communis L*) é um dos poucos glicerídeos naturais com alta pureza, uma vez que os ésteres ricinoleicos respondem por quase 90% do de sua composição (SALIMON *et al.*, 2010). O cultivo de mamona se dá principalmente na Índia, país que representa cerca de 87% da produção mundial dessa matéria-prima. Moçambique, China e Brasil vêm logo em seguida no ranking de maiores produtores mundiais. (MADALENA *et al.*, 2017). Esta planta tem a característica de se adaptar a vários tipos de solos e condições climáticas, além de ser uma alternativa de renda principalmente para região Nordeste, onde ocorre 90% da produção brasileira dessa matéria-prima (CÂNDIDO *et al.*, 2008; MADALENA *et al.*, 2017). Segundo Cândido *et al.* (2008), o óleo da mamona pode ser utilizado em

diversos setores, como os setores de alimentação, cosméticos, tintas e como matéria-prima para a produção de biodiesel, conforme já estudado por Jeong e Park (2009).

2.5.5 Girassol

O girassol está entre as mais importantes culturas de campo para a produção de óleo comestível. É visto como uma das espécies com maior potencial para a produção de Biodiesel (SILVA, 2014). Atualmente, aproximadamente dois terços da produção de girassol está concentrada na Europa, incluindo Ucrânia e Rússia. Outros países importantes na produção são os Estados Unidos, a Argentina e a China (PILORGÉ, 2020).

Apesar deste ser cultivado principalmente por causa do seu óleo, há uma parte que é produzida para fins não oleaginosos como grãos in natura para a alimentação de animais. Além disso, a cultura do girassol é uma alternativa de rotação de cultura e é considerada uma cultura de entressafra por causa de suas características de adaptação, podendo ser plantada em todas as épocas do ano na maioria das regiões do mundo (SÁNCHEZ-MUNIZ; CUESTA, 2003; SILVA, 2014). Apesar de não figurar entre as principais matérias-primas, a produção de biodiesel a partir do girassol é encontrada na literatura, por exemplo por Rashid *et al.* (2008).

2.5.6 Amendoim

O amendoim está entre as oleaginosas mais cultivadas no mundo, sendo plantado principalmente na China, África, Estados Unidos e também no Brasil, uma vez que o clima e o solo brasileiro favorecem a produção no país (BATISTA, 2014). Segundo Batista (2014), o amendoim pode ser utilizado como matéria-prima no ramo da confeitaria da indústria de alimentos como ingrediente para produção de doces, pastas e sorvetes, além de poder ser aproveitado como óleo comestível. O consumo de amendoim é benéfico para a saúde cardiovascular por meio da diminuição dos níveis de colesterol (TALCOTT *et al.*, 2005). Além disso, por conter vitamina E, o consumo desta oleaginosa tem potencial antioxidante (JONALA; DUNFORD; DASHIEL, 2006).

Apesar de ser um óleo valioso no mercado mundial e não ser muito explorado para a produção de biodiesel, Winayanuwattikun *et al.* (2008), Kaya *et al.* (2009),

Singh e Singh (2009) estudaram a produção desse biocombustível a partir do amendoim (SILVA, 2014).

2.5.7 Algodão

O algodão é a mais importante fibra cultivada no mundo. A Índia é a maior produtora mundial dessa oleaginosa, seguida pela China, Paquistão, Estados Unidos e Brasil (SEVERINO *et al.*, 2019). A fibra é de algodão alimenta uma cadeia complexa, que inclui a indústria têxtil, design, confecção e mercado. Durante o processo de beneficiamento da fibra, obtém-se o caroço como subproduto, que, por ser rico em óleo, pode ser aproveitado como alimento natural, sendo integrado às cadeias de produção de leite da proteína animal, e constitui importante matéria-prima para a indústria química, inclusive para a produção de biodiesel, que já foi estudada por Winayanuwattikun *et al.* (2008) e Rashid, Anwar e Knothe (2009) (GONDIM-TOMAZ *et al.*, 2016; SEVERINO *et al.*, 2019).

2.5.8 Milho

O milho é um produto de destaque no Brasil, que figura entre os maiores produtores mundiais. Os Estados Unidos juntamente com a China representam mais que a metade da produção mundial de milho. Em seguida no *ranking* de maiores produtores aparecem o Brasil e os países da União Europeia representando juntos cerca de 15% da produção mundial (CONTINI *et al.*, 2019). Ao longo dos anos a produção do grão de milho tem aumentado, muito em virtude da expansão das áreas agrícolas em centros produtores e também em virtude da menor oferta mundial, isso porque os Estados Unidos reservam boa parte da sua produção para a fabricação de etanol. (SILVA, 2011).

O principal uso do milho no Brasil é no consumo animal, principalmente na avicultura e suinocultura, impulsionado pela demanda mundial crescente de rações para produção de frangos e suínos (CONTINI *et al.*, 2019). O milho pode ser também aproveitado para alimentação humana, sendo empregado como matéria-prima para produção de fubá, biscoitos, pães e óleo. Seu óleo também pode ser utilizado como matéria-prima para produção de biodiesel, conforme estudado por Winayanuwattikun *et al.* (2008) e Patil e Deng (2009).

2.5.9 Jojoba

A jojoba (*Simmondsia chinensis*) é uma planta que tem alto teor de óleo, cerca de 50% (ABU-ARABI *et al.*, 2000). Este percentual representa mais que o dobro do teor encontrado na soja, fonte do óleo mais utilizado para produção de biodiesel no Brasil. Esta oleaginosa pode ser cultivada em diversos países do mundo, sendo os Estados Unidos os maiores produtores dessa planta, seguidos pelo México. Além destes, Índia, Chile, Argentina, Austrália, Egito, Tunísia e Arábia Saudita também são produtores desta matéria-prima (AL-OBAIDI *et al.*, 2017). Sua aplicação mais comum ocorre na indústria de cosméticos, ramo que representa mais de 75% do uso da jojoba, principalmente devido às características antioxidantes, regenerativas e hidratantes que seu óleo fornece aos produtos (GUIA DE BEM-ESTAR, 2022). Essa planta também pode ser aproveitada na indústria química, no setor de lubrificantes, de alimentos e como matéria-prima para produção de biodiesel, conforme estudado por Bouaid *et al.* (2007) (AL-OBAIDI *et al.*, 2017).

2.5.10 Cártamo

O cártamo ou açafraão bastardo (*Carthamus tinctorius L.*) é cultivado comercialmente para extração do óleo de sua semente. Seu cultivo ocorre em países de diferentes continentes, principalmente no Cazaquistão, Turquia, México, China, Estados Unidos e na Hungria. Essa diversidade se dá por causa da grande capacidade de adaptação do cártamo a diferentes condições de solo e clima, isso porque essa oleaginosa tem um bom desenvolvimento em locais com altitudes de até 1000 metros, além de tolerar grandes amplitudes de temperatura, que podem variar de 5 a 40 °C (OLIVEIRA, 2021). Essa matéria-prima é utilizada na produção de lubrificantes, sabões e vernizes, margarina, óleo de cozinha, suplementos nutricionais, ração para animais e biodiesel (OLIVEIRA, 2021). Este último foi avaliado e estudado na literatura por Rashid e Anwar (2008b).

2.5.11 Pinhão Manso

O pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) é uma planta que produz no mínimo duas toneladas de óleo por hectare, tendo sua idade produtiva alcançada entre três e quatro anos (SILVA, 2011). Além do rápido crescimento e um teor de óleo maior que o da maioria das oleaginosas, apresenta tolerância à seca, característica favorável para seu cultivo (SOLIMAN; HE, 2015). Por ser considerada uma planta de clima tropical, é encontrada em regiões com que fazem parte dessa zona climática, como os países das Américas Central e do Sul, da África, do sul da Ásia e a Austrália (NEUPANE *et al.*, 2021). Suas folhas podem ser utilizadas para fins medicinais, com efeito anti-inflamatório, já seu óleo pode ser usado para a produção de sabão, como óleo de cozinha, além de poder ser aproveitado como matéria-prima para produção de biodiesel, conforme estudado por Tiwari, Kumar e Raheman (2007) (SOLIMAN; HE, 2015).

2.5.12 Sebo Bovino

O biodiesel produzido a partir de gordura animal é uma alternativa ambientalmente correta para a produção de combustíveis, isso porque auxilia a reduzir a emissão dos gases de efeito estufa (URIBE; ALBERCONI e TAVARES, 2014). Um dos exemplos é o sebo bovino, que pode ser utilizado na indústria de limpeza e higiene (MARTINS *et al.*, 2011). Além disso, seu aproveitamento na produção de biodiesel é uma vantagem importante para o Brasil, haja vista que o país possui o maior rebanho bovino do mundo, seguido pela Índia (EMBRAPA, 2021). Com isso é possível aproveitar o descarte eficiente deste rejeito, transformando-o em energia e agregando valor à produção (URIBE; ALBERCONI e TAVARES, 2014). Esse aproveitamento pode ser observado na distribuição do uso das matérias-primas na produção de biodiesel no Brasil, sendo o sebo bovino a segunda matéria-prima mais utilizada para obtenção deste biocombustível no país. Hoque, Singh e Chuan (2011) estudaram o processo de produção do biodiesel a partir do sebo bovino.

2.5.13 Gordura de Porco

Assim como as demais matérias-primas de origem animal, a gordura de porco é considerada ambientalmente correta. A China lidera a produção mundial de suínos, seu consumo é destinado principalmente para o mercado interno chinês. Em seguida no *ranking* de maiores rebanhos suínos aparecem Estados Unidos e Brasil (EMBRAPA, 2021). A gordura de porco é amplamente utilizada no setor alimentício para cocção dos alimentos, pois pode trazer benefícios à saúde, como por exemplo por conter vitamina D em sua composição (MACK e SOUZA, 2019). Além da sua utilização majoritária para consumo humano, Jeong, Yang e Park (2009) estudaram o uso da gordura de porco para a produção de biodiesel.

2.5.14 Gordura de Frango

O frango é considerado um importante alimento para o consumo interno e para as exportações no Brasil. O país ocupa a quarta colocação no *ranking* de maiores rebanhos galináceos do mundo, atrás apenas de China, Indonésia e Estados Unidos (EMBRAPA, 2021). Esta alta produção gera um grande volume de material residual que pode ser aproveitado de diferentes formas, como por exemplo para a produção de ração animal, sabão e biodiesel (CENTENARO; FURLAN; SOUZA-SOARES, 2008). A produção deste biocombustível já foi estudada na literatura, como apresentado por Hoque, Singh e Chuan (2011).

2.5.15 Óleo de Fritura

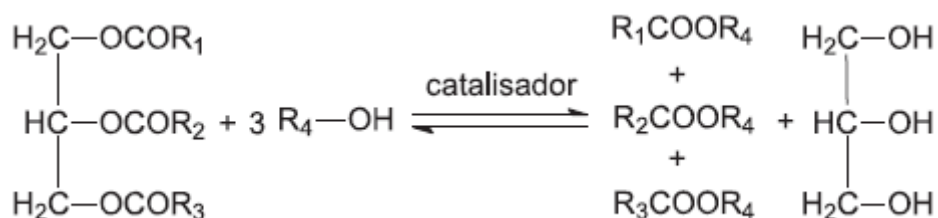
O óleo de fritura gera um problema ambiental grave em todo o planeta, devido ao fato de que cada litro descartado de maneira imprópria pode contaminar cerca de 20 mil litros de água (BIODIESELBR, 2014). Segundo Silveira e Vieira (2014), este óleo pode ser aproveitado para a produção de sabão, cola, tinta, massa de vidraceiro, ração animal e produção de biodiesel. O emprego dessa matéria-prima na produção de biodiesel é uma alternativa para agregar valor a esse óleo, que já foi utilizado na alimentação e seria considerado um resíduo e possivelmente seria descartado em aterros sanitários ou esgotos domésticos. A literatura mostra que a produção deste biocombustível já foi estudada anteriormente, como por exemplo por Meng, Chen e Wang (2008).

2.6 Transesterificação

A transesterificação é a reação química relacionada à transformação de óleos ou gorduras de origem vegetal ou animal em biodiesel. A rigor, esta consiste na reação entre um éster e um álcool, resultando em outro éster e um álcool diferente do original (DABDOUB; BRONZEL; RANPIN, 2009). No caso da produção de biodiesel, a reação ocorre entre um triglicerídeo (oriundo da matéria-prima escolhida) e três moléculas de álcool (metanol), tendo como catalisador uma base, e sendo obtidos, no fim, o biodiesel e glicerol. A reação de transesterificação, também chamada de alcoólise, está esquematizada na Figura 2.7. A reação ocorre com agitação, devido à natureza bifásica do meio. Primeiramente, o álcool e o catalisador se misturam. Após essa etapa, o óleo ou gordura é adicionado e o reator é aquecido (BARREIROS *et al.*, 2020).

Conforme explicado na Seção 1.2, as análises que serão apresentadas nos capítulos seguintes serão baseadas no processo de produção de biodiesel via catálise homogênea alcalina. A transesterificação por esta rota é o processo mais adotado para a produção do biodiesel atualmente. Isso pode ser explicado por causa das condições de processo, como por exemplo: reação em temperaturas brandas, geralmente em torno de 60 °C; tempo de reação baixo; pouco excesso de álcool requerido quando comparado com a rota ácida (PACHECO, 2020). Além disso, as reações com catalisadores básicos têm maiores rendimentos de ésteres (PAGAN; LUZ; FERREIRA, 2016). Os catalisadores básicos podem ser, por exemplo, hidróxidos de metais alcalinos, carbonatos e alcóxidos de metais alcalinos (BARREIROS *et al.*, 2020).

Figura 2.7 – Esquematização da reação de transesterificação



Fonte: Adaptado de Antunes *et al.* (2011)

A alcoólise em meio alcalino é sensível à presença de ácidos graxos livres. Isso porque estes reagem com a base utilizada como catalisador, formando sabões que inibem a reação ou diminuem o rendimento do processo (RAMOS *et al.*, 2011). Além disso, isso dificulta a separação do glicerol (PACHECO, 2020). Neste trabalho não foi considerada a presença de ácidos graxos livres nas matérias-primas.

Para a produção do biodiesel, além da rota alcalina existe ainda a catálise homogênea ácida, citada no parágrafo anterior, e a catálise heterogênea. Este biocombustível também pode ser produzido a partir do processo de transesterificação supercrítica e por via enzimática (GODOY, 2021). Segundo Pacheco (2020), rotas alternativas à transesterificação também estão sendo estudadas e desenvolvidas para a produção de biodiesel. São elas: a interesterificação com metil acetato, a hidrólise seguida de esterificação, e a reação com dimetil carbonato (DMC), entre outras.

A transesterificação é uma das etapas realizadas no processo de produção de biodiesel, as etapas de purificação deste biocombustível e do metanol, para aproveitamento como subproduto, assim como as demais etapas serão apresentadas em detalhes no próximo capítulo.

3 Preparação do Ambiente de Simulação

Para que as simulações possam ser realizadas corretamente, primeiro faz-se necessário definir algumas características intrínsecas ao processo de produção de biodiesel. Primeiramente, deve-se definir os compostos químicos que serão utilizados nas simulações. Após essa etapa, é escolhido o pacote termodinâmico que melhor se ajusta aos sistemas envolvidos no processo. São escolhidas, então, as condições operacionais de alimentação das correntes. Por fim, é preciso fornecer informações acerca da cinética das reações envolvidas no processo. As simulações foram realizadas com o *software* Aspen HYSYS® em sua versão 8.8.

3.1 Definição dos Componentes Químicos Envolvidos

A maioria dos componentes químicos utilizados na simulação já estava disponibilizado na base de dados do simulador. Apenas os óleos utilizados como matérias-primas e seus respectivos tipos de biodiesel foram gerados como pseudo-componentes. A presença de ácidos graxos livres nos óleos não foi considerada.

3.1.1 Óleo e Biodiesel

Para a caracterização e obtenção das propriedades físicas e químicas desses componentes foi utilizado o método de contribuição de grupos de Constantinou e Gani (1994). Esse método se baseia nos grupos funcionais do modelo termodinâmico *Universal Functional Activity Coefficient* (UNIFAC) (SILVA; ANDRADE, 2020), de modo que o primeiro passo consiste em definir a estrutura molecular dos seus constituintes. Conforme metodologia explicada em Young (2015) e em Silva e Andrade (2020), foi possível estimar as propriedades críticas (temperatura T_c , pressão P_c e volume V_c), temperatura de ebulição e fator acêntrico dos compostos de maneira exitosa.

A temperatura de ebulição (T_b) é a temperatura em que a pressão de vapor se iguala à pressão externa ou atmosférica. O fator acêntrico de Pitzer (ω) é um número conceitual utilizado em equações de estado cúbicas e é relacionado com a esfericidade do campo de força da molécula (POLING *et al.*, 2001). As propriedades críticas são parâmetros utilizados em correlações termodinâmicas baseadas na teoria

dos estados correspondentes e são importantes para estimar as propriedades de gases e líquidos (SILVA; ANDRADE, 2020). Além disso, são de difícil determinação experimental para compostos graxos, isso porque pode ocorrer degradação química em altas temperaturas (POLING *et al.*, 2001).

As propriedades foram calculadas a partir das Equações 3.1 a 3.5. Para este trabalho foi considerada apenas a contribuição de primeira ordem do método de Constantinou e Gani. Segundo Young (2015), a contribuição de segunda ordem não necessariamente leva a resultados melhores.

$$T_b = 204,359 \ln[\sum_k N_k(tb1k) + W \sum_j M_j(tb2j)] \quad \text{Equação 3.1}$$

$$T_c = 181,128 \ln[\sum_k N_k(tc1k) + W \sum_j M_j(tc2j)] \quad \text{Equação 3.2}$$

$$P_c = [\sum_k N_k(pc1k) + W \sum_j M_j(pc2j) + 0,10022]^{-2} + 1,3705 \quad \text{Equação 3.3}$$

$$V_c = -0,00435 + [\sum_k N_k(vc1k) + W \sum_j M_j(vc2j)] \quad \text{Equação 3.4}$$

$$\omega = 0,4085 \{ \ln[\sum_k N_k(w1k) + W \sum_j M_j(w2j) + 1,1507] \}^{(1/0,5050)} \quad \text{Equação 3.5}$$

Nestas equações:

N_k (tb1k) - Contribuição do grupo k de primeira ordem para a T_b ;

M_j (tb2j) - Contribuição do grupo j de segunda ordem para a T_b ;

N_k (tc1k) - Contribuição do grupo k de primeira ordem para a T_c ;

M_j (tc2j) - Contribuição do grupo j de segunda ordem para a T_c ;

N_k (pc1k) - Contribuição do grupo k de primeira ordem para a P_c ;

M_j (pc2j) - Contribuição do grupo j de segunda ordem para a P_c ;

N_k (vc1k) - Contribuição do grupo k de primeira ordem para o V_c ;

M_j (vc2j) - Contribuição do grupo j de segunda ordem para o V_c ;

ω_k (w1k) - Contribuição do grupo k de primeira ordem para o ω ;

ω_j (w2j) - Contribuição do grupo j de segunda ordem para o ω ;

W - Fator de contribuição de segunda ordem.

Cada grupo químico presente tem uma parcela de contribuição nas propriedades. Para isso, este é multiplicado pelo número de vezes em que aparece na molécula. O valor de W para este trabalho é igual a zero, devido à premissa de considerar apenas a contribuição de primeira ordem. A Tabela 3.1 apresenta os grupos de primeira ordem de Constantinou e Gani e suas contribuições para a estimativa das propriedades.

Tabela 3.1 – Grupos de primeira ordem de Constantinou e Gani e suas contribuições

Grupo	tb1k	tc1k	pc1k	vc1k	w1k
CH ₃	0,89	1,6781	0,0199	0,075	0,296
-CH=CH-	1,84	7,3691	0,0179	0,0954	0,252
-CH ₂ -	0,92	3,4920	0,0106	0,0558	0,147
-COOH	3,64	12,5965	0,0290	0,1589	0,570
>CH-	0,60	4,0330	0,0013	0,0315	-0,071
-OH	3,22	9,7292	0,0051	0,039	0,737

Fonte: Constantinou e Gani (1994)

Para a composição dos óleos deste trabalho, a literatura apresenta diversas variações entre regiões e entre as diferentes matérias-primas. Como premissa, foi adotado que as composições dos biodieseis são iguais às dos óleos que os originaram. As massas molares dos pseudo-componentes foram obtidas por meio da ponderação das massas molares de seus constituintes pelas suas frações molares. As massas molares de cada composto foram retiradas do banco de dados do *PubChem* (NCBI, 2021).

A Tabela 3.2 apresenta as composições molares, as massas moleculares dos óleos e biodieseis estudados e as referências utilizadas para obtenção das composições.

Tabela 3.2 – Composição molar dos óleos e biodieseis e suas respectivas massas molares

Comp.Molar	Cáprico	Láurico	Mirístico	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolênico	Erúrico	MM (g/mol)	Referências
Óleo de Dendê	0	0,001	0,01	0,428	0,045	0,405	0,101	0,002	0	282,25684	Lam, Lee e Mohamed (2010)
Biodiesel de Dendê	0	0,001	0,01	0,428	0,045	0,405	0,101	0,002	0	842,6659	
Óleo de Soja	0	0,001	0,001	0,002	0,037	0,228	0,537	0,086	0	262,94574	Lam, Lee e Mohamed (2010)
Biodiesel de Soja	0	0,001	0,001	0,002	0,037	0,228	0,537	0,086	0	785,1751	
Óleo de Colza	0	0,001	0	0,042	0,016	0,595	0,215	0,084	0,005	282,41934	Hoekman <i>et al.</i> (2012)
Biodiesel de Colza	0	0,001	0	0,042	0,016	0,595	0,215	0,084	0,005	843,3193	
Óleo de Mamona	0	0	0	0,007	0,009	0,902	0,044	0,002	0	285,566	Salimon <i>et al.</i> (2010)
Biodiesel de Mamona	0	0	0	0,007	0,009	0,902	0,044	0,002	0	852,7456	
Óleo de Girassol	0	0	0	0,063	0,039	0,208	0,677	0,001	0	290,024	Giakoumis e Sarakatsanis (2018)
Biodiesel de Girassol	0	0	0	0,063	0,039	0,208	0,677	0,001	0	866,0187	
Óleo de Amendoim	0	0	0	0,103	0,028	0,476	0,315	0,006	0	271,876	Giakoumis e Sarakatsanis (2018)
Biodiesel de Amendoim	0	0	0	0,103	0,028	0,476	0,315	0,006	0	811,8151	
Óleo de Algodão	0	0,001	0,007	0,201	0,026	0,192	0,552	0,006	0	285,28964	Lam, Lee e Mohamed (2010)
Biodiesel de Algodão	0	0,001	0,007	0,201	0,026	0,192	0,552	0,006	0	851,8131	
Óleo de Sebo Bovino	0	0,001	0,024	0,244	0,191	0,416	0,059	0,007	0	271,81444	Giakoumis e Sarakatsanis (2018)
Biodiesel de Sebo Bovino	0	0,001	0,024	0,244	0,191	0,416	0,059	0,007	0	811,5776	
Óleo de Fritura	0	0,002	0,007	0,157	0,061	0,428	0,293	0,02	0	281,84298	Giakoumis e Sarakatsanis (2018)
Biodiesel de Fritura	0	0,002	0,007	0,157	0,061	0,428	0,293	0,02	0	841,5494	

Tabela 3.2 – Composição molar dos óleos e biodieseis e suas respectivas massas molares (continuação)

Comp.Molar	Cáprico	Láurico	Mirístico	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolênico	Erúrico	MM (g/mol)	Referências
Óleo de Gordura de Porco	0	0,001	0,019	0,245	0,144	0,383	0,134	0,003	0	267,97644	Giakoumis e Sarakatsanis (2018)
Biodiesel de Gordura de Porco	0	0,001	0,019	0,245	0,144	0,383	0,134	0,003	0	800,112	
Óleo de Gordura de Frango	0	0,001	0,007	0,24	0,064	0,414	0,188	0,01	0	266,97714	Giakoumis e Sarakatsanis (2018)
Biodiesel de Gordura de Frango	0	0,001	0,007	0,24	0,064	0,414	0,188	0,01	0	797,1252	
Óleo de Milho	0	0	0	0,115	0,019	0,266	0,587	0,006	0	290,2745	Hoekman <i>et al.</i> (2012)
Biodiesel de Milho	0	0	0	0,115	0,019	0,266	0,587	0,006	0	866,742	
Óleo de Jojoba	0	0	0,001	0,016	0,041	0,429	0,315	0	0	236,7749	Nayak e Mishra (2016)
Biodiesel de Jojoba	0	0	0,001	0,016	0,041	0,429	0,315	0	0	707,0391	
Óleo de Cártamo	0	0	0,001	0,082	0,025	0,142	0,743	0,001	0	291,0949	Hoekman <i>et al.</i> (2012)
Biodiesel de Cártamo	0	0	0,001	0,082	0,025	0,142	0,743	0,001	0	869,2036	
Óleo de Pinhão Manso	0	0,001	0,003	0,149	0,061	0,404	0,362	0,003	0	286,72704	Hoekman <i>et al.</i> (2012)
Biodiesel de Pinhão Manso	0	0,001	0,003	0,149	0,061	0,404	0,362	0,003	0	856,1421	

As propriedades dos óleos e dos diferentes tipos de biodiesel foram estimadas a partir do conceito de pseudo-componentes. Para isso foi necessário assumir que o componente representativo do composto em análise era o que representava a maior porcentagem da composição molar. Como exemplo, é possível citar que os compostos utilizados como representativos para a estimativa das propriedades do óleo e biodiesel originários do dendê foram a tripalmitina e o metil-palmitato.

Dessa forma, na Tabela 3.3 são apresentadas as propriedades críticas (temperatura, pressão, volume), temperatura de ebulição e fator acêntrico estimados para os pseudo-componentes usados nas simulações deste trabalho.

Tabela 3.3 – Propriedades críticas, ponto de ebulição e fator acêntrico dos pseudo-componentes

	Tc (K)	Pc (kPa)	Vc (m³/kmol)	Tb (K)	ω
Óleo de Dendê	957,567	336,229	3,067	818,871	1,894
Biodiesel de Dendê	764,763	1286,579	1,101	607,265	0,796
Óleo de Soja	824,278	380,665	2,556	705,671	1,747
Biodiesel de Soja	659,701	1364,882	0,916	524,861	0,737
Óleo de Colza	916,549	336,461	2,957	784,867	1,881
Biodiesel de Colza	733,395	1283,845	1,059	583,655	0,794
Óleo de Mamona	925,455	327,737	3,018	792,850	1,905
Biodiesel de Mamona	740,564	1265,971	1,080	589,709	0,804
Óleo de Girassol	959,721	322,870	3,125	821,531	1,930
Biodiesel de Girassol	767,898	1261,896	1,120	610,814	0,813
Óleo de Amendoim	872,549	358,521	2,759	747,011	1,814
Biodiesel de Amendoim	697,957	1323,691	0,989	555,238	0,764
Óleo de Algodão	952,280	332,403	3,066	814,722	1,903
Biodiesel de Algodão	761,403	1280,061	1,100	605,122	0,801
Óleo de Sebo Bovino	888,372	356,689	2,808	760,254	1,822
Biodiesel de Sebo Bovino	709,916	1319,999	1,007	564,324	0,767
Óleo de Fritura	928,186	337,624	2,983	794,436	1,882
Biodiesel de Fritura	742,221	1287,136	1,070	590,205	0,793
Óleo de Gordura de Porco	870,250	365,796	2,728	744,677	1,795
Biodiesel de Gordura de Porco	695,469	1336,910	0,979	552,781	0,756

Tabela 1.3 – Propriedades críticas, ponto de ebulição e fator acêntrico dos pseudo-componentes. (continuação)

	T_c (K)	P_c (kPa)	V_c (m³/kmol)	T_b (K)	ω
Óleo de Gordura de Frango	863,900	368,857	2,700	739,226	1,786
Biodiesel de Gordura de Frango	690,508	1343,007	0,969	548,845	0,752
Óleo de Milho	965,966	322,126	3,145	826,758	1,934
Biodiesel de Milho	772,708	1260,820	1,127	614,491	0,815
Óleo de Jojoba	702,255	439,826	2,076	601,417	1,578
Biodiesel de Jojoba	561,956	1469,711	0,744	447,279	0,665
Óleo de Cártamo	968,153	321,301	3,153	828,617	1,937
Biodiesel de Cártamo	774,587	1259,879	1,130	615,998	0,816
Óleo de Pinhão Manso	950,303	327,699	3,082	813,419	1,914
Biodiesel de Pinhão Manso	759,985	1269,488	1,105	604,398	0,806

3.1.2 Álcool

O metanol foi o álcool escolhido para transesterificação nas simulações por ser o álcool utilizado na maior parte da produção industrial. Isso se deve ao fato de ter um custo menor que outros álcoois, favorecer a separação da glicerina e fornecer altas conversões em éster (BRANDÃO *et al.*, 2006). Além disso, para uma mesma taxa de conversão e mesmas condições operacionais, o tempo de reação utilizando o metanol é menor quando comparado com o tempo empregando etanol. O uso do etanol apresenta algumas desvantagens, como requerer maiores gastos energéticos na desidratação do álcool, devido à azeotropia quando misturado em água, e ter os custos com equipamentos da planta maiores do que os custos com o metanol, isso porque estes são cerca de quatro vezes mais volumosos para a rota etílica, para a mesma produtividade (KRAUSE, 2008).

3.1.3 Catalisadores

Os dois catalisadores alcalinos mais utilizados para a produção de biodiesel no Brasil são o hidróxido de potássio (KOH) e o hidróxido de sódio (NaOH), que possuem alta atividade, baixo custo e fácil disponibilidade (COSTA, 2021). Para este trabalho o catalisador definido para a transesterificação dos óleos foi NaOH.

3.1.4 Glicerol

O glicerol bruto é um coproduto da reação de transesterificação e possui de 20 a 30% de impurezas, sendo elas sabão, metanol, monoacilglicerol, diacilglicerol, oligômeros de glicerol, polímeros e água (RIBEIRO, 2020; GUEDES, 2021). A glicerina, nome dado ao glicerol impuro, pode ser comercializado em três níveis de qualidade: bruta, loira e bidestilada (grau USP) (RIBEIRO, 2020). A glicerina “loira” apresenta um grau de pureza de aproximadamente 85% e a bidestilada (grau USP) de no mínimo 99,5% (GUEDES, 2021).

O glicerol é um produto importante devido às suas inúmeras aplicações em diferentes setores da indústria como de cosméticos, higiene pessoal, farmacêutico, alimentício, têxtil e de tintas e resinas (RIBEIRO, 2020), além de poder ser utilizado para produzir etanol (MANCIO, 2011). Esses setores fazem parte da gliceroquímica, que é o estudo do glicerol e dos compostos químicos que podem ser gerados tendo o glicerol como matéria-prima (GUEDES, 2021).

Segundo Ribeiro (2020), estes setores não têm sido capazes de aproveitar todo o glicerol gerado pela indústria de produção de biodiesel, dessa forma novas aplicações para esse produto precisam ser pensadas. A mais promissora é a indústria de produção de polímeros e espécies químicas de maior valor agregado, tais como solketal, éteres terc-butílicos de glicerol, éteres etílicos de glicerol, acroleína, carbonato de glicerol, triacetina e epicloridrina (RIBEIRO, 2020; GUEDES, 2021).

3.1.5 Outros Componentes

Como parte do processo de produção de biodiesel, é necessário fazer a purificação do glicerol. Para isso, foi elaborada uma etapa com o objetivo de remover o catalisador da corrente. Assim, foi utilizado o ácido sulfúrico (H_2SO_4) para reação de neutralização. Para as etapas de lavagem do glicerol, foi utilizada água como solvente, isso porque ela é polar e apresenta interações intermoleculares adequadas com o glicerol e o NaOH (GALVÃO, 2019).

3.2 Definição do Pacote Termodinâmico

A definição dos pacotes termodinâmicos utilizados nas simulações teve como objetivo a obtenção de resultados consistentes do ponto de vista físico-químico. Para isso, foram escolhidos os pacotes *Non-Random Two Liquid* (NRTL) e o *Universal Quasi-Chemical* (UNIQUAC), conforme recomendado por Zhang *et al.* (2003a), que são modelos de energia livre de Gibbs em excesso, necessários para modelagem dos sistemas complexos envolvidos neste processo (YOUNG, 2015). Os parâmetros de interação binária foram obtidos a partir da base de dados do simulador utilizado. Aqueles que não estavam presentes foram estimados com base nas estruturas UNIFAC dos compostos (YOUNG, 2015).

Para os vasos de separação de glicerol, o pacote adotado foi o NRTL, que se mostrou o modelo mais consistente nessa etapa, visto que com a utilização do UNIQUAC a separação do glicerol não ocorria da maneira desejada. O biodiesel seguia para a corrente de reciclo em vez de sair na corrente de purificação. Segundo Galvão (2019), os valores de interação binária incorretos ou incompletos é a principal hipótese para explicar o comportamento de não separação. Para as etapas de neutralização e purificação do glicerol também foi utilizado o NRTL. Em todos os outros equipamentos da simulação foi adotado o modelo UNIQUAC, que apresentou comportamento satisfatório e esperado.

A utilização destes dois pacotes termodinâmicos na simulação da produção de biodiesel se mostrou satisfatória pois foram gerados resultados compatíveis com o que é apresentado na literatura (ZHANG *et al.* 2003a; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019), permitindo que a simulação de todas as etapas do processo fosse concluída de forma exitosa.

3.3 Caracterização das Correntes de Entrada

Definiu-se, por padrão, que as condições de todas as correntes de origem externa são: temperatura ambiente de 25 °C e pressão de 101,3 kPa. Além disso, todas foram definidas como correntes puras, compostas por um único componente. O processo apresenta cinco correntes de alimentação, sendo a principal delas a corrente de triglicerídeos, presentes nas diversas matérias-primas apresentadas ao longo deste trabalho. As demais correntes presentes são de metanol, catalisador NaOH,

H₂SO₄ e água. Como já mencionado, foi adotado como premissa neste trabalho não simular ácidos graxos livres (*Free Fatty Acids* - FFA), portanto a corrente de alimentação de óleo já partiu de triglicerídeos em sua totalidade sem a necessidade de uma etapa de pré-tratamento.

Quando necessário, foram utilizados trocadores de calor, bombas e sistemas de mistura para melhor adequar as correntes às condições ideais de processo para produção de biodiesel. A corrente de catalisador foi misturada à de metanol antes de entrar no reator, como preconizado pela literatura (ZHANG *et al.*, 2003a; WEST; POSARAC; ELLIS, 2008; YOUNG, 2015).

3.4 Definição da Capacidade das Plantas

Para a definição da capacidade das plantas, foi assumido o nível de produção de uma planta média de biodiesel no Brasil. Para isso, foi utilizado como referência o painel dinâmico de produção de biodiesel publicado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Segundo o painel, a produção de biodiesel no Brasil no ano de 2020 foi de 6.431.356 m³. Ainda segundo a ANP, 49 era o número de instalações aptas a produzir biodiesel no país em dezembro daquele ano. Dessa forma, a produção média de biodiesel é de 359,60 m³/dia ou 14,98 m³/h em cada planta (ANP, 2021c). A vazão mássica foi calculada a partir da densidade média do biodiesel apresentada por Young (2015), resultando em um valor de aproximadamente 13.440 kg/h de biodiesel.

3.5 Modelagem das Reações

A literatura apresenta diversos artigos que descrevem modelos e dados cinéticos da reação de transesterificação. Esses dados, que foram utilizados posteriormente para realizar o dimensionamento dos reatores, estão sumarizados na Tabela 3.4.

Uma vez que este trabalho objetiva a avaliação e comparação econômica de várias matérias-primas para produção de biodiesel, as simulações foram realizadas sob as mesmas condições operacionais e cinéticas. Neste sentido, as reações foram simuladas objetivando 90% de conversão de óleo em biodiesel, com relação molar metanol/óleo de 6:1, além de utilizar 1% m/m de NaOH como catalisador.

Tabela 3.4 – Condições de reação para produção de biodiesel a partir de diversas matérias-primas

Matéria-Prima (óleo ou gordura)	Catalisador (%m/m)	Temperatura (°C)	Proporção Molar Metanol/Óleo	Tempo (min)	Rendimento (%m/m)	Referências
Dendê	1,0 KOH	60	6:1	60	88	Ali e Tay (2013)
Soja	1,0 NaOH	32	6:1	60	94	Freedman, Pryde e Mounts (1981)
Colza	1,0 KOH	65	6:1	120	95-96	Rashid e Anwar (2008a)
Mamona	1,45 KOH	35,5	8,24:1	40	92	Jeong e Park (2009)
Girassol	1,0 NaOH	60	6:1	120	97,1	Rashid <i>et al.</i> (2008)
Amendoim	0,5 NaOH	60	6:1	120	89	Singh e Singh (2009)
Algodão	0,75 NaOH	65	6:1	90	96,9	Rashid, Anwar e Knothe (2009)
Sebo Bovino	1,25 KOH	65	6:1	120	87,4	Hoque, Singh e Chuan (2011)
Fritura	1,0 NaOH	50	9:1	90	89,9	Meng, Chen e Wang (2008)
Porco	1,26 KOH	65	7,5:1	20	97,8	Jeong, Yang e Park (2009)
Frango	1,25 KOH	65	6:1	120	89	Hoque, Singh e Chuan (2011)
Milho	2,0 KOH	80	9:1	60	85-96	Patil e Deng (2009)
Jojoba	1,35 KOH	25	6:1	60	83,5	Bouaid <i>et al.</i> (2007)
Cártamo	1,0 NaOCH ₃	60	6:1	120	98	Rashid e Anwar (2008b)
Pinhão Manso	0,55 KOH	60	5:1	24	99	Tiwari, Kumar e Raheman (2007)

4 Simulações da Produção de Biodiesel

Neste capítulo serão apresentados os fluxogramas das simulações para obtenção de biodiesel e a descrição do processo de produção do mesmo. Informações detalhadas sobre as correntes podem ser vistas no Apêndice I deste trabalho. As metodologias de simulação de Young (2015) e de Galvão (2019) foram utilizadas como base para este trabalho. O fluxograma final das simulações está apresentado na Figura 4.1. O fluxograma e as descrições das etapas do processo em geral são válidos para todos os óleos escolhidos para análise neste trabalho. Quando necessário, foram levantadas no descritivo de cada etapa do processo as especificidades inerentes a cada óleo.

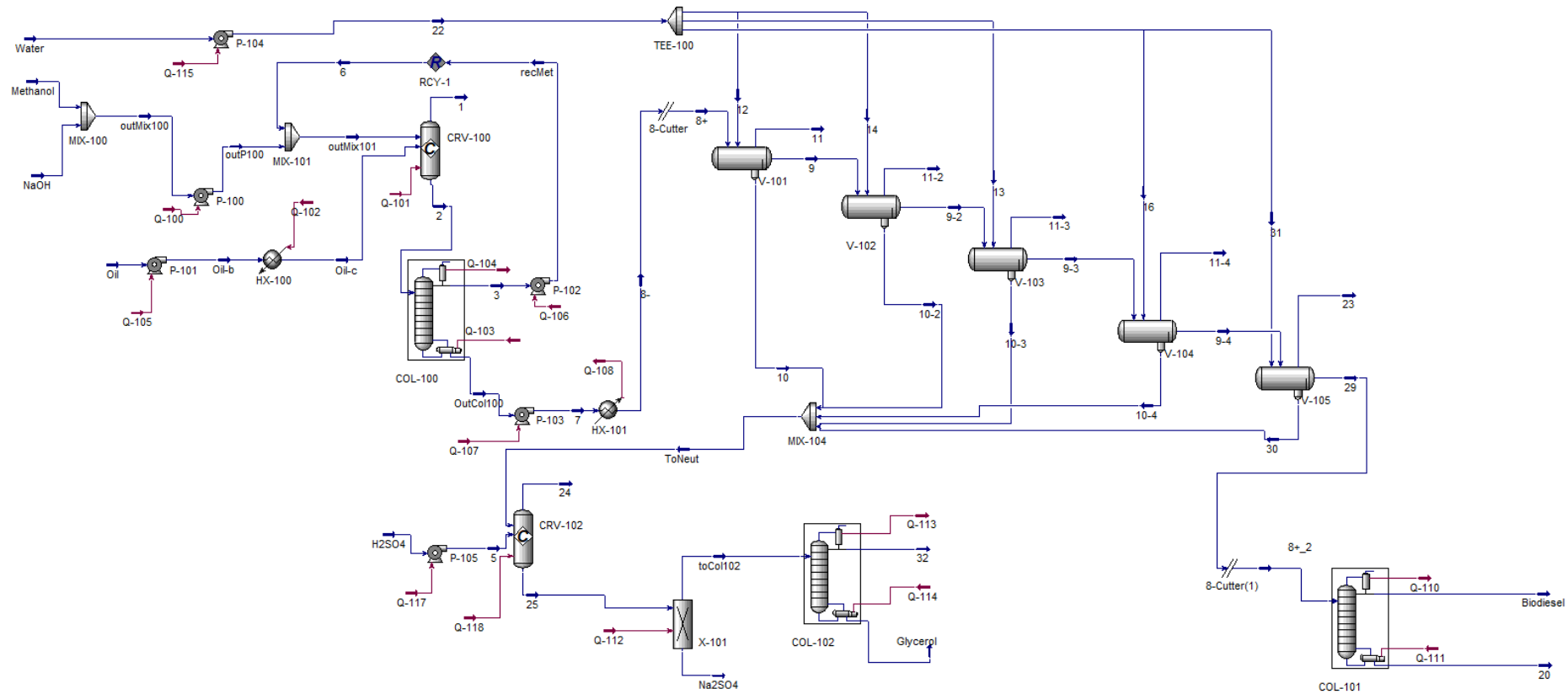


Figura 4.1 – Fluxograma geral das simulações

4.1 Transesterificação

As correntes externas de alimentação denominadas *Methanol*, *NaOH* e *Oil* foram utilizadas nessa etapa do processo. De início, as duas primeiras correntes, de álcool e de catalisador, foram misturadas antes de ocorrer a reação de transesterificação. Foi utilizado um *mixer* nomeado *MIX-100* para realizar a mistura. Logo após, a pressão da corrente foi alterada para 400 kPa com o auxílio de uma bomba denominada (*P-100*) para melhor se ajustar às condições do reator de transesterificação (*CRV-100*).

A corrente de óleo (*Oil*) foi adicionada ao reator supracitado por uma via separada. Para isso foram necessários dois equipamentos: um para ajuste da pressão da corrente para 400 kPa (*P-101*) e outro (*HX-100*) para ajuste da temperatura.

Como definido na Seção 3.5, utilizou-se, como premissa conversão de 90% do óleo no reator. Assim foram obtidas duas correntes de produto: uma na fase líquida (corrente 2) e uma na fase gasosa (corrente 1), que não possui vazão efetiva por ser um *output* obrigatório do modelo utilizado pelo *software Aspen HYSYS®*.

4.2 Recuperação do Metanol

A reação de equilíbrio dinâmico de transesterificação entre o óleo e o álcool ocorre quando 1 mol de triglicerídeo reage com 3 mols de álcool, nesse caso o metanol. Para obtenção de melhores resultados em termos de produtos, é adicionado um excesso de geralmente 6 mols de álcool em relação a um de óleo. Isso acarreta o deslocamento do equilíbrio para a direita da equação, conforme Princípio de Le Chatelier (BEATRIZ; ARAÚJO; LIMA, 2011).

Dessa forma, se faz necessária uma etapa de recuperação e reciclo do metanol. A corrente 2 segue, então, para uma coluna de destilação (*COL-100*) com o mesmo número de pratos teóricos para todas as matérias-primas. O resultado da separação são duas correntes de saída. A de topo (corrente 3) contém o metanol e, após passar pela bomba *P-102*, este é reciclado e reaproveitado para manter a proporção molar com excesso de álcool na entrada do reator *CRV-100*. A simbologia *RCY-1* representa uma obrigatoriedade do *software* para indicar que a corrente é de reciclo.

A coluna de destilação (*COL-100*) foi projetada com razão de refluxo igual a dois. Devido ao fato de o glicerol sofrer degradação em temperaturas elevadas, acima de 133 °C, a coluna opera sob vácuo, de forma a evitar o superaquecimento (YOUNG, 2015, GALVÃO, 2019). Devido à diferença de volatilidade dos compostos, foram necessários apenas sete estágios teóricos para realizar a separação. A corrente de fundo (*OutCol100*) da coluna *COL-100* é pressurizada pela bomba *P-103* e em seguida resfriada até 60 °C pelo *HX-101*.

4.3 Separação das Fases

A separação de glicerol e biodiesel, além de outras impurezas não desejadas no produto final, é importante para que o produto final atenda às normas nacionais estabelecidas pela ANP. Para isso é necessário realizar a lavagem do biodiesel para que ocorra a extração das impurezas presentes na corrente.

Com amplo uso na literatura (ZHANG *et al.*, 2003a; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019), a água foi definida como solvente da etapa de lavagem, isso porque tem baixo custo e o glicerol e o metanol são altamente solúveis neste composto (CAVALLARI, 2012). Dessa forma, uma corrente de água (*Water*) foi adicionada à simulação e pressurizada com o auxílio de uma bomba (*P-104*). Esta corrente foi dividida em frações iguais, por meio de um *Tee* (*TEE-100*), e essas foram direcionadas para os cinco² conjuntos de vasos de mistura e decantadores em série que foram necessários para realizar a lavagem do biodiesel de maneira exitosa. Os conjuntos foram individualmente configurados no *software* como separadores de três fases. De forma similar ao que foi explicado anteriormente para o reator, a corrente gasosa é um *output* obrigatório do Aspen HYSYS®, não possuindo vazão real nas simulações elaboradas neste trabalho.

4.4 Remoção da Base

As correntes de saída dos conjuntos de lavagem contendo o glicerol foram direcionadas para um *mixer* (*MIX-104*) e em seguida a corrente com a mistura resultante (*ToNeut*) seguiu para a alimentação do reator de neutralização (*CRV-102*).

² Para as simulações do óleo de soja, foram necessários apenas quatro conjuntos de vasos de lavagem, o que está em linha com trabalhos anteriores (YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019).

Conforme explicado na Seção 3.1.1, dependendo da pureza, o glicerol pode apresentar um valor comercial alto. Nesse caso, foi realizada uma etapa para remover o catalisador da corrente de glicerol para posterior purificação a partir de uma reação de neutralização do NaOH com algum ácido. Neste trabalho foi selecionado o ácido sulfúrico.

A corrente de ácido (H_2SO_4), após pressurização na bomba *P-105*, é alimentada no reator *CRV-102* junto com a corrente *ToNeut*. Assumindo uma conversão de 100%, é possível neutralizar todo o NaOH e há a formação de Na_2SO_4 , que pode ser removido como um produto aproveitável devido à sua elevada pureza. Para isso foi utilizado um clarificador, que na simulação é representado como um *Splitter (X-101)* (YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019).

4.5 Purificação do Glicerol

Após a remoção da base e do sal resultante da reação de neutralização, devido às impurezas que ainda restam na corrente de glicerol, se faz necessário projetar uma coluna de destilação (*COL-102*) para obter o glicerol com pureza maior que 99%. Foi necessário utilizar uma coluna com cinco estágios teóricos para alcançar o objetivo. A corrente de fundo (*Glycerol*) contém uma fração rica em glicerol, enquanto a corrente de topo contém todas as impurezas.

4.6 Purificação do Biodiesel

A corrente de saída da etapa de lavagem, composta majoritariamente por biodiesel, ainda contém impurezas como água, glicerol e o óleo não reagido. Nesse caso optou-se por utilizar outra coluna de destilação (*COL-101*), conforme foi realizado em diversos trabalhos da literatura (ZHANG *et al.*, 2003a; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019). A coluna foi projetada com 10 estágios teóricos, o suficiente para atender às especificações da ANP acerca do biodiesel. A corrente de saída de topo da coluna (*biodiesel*) caracteriza o biodiesel obtido como produto final.

4.7 Resultados

Neste trabalho foram elaboradas simulações do processo de produção de biodiesel para quinze diferentes matérias-primas. Conforme explicado no começo do Capítulo 4, as etapas do processo completo de produção são válidas para todos os óleos estudados. Dessa forma, foi possível elaborar uma análise acerca dos resultados que cada um demonstrou, sumarizados na Tabela 3.4.

O gráfico ilustrado na Figura 4.2 apresenta um comparativo entre os rendimentos finais de biodiesel de acordo com a matéria-prima utilizada. Não houve diferenças significativas, o que pode ser explicado pela semelhança dos compostos representativos de cada óleo. Com exceção do dendê, todas as matérias-primas têm como componente majoritário e representativo a trioleína ou a trilinoleína, conforme apresentado na Tabela 3.2.

O gráfico com a comparação da energia por tipo de utilidade (fria ou quente) e total utilizada por todas as etapas durante o processo de produção de cada óleo está apresentado na Figura 4.3. A quantidade de matéria-prima e álcool alimentados, a vazão de reciclo e das correntes do processo para cada óleo estudado são fatores que afetam a quantidade de energia total necessária pelos equipamentos para produção do biodiesel. Os processos que utilizaram maior quantidade de energia foram as destilações para purificação do glicerol e do biodiesel final, o que pode ser explicado pelo fato dos produtos de interesse resultantes dessas destilações precisarem ter um alto grau de pureza. Por outro lado, os processos que menos demandaram energia, foram os que tinham envolvimento das bombas por conta das respectivas vazões.

A Tabela 4.1, além de mostrar os resultados de pureza final do biodiesel (mássica) e energia total utilizada, apresenta a quantidade de água gasta nos vasos de lavagem, que posteriormente foi direcionada para a etapa de purificação de glicerol, sendo separada na *COL-102*. Não houve diferenças consideráveis nas quantidades utilizadas, exceto para a produção a partir do óleo de dendê, o que também pode ser explicado pelo fato de que essa é a única matéria-prima na qual o componente representativo não é nem a trioleína nem a trilinoleína. Para este óleo, foi utilizada a estrutura molecular da tripalmitina.

Tabela 4.1 – Outputs do processo de produção de Biodiesel

	Pureza final do biodiesel (% massa)	Energia (MegaGJ/h)	Gasto de água na lavagem (kmol/h)
Biodiesel de Dendê	99,71	87324,26	187,62
Biodiesel de Soja	99,92	77984,14	188,34
Biodiesel de Colza	99,90	81909,32	188,37
Biodiesel de Mamona	99,90	80453,33	188,37
Biodiesel de Girassol	99,92	84776,54	188,37
Biodiesel de Amendoim	99,88	79422,55	188,36
Biodiesel de Algodão	99,93	84060,66	188,34
Biodiesel de Sebo Bovino	99,88	80375,04	188,35
Biodiesel de Fritura	99,90	82727,84	188,37
Biodiesel de Gordura de Porco	99,87	79371,99	188,35
Biodiesel de Gordura de Frango	99,87	79052,21	188,35
Biodiesel de Milho	99,92	85318,28	188,37
Biodiesel de Jojoba	99,79	77133,62	188,27
Biodiesel de Cártamo	99,92	85492,05	188,37
Biodiesel de Pinhão Manso	99,90	84381,16	188,37

Pureza em biodiesel (% massa)

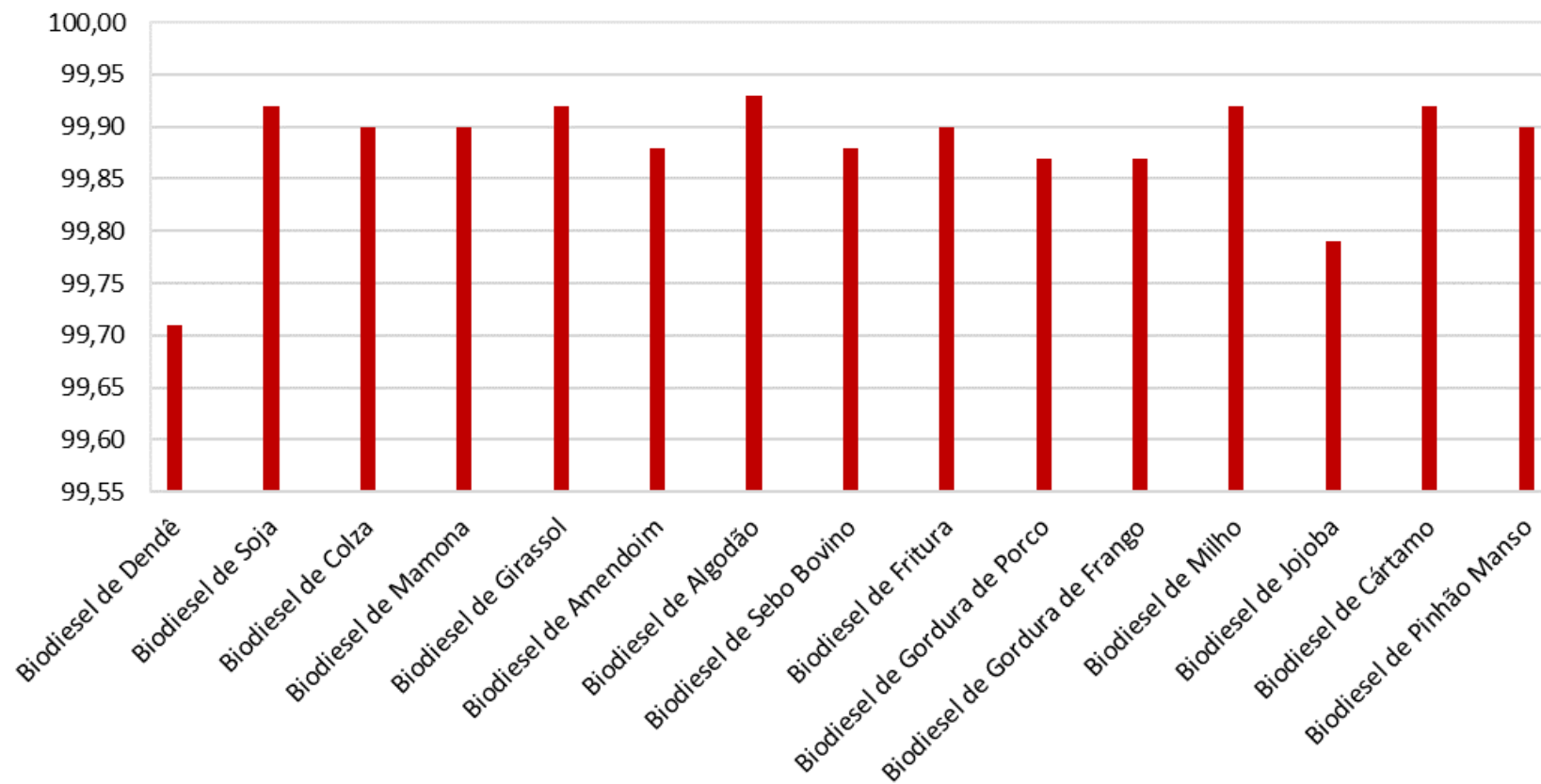


Figura 4.2 – Pureza final dos biodieseis estudados

Energia Gasta Total e por tipo de utilidade (MegaGJ/h)

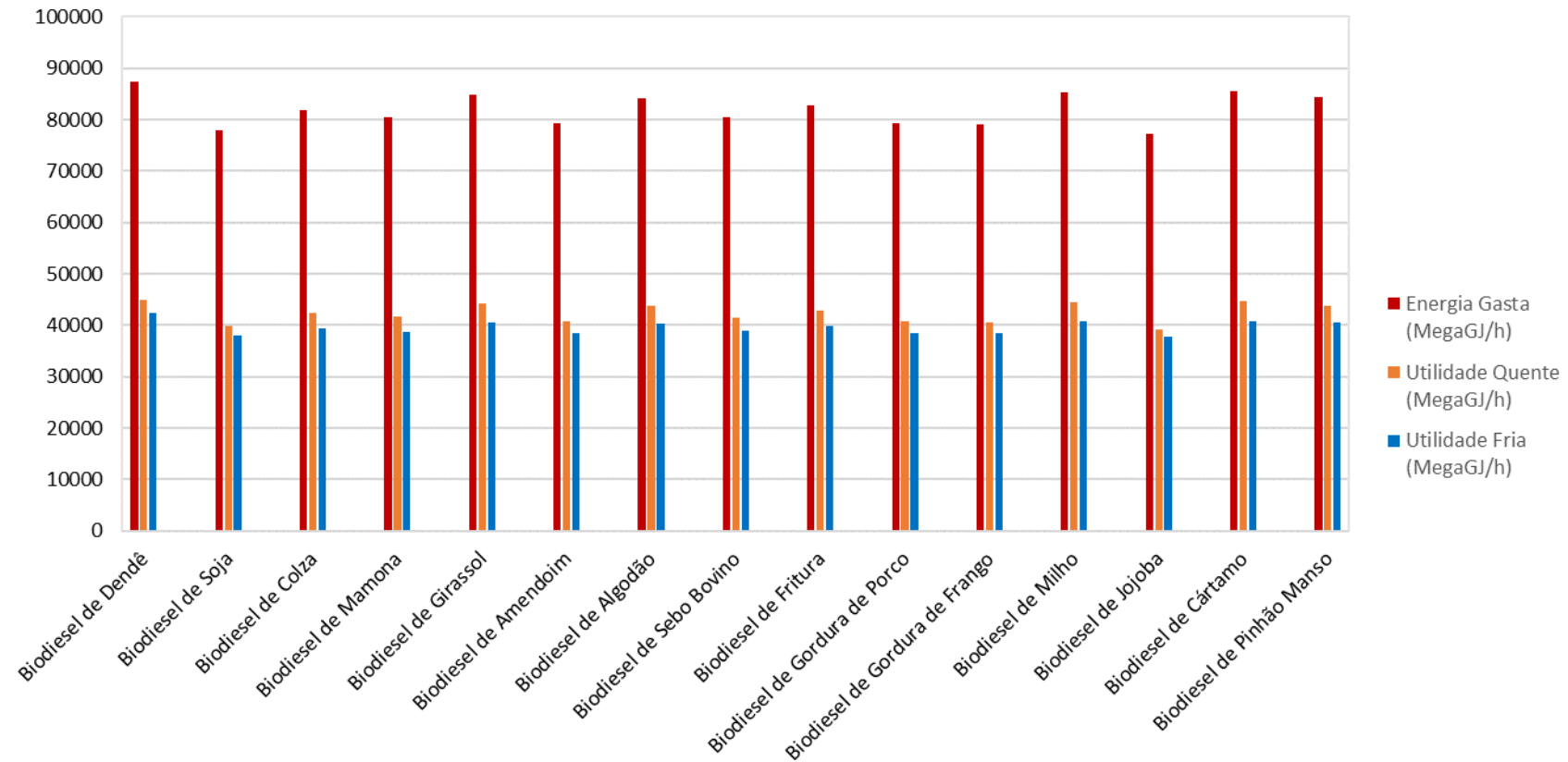


Figura 4.3 – Energia total gasta no processo de produção dos biodieseis estudados

5 Dimensionamento dos Equipamentos

A partir dos resultados de simulação dos casos objetos deste trabalho, foram dimensionados os equipamentos do processo. O Apêndice II apresenta as informações detalhadas sobre o resultado do dimensionamento dos equipamentos e suas propriedades.

5.1 Reatores

5.1.1 Reator de Transesterificação

Os reatores do processo de transesterificação, do tipo CSTR, serão dimensionados considerando mistura ideal. Para isso, é preciso obter o tempo de residência para que a reação ocorra. A partir dos dados e informações de experimentos que foram realizados em batelada, é possível realizar o cálculo e obter o tempo de residência do reator CSTR.

Conforme encontrado na literatura e realizado em Shahla, Ngho e Yusoff (2012), em Young (2015) e em Galvão (2019), esse trabalho, por objetivar a avaliação econômica dos processos de produção de biodiesel, adotará modelos de reação de segunda ordem irreversível, por simplificação e uniformização, uma vez que não há consenso na literatura sobre ordem dos modelos, tampouco informação suficiente para o alguns dos óleos e gorduras. Dessa forma, para um reator batelada, a seguinte equação de balanço de massa é utilizada:

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = -r_A \quad \text{Equação 5.1}$$

em que C_A é a concentração do componente A;

$-r_A$ é a taxa de consumo do reagente A no tempo t.

A equação da taxa de reação de segunda ordem irreversível para a reação de transesterificação é apresentada pela Equação 5.2.

$$-r_A = k C_A C_B \quad \text{Equação 5.2}$$

em que k é a constante da velocidade de reação;

C_A é a concentração de triglicerídeos;

C_B é a concentração de metanol.

Substituindo a Equação 5.2 na Equação 5.1, obtém-se a Equação 5.3.

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = k C_A C_B \quad \text{Equação 5.3}$$

Ajustando a Equação 5.3 como função apenas da conversão de triglicerídeos, obtêm-se as Equações 5.4 e 5.5.

$$C_{A0} \frac{\partial X_A}{\partial t} = k C_{A0}(1 - X_A) C_{A0}(\alpha - \beta X_A) \quad \text{Equação 5.4}$$

$$\frac{\partial X_A}{\partial t} = k C_{A0}(1 - X_A)(\alpha - \beta X_A) \quad \text{Equação 5.5}$$

em que C_{A0} é a concentração molar inicial de triglicerídeos;

α é a razão molar entre metanol e o triglicerídeo;

β é a razão estequiométrica entre os componentes B e A

Desse modo, é possível manipular a Equação 5.5 de forma a obtê-la em função do tempo de batelada t_b necessário para alcançar uma dada conversão X_A .

$$t_b = \frac{1}{k C_{A0}} \int_0^{X_A} \frac{1}{(1 - X_A)(\alpha - \beta X_A)} \partial X_A \quad \text{Equação 5.6}$$

em que X_A é a conversão de triglicerídeo no instante t_b .

A partir da Equação 5.6 e dos dados informados na Tabela 3.4, foi possível calcular o valor de k para cada uma das matérias-primas estudadas. Com a

modelagem do processo em batelada finalizada, é preciso modelar o processo para um reator do tipo CSTR. O balanço de massa para um componente A em um reator CSTR é dado pela Equação 5.7.

$$F_{A0} = F_A + V(-r_A) \quad \text{Equação 5.7}$$

em que F_{A0} é a vazão molar de entrada do componente A;

F_A é a vazão molar de saída do componente A;

$-r_A$ é a taxa de consumo do componente A;

V é o volume reacional.

Sendo:

$$F_{A0} = v C_{A0} \quad \text{Equação 5.8}$$

$$F_A = v C_A \quad \text{Equação 5.9}$$

em que v é a vazão volumétrica no reator.

Substituindo as Equações 5.2, 5.8 e 5.9 na Equação 5.7, obtém-se a Equação 5.10.

$$C_{A0} = C_A + \frac{V}{v}(kC_A C_B) \quad \text{Equação 5.10}$$

Adequando a Equação 5.10 em função apenas da conversão de triglicerídeos, definindo o tempo de residência (t_c) como a razão entre o volume reacional (V) e a vazão volumétrica no reator (v), e adotando os valores de α e β de acordo com o que foi explicado na Seção 3.5, obtém-se a Equação 5.11.

$$t_c = \frac{X_A}{kC_{A0}(1-X_A)(6-3X_A)} \quad \text{Equação 5.11}$$

A partir da Equação 5.12 é possível calcular o volume reacional.

$$V = v \times t_c \quad \text{Equação 5.12}$$

Seguindo a metodologia adotada em Young (2015), foi considerado um *headspace* de 20% do volume em todos os reatores. Dessa forma, os volumes dos reatores foram obtidos multiplicando os volumes reacionais por 1,2. Ainda segundo Young (2015), foi considerada uma razão de 3:1 entre altura e diâmetro do reator. Além disso, seguindo a metodologia apresentada em Seider, Seader e Lewin (2016), foram dimensionados um misturador e uma serpentina para aquecimento ou resfriamento, que foram adicionados aos reatores.

5.1.2 Reator de Neutralização

Para o reator de neutralização, também do tipo CSTR, considerou-se uma reação irreversível com uma conversão de 100% de NaOH e concentração estequiométrica de H₂SO₄. Além disso, foi considerado que a reação é praticamente instantânea, com tempo de residência de cinco minutos. Para o cálculo do volume do reator foram utilizadas a Equação 5.12 e as mesmas premissas adotadas para o reator de transesterificação.

5.2 Colunas de Destilação

Para realizar o dimensionamento das colunas de destilação do processo de produção de biodiesel, foi adotada a metodologia proposta em Seider, Seader e Lewin (2016). Devido à alta viscosidade do meio reacional, as colunas foram projetadas como colunas recheadas. Além disso, as colunas de purificação de biodiesel foram projetadas utilizando anéis Pall de 1 in, devido ao elevado número de estágios teóricos. Por outro lado, as colunas de reciclo de metanol e de purificação do glicerol, em razão de apresentarem baixo número de estágios teóricos, foram projetadas com o uso de anéis Pall de 2 in.

O método de Leva foi utilizado para o cálculo do diâmetro das colunas, conforme foi adotado por outros autores na literatura (WEST; POSARAC; ELLIS, 2008; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019). De forma empírica, o diâmetro da coluna pode

ser determinado a partir da velocidade de *flooding*, como apresentado na Equação 5.13.

$$D = \sqrt{\frac{4G}{\pi(fU_f)\rho_G}} \quad \text{Equação 5.13}$$

em que D é o diâmetro calculado (ft);

G é a vazão mássica de vapor (kg/s);

f é um fator de dimensionamento empírico, normalmente assumido como 0,7;

U_f é a velocidade de *flooding* (ft/s);

ρ_G é a densidade da fase vapor (kg/ft³).

As Equações 5.14 - 5.18 apresentam a correlação de Leva para velocidade de *flooding*.

$$Y = \exp[-3,7121 - 1,0371(\ln F_{LG}) - 0,1501(\ln F_{LG})^2 - 0,007544(\ln F_{LG})^3] \quad \text{Equação 5.14}$$

$$F_{LG} = \frac{L}{G} \sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L}} \quad \text{Equação 5.15}$$

$$Y = \frac{U_f^2 F_P}{g} \left(\frac{\rho_G}{\rho_{H_2O(L)}} \right) f\{\rho_L\} f\{\mu_L\} \quad \text{Equação 5.16}$$

$$f\{\rho_L\} = -0,8787 + 2,6776 \left(\frac{\rho_{H_2O(L)}}{\rho_L} \right) - 0,6313 \left(\frac{\rho_{H_2O(L)}}{\rho_L} \right)^2 \quad \text{Equação 5.17}$$

$$f\{\mu_L\} = 0,96\mu_L^{0,19} \quad \text{Equação 5.18}$$

em que L é a vazão mássica da fase líquida (kg/s);

$\rho_{H_2O(L)}$ é a densidade da água em fase líquida (kg/ft³);

ρ_L é a densidade da fase líquida (kg/ft³)

μ_L é a viscosidade da fase líquida (cP)

g é a aceleração gravitacional na Terra (ft/s²);

F_P é o fator de empacotamento relativo ao tipo de recheio (ft²/ft³).

O fator de empacotamento adotado para anéis de Pall de 1 in de metal é igual a 56 ft²/ft³. Para anéis de Pall de 2 in, esse fator é de 27 ft²/ft³. Os demais valores utilizados nas equações anteriores foram obtidos a partir do simulador.

A partir da resolução do sistema de Equações 5.13 - 5.18, é possível obter o diâmetro de cada estágio da coluna. Neste trabalho foi calculado o diâmetro em três estágios: topo, meio e fundo. Para isso, foi assumido que o diâmetro da coluna de destilação é a média dos diâmetros destes três estágios.

Segundo Young (2015) e Galvão (2019), para a determinação da altura das colunas de destilação foi utilizado o método da altura equivalente de prato teórico (em inglês, *Height Equivalent to a Theoretical Plate* - HETP). Esse método assume que em cada estágio teórico há uma altura equivalente de recheio. As colunas foram projetadas com eficiência de 70% em todos os estágios, exceto no condensador e no refeedor, onde foi assumido 100% de eficiência.

Para o cálculo de HETP foi utilizada a metodologia proposta em Seider, Seader e Lewin (2016). Neste trabalho, a Equação 5.19 foi utilizada para determinar a HETP das colunas de destilação por ser recomendada em caso de colunas a vácuo.

$$HETP = 1,5D_p + 0,5 \quad \text{Equação 5.19}$$

em que HETP é a altura equivalente de prato teórico (ft);

D_p é o diâmetro nominal do recheio da coluna (in).

É possível calcular a altura total do recheio multiplicando o valor encontrado de número total de pratos teóricos (com exceção do condensador e do refeedor) pela HETP. Deve-se adicionar também espaços para inserção do condensador e do refeedor. Para isso, a altura do condensador foi calculada como três quartos do diâmetro e a do refeedor como um diâmetro inteiro, seguindo as orientações propostas em Seider, Seader e Lewin (2016).

5.3 Vasos de Lavagem

Na etapa de lavagem do biodiesel foram utilizados separadores trifásicos. Conforme explicado no Capítulo 3, cada módulo de lavagem equivale a um vaso de

mistura e um decantador. Os vasos de mistura foram projetados com uma relação de 1:1 entre a altura e o diâmetro, sendo adotada uma configuração de vaso vertical. Segundo Young (2015), a utilização dessa combinação de equipamentos é mais simples e mais econômica que o uso de uma coluna de extração. Além disso, cada vaso foi equipado com um misturador. Segundo a metodologia apresentada em Seider, Seader e Lewin (2016), foi utilizado um tempo de residência de cinco minutos. Da mesma forma que foi realizado para os reatores, o volume dos vasos foi obtido a partir da multiplicação da vazão de entrada pelo tempo de residência.

Os decantadores foram projetados com uma relação entre comprimento e diâmetro de 4:1, sendo utilizada uma configuração de vaso horizontal. Ainda segundo a metodologia de Seider, Seader e Lewin (2016), para o cálculo da área do decantador é necessário prever 1 ft² de área para cada 5 gal/min de vazão e considera-se que a fase líquida ocupa metade do volume do vaso. Por não haver componentes com potencial corrosivo, foi adotado o aço carbono como material dos vasos de lavagem.

5.4 Clarificador

A fórmula para estimativa do custo de um clarificador proposta por Seider, Seader e Lewin (2016) necessita apenas da área de sedimentação. Dessa forma, somente essa grandeza foi dimensionada. Segundo os autores, é recomendado que a área de sedimentação, em ft², seja estimada em cinquenta vezes a vazão mássica de sólidos que é retirada, em ton/dia.

5.5 Trocadores de Calor

Para o dimensionamento dos trocadores de calor foi utilizado novamente o que é recomendado por Seider, Seader e Lewin (2016). Dessa forma, os trocadores com área de troca térmica superior a 200 ft² são projetados como casco e tubo, enquanto os trocadores com área de troca térmica inferior a 200 ft² são projetados como duplo tubo. Os condensadores e os refeedores das colunas de destilação foram representados como trocadores de calor comuns.

Para a estimativa do custo do equipamento, é necessário somente a área de troca térmica, que pode ser obtida a partir da Equação 5.20.

$$Q = UA_T \Delta T_{LM}$$

Equação 5.20

onde Q é a taxa de transferência de calor;

U é o coeficiente global de troca térmica;

A_T é a área total de troca térmica;

T_{LM} é a média logarítmica da diferença de temperaturas

A taxa de transferência de calor (Q) foi obtida diretamente nas simulações de cada equipamento utilizado. Já os valores do Coeficiente Global de Troca Térmica (U) dependem do equipamento e dos materiais envolvidos na troca térmica, sendo uma grandeza que é obtida de forma empírica ou com valores encontrados na literatura. Para este trabalho foram utilizados os valores disponíveis em Young (2015) e em Seider, Seader e Lewin (2016). Informações detalhadas sobre os valores utilizados em cada equipamento podem ser vistas no Apêndice II deste trabalho.

Seguindo a mesma metodologia usada por Young (2015) e Galvão (2019), tanto para aquecimento quanto para resfriamento, foi utilizado para o aquecimento vapor saturado a 400 psi, possuindo uma temperatura de 229,2 °C. A entalpia de vaporização nessas condições é de aproximadamente $1,8157 \times 10^6$ J/kg. Para o resfriamento das correntes, optou-se por utilizar água com uma diferença de temperatura de aproximação de 10 °C. Dessa forma, a temperatura na entrada do trocador de calor foi definida como sendo 25 °C e a temperatura na saída é de 35 °C. Com esses parâmetros, a capacidade térmica média da água é de aproximadamente $4,1805 \times 10^3$ J/kg°C. Para aquecimento nos casos em que não foi suficiente utilizar o vapor na temperatura de 229,2 °C, optou-se por vapor superaquecido a 500 °C e 2700 kPa. Nessas condições, a capacidade térmica do vapor é de $2,2445 \times 10^3$ kJ/kg°C.

6 Avaliação Econômica dos Processos

A etapa de avaliação econômica elaborada para este trabalho consiste em estimar o investimento necessário para a construção das plantas de produção de biodiesel, os custos de produção do mesmo e as receitas do processo levando em consideração o cenário econômico atual. Dessa forma é possível realizar uma avaliação econômica comparativa dos diferentes casos estudados neste trabalho. Esse trabalho não visa a estimativa precisa dos resultados econômicos. A análise realizada objetiva fornecer dados que embasem uma avaliação econômica preliminar, permitindo realizar a comparação entre o biodiesel produzido a partir das diversas matérias-primas. Na literatura é possível encontrar essa mesma abordagem aplicada à comparação de diferentes tecnologias de produção de biodiesel (ZHANG *et al.*, 2003a; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019).

O preço do biodiesel foi estimado a partir da média dos valores pagos pelo produto no 82º Leilão do Biodiesel da ANP, realizado entre os dias 4 e 15 de outubro de 2021. No leilão, 1,073 bilhões de litros de biodiesel foram negociados por um valor total de R\$ 6,336 bilhões (ANP, 2021d). Os preços dos demais componentes utilizados foram obtidos por meio do sistema do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) para consultas e extração de dados do comércio exterior brasileiro, o Comex Stat. Nele foi possível consultar, a partir da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), os preços médios de importação e exportação de cada produto de janeiro até novembro de 2021.

O preço de água de processo, vapor e demais utilidades foi retirado da base de dados do simulador Aspen HYSYS® versão 8.8. O custo da eletricidade foi obtido no site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Nele foi possível obter o valor da tarifa média de eletricidade no Brasil entre os meses de janeiro e novembro de 2021. O valor para disposição dos efluentes foi obtido segundo a metodologia apresentada em Turton *et al.* (2018). Os preços dos componentes e utilidades utilizados durante o processo de produção de biodiesel estão apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Preço dos componentes utilizados no processo

Componente	Preço (US\$/kg)	Óleo	Preço (US\$/kg)	Utilidade	Preço (US\$/kg)
Metanol	0,55322	Dendê	1,16506	Vapor Superaquecido (US\$/kJ)	$2,50 \times 10^{-6}$
Glicerol (>99%)	1,17875	Soja	1,05201	Vapor (US\$/kJ)	$2,20 \times 10^{-6}$
Biodiesel	1,19712	Colza	1,11716	Água Natural (US\$/kJ)	$2,12 \times 10^{-7}$
H ₂ SO ₄	2,80379	Mamona	2,00018	Água de Processo	0,00002
NaOH	0,15951	Girassol	1,65729	Eletricidade (US\$/kWh)	0,11272
Na ₂ SO ₄	0,23561	Amendoim	1,88394	Disposição de Efluentes	0,03600
		Algodão	1,35641		
		Sebo Bovino	1,83523		
		Fritura	2,09046		
		Porco	1,36984		
		Frango	0,98563		
		Milho	1,04047		
		Jojoba	17,37780		
		Cártamo	4,19980		
		Pinhão Manso	3,85161		

6.1 Investimento

Para realizar a estimativa do valor total de investimento necessário para construção da planta de produção de biodiesel foi utilizado o Método de Lang. Ele consiste na multiplicação do preço total de aquisição dos equipamentos da planta por um fator de 1,05, que leva em consideração o transporte dos equipamentos até o local de construção da planta. Segundo Seider, Seader e Lewin (2016), os resultados deste método podem apresentar imprecisão de aproximadamente 35%.

Os preços de aquisição dos equipamentos foram determinados a partir de fórmulas empíricas, seguindo a metodologia proposta em Seider, Seader e Lewin (2016). Para realizar a correção do custo resultante das fórmulas para o ano de 2021, se fez necessário utilizar o *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) mais atual. Este índice é uma ferramenta importante para atualizar os custos de uma planta de processos de um período para o outro e é atualizado mensalmente de acordo com as variações dos preços no mercado. O valor de CEPCI do ano de 2013, utilizado para elaboração das fórmulas, foi de 567. Todos os valores foram atualizados para o CEPCI disponível em maio de 2021, no valor de 686,7 (CE, 2021).

A Equação 6.1 apresenta a fórmula de Lang para o cálculo do investimento total necessário:

$$I_F = 1,05 f_L \sum_i \left(\frac{CEPCI}{CEPCI_b} \right) C_i \quad \text{Equação 6.1}$$

onde I_F é o investimento fixo;

f_L é o fator de Lang;

$CEPCI$ é o *Chemical Engineering Plant Cost Index* do ano de projeto;

$CEPCI_b$ é o *Chemical Engineering Plant Cost Index* do ano base;

C_i é o custo *f.o.b.* de aquisição do equipamento i .

O fator de Lang tem como objetivo levar em consideração os custos de instalação, instrumentação e controle, encanamento, rede elétrica, aquisição de terreno, custo de engenharia e as taxas relativas aos custos. Por se tratar de uma planta de processos que trabalha apenas com líquidos, neste trabalho foi utilizado o fator no valor de 5,04. Para se obter o investimento total, é necessário somar o investimento fixo ao capital de giro do processo. Esse capital foi estimado em 15% do valor de investimento total.

6.1.1 Custo das Bombas

O custo das bombas centrífugas é apresentado pela Equação 6.2.

$$C_P = F_T F_M C_B \quad \text{Equação 6.2}$$

F_T é o fator relativo ao tipo de bomba utilizado. Esse fator depende do número de estágios, da frequência de rotação, da orientação, da vazão e da altura manométrica da bomba. Para bombas de um estágio, com orientação vertical e frequência de 3600 rpm, este fator pode ser considerado 1,00. O fator F_M está relacionado ao tipo de material de construção da bomba. Para bombas de aço carbono, esse valor é igual a 1,35. C_B é o custo base, e sua fórmula é apresentada pela Equação 4.3. Essa depende do fator de tamanho da bomba, S , que por sua vez é função da vazão Q (em galões/min) e da altura manométrica H (em ft). O valor de S é dado pela Equação 6.4.

$$C_B = \exp\{12,1656 - 1,1448[\ln(S)] + 0,0862[\ln(S)]^2\} \quad \text{Equação 6.3}$$

$$S = Q(H)^{0,5} \quad \text{Equação 6.4}$$

O custo de uma bomba de engrenagem externa, utilizada quando a condição de vazão volumétrica entre 10 e 5000 galões/min não é respeitada, é dado pelas Equações 6.5 e 6.6 (SEIDER, SEADER, LEWIN, 2016). O valor de F_M é o mesmo utilizado no caso da bomba centrífuga.

$$C_P = F_M C_B \quad \text{Equação 6.5}$$

$$C_B = \exp\{8,2816 - 0,2918[\ln(Q)] + 0,0743[\ln(Q)]^2\} \quad \text{Equação 6.6}$$

6.1.2 Custo dos Motores Elétricos

O motor elétrico é uma peça fundamental para o funcionamento de uma bomba e seu custo não está contemplado na seção anterior. A Equação 6.7 apresenta o custo para esse equipamento.

$$C_M = F_T C_B \quad \text{Equação 6.7}$$

F_T é um fator que depende do tipo de motor utilizado. Neste trabalho foi considerado motor a prova de explosão. O valor de F_T para este caso é 1,8. O custo base, C_B , é calculado a partir da Equação 6.8. Essa depende da potência P_C , calculada pela Equação 6.9:

$$C_B = \exp\left\{ \begin{array}{l} 5,9332 + 0,16829[\ln(P_C)] - 0,110056[\ln(P_C)]^2 \\ + 0,071413[\ln(P_C)]^3 - 0,0063788[\ln(P_C)]^4 \end{array} \right\} \quad \text{Equação 6.8}$$

$$P_C = \frac{QH\rho}{33000\eta_P\eta_M} \quad \text{Equação 6.9}$$

em que Q é a vazão (em galões/min);

H é a altura manométrica (em ft);

ρ é a densidade do líquido (em lb/galões).

Os valores de η_P e η_M podem ser calculados, respectivamente, pelas Equações 6.10 e 6.11.

$$\eta_P = -0,316 + 0,240151[\ln(Q)] - 0,01199[\ln(Q)]^2 \quad \text{Equação 6.10}$$

$$\eta_M = 0,80 + 0,0319 \left[\ln \left(\frac{QH\rho}{33000\eta_P} \right) \right] - 0,00182 \left[\ln \left(\frac{QH\rho}{33000\eta_P} \right) \right]^2 \quad \text{Equação 6.11}$$

6.1.3 Custo dos Trocadores de Calor

O custo de trocadores de calor do tipo casco e tubo é calculado pelas Equações 6.12 e 6.13:

$$C_{TC} = F_P F_M F_L C_B \quad \text{Equação 6.12}$$

$$C_B = \exp\{11,4185 - 0,9228[\ln(A_T)] + 0,09861[\ln(A_T)]^2\} \quad \text{Equação 6.13}$$

em que A_T é a área externa dos tubos.

O fator F_P é relativo a correções de custo para casos de reforço de pressão. Neste trabalho não foi necessário realizar essa correção e o fator F_P considerado é igual a 1. O fator F_L é uma correção de comprimento de tubo. Neste trabalho, os trocadores foram construídos com comprimento de 8 ft. O valor de F_L nesse caso é de 1,25. O fator F_M está relacionado aos tipos de materiais de construção dos trocadores e é calculado de acordo com a Equação 6.14.

$$F_M = a + \left(\frac{A}{100} \right)^b \quad \text{Equação 6.14}$$

Os fatores a e b foram assumidos como zero devido ao fato de que os trocadores não estão expostos a correntes corrosivas e, por isso, aço carbono foi o material utilizado para construção destes trocadores. Para áreas de troca térmica inferiores a 200 ft², trocadores de calor do tipo duplo-tubo foram projetados. Neste caso, o custo do trocador é calculado pelas Equações 6.15 e 6.16. O valor de F_M e F_P são os mesmos utilizados no caso de trocadores do tipo casco e tubo.

$$C_{TC} = F_P F_M C_B \quad \text{Equação 6.15}$$

$$C_B = \exp\{7,2718 + 0,16[\ln(A_T)]\} \quad \text{Equação 6.16}$$

O custo das serpentinas utilizadas na manutenção das temperaturas nos reatores é dado pela Equação 6.17.

$$C_S = \exp\{8,2015 - 0,4343[\ln(A_T)] + 0,03812[\ln(A_T)]^2\} \quad \text{Equação 6.17}$$

6.1.4 Custo das Colunas de Destilação

O custo das colunas de destilação (C_{CD}) é dado pela Equação 6.18. O custo do vaso (C_V) é uma função do seu peso W , em lb. As Equações 6.19 e 6.20 apresentam, respectivamente, o custo do vaso, C_V , e o valor de W :

$$C_{CD} = F_M C_V + C_{PL} \quad \text{Equação 6.18}$$

$$C_V = \exp\{10,5449 - 0,4672[\ln(W)] + 0,05482[\ln(W)]^2\} \quad \text{Equação 6.19}$$

$$W = \pi(D + t_S)(L + 0,8D)t_S\rho_S \quad \text{Equação 6.20}$$

em que D é o diâmetro interno da coluna;

L é a altura da coluna;

t_S é a espessura da parede da coluna;

ρ_S é a densidade do material da coluna.

A densidade ρ_S do aço carbono é de 0,284 lb/in³ e o fator relativo ao tipo de material de construção (F_M) é igual a um para aço carbono. C_{PL} , custo de instalação de plataformas e escadas, é necessário para obtenção do custo final para colunas de destilação (C_{CD}). O custo C_{PL} é apresentado na Equação 6.21.

$$C_{PL} = 341(D)^{0,63316}(L)^{0,80161} \quad \text{Equação 6.21}$$

A espessura t_S da coluna depende da pressão de operação. Para colunas atmosféricas, t_S é calculado pela Equação 6.22:

$$t_S = \frac{10 D}{2SE-12} \quad \text{Equação 6.22}$$

em que D é o diâmetro interno da coluna;

S é o máximo stress suportado pelo material da coluna;

E é o termo referente à eficiência de solda.

Neste trabalho o valor de S foi considerado 13750 psi e o valor da eficiência de solda, E , foi de 0,85, conforme já adotado na literatura para colunas cujas paredes também apresentavam pouca espessura (YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019).

A Equação 6.22 apresenta de forma preliminar a espessura da coluna. Por questões de segurança industrial, para evitar que a espessura utilizada seja muito pequena e que a coluna não tenha rigidez suficiente, é adotada uma espessura mínima de parede de acordo com o diâmetro interno da coluna. A Tabela 6.2 apresenta esses valores de espessura mínima. Como medida preventiva contra corrosão das paredes, ao valor de espessura final é adicionado 1/8 de polegada.

Tabela 6.2 – Diâmetros mínimos da parede dos vasos verticais

Diâmetro do Vaso (ft)	Espessura Mínima (in)
Até 4	1/4
4-6	5/16
6-8	3/8
8-10	7/16
10-12	1/2

Para colunas que operam a vácuo, o cálculo da espessura de parede, t_s , é dado pela Equação 6.23. Nas equações, D_0 é o diâmetro externo da coluna (em in), P é a menor pressão de operação (em psig), L é a altura da coluna (em in) e E_M é o módulo de elasticidade do material de construção (em psi), apresentado em Seider, Seader e Lewin (2016).

$$t_s = 1,3D_0 \left(\frac{PL}{E_M D_0} \right) \quad \text{Equação 6.23}$$

O custo do aparato de vácuo ($C_{Vácuo}$), que é necessário estar equipado nas colunas nesse regime de pressão, é dado pela Equação 6.24. Nela, G é a vazão mássica de vapor no fundo, em lb/h, e P é a pressão desejada, em torr.

$$C_{Vácuo} = 2,394 \left(\frac{G}{P} \right) \quad \text{Equação 6.24}$$

O custo final das colunas ainda envolve o preço de compra do recheio. O volume de recheio é calculado a partir do diâmetro interno e da altura do recheio. Os anéis Pall foram escolhidos conforme explicado na Seção 5.2. Anéis de Pall de metal de 1 in custam aproximadamente 39 US\$/ft³ e anéis de Pall de metal de 2 in custam em torno de 25 US\$/ft³.

6.1.5 Custo dos Reatores

O custo dos reatores (C_R) é dado pela Equação 6.25, de maneira semelhante ao cálculo de custo das colunas de destilação. A Equação 6.26 apresenta o custo do vaso, C_V .

$$C_R = F_M C_V + C_{PL} \quad \text{Equação 6.25}$$

$$C_V = \exp\{7,1390 + 0,18255[\ln(W)] + 0,02297[\ln(W)]^2\} \quad \text{Equação 6.26}$$

O peso, W , é calculado pela Equação 6.20. Conforme apresentado na Equação 6.25, é necessário adicionar o custo da instalação de plataformas e escadas, dado pela Equação 6.27.

$$C_{PL} = 410(D)^{0,73950}(L)^{0,70684} \quad \text{Equação 6.27}$$

6.1.6 Custo do Sistema de Lavagem

Para o sistema de lavagem, composto por um conjunto de vasos misturadores seguidos de decantadores, seguiu-se a mesma metodologia de dimensionamento que para os reatores, com exceção do custo com plataformas e escadas. O custo do decantador é dado pela Equação 6.28. Neste trabalho, para ambos os equipamentos, o material escolhido foi o aço carbono.

$$C_V = \exp\{5,6336 + 0,4599[\ln(W)] + 0,00582[\ln(W)]^2\} \quad \text{Equação 6.28}$$

6.1.7 Custo do Clarificador

O custo de um clarificador é dado pela Equação 6.29. A única variável necessária para realizar a estimativa do custo é a área de sedimentação (A_S), conforme explicado na Seção 5.4, portanto não se calculou as outras dimensões do equipamento, fabricado em aço carbono.

$$C_C = 2650(A_S)^2 \quad \text{Equação 6.29}$$

6.2 Custo de Produção

O custo de produção é o custo referente às operações para produção de biodiesel no dia a dia de operação da planta. Este custo é dividido em três categorias: custos diretos, custos indiretos e despesas gerais (TURTON *et al.* 2018). Custos indiretos incluem gastos com estocagem de materiais, juros e impostos, porém não são afetados pelo nível de produção da planta. O custo com despesas gerais leva em consideração os custos administrativos, de distribuição e venda de produtos, e de pesquisa e desenvolvimento, que também são necessários para o funcionamento da planta de produção de biodiesel.

Os custos diretos são assim chamados porque estão diretamente relacionados ao nível de produção da planta, e incluem custo com matérias-primas, tratamento de resíduos, utilidades, custo de mão de obra, manutenção e reparos, suprimentos operacionais e patentes e *royalties*. A metodologia de cálculo dos custos de produção adotada neste trabalho também já foi adotada em outros trabalhos na literatura (ZHANG *et al.*, 2003b; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019). Foi considerado ainda que a planta opera 24 horas por dia durante 330 dias no ano. Dessa forma, o total de horas de produção ao ano é de 7920.

O custo com materiais é dado pela multiplicação das vazões anuais individuais de cada componente pelo seu preço unitário. Conforme apresentado em Turton *et al.* (2018), o custo de mão de obra é dado pela Equação 6.30:

$$N_{OP} = (6,29 + 31,7P^2 + 0,23N_{NP})^{0,5} \quad \text{Equação 6.30}$$

em que N_{OP} é o número de operários por turno;

P é o número de processos envolvendo remoção, transporte ou distribuição de sólidos, que nesse trabalho é igual a um;

N_{NP} é o número de equipamentos que não envolvem manuseio de sólidos (bombas e vasos não entram na contagem).

O custo total de mão de obra é dado pela multiplicação do número de operadores pelo salário anual de acordo com o número de horas trabalhadas no ano.

O valor de salário utilizado foi a média anual para operadores industriais no Brasil (GLASSDOR, 2021). As tabelas do Capítulo 8 apresentam os resultados calculados para os demais custos.

6.3 Critérios de Avaliação Econômica

Os critérios de avaliação econômica adotados neste trabalho e que serão utilizados como base para a comparação entre os diversos casos estudados são o investimento total na planta, os custos de produção, a receita total anual, lucro líquido anual e o preço de equilíbrio do biodiesel. Os dois primeiros foram explicados anteriormente nesse Capítulo. A receita total é calculada a partir das vazões mássicas anuais dos produtos e de seus respectivos preços, sumarizados na Tabela 6.1. Os produtos que compõem a receita são o biodiesel, a glicerina de grau técnico e o sulfato de sódio.

O lucro líquido anual é a diferença entre a receita total e o custo total da planta, calculados para um ano de operação. O preço de equilíbrio do biodiesel é o preço de venda do biodiesel necessário para que a receita anual da planta iguale os custos totais de produção (lucro zero).

7 Resultados e Discussão

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos na simulação e na análise econômica dos diferentes casos estudados no processo de produção de biodiesel. O capítulo apresenta alguns resultados em forma de tabelas ou gráficos para facilitar a comparação entre os casos.

7.1 Resultados das Simulações

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir das simulações realizadas para as diferentes matérias-primas, de forma a analisar a influência dos parâmetros dos componentes da simulação nas propriedades e características de reagentes e produtos do processo de produção de biodiesel.

Conforme explicado na Seção 2.4, o biodiesel é caracterizado pelas suas propriedades físicas e termoquímicas. As cadeias saturadas e insaturadas dos óleos que originaram o biodiesel determinam algumas diferenças entre estas propriedades. Para que o biodiesel tenha uma boa estabilidade oxidativa é necessário que este tenha altas concentrações de ésteres saturados. O biodiesel com maiores proporções de compostos insaturados é mais suscetível a processos oxidativos (MELO, 2010). Dessa forma, a Figura 7.1 apresenta um gráfico comparativo dos perfis graxos dos diferentes tipos de biodiesel obtidos a partir das simulações e, a partir dela, é possível perceber que os biodieseis produzidos a partir do dendê, do algodão e de origem bovina, suína ou aviária devem apresentar maior resistência à degradação oxidativa por possuírem um teor maior de compostos graxos saturados. Por outro lado, o biodiesel obtido a partir da mamona apresenta alto teor de compostos insaturados, indicando baixa resistência à oxidação.

Uma das alternativas possíveis para essa questão é o desenvolvimento e aprimoramento de aditivos de fontes naturais para que este biocombustível melhore sua estabilidade oxidativa antes de ser vendido e distribuído para o mercado consumidor. Aditivos são substâncias adicionadas ao combustível para melhorar suas propriedades. No caso dos aditivos antioxidantes, esses agem retardando a degradação do biodiesel, doando um elétron ou hidrogênio aos radicais livres, com o objetivo de neutralizar a reação de oxidação. Atualmente, para manter a estabilidade oxidativa, são utilizados antioxidantes sintéticos originalmente desenvolvidos para

produtos alimentícios, que além de aumentar os custos desse biocombustível, comprometem o “selo de combustível verde”. A substituição desses aditivos sintéticos por aditivos naturais representaria maior estabilidade oxidativa, portanto maior eficiência. É possível citar como aditivos naturais os extratos vegetais de folha de alecrim e manjeriço, e os coprodutos da indústria de celulose, como por exemplo os bio-óleos lignocelulósicos (REZENDE *et al.*, 2021).

Uma outra característica ligada ao perfil graxo do óleo é que em baixas temperaturas o biodiesel tende a gelificar e pode entupir os filtros do motor ou se tornar espesso, impossibilitando seu bombeamento do tanque de combustível para o motor (KIM *et al.*, 2012). Ao contrário do comportamento apresentado para a estabilidade oxidativa, o melhor desempenho do biodiesel em temperaturas frias depende de uma menor proporção de compostos saturados.

Como consequência, os biocombustíveis produzidos a partir do sebo bovino, da gordura de porco e da gordura de frango, que apresentam altos teores de compostos saturados, são menos indicados para locais de baixas temperaturas. Conforme apresentado na Figura 7.1, o biodiesel de dendê é o que apresenta o maior teor de compostos saturados dentre as matérias-primas analisadas neste trabalho, o que justifica a limitação de seu uso em países de clima frio. Verma, Sharma e Dwivedi (2016) apresentaram alternativas para a melhora do desempenho do biodiesel de dendê, tais como “winterização”, processo em que ocorre o fracionamento dos óleos a partir de uma cristalização fracionada com o objetivo de enriquecer a parte insaturada nos óleos (CUNHA; CREXI; PINTO, 2009); e a utilização de aditivos antes do produto chegar ao consumidor final. O uso de aditivos no biodiesel pode amenizar os efeitos das baixas temperaturas, tornando mais difícil de ocorrer entupimento de filtros e evitando problemas de escoamento (BOSHUI *et al.*, 2010).

Por possuírem teores baixos de compostos saturados, o biodiesel de mamona, de cártamo, de girassol e de colza devem apresentar bom desempenho em baixas temperaturas. Este último foi estudado por Kim *et al.* (2012), confirmando a tendência de obtenção de ótimas propriedades de escoamento em baixas temperaturas.

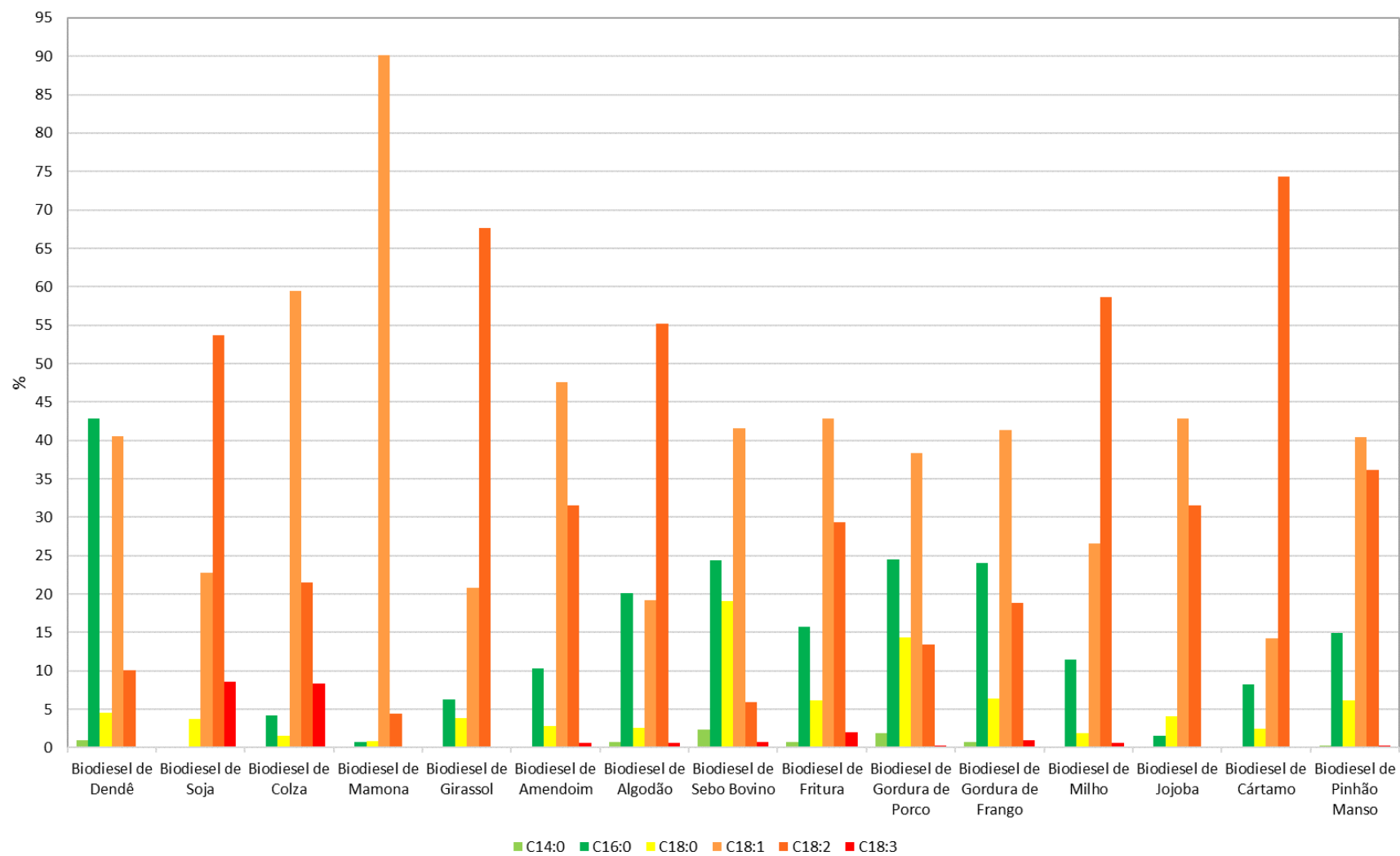


Figura 7.1 – Gráfico comparativo dos perfis graxos dos biodieseis

Nas análises realizadas para este trabalho, os preços obtidos para as matérias-primas foram os preços dos óleos brutos. Dessa forma, há uma etapa de pré-tratamento destes óleos que não foi considerada na análise econômica que será apresentada na Seção 7.2. Esta etapa do pré-tratamento pode ser de alto custo a depender do nível de acidez das matérias-primas. De forma representativa, 5 matérias-primas foram selecionadas e seus teores de acidez e custos estimados de pré-tratamento estão apresentados por meio de gráfico na Figura 7.2. São elas a gordura de frango (Caso 11), que apresentou o melhor resultado econômico conforme será mostrado na Seção 7.2 e teve seu teor de acidez apresentado por Satyarthi, Srinivas e Ratnasamy (2009), e mais 4 importantes matérias-primas para produção de biodiesel no mundo: dendê (Caso 1) e soja (Caso 2), que tiveram os teores apresentados por Young (2015), colza (Caso 3) e mamona (Caso 4), com teores respectivamente reportados por Kusdiana e Saka (2001) e Kombe (2015).

A Figura 7.2 permite a comparação entre os diferentes teores de acidez destes óleos. Os custos de capital das etapas de pré-tratamento obtidos por Young (2015) foram de US\$ $682,56 \times 10^3$ para o dendê e de US\$ $100,5 \times 10^3$ para a soja. De acordo com a inflação acumulada informada pelo IBGE (2022), em janeiro de 2022 esses valores seriam de US\$ $1.016,33 \times 10^3$ e US\$ $149,76 \times 10^3$ para dendê e soja, respectivamente. Com isso, é possível estimar proporcionalmente os custos para os outros óleos, conforme apresentado na Figura 7.2. A estimativa foi realizada tendo como base os limites de custo e de acidez dos óleos de dendê e de soja.

A partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que, apesar do melhor resultado entre os casos ser dado pelo biodiesel a partir da gordura de frango (Caso 11), como será visto na análise econômica (Seção 7.2), este óleo apresentaria o maior custo adicional de pré-tratamento dentre as matérias-primas selecionadas. Isso porque óleos com maiores teores de acidez necessitam de reatores de pré-processamento com volumes maiores, tornando o processo mais custoso, conforme apresentado por Young (2015). Este maior custo devido ao pré-tratamento não mudaria a ordem dos óleos mais recomendados, pois o custo adicional não se mostrou tão significativo quando comparado com os outros fatores de custo.

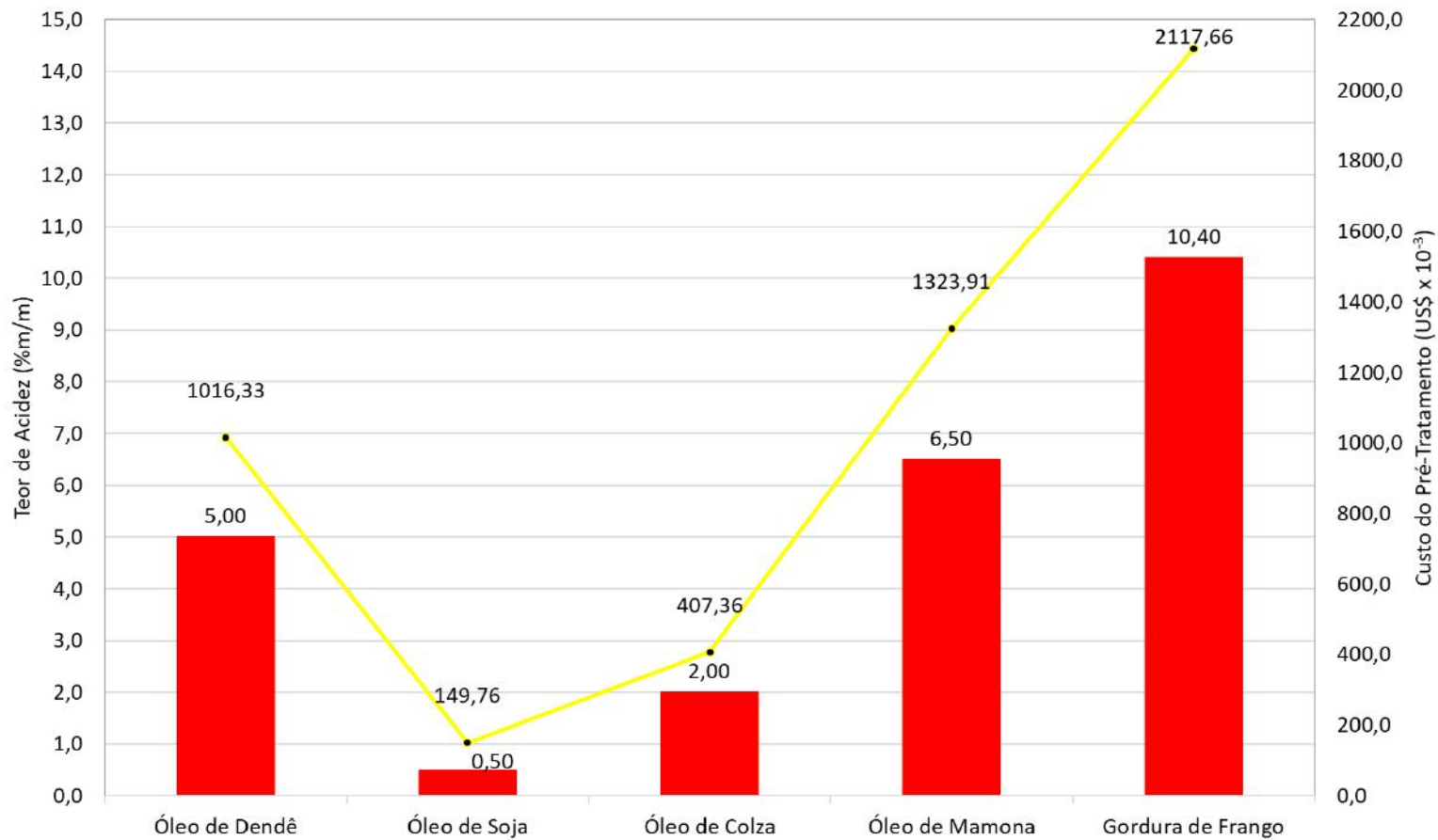


Figura 7.2 – Teor de acidez (%m/m) e custo estimado do pré-tratamento (US\$ x 10⁻³)

Outro aspecto que pode ser considerado na análise comparativa da produção de biodiesel proveniente de diferentes matérias-primas é a composição da corrente residual de glicerina. Essa análise permite perceber quais são as matérias-primas que dão origem a glicerinas mais puras, e as que resultam em teores mais elevados de álcool ou água na corrente de glicerina antes de qualquer tratamento. Isso poderia ser correlacionado aos casos que demandaram maiores colunas de destilação e, conseqüentemente, maior custo, que será apresentado posteriormente na análise econômica. O gráfico de comparação entre as frações dos componentes da corrente de glicerina antes da sua etapa de purificação (*toCol102*) é apresentado na Figura 7.3. Nele é possível perceber que os perfis de concentração para as diferentes matérias-primas são bem próximos, com exceção das correntes dos processos realizados a partir da soja e da jojoba, que apresentam maiores teores de glicerol na corrente quando comparados com as demais matérias-primas. Com isso, o processamento dessas matérias-primas demanda menores colunas de destilação, o que é confirmado quando se realiza o dimensionamento dos equipamentos. Nota-se também que a fração de biodiesel é muito próxima a zero. A maior concentração de água na corrente se deve pela vazão adicionada em excesso para que a etapa de lavagem fosse realizada de forma eficaz. Os maiores teores de glicerol e metanol na corrente do processo de produção a partir do óleo de jojoba podem ser explicados pois, pelo balanço de massa, a corrente de reciclo de metanol apresenta vazões menores quando comparadas com as outras matérias-primas, portanto maiores quantidades de álcool seguem para as etapas de produção de biodiesel. No caso da soja como matéria-prima, a menor fração de metanol e a maior de glicerol podem ser explicadas pois o caso da soja é o único em que foram necessários apenas quatro vasos de lavagens para se obter o biodiesel na concentração preconizada pela ANP.

A mesma análise foi realizada para a corrente de biodiesel antes da purificação, porém, como as composições da corrente para as diferentes matérias-primas não apresentaram diferenças significativas entre elas, os custos das colunas de destilação também foram similares, conforme o Apêndice II deste trabalho, que apresenta os custos dos equipamentos, além dos respectivos dimensionamentos.

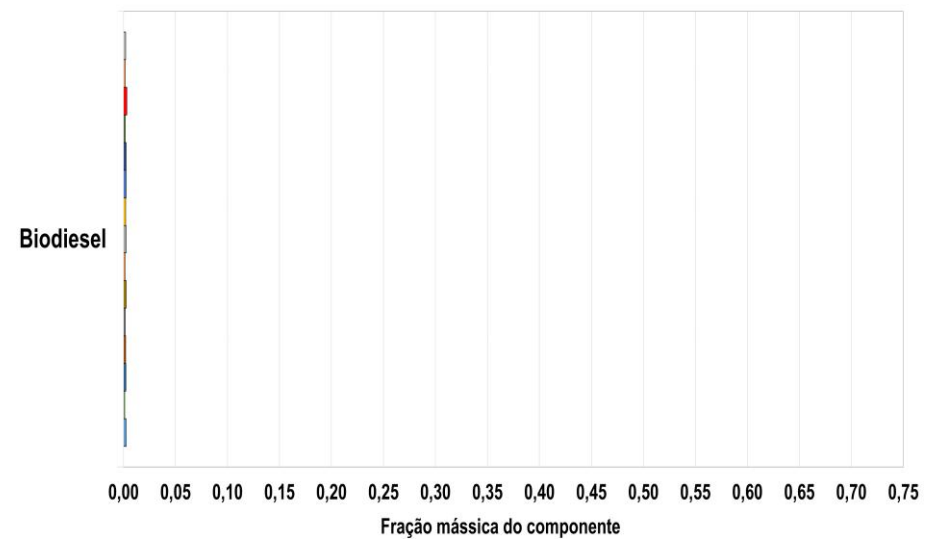
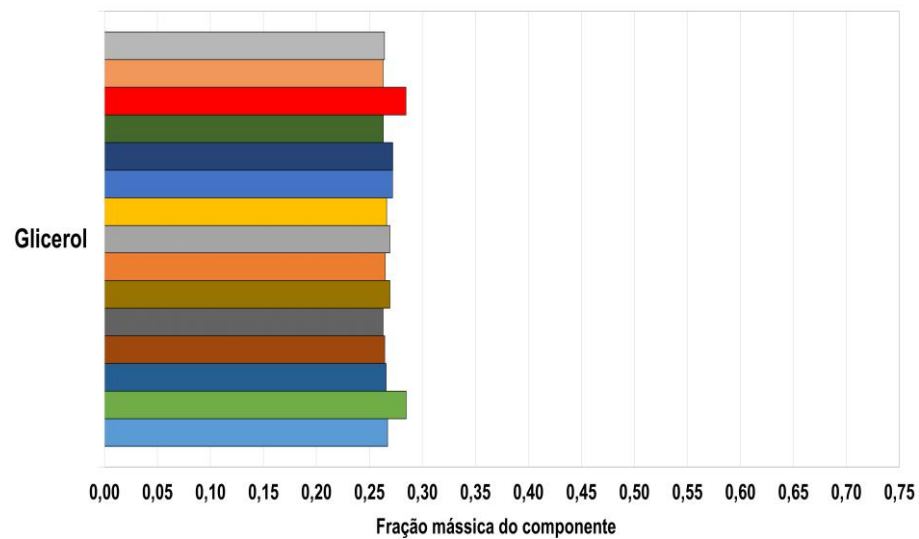
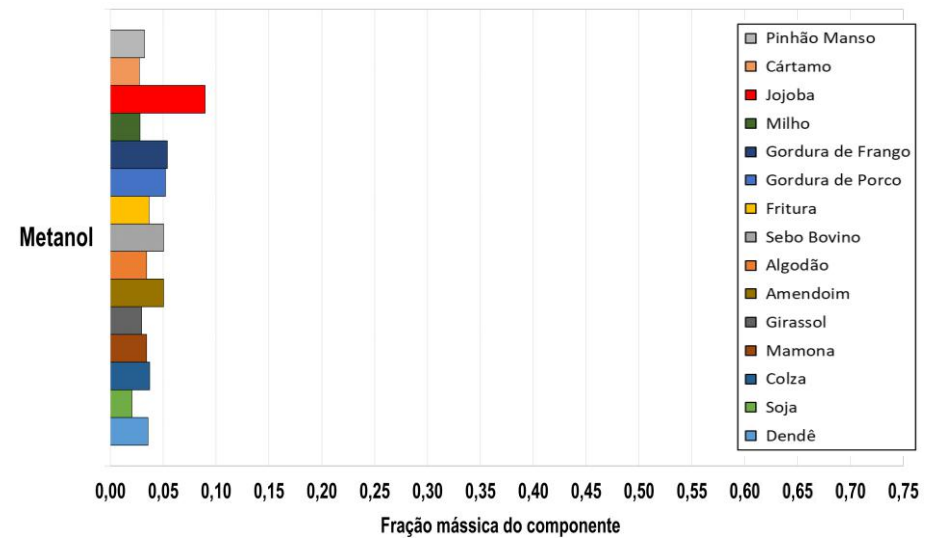
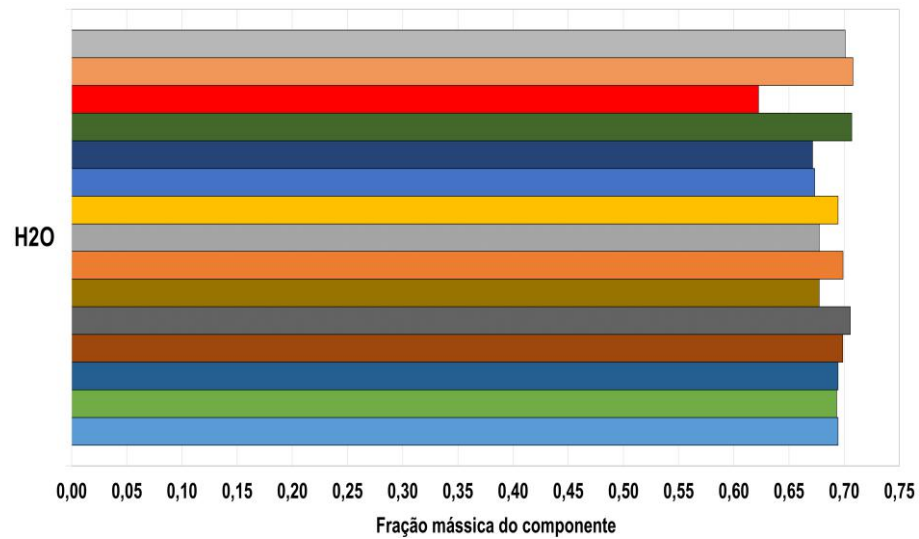


Figura 7.3 – Gráficos comparativos da composição da corrente de glicerol antes da purificação para diferentes matérias-primas

7.2 Resultados Econômicos

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos na análise econômica dos diferentes casos estudados no processo de produção de biodiesel, de forma a comparar os investimentos necessários nas plantas, as lucratividades e os preços de equilíbrio do biodiesel formado a partir de cada matéria-prima em análise neste trabalho, estabelecendo assim as vantagens e desvantagens de cada caso.

Alguns custos de produção são funções de outros já calculados anteriormente. A partir das correlações apresentadas na Tabela 7.1 é possível estimar esses custos. O capital de giro é 15% do valor de investimento fixo.

Tabela 7.1 – Correlações para o cálculo dos diferentes custos de produção

Custo	Correlação
Investimento	
Capital de Giro	0,15 do Investimento Fixo
Custos Diretos	
Supervisão Técnica	0,18 da Mão-de-Obra
Manutenção e Reparos	0,06 do Investimento Fixo
Suprimentos Operacionais	0,15 de Manutenção e Reparos
Encargos de Laboratório	0,15 da Mão-de-Obra
Patentes e Royalties	0,03 do Custo de Produção
Custos Indiretos	
Empacotamento e Estocagem	0,6 de (Mão-de-obra + Supervisão técnica + Manutenção e reparos)
Impostos Locais	0,032 do Investimento Fixo
Seguro	0,005 do Investimento Fixo
Despesas Gerais	
Custos administrativos	0,15 de (Mão-de-obra + Supervisão técnica + Manutenção e reparos)
Distribuição e Venda dos Produtos	0,11 do Custo de Produção
Pesquisa e Desenvolvimento	0,05 do Custo de Produção

Fonte: Adaptado de TURTON *et al.* (2018)

7.2.1 Considerações Gerais

Conforme sumarizado na Tabela 7.2, os resultados da análise econômica mostram que, em todos os casos deste trabalho, o valor de lucro líquido anual foi negativo, indicando que o projeto é inviável economicamente. Esses valores negativos são esperados e estão coerentes com os resultados encontrados na literatura (ZHANG *et al.*, 2003a; WEST; POSARAC; ELLIS, 2008; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019), refletindo a necessidade de que de alguma forma sejam oferecidos incentivos e subsídios por parte do Governo à produção de biodiesel.

Tabela 7.2 – Resultados econômicos para diferentes casos (US\$ x 10⁻⁶)

	Caso 1 Dendê	Caso 2 Soja	Caso 3 Colza	Caso 4 Mamona	Caso 5 Girassol
Investimento					
Custo Total dos Equipamentos	1,851	1,567	1,932	1,698	1,793
Investimento Fixo	9,797	8,294	10,226	8,985	9,489
Capital de Giro	1,729	1,464	1,805	1,586	1,675
Investimento Total	11,526	9,757	12,031	10,570	11,163
Custos Diretos					
Matéria-Prima					
Óleo Bruto	124,015	111,981	118,915	212,909	176,410
Metanol	6,879	6,949	6,879	6,739	6,528
Água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
NaOH	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
H ₂ SO ₄	3,660	3,659	3,660	3,659	3,659
Mão-de-Obra	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
Supervisão Técnica	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Utilidades					
Vapor	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Vapor Superaquecido	0,005	0,005	0,006	0,006	0,007
Água de Resfriamento	0,051	0,050	0,051	0,051	0,052
Eletricidade	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Disposição de Efluentes	1,538	1,398	1,421	1,416	1,410
Manutenção e Reparos	0,588	0,498	0,614	0,539	0,569
Suprimentos Operacionais	0,088	0,075	0,092	0,081	0,085
Encargos de Laboratório	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Patentes e Royalties	5,047	4,597	4,858	8,286	6,945
Subtotal	142,261	129,602	136,886	234,076	196,055
Custos Indiretos					
Empacotamento e Estocagem	0,468	0,414	0,484	0,439	0,457
Impostos Locais	0,147	0,124	0,153	0,135	0,142
Seguro	0,049	0,041	0,051	0,045	0,047
Subtotal	0,664	0,580	0,688	0,619	0,647
Despesas Gerais					
Custos Administrativos	0,070	0,062	0,073	0,066	0,069
Distribuição e Venda dos Produtos	18,505	15,323	17,813	30,381	25,464
Pesquisa e Desenvolvimento	8,411	7,661	8,097	13,809	11,575
Subtotal	26,987	23,046	25,982	44,256	37,108
Custo Total de Produção	168,230	153,227	161,937	276,188	231,494
Receita					
Venda anual de Na ₂ SO ₄	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Venda anual de Biodiesel	111,309	115,273	115,197	115,206	115,216
Venda anual de Glicerol	12,472	13,313	12,457	12,321	12,095
Receita Total	124,227	129,030	128,099	127,972	127,756
Lucro Líquido Anual	-44,002	-24,197	-33,837	-148,216	-103,739
Preço de Equilíbrio do Biodiesel (US\$/kg)	1,670	1,448	1,549	2,737	2,275

Tabela 7.2 – Resultados Econômicos para diferentes casos (US\$ x 10⁻⁶) (continuação)

	Caso 6 Amendoim	Caso 7 Algodão	Caso 8 Sebo Bovino	Caso 9 Fritura	Caso 10 Porco
Investimento					
Custo Total dos Equipamentos	2,184	1,832	2,179	2,317	1,528
Investimento Fixo	11,560	9,696	11,532	12,262	8,086
Capital de Giro	2,040	1,711	2,035	2,164	1,427
Investimento Total	13,600	11,407	13,567	14,426	9,513
Custos Diretos					
Matéria-Prima					
Óleo Bruto	200,535	144,383	195,351	222,519	145,812
Metanol	7,441	6,739	7,441	6,879	7,581
Água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
NaOH	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
H ₂ SO ₄	3,659	3,659	3,659	3,659	3,659
Mão-de-Obra	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
Supervisão Técnica	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Utilidades					
Vapor	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Vapor Superaquecido	0,005	0,007	0,005	0,006	0,005
Água de Resfriamento	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
Eletricidade	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Disposição de Efluentes	1,442	1,417	1,442	1,420	1,445
Manutenção e Reparos	0,694	0,582	0,692	0,736	0,485
Suprimentos Operacionais	0,104	0,087	0,104	0,110	0,073
Encargos de Laboratório	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Patentes e Royalties	7,872	5,782	7,682	8,658	5,858
Subtotal	222,193	163,097	216,817	244,428	165,359
Custos Indiretos					
Empacotamento e Estocagem	0,532	0,465	0,531	0,557	0,407
Impostos Locais	0,173	0,145	0,173	0,184	0,121
Seguro	0,058	0,048	0,058	0,061	0,040
Subtotal	0,763	0,659	0,761	0,802	0,568
Despesas Gerais					
Custos Administrativos	0,080	0,070	0,080	0,084	0,061
Distribuição e Venda dos Produtos	28,863	21,201	28,167	31,747	21,481
Pesquisa e Desenvolvimento	13,120	9,637	12,803	14,430	9,764
Subtotal	42,063	30,907	41,050	46,260	31,306
Custo Total de Produção	262,394	192,735	256,067	288,605	195,281
Receita					
Venda anual de Na ₂ SO ₄	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Venda anual de Biodiesel	115,244	115,225	115,244	115,225	115,254
Venda anual de Glicerol	12,946	12,296	12,959	12,482	13,139
Receita Total	128,636	127,966	128,649	128,153	128,838
Lucro Líquido Anual	-133,758	-64,769	-127,418	-160,452	-66,443
Preço de Equilíbrio do Biodiesel (US\$/kg)	2,587	1,870	2,521	2,864	1,887

Tabela 7.2 – Resultados Econômicos para diferentes casos (US\$ x 10⁻⁶) (continuação)

	Caso 11 Frango	Caso 12 Milho	Caso 13 Jojoba	Caso 14 Cártamo	Caso 15 Pinhão Manso
Investimento					
Custo Total dos Equipamentos	2,099	2,207	1,717	1,780	1,571
Investimento Fixo	11,109	11,679	9,088	9,422	8,314
Capital de Giro	1,960	2,061	1,604	1,663	1,467
Investimento Total	13,070	13,740	10,691	11,085	9,782
Custos Diretos					
Matéria-Prima					
Óleo Bruto	104,916	110,752	1849,777	447,047	409,983
Metanol	7,651	6,493	9,477	6,458	6,669
Água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
NaOH	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
H ₂ SO ₄	3,659	3,659	3,659	3,659	3,659
Mão-de-Obra	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
Supervisão Técnica	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Utilidades					
Vapor	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Vapor Superaquecido	0,005	0,007	0,004	0,007	0,007
Água de Resfriamento	0,051	0,052	0,053	0,052	0,051
Eletricidade	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Disposição de Efluentes	1,448	1,408	1,517	1,406	1,413
Manutenção e Reparos	0,667	0,701	0,545	0,565	0,499
Suprimentos Operacionais	0,100	0,105	0,082	0,085	0,075
Encargos de Laboratório	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Patentes e Royalties	4,379	4,552	68,275	16,843	15,490
Subtotal	123,266	128,119	1933,779	476,512	438,236
Custos Indiretos					
Empacotamento e Estocagem	0,516	0,536	0,443	0,455	0,415
Impostos Locais	0,167	0,175	0,136	0,141	0,125
Seguro	0,056	0,058	0,045	0,047	0,042
Subtotal	0,738	0,770	0,625	0,643	0,581
Despesas Gerais					
Custos Administrativos	0,077	0,080	0,066	0,068	0,062
Distribuição e Venda dos Produtos	16,057	16,690	250,343	61,758	56,796
Pesquisa e Desenvolvimento	7,299	7,586	113,792	28,072	25,816
Subtotal	23,434	24,357	364,202	89,899	82,675
Custo Total de Produção	145,977	151,728	2275,846	561,440	516,329
Receita					
Venda anual de Na ₂ SO ₄	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Venda anual de Biodiesel	115,254	115,216	115,317	115,216	115,216
Venda anual de Glicerol	13,190	12,086	14,730	12,053	12,268
Receita Total	128,889	127,747	130,492	127,714	127,929
Lucro Líquido Anual	-17,087	-23,981	-2145,354	-433,727	-388,400
Preço de Equilíbrio do Biodiesel (US\$/kg)	1,375	1,446	23,468	5,704	5,233

A partir dos resultados apresentados na Tabela 7.2, é possível observar a grande parcela de contribuição dos gastos com matérias-primas, representando aproximadamente 79-82% do custo total de produção em cada caso e aproximadamente 94-96% dos custos diretos. Esses percentuais são superiores em aproximadamente 15% quando comparados com os encontrados por Young (2015) e por Galvão (2019), principalmente devido à alta dos preços das matérias-primas para produção de biodiesel. Isso ocorre por causa do aumento dos preços das matérias-primas no mercado internacional desde 2020 e da atual desvalorização do real em relação ao dólar, que favorece a exportação dos produtos agrícolas em detrimento do mercado consumidor interno (PINTO; FELIPE, 2021; OLIVEIRA, 2021; ANP, 2021a). Esse cenário de favorecimento da exportação é propício para a adoção e o avanço das matérias-primas alternativas, cujas tecnologias de produção estão em desenvolvimento, como biomassa derivada de resíduos, microrganismos oleaginosos e microalgas, que dependendo do grau de avanço tecnológico, podem se tornar opções viáveis para a produção de biodiesel. A título de comparação, a Figura 7.4 apresenta graficamente a distribuição dos custos de produção de cada caso.

O preço do óleo de jojoba, obtido pela plataforma Comex Stat, gera um valor destoante na análise devido ao alto custo da matéria-prima. O valor apresentado na Tabela 6.1 é cerca de quinze vezes maior que o da maioria das matérias-primas utilizadas. Isso gera custos tão altos que tornam a jojoba a pior matéria-prima da análise comparativa, com uma diferença significativa para os outros casos, dificultando a comparação destes por meio de gráficos. Dessa forma, para as análises apresentadas, este caso não foi considerado.

Os custos dos equipamentos de cada caso estão apresentados na Figura 7.5. Nota-se que as colunas de destilação correspondem à maior parcela de contribuição, seguido pelos reatores, exceto para os Casos 10 (gordura de porco) e 15 (óleo de pinhão manso) devido às cinéticas de conversão desses óleos, conforme será explicado para custos de investimento fixo e investimento total na Seção 7.2.2. Nestes casos, a segunda maior contribuição é com o custo dos trocadores de calor. O valor somado dos dois tipos de equipamentos de maior custo de cada caso analisado representa aproximadamente 72-83% do custo total de equipamentos. Essa distribuição dos custos é observada também na literatura (ZHANG *et al.*, 2003; WEST; POSARAC; ELLIS, 2008; YOUNG, 2015; GALVÃO, 2019). Nessa análise, os

condensadores e refeedores foram considerados como partes da coluna de destilação, e portanto seus custos são contabilizados como tal.

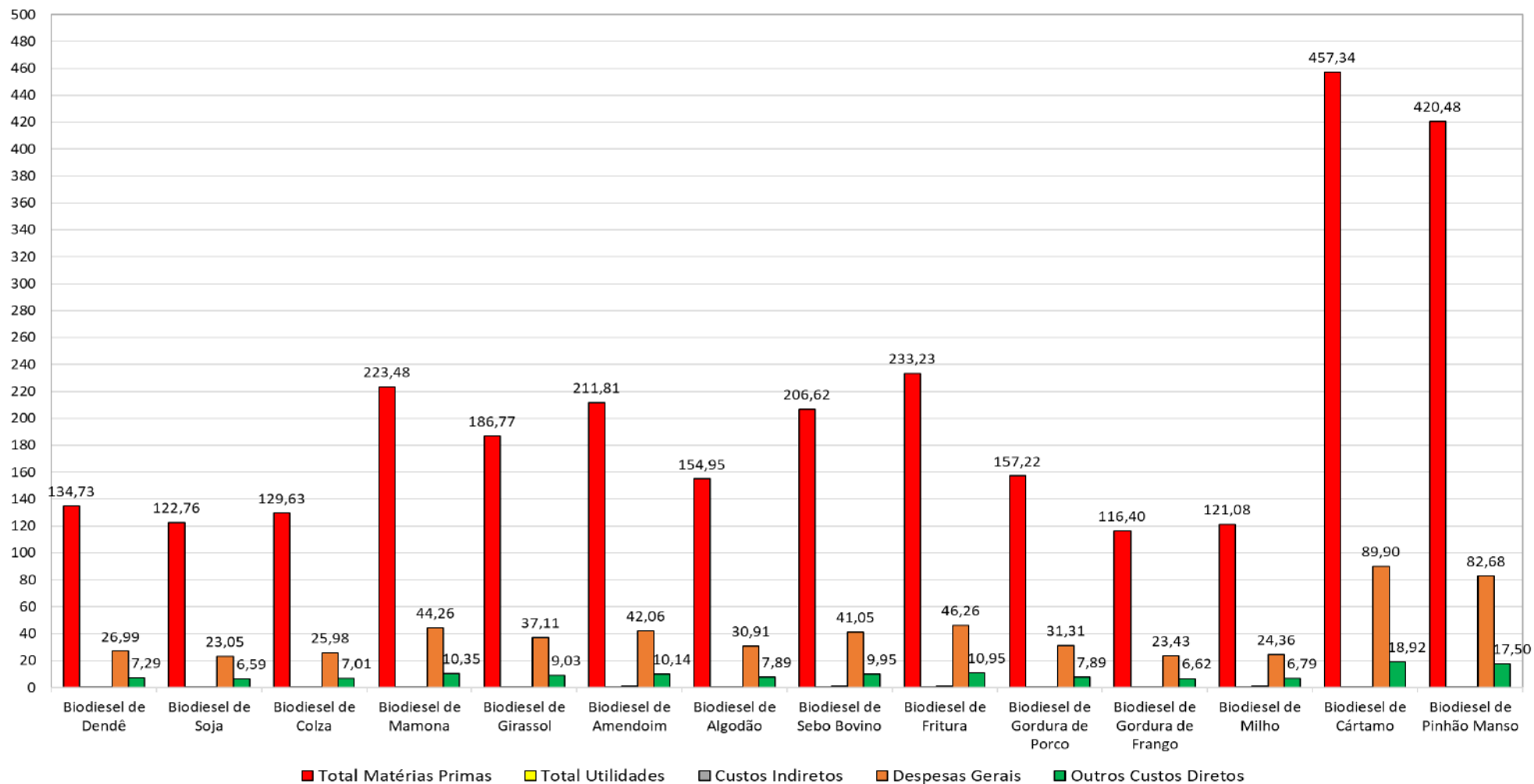


Figura 7.4 – Gráfico comparativo dos custos de produção (US\$ x 10⁻⁶)

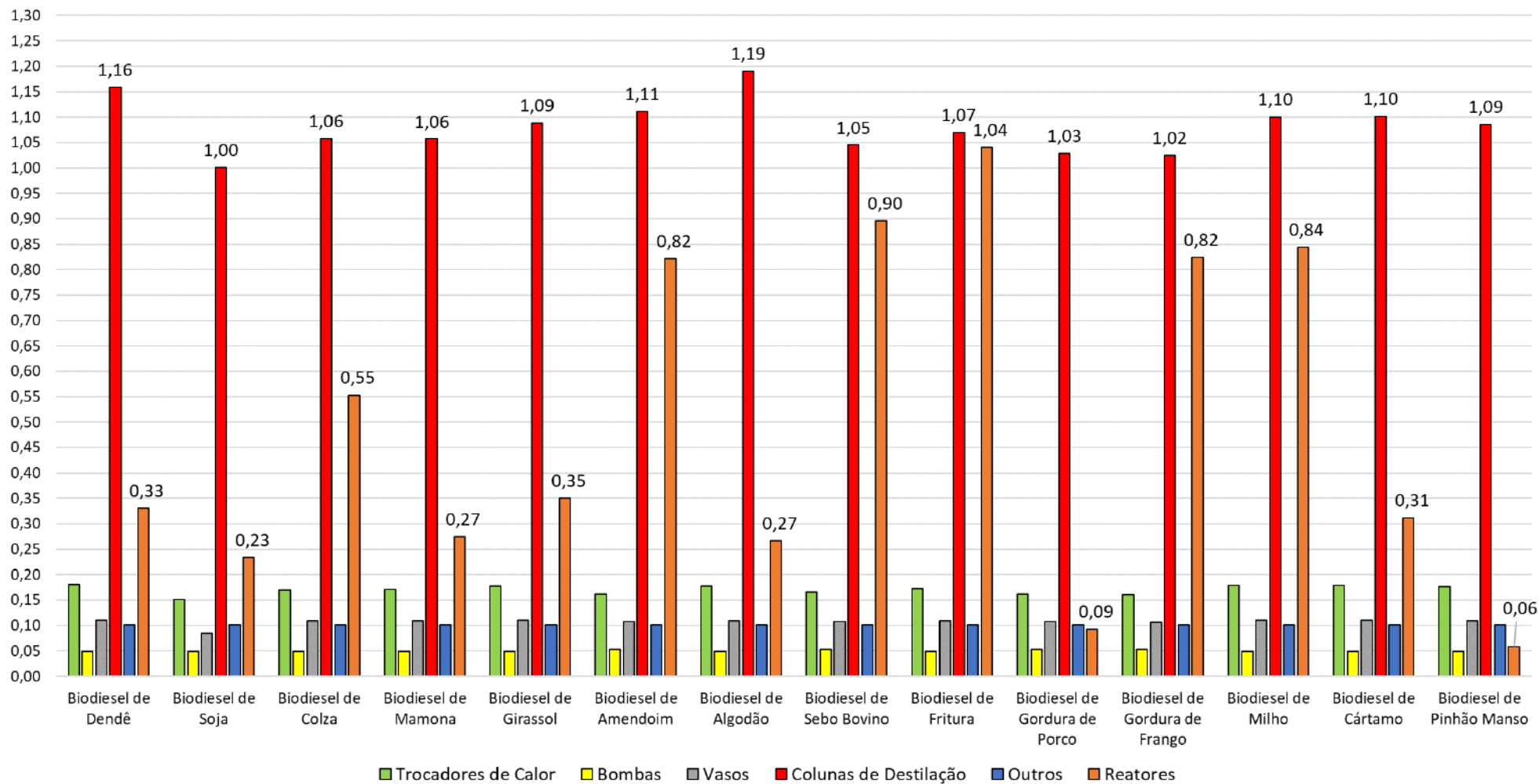


Figura 7.5 – Custos dos Equipamentos (US\$ x 10⁻⁶)

7.2.2 Comparação entre os Diferentes Casos

A partir dos resultados apresentados na Tabela 7.2, foi possível realizar uma análise comparativa entre os valores obtidos para os diferentes casos. O investimento total para a instalação de uma nova planta de produção de biodiesel via catálise homogênea alcalina varia entre 9,5 e 14,4 milhões de dólares, dependendo da matéria-prima utilizada.

Os custos de investimento fixo e investimento total das plantas estão atrelados diretamente aos valores gastos com equipamentos. Conforme explicado anteriormente e apresentado na Figura 7.5, as colunas de destilação e os reatores representam as maiores parcelas de contribuição no custo total de equipamentos para a maioria dos casos. Dentre os casos analisados, o Caso 9 (óleo de fritura), o Caso 12 (óleo de milho) e o Caso 6 (óleo de amendoim) apresentaram maior custo de equipamentos. Os volumes e os tamanhos dos reatores foram dimensionados a partir das cinéticas apresentadas na Tabela 3.4. Os casos que apresentam os maiores custos de reatores são os mesmos já apresentados nesse parágrafo. Isso indica que o processo de produção de biodiesel para essas matérias-primas citadas necessita de equipamentos reacionais maiores e, portanto, mais caros. As colunas de destilação são os equipamentos de maior custo devido principalmente aos preços das colunas de purificação do glicerol e do biodiesel. Como explicado anteriormente, o custo dos revedores e condensadores estão agrupados ao valor total de cada coluna de destilação, inflando seu custo. Por serem colunas de final de processo, que geram os produtos, as vazões são altas, fazendo com que sejam necessárias, nos revedores e condensadores, áreas de troca térmica extensas por causa da grande quantidade de calor trocado nestas colunas de purificação.

Os Casos 14 (óleo de cártamo) e 15 (óleo de pinhão manso) foram os que apresentaram maior custo de produção devido ao custo de comercialização do óleo de cártamo e de pinhão manso, lembrando que o Caso 13 (óleo de jojoba) não está sendo considerado nesta análise. Dentre algumas das matérias-primas mais ofertadas no país, como soja, dendê, colza e sebo bovino, os valores finais encontrados mostraram que o óleo de sebo bovino (Caso 8) apresenta o maior custo, seguido, em ordem decrescente de custos, pelo óleo de dendê (Caso 1), óleo de colza (Caso 3) e óleo de soja (Caso 2), conforme Figura 7.4.

Dentre os demais custos diretos, excetuando o valor com matérias-primas, os custos com mão-de-obra são iguais para todos os casos, com valor de 163 mil dólares por ano. Os custos de supervisão técnica e de encargos de laboratório, por serem funções do custo de mão-de-obra, conforme apresentado na Tabela 7.1, também apresentam valores iguais entre os casos, de 29 e 25 mil dólares, respectivamente.

Os custos com utilidades ficam em torno de 60 mil dólares por ano para todos os casos. Os custos com manutenção e reparos variam entre 485 e 736 mil dólares entre os casos, sendo o maior custo apresentado no Caso 9 (óleo de fritura), por causa da relação entre esse custo e o valor de investimento fixo, também conforme Tabela 7.1. Os valores gastos com suprimentos operacionais, que são funções do custo de manutenção e reparos, variam entre 75 e 110 mil dólares.

Os custos com disposição de efluentes são próximos entre os casos analisados girando em torno de 1,40 milhão de dólares por ano. O maior custo é apresentado no Caso 1 (óleo de dendê), de 1,53 milhões de dólares. Esse valor é explicado pelas vazões de efluentes serem um pouco maiores que nos outros casos, pois a pureza final do biodiesel deste caso é um pouco menor, conforme será explicado para os resultados das receitas.

O custo com patentes e royalties é função do custo de produção, portanto indiretamente é função do custo das matérias-primas, apresentado anteriormente. Os valores variam entre 4,37 e 16,84 milhões de dólares, sendo o maior valor dado para o Caso 14 (óleo de cártamo).

Os custos indiretos e as receitas também apresentaram valores próximos para todos os casos. Os custos indiretos variam entre 568 e 802 mil dólares. O Caso 9 (óleo de fritura) apresentou o maior custo. Isso se deve ao fato de grande parte dos custos indiretos serem proporcionais ao investimento fixo.

A receita foi calculada a partir das quantidades de venda e dos preços do biodiesel, do glicerol (>99%) e do Na_2SO_4 . Os valores obtidos variam entre 128 e 130 milhões de dólares por ano, com exceção do montante obtido no Caso 1 (óleo de dendê), de 124 milhões de dólares. Esse resultado destoante se dá devido à purificação final do biodiesel para essa matéria-prima ser um pouco mais baixa que as demais, ainda assim com um valor elevado, de 99,71%. Os demais casos apresentam purezas próximas a 99,90%. A pureza influencia na quantidade de biodiesel formado e, portanto, nos valores totais de receita. Devido à proximidade

entre os valores de receita, a análise econômica comparativa entre cada caso não é influenciada significativamente por esse parâmetro.

Conforme citado anteriormente, todos os casos apresentaram valor de lucro líquido anual negativo. Dessa forma, os processos de produção de biodiesel para todos os casos são considerados inviáveis economicamente. Novamente o custo das matérias-primas foi importante para o valor final de lucro, nesse caso prejuízo. Sendo assim, os Casos 14 (óleo de cártamo) e 15 (óleo de pinhão manso) são os que geraram os resultados com maior prejuízo, enquanto o Caso 11 (gordura de frango) apresentou o resultado mais próximo de um resultado positivo. Esse resultado condiz com os valores de preço das matérias-primas por quilograma, sendo a gordura de frango a matéria-prima com menor custo dentre todas as estudadas.

O preço de equilíbrio do biodiesel, apresentado na Tabela 7.2, representa o custo necessário de venda do biodiesel, em US\$/kg, que anula o lucro líquido, garantindo um empreendimento minimamente lucrativo, embora ainda não necessariamente economicamente viável. Os preços dos Casos 1 (óleo de dendê), 2 (óleo de soja), 3 (óleo de colza), 7 (óleo de algodão), 10 (gordura de porco), 11 (gordura de frango) e 12 (óleo de milho) são menores que 2,00 US\$/kg. Quando comparados com o maior valor de venda de biodiesel praticado no Brasil, de 1,58 US\$/kg, obtido no 81º Leilão do Biodiesel da ANP, é possível afirmar que, para os Casos 2 (óleo de soja), 3 (óleo de colza), 11 (gordura de frango) e 12 (óleo de milho), a produção de biodiesel poderia vir a ser lucrativa. Isso indica que, a depender da demanda de biodiesel e da disponibilidade de matéria-prima, seria viável produzir biodiesel no Brasil a partir destas matérias-primas, principalmente a partir da soja, principal matéria-prima utilizada para produção de biodiesel no país e uma das mais utilizadas no mundo, juntamente com a colza e o dendê (ANP, 2021a).

Além destas oleaginosas, o resultado mostra que se pode obter viabilidade econômica a partir do resíduo do frango. Conforme apresentado na Seção 2.5.14, o Brasil é um dos maiores produtores de frango do mundo. Desta forma, por ser produzido a partir do resíduo desta ave, o custo é menor e, diante do que foi exposto e dependendo da disponibilidade desta matéria-prima no mercado nacional, esta se torna uma opção viável para produção de biodiesel no Brasil. Entretanto, é necessário levar em consideração um eventual custo mais elevado com pré-tratamento, conforme discutido na Seção 7.1.

A Tabela 7.3 apresenta a porcentagem de aumento necessária para que o preço de venda de biodiesel iguale o valor do preço de equilíbrio do biodiesel de cada caso.

Tabela 7.3 –Aumento necessário no preço de venda do biodiesel para que o processo seja minimamente lucrativo (em %)

Matéria-prima	Variação	Matéria-prima	Variação
Dendê	40%	Sebo Bovino	111%
Soja	21%	Fritura	139%
Colza	29%	Porco	58%
Mamona	129%	Frango	15%
Girassol	90%	Milho	21%
Amendoim	116%	Cártamo	376%
Algodão	56%	Pinhão Manso	337%

Os percentuais de aumento de preço das matérias-primas necessários para igualar o preço que faz com que o processo de produção de biodiesel tenha lucro são distintos e proporcionais ao custo das matérias-primas. Como exemplo é possível citar os Casos 14 (óleo de cártamo) e 15 (óleo de pinhão manso), que apresentam os maiores aumentos percentuais. Por outro lado, o Caso 11 (gordura de frango), que tem o menor custo de obtenção da matéria-prima, em US\$/kg, também apresenta a menor variação, de 15%.

Como complemento à análise realizada, a Tabela 7.4 apresenta a porcentagem necessária de redução do preço da matéria-prima em cada caso para que o prejuízo seja reduzido a zero.

Tabela 7.4 –Redução necessária no preço da matéria-prima para que o prejuízo seja reduzido a zero (em %)

Matéria-prima	Preço de Equilíbrio (US\$/kg)	Variação necessária do preço da matéria-prima	Matéria-prima	Preço de Equilíbrio (US\$/kg)	Variação necessária do preço da matéria-prima
Dendê	0,8260	-29 %	Sebo Bovino	0,8536	-53 %
Soja	0,8656	-18 %	Fritura	0,8544	-59 %
Colza	0,8564	-23 %	Porco	0,8580	-37 %
Mamona	0,8584	-57 %	Frango	0,8540	-13 %
Girassol	0,8581	-48 %	Milho	0,8557	-18 %
Amendoim	0,8535	-55 %	Cártamo	0,8585	-80 %
Algodão	0,8574	-37 %	Pinhão Manso	0,8595	-78 %

Os percentuais apresentados na Tabela 7.4 variam de acordo com o preço original da matéria-prima e com o preço de equilíbrio calculado para cada uma delas. Os Casos 1 (óleo de dendê), 2 (óleo de soja), 3 (óleo de colza) e 11 (gordura de

frango) apresentaram as menores reduções percentuais necessárias para atingir o preço de equilíbrio, indicando maior possibilidade de gerar lucro. Por outro lado, os Casos 14 (óleo de cártamo) e 15 (óleo de pinhão manso) apresentam as maiores variações necessárias, sendo que para o Caso 14 (óleo de cártamo) a redução necessária chega a 80% do valor original. Segundo a ANP (2021a), o preço da soja sofreu aumento de cerca de 70% entre março de 2020 e março de 2021. Dessa forma, pode-se afirmar que, considerando o ano de 2020, o biodiesel produzido a partir da soja apresentaria valores positivos de lucro em circunstâncias não muito distantes das atuais. Além disso, os preços do óleo de soja e do óleo de dendê, em US\$/kg, apresentados por Young (2015), também são bem próximos aos preços de equilíbrio calculados na Tabela 7.4, indicando que uma retomada desses preços poderia tornar o processo de produção viável economicamente.

Considerando a análise econômica comparativa realizada entre os casos, é possível elencar, de acordo com os fatores abordados neste Capítulo, as matérias-primas mais adequadas para o cenário atual do país. Além disso, também é possível listar as matérias-primas que não são recomendadas após a análise.

Dessa forma, os casos que apresentaram melhor resultado, em ordem decrescente, foram os Casos 11 (gordura de frango), 12 (óleo de milho), 2 (óleo de soja), 3 (óleo de colza) e 1 (óleo de dendê). Conforme explicado anteriormente, desconsiderando o Caso 13 (óleo de jojoba), os Casos 14 (óleo de cártamo) e 15 (óleo de pinhão manso) são aqueles que demonstraram os resultados com maiores prejuízos e com maiores preços de equilíbrio do biodiesel, sendo necessário para este último parâmetro que o preço de venda do biodiesel aumente 376% no Caso 14 e 337% no Caso 15 para reduzir o prejuízo a zero, conforme apresentado na Tabela 7.3, ou que o preço destes óleos reduzisse em 80 e 78%, respectivamente, conforme Tabela 7.4.

Para que a produção de biodiesel seja viável economicamente, é preciso que sejam realizados investimentos em pesquisa e desenvolvimento para tornar o biodiesel mais atrativo. O incentivo às pesquisas para elaboração de novos usos para o glicerol, a chamada gliceroquímica, é uma opção para que o biodiesel se torne mais viável economicamente no Brasil, tornando o subproduto glicerol mais atrativo e gerando maior lucro para o processo de produção de biodiesel como um todo. Dentre os possíveis produtos que podem ser obtidos a partir do glicerol, é possível citar a triacetina, que possui aplicação como emulsificante na indústria de alimentos e como

aditivo para o próprio biodiesel, a acroleína, que atua como biocida na medicina, no tratamento de águas e na indústria de petróleo, e o carbonato de glicerol, que pode por exemplo ser utilizado como membrana para separação de gases (RIBEIRO, 2020; GUEDES, 2021).

Além disso, para a produção de biodiesel, a transesterificação homogênea alcalina é a melhor alternativa dentre os processos de transesterificação (BARREIROS, 2020). Porém, atualmente, diferentes tecnologias de transesterificação são estudadas com o objetivo de avaliar a viabilidade da utilização de rotas menos comuns. Barreiros (2020) analisou a obtenção de biodiesel a partir da transesterificação homogênea ácida, heterogênea, enzimática e supercrítica. A avaliação realizada neste estudo mostrou que é possível obter viabilidade econômica na produção de biodiesel por meio destas tecnologias de processo, indicando que são processos que podem ser incluídos com mais constância na indústria de biodiesel.

Assim como as diferentes tecnologias de transesterificação, rotas alternativas para obtenção de biodiesel podem ser opções viáveis para substituir as rotas tradicionais de forma a se ter um melhor aproveitamento dos subprodutos gerados. Conforme explicado ao longo deste trabalho, a transesterificação dos triglicerídeos por álcool geral glicerol como subproduto. Algumas rotas alternativas geram subprodutos de maior valor econômico quando comparados com o glicerol. Dessa forma, se tornam opções possíveis de tornar o biodiesel mais atrativo. Dentre as rotas alternativas, pode-se citar a interesterificação com metil acetato, que consiste em uma etapa única, em que a reação entre o metil acetato e os triglicerídeos forma biodiesel e a triacetina como subproduto, podendo esta ser aproveitada, conforme explicado anteriormente, como aditivo do próprio biodiesel. Além da interesterificação, também é possível citar a obtenção do biodiesel a partir da reação dos triglicerídeos com dimetil carbonato (DMC), que gera como subproduto o dicarbonato de glicerol, que pode formar, por meio de hidrólise, o carbonato de glicerol, que também teve sua utilização explicada anteriormente (PACHECO, 2020).

Uma outra alternativa que pode gerar benefícios econômicos para a produção de biodiesel é o coprocessamento das matérias-primas com demandas processuais parecidas, como tamanho de equipamentos ou consumo de utilidades. Com isso seria possível obter redução de custos a partir do aproveitamento da planta e do processamento de matérias-primas com características similares, que podem ser ofertadas em preços mais vantajosos dependendo da época do ano.

8 Conclusão e Sugestões

Neste trabalho foi utilizado o *software* Aspen HYSYS® versão 8.8 para simular a produção de biodiesel a partir de quinze diferentes matérias-primas via catálise homogênea alcalina, rota tradicional de produção deste biocombustível. As simulações foram elaboradas de forma a gerarem uma produção de biodiesel equivalente à produção média nacional, de 13.440 kg/h. Os balanços de massa e energia dos equipamentos foram resolvidos com o auxílio do simulador, assim como o consumo de matérias-primas e de utilidade. Com esses dados foi possível realizar o dimensionamento dos equipamentos, conforme metodologia apresentada no Capítulo 3, e, de posse das especificações destes equipamentos, foi realizada uma avaliação econômica comparativa entre os diferentes casos estudados.

As mesmas métricas e hipóteses foram estabelecidas para todas as matérias-primas, de modo a permitir uma comparação justa dos processos. As matérias-primas foram comparadas quanto às demandas processuais necessárias para obtenção de biodiesel dentro do padrão estabelecido pela ANP, bem como com relação ao investimento necessário na planta, à lucratividade e preço de equilíbrio, de modo a se estabelecer as vantagens e desvantagens de cada uma e assim nortear, de maneira concreta, futuras políticas públicas e investimentos neste setor.

No cenário econômico que se apresenta no segundo semestre de 2021, a produção de biodiesel não se mostra viável economicamente apenas com os preços de mercado para matérias-primas e produtos. Esse fato se dá devido ao elevado custo com as matérias-primas e devido ao preço de venda de biodiesel não ser suficiente para gerar superávit financeiro. Entretanto, segundo a literatura, este é um resultado esperado. Cabe ainda ressaltar que, no período em questão, o Brasil vivia um momento de alta de preços dos produtos alimentícios e uma demanda menor por biodiesel, cuja adição obrigatória no óleo diesel foi temporariamente reduzida de 13% para 10% (ANP, 2021a).

O custo de instalação de uma nova planta varia entre 9,5 e 14,4 milhões de dólares para os diferentes casos analisados, sendo o Caso 9 (óleo de fritura), o Caso 12 (óleo de milho) e o Caso 6 (óleo de amendoim) aqueles que apresentaram maior custo de equipamentos. Além disso, de acordo com os parâmetros de análise apresentados no Capítulo 7, sobretudo valor de lucro líquido e do preço de equilíbrio do biodiesel, pode-se concluir que o Caso 11 (gordura de frango) apresentou o melhor

resultado, seguido do Caso 12 (óleo de milho). Seguindo o mesmo critério de análise, desconsiderando o Caso 13 (óleo de jojoba), os Casos 14 (óleo de cártamo) e 15 (óleo de pinhão manso) são aqueles que demonstraram os piores resultados, com maiores prejuízos e com maiores preços de equilíbrio do biodiesel. Conforme explicado anteriormente, foi considerado como preços das matérias-primas os preços dos óleos brutos. Com isso, a etapa de pré-tratamento destes óleos não foi considerada na análise econômica.

Fica como sugestão para futuros trabalhos a realização de estudos de otimização e análise de novas tecnologias de processo de produção de biodiesel a partir das diferentes matérias-primas avaliadas neste trabalho, com o objetivo de se ter maior precisão na estimativa dos custos dos equipamentos e na simulação do processo, possibilitando uma análise econômica mais assertiva.

O autor espera que este trabalho possa contribuir de maneira positiva para futuras comparações relativas à viabilidade econômica de tecnologias e matérias-primas para produção de biodiesel, que devem ser estudadas a fim de possibilitar o crescimento contínuo e diversificação das matérias-primas e tecnologias desse setor no Brasil.

9 Referências Bibliográficas

ABIOVE. Estatísticas. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, 2022. Disponível em: <www.abiove.org.br/estatisticas>. Acesso em: 16 jan. 2022.

ABREU, F. R.; VIEIRA, J. N. S.; RAMOS, S. Y. Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel: diretrizes, desafios e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, n. 3, p. 5–18, 2006.

ABU-ARABI, M. *et al.* Extraction of jojoba oil by pressing and leaching. **Chemical Engineering Journal**, 76(1), 61–65, 2000. DOI: 10.1016/s1385-8947(99)00119-9

ALI, E. N., TAY, C. I. Characterization of biodiesel produced from palm oil via base catalyzed transesterification, **Procedia Engineering**, v. 53, p. 7–12, 2013. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.02.002.

AL-OBAIDI, J. R. *et al.* A review on plant importance, biotechnological aspects, and cultivation challenges of jojoba plant, **Biological Research**, v. 50, n. 1, p. 1–9, 2017. DOI: 10.1186/s40659-017-0131-x.

ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G.; SOUZA, L. F. Programa do Proálcool e o Etanol no Brasil. **Engevista**, v. 11, n. 2, p. 127–136, 2010. DOI: 10.22409/engevista.v11i2.236.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 26 out. 2021.

ANP. **Boletim Trimestral de Preços e Volumes de Combustíveis do 1º Trimestre/2021**. 2021a. Disponível em <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/btpvc-1/2021/boletim-trimestral-sdc-9-1t21-novo.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2021.

ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2021**. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

ANP. **Painel Dinâmico - Produtores de Biodiesel**. 2021c. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWltNGJINDg0ZTg5NjBliiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkyMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>>. Acesso em: 26 set. 2021.

ANP. **82º Leilão de Biodiesel da ANP negocia 1,07 bilhão de litros**. 2021d. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/82o-leilao-de-biodiesel-da-anp-negocia-1-07-bilhao-de-litros>. Acesso em: 26 out. 2021.

ANP. **Resolução ANP Nº 45, de 25 de agosto de 2014**. Brasil, 2014. Acesso em: 05 ago. 2021.

ANTUNES, F. F. *et al.* Da Produção de Biodiesel Utilizando Planejamento Experimental Plackett Burman. n. January, p. 1–5, 2011.

BANKOVIĆ-ILIĆ, I. B.; STAMENKOVIĆ, O. S.; VELJKOVIĆ, V. B. Biodiesel production from non-edible plant oils, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 3621–3647, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2012.03.002.

BARREIROS, T.; YOUNG, A.; CAVALCANTE, R.; QUEIROZ, E. Impact of biodiesel production on a soybean biorefinery. **Renewable Energy**, v. 159, p. 1066–1083, 2020. DOI: 10.1016/j.renene.2020.06.064.

BARREIROS, T. V. Avaliação econômica de biorrefinarias de soja utilizando superestrutura de processo. **Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos**, f. 118-130. 2020.

BATISTA, I. G. S. Avaliação físico-química e nutricional de amendoins industrializados durante o armazenamento. **Universidade Federal da Paraíba**, 2014.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y. J. K.; LIMA, P. **Quim. Nova**, v. 34, n. 2, p. 306–319, 2011.

BIODIESELBR. **Óleo de fritura usado**. 2014. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/plantas/oleo-fritura-usado>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

BIODIESELBR. **A negociação de biodiesel em 2022**. 2021. Disponível em <<https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/negocio/a-negociacao-de-biodiesel-em-2022-171121>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

BOSHUI, C.; YUQIU S.; JIANHUA F.; JIU W.; JIANG W. Effect of cold flow improvers on flow properties of soybean biodiesel. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 9, p. 1309–1313, 2010. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.04.001.

BOUAID A.; BAJO L.; MARTINEZ M.; ARACIL J. Optimization of biodiesel production from jojoba oil. **Process Saf. Environ**, 85: 378–382, 2007. DOI:10.1205/psep07004.

BRANDÃO, K. S. R.; SILVA, F. C.; NASCIMENTO, U. M.; SOUSA, M. C.; MOUZINHO, A. M. C.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; MOURA, K. R. M. Produção de Biodiesel por Transesterificação do Óleo de Soja com Misturas de Metanol-Etanol. 2006.

BRASIL. **Lei nº11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11097.htm>. Acesso em: 26 dez. 2021.

CAIXETA, G. **Estudo de Cenário de Produção de Biodiesel**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

CAMPEÃO, P.; SANCHES, A. C.; MACIEL, W. R. E. Mercado Internacional de Commodities. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 76–92, 2020.

CÂNDIDO, M. J. D.; BOMFIM, M. A. D.; SEVERINO, L. S.; OLIVEIRA, S. Z. R. Utilização de coprodutos da mamona na alimentação animal. *In: Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA*, 3., 2008, Salvador. Energia e ricinoquímica:[anais]. Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. 21 f. 1, 2008.

CARELS, N.; SUJATHA, M.; BAHADUR, B. *Jatropha*, challenges for a new energy crop. 2012.

CARVALHO, A. Caracterização Físico-Química do Biodiesel de Algodão. **Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais**, 2018.

CASTRO, H. F. Processos Químicos Industriais II - Apostila 5: Óleos e Gorduras. **Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo**, p. 1–20, 2014. .

CAVALLARI, P. I. Avaliação dos processos de purificação do biodiesel por via seca. **Dissertação (Bacharel em Engenharia Química) Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena**, p. 46, 2012.

CE. Economic Indicators. **Chemical Engineering Magazine**, p. 64, Setembro, 2021.

CENTENARO, G. S.; FURLAN, V. J. M.; SOUZA-SOARES, L. A. Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 619, 2008. DOI: 10.5433/1679-0359.2008v29n3p619.

CESB. **Soja: quebrando recordes: CESB: 10 anos de máxima produtividade / Realização Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) – Brasil**, 2018.

CONSTANTINO, L.; GANI, R. New group contribution method for estimating properties of pure compounds, **AIChE Journal**, v. 40, n. 10, p. 1697–1710, 1994. DOI: 10.1002/aic.690401011.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A. M.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos, p. 1–45, 2019.

COSTA, T. K. O. Avaliação da conversão do óleo de soja em biodiesel utilizando álcoois de cadeia curta. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, Natal, 2021.

CS, COMEX STAT. Comex stat. 2021. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>.

CUNHA, D. C.; CREXI, V. T.; PINTO, L. A. A. Winterization of fish oil with solvent. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 207–213, 2009. DOI: 10.1590/S0101-20612009000100032.

DABDOUB, M. J.; BRONZE, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria, **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 776–792, 2009. DOI: 10.1590/S0100-40422009000300021.

EMBRAPA. **Melhoramento genético do dendezeiro assistido por biotecnologias visando aumento de produtividade, redução do crescimento e resistência ao amarelecimento fatal**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/30459/melhoramento-genetico-do-dendezeiro-assistido-por-biotecnologias-visando-aumento-de-produtividade-reducao-do-crescimento-e-resistencia-ao-amarelecimento-fatal>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

EMBRAPA. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo**. 2021. Disponível em: <www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. Geração de Biodiesel Pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química - EQ, 2007**, p. 144, 2007.

EPA, U.S. Environmental Protection Agency. A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. 2002.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: Ano 2020. Rio de Janeiro, 2021.

ESKIN, N. A. M.; PRZYBYLSKI, R. RAPE SEED OIL/CANOLA. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**, 4911–4916, 2003, DOI:10.1016/b0-12-227055-x/01349-3.

FILHO, P. G. C.; BUAINAIN, A. M.; CUNHA, M. P. Avaliação dos impactos socioeconômicos da cadeia produtiva do Biodiesel na agricultura familiar brasileira. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 51, n. 3, p. 493–527, 2021. DOI: 10.1590/0101-41615133pam.

FREEDMAN, B.; PRYDE, E. H.; MOUNTS, T. L. Hour Screening Test for Alternate Fuels in Energy Notes for , Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils 1, **American Society of Agricultural Engineers**, v. 2, n. 10, p. 385–390, 1981.

GALVÃO, M. C. Simulação e avaliação econômica da produção de biodiesel de soja via catálise heterogênea, **Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química - EQ**, p. 2015, 2019.

GERPEN, J. Basics of Diesel Engines and Diesel Fuels. Second Edition., **AOCS Press**, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-893997-62-2.50008-5>.

GIAKOUMIS, E. G.; SARAKATSANIS, C. K. Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. **Fuel**, v. 222, n. February, p. 574–585, 2018. DOI: 10.1016/j.fuel.2018.02.187.

GLASSDOOR. Salários de Operador Industrial. 2021. Disponível em: <www.glassdoor.com.br>. Acesso em: 26 out. 2021.

GODOY, P. H. Tecnologias para Produção de Biodiesel a partir do Óleo de Cozinha Residual: Uma Análise dos Processos de Transesterificação. **Universidade Federal de São Paulo**. 2021.

GONDIM-TOMAZ, R. M. A.; ERISMANN, N. M.; CIA, E.; KONDO, J. I.; FUZATTO, M. G.; CARVALHO, C. R. L. Teor de óleo e composição de ácidos graxos em sementes de diferentes genótipos de algodoeiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016. DOI: 10.1590/1981-6723.7115.

GUEDES, P. H. P. S. Simulação e análise econômica da produção de acroleína e carbonato de glicerol a partir do glicerol. **TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2021.

GUIABEMESTAR. **Óleo de jobo: Conheça o melhor modelo de (01/22)**. 2022. Disponível em: <<https://www.guiabemestar.com.br/oleo-de-jobo-melhores-modelos/>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

HIRAKURI, M.; LAZZAROTTO, J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. 2014.

HOEKMAN, S. K.; BRONCH, A.; ROBBINS, C.; CENICEROS, E.; NATARAJAN, M. Review of biodiesel composition, properties, and specifications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 143–169, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2011.07.143.

HOQUE, M. E.; SINGH, A.; CHUAN, Y. L. Biodiesel from low cost feedstocks: The effects of process parameters on the biodiesel yield. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 4, p. 1582–1587, 2011. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.12.024.

IBGE. Inflação. 2022. Disponível em: <www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>. Acesso em: 25 jan. 2022.

IBGE. PPM - Pesquisa da Pecuária Municipal. 2021. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 17 jan. 2022.

JEONG, G. T.; PARK, D. H. Optimization of biodiesel production from castor oil using response surface methodology. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 156, n. 1–3, p. 1–11, 2009. DOI: 10.1007/s12010-008-8468-9.

JEONG, G. T.; YANG, H. S.; PARK, D. H. Optimization of transesterification of animal fat ester using response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 1, p. 25–30, 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.05.011.

JONALA, R. S.; DUNFORD, N. T.; DASHIEL, K. E. Tocopherol, phytosterol and phospholipid compositions of new high oleic peanut cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v 19, p 601–605, 2006.

KAYA C.; HAMAMCI, C.; BAYSAL, A.; AKBA, O.; ERDOGAN, S.; SAYDUT, A. Methyl ester of peanut (*Arachis hypogea* L.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. **Renew Energy**, 34:1257–60, 2009.

KIM, J. K.; YIM, E. S.; JEON, C. H.; JUNG, C. S.; HAN, B. H. Cold performance of various biodiesel fuel blends at low temperature. 13(2), 293–300.2012. DOI:10.1007/s12239-012-0027-2.

KNOTHE, G.; GERPEN, J.; KRAHL, J. **The Biodiesel Handbook**. Champaign, Illinois, Estados Unidos. AOCS Press, 2005.

KOMBE, G. G. Re-esterification of high free fatty acid oils for biodiesel production. **Biofuels**, v. 6, n. 1–2, p. 31–36, 2015. DOI: 10.1080/17597269.2015.1039453.

KRAUSE, L. C. Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal. **Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/14362>.

KUSDIANA, D.; SAKA, S. Methyl esterification of free fatty acids of rapeseed oil astreated in supercritical methanol. **Journal of Chemical Engineering of Japan**, v. 34, n. 3, p. 383–387, 2001. DOI: 10.1252/jcej.34.383.

LAM, M. K.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 4, p. 500–518, 2010. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2010.03.002.

LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos CEBRAP**, n. 78, p. 15–21, 2007. DOI: 10.1590/S0101-33002007000200003.

MACK, T. T. A. D.; SOUZA, R.G. Controvérsias Acerca do Consumo e Produção de Banha Suína. **Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios**. 2019.

MADALENA, L. C. S. Uma revisão do uso do óleo de rícino proveniente da Mamona (*Ricinus communis* L.), em diversos setores industriais e combustíveis. **Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura Acta Iguazu**, v. 6, n. 4, p. 01-12, 2017.

MAHLIA, T. M. I.; ISMAIL, N.; HOSSAIN, N.; SILITONGA, A. S.; SHAMSUDDIN, A. H. Palm oil and its wastes as bioenergy sources: a comprehensive review. **Environmental Science and Pollution Research**, 2019. DOI: 10.1007/s11356-019-04563-x.

MANCIO, A. A. Simulação de processo de produção e purificação de biodiesel a partir de óleo de microalgas. 2011.

MARKOV, V. A.; KAMALTDINOV, V. G.; LOBODA, S. S. Optimization of Diesel Fuel and Corn Oil Mixtures Composition. **Procedia Engineering**, v. 150, p. 225–234, 2016. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.751.

MARTINS, R.; NACHILUK, K.; BUENO, C. R. F.; FREITAS, S. M. O biodiesel de sebo bovino no Brasil. *Informações econômicas*, São Paulo, v.41, n. 5, p. 56-70, 2011. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2011/tec5-0511.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MEDEIROS, P. T. Viabilidade técnica do biodiesel metílico do óleo de duas variedades de *Carthamus tinctorius* L. como substituto do diesel de petróleo. 2011.

MELO, M. A. M. F. Avaliação das Propriedades de Óleos Vegetais visando a Produção de Biodiesel. **Dissertação (Mestrado em Química)**, p. 114, 2010. Disponível em: http://quimica.ufpb.br/posgrad/dissertacoes/Dissertacao_Maria_Andrea_Mendes_Formiga_Melo.pdf.

MENG, X.; CHEN, G.; WANG, Y. Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. **Fuel Processing Technology**, v. 89, n. 9, p. 851–857, 2008. DOI: 10.1016/j.fuproc.2008.02.006.

MITCHELL, A. D.; SCHOLZ, A. M.; CONWAY, J. M. Body Composition Analysis of Small Pigs by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 9, p. 2392–2398, 1998. DOI: 10.2527/1998.7692392x.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Publicada resolução que reduz percentual de biodiesel no óleo diesel**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/publicada-resolucao-que-reduz-percentual-de-biodiesel-no-oleo-diesel>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

MORI, C.; TOMM, G. O.; FERREIRA, P. E. P. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura do centeio no mundo e no Brasil. n. 2012, 2013.

NAYAK, S. K.; MISHRA, P. C. Investigation on jojoba biodiesel and producer gas in dual-fuel mode. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects**. v. 38, n. 15, p. 2265–2271, 2016. DOI: 10.1080/15567036.2015.1027834.

NCBI, National Center for Biotechnology Information. **PubChem**. 2021 Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 26 dez. 2021.

NEUPANE, D.; BHATTARAI, D.; AHMED, Z.; DAS, B.; PANDEY, S.; SOLOMON, J. K. Q.; QIN, R.; ADHIKARI, P. Growing jatropha (*Jatropha curcas* L.) as a potential second-generation biodiesel feedstock. **Inventions**, v. 6, n. 4, p. 1–23, 2021. DOI: 10.3390/inventions6040060.

NG, S. H.; SHI, Y.; LIANHUI, D.; CHEN, S. (15h) Catalytic Cracking of a Rapeseed Oil for Production of Transportation Fuels and Chemicals: Yield Structure. *In: 2010 AIChE Annual Meeting*, 2010.

OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. **OECD Publishing**, Paris, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1787/3aeb7be3-en>.

OLIVEIRA, A. J. A cultura do *Carthamus tinctorius* L.: Principais usos e variabilidade genética. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e24810212683, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12683.

OLIVEIRA, A. P.; FERREIRA, B. S. Biotecnologia Aliada da Agricultura e na Produtividade da Soja. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, n. 2. 2020.

OLIVEIRA, C. F. Preço da soja e do milho durante a pandemia da covid-19 e seus impactos no mercado nacional da carne. **Instituto Federal Goiano-Campus Ceres CERES-GO**, 2021.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. Biodiesel: possibilidades e desafios. **Química Nova na Escola**, v. 28, n. 3, 2008.

PACHECO, J. R. Projeto de produção de biodiesel via mecanismos não usuais. **Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química - EQ**, 2020.

PAGAN, F. S.; LUZ, M. S.; FERREIRA, D. C. Otimização Estatística da Produção de Biodiesel a partir de Óleos Residuais de Frituras em Rota Etílica. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.13 n.24, p.1692, 2016.

PARK, J. Y.; KIM, D. K.; LEE, J. P.; PARK, S. C.; KIM, Y. J.; LEE, J. S. Blending effects of biodiesels on oxidation stability and low temperature flow properties. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 5, p. 1196–1203, 2008. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.02.017.

PATIL, P.D.; DENG, S. Optimization of biodiesel production from edible and nonedible vegetable oils. **Fuel**, 88:1302–6, 2009.

PILORGÉ, E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspective. **OCL**, 27, 34, 2020, DOI:10.1051/ocl/2020028.

PINTO, L. C.; FELIPE, E.S. Direcionadores de competitividade para elevação do percentual de biodiesel no diesel fóssil. **Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação**. 2021.

POLING, B. E.; PRAUSNITZ, J. M.; O'CONNELL, J. P. The Properties of Gases and Liquids. 5 ed. McGraw-Hill, New York, 803 p., 2001.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Biodiesel production Technologies. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385–405, 2011. DOI: 10.5935/1984-6835.20110043.

RASHID, U.; ANWAR, F.; MOSER, B. R.; ASHRAF, S. Production of sunflower oil methyl esters by optimized alkali-catalyzed methanolysis. *Biomass. Bioenerg.* 32: 1202–1205; 2008. DOI:10.1016/j.biombioe.2008.03.001.

RASHID, U.; ANWAR, F. Production of biodiesel through optimized alkaline-catalyzed transesterification of rapeseed oil. *Fuel* 87: 265–273; 2008a. DOI:10.1016/j.fuel.2007.05.003.

RASHID, U.; ANWAR, F. Production of Biodiesel through Base-Catalyzed Transesterification of Safflower Oil Using an Optimized Protocol. **Energy & Fuels**, 22(2), 1306–1312. 2008b. DOI:10.1021/ef700548s.

RASHID, U.; ANWAR, F.; KNOTHE G. Evaluation of biodiesel obtained from cottonseed oil. *Fuel Process Technol* 90:1157–63, 2009.

RENEWABLES NOW. **Renewables 2021 Global Status Report**. 2021. Disponível em: <https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf><http://www.ren21.net/resources/publications/>>.

REZENDE, M. J. C.; LIMA, A. L.; SILVA, B. V.; MOTA, C. J. A.; TORRES, E. A.; ROCHA, G. O.; CARDOZO, I. M. M.; COSTA, K. P.; GUARIEIRO, L. L. N.; PEREIRA, P. A. P.; MARTINEZ, S.; ANDRADE, J. B. Biodiesel: An overview II. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 7, p. 1301–1344, 2021. DOI: 10.21577/0103-5053.20210046.

RIBEIRO, M. B. Análise Técnica e Econômica da Produção de Solketal , Éteres terciários e Éteres Etilícos a partir do Glicerol. Projeto Final de Curso, p. 130, 2020.

RIBEIRO, V. S. Mercado do biodiesel no Brasil: uma análise da produção, desenvolvimento tecnológico e objetivos sociais do PNPB. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 9, p. 18–41, 2019. DOI: 10.24302/drd.v9i0.1825.

RODELLI, M.; ZANETTE, A. F.; GIUFRIDA, W. M.; FILHO, L. C.; BENETI, S. C. Produção de biodiesel de óleo de palma usando reator contínuo. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 4, p. 23, 2017. DOI: 10.3895/rebrapa.v8n4.4952.

ROZHKOVA, A. V. Rapeseed production as a promising direction for the agricultural complex development of the Krasnoyarsk Region. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 839, n. 2, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022091.

RUSCHEL, C. F. C. Determinação do número de cetano de blends de biodiesel/Diesel utilizando espectroscopia no infravermelho médio e regressão multivariada. (Full Paper). **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 6, n. 1, p. 39, 2014.

SALIMON, J.; NOOR, D. A. M.; NAZRIZAWATI, A. T.; FIRDAUS, M. Y. M.; NORAISHAH, A. Fatty acid composition and physicochemical properties of Malaysian castor bean *Ricinus communis* L. seed oil. **Sains Malaysiana**, v. 39, 2010.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; CUESTA, C. Sunflower Oil. **Universidad Complutense de Madrid**, Madrid, Espanha, 2003.

SANTANA, G. C. S. The goals of the National Biodiesel Program: between planning and implementation. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021.

SANTIAGO, N. M.; REIS, E. A. P. Aproveitamento de Subprodutos da Colheita da Soja para o Uso em Tintas de Revestimentos. **Toledo Prudente Centro Universitário**, 2018.

SARKAR, M. S. K.; BEGUM, R. A.; PEREIRA, J. J. Impacts of climate change on oil palm production in Malaysia. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 9, p. 9760–9770, 2020. DOI: 10.1007/s11356-020-07601-1.

SATYARTHI, J. K.; SRINIVAS, D.; RATNASAMY, P. Estimation of Free Fatty Acid Content in Oils, Fats, and Biodiesel by ¹H NMR Spectroscopy. **Energy & Fuels**, 23(4), 2273–2277, 2009. DOI:10.1021/ef801011v.

SAWANGKEAW, R.; NGAMPRASERTSITH, S. A review of lipid-based biomasses as feedstocks for biofuels production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 97–108, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2013.04.007.

SEIDER, W. D.; SEADER, J. D.; LEWIN, D. R. **Product and Process Design Principles - Synthesis, Analysis, and Evaluation**. 4^a ed. John Wiley and Sons, Inc, 2016.

SEVERINO, L. S.; RODRIGUES, S. M. M. R.; CHITARRA, L. G.; FILHO, J. L.; CONTINI, E.; MOTA, M.; MARRA, R.; ARAUJO, A. Produto: Algodão - Parte 01: Caracterização e desafios tecnológicos. **Embrapa: Desafios do agronegócio brasileiro**, p. 1–29, 2019.

SHAHLA, S.; NGOH, G. C.; YUSOFF, R. The evaluation of various kinetic models for base-catalyzed ethanolysis of palm oil. **Bioresource Technology**, v. 104, p. 1 – 5, 2012. ISSN 0960-8524. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411016026>>.

SILVA, C. A. S. Determinação De Dados De Equilíbrio Líquido – Produção De Biodiesel. p. 204, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256203/1/Silva_CesarAugustoSodreda_D.pdf>.

SILVA, C. C.; POLLI, S. A. O programa nacional de produção e uso do biodiesel - PNPB e a atuação da agricultura familiar. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 2, p. 3542–3555, 2020. DOI: 10.34119/bjhrv3n2-184.

SILVA, G. C. R.; ANDRADE, M. H. C. Criação De Banco De Dados Para Simulação Da Produção De Biodiesel. Parte 1: Estimativa De Propriedades Termofísicas De Óleos Vegetais. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 2, p. 0164–0178, 2020. DOI: 10.18540/jcecvl6iss2pp0164-0178.

SILVA, L. Processo de Produção de Biodiesel e Análise de Parâmetros de Qualidade. p. 1–102, 2014. Disponível em: <[https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/10321/1/Luís Carlos Matos da Silva.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/10321/1/Luís%20Carlos%20Matos%20da%20Silva.pdf)>.

SILVEIRA, D. A.; VIEIRA, G. E. G. Emprego Do Óleo Residual De Fritura Na Produção De Biodiesel. p. 9535–9542, 2014. DOI: 10.5151/chemeng-cobeq2014-1982-16556-170930.

SINGH S.P.; SINGH, D. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14:200–16, 2009.

SOLIMAN, W. M.; HE, X. The Potentials of Jatropha Plantations in Egypt: A Review. **Modern Economy**, v. 06, n. 02, p. 190–200, 2015. DOI: 10.4236/me.2015.62016.

SOUZA, C. D. R.; CHAAR, J. S.; SOUZA, R. C. R.; JEFFREYS, M. F.; SOUZA, K. S.; COSTA, E. J. C.; SANTOS, J. C. Physical chemical characterization of binary mixtures of biodiesel and diesel commercialized in Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 383–388, 2009. DOI: 10.1590/s0044-59672009000200017.

STRONG, C.; ERICKSON, C.; SHUKLA, D. **Evaluation of Biodiesel Fuel: Literature Review**. 2004.

TALCOTT, S. T.; DUNCAN, C. E.; POZO-INSFRAN, D. D.; GORBET. D; W. Polyphenolic and antioxidant changes during storage of normal, mid, and high oleic acid peanuts. **Food Chemistry**, Florida, USA: v. 89, p. 77-84, 2005.

TIWARI, A. K.; KUMAR, A.; RAHEMAN, H. Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: An optimized process. **Biomass and Bioenergy**, v. 31, n. 8, p. 569–575, 2007. DOI: 10.1016/j.biombioe.2007.03.003.

TURTON, R.; SHAEIWITZ, J. A.; BHATTACHARYYA, D.; WHITTING, W. B. **Analysis, synthesis and design of chemical processes**. Pearson Education: 5ª edição, 2018.

URIBE, R. A. M., ALBERCONI, C.H., TAVARES, B. A. Produção de Biodiesel a partir do Sebo Bovino: Viabilidade Econômica e Métodos de Produção. **X Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. 2014.

VERMA, P.; SHARMA, M. P.; DWIVEDI, G. Evaluation and enhancement of cold flow properties of palm oil and its biodiesel. **Energy Reports**, v. 2, p. 8–13, 2016. DOI: 10.1016/j.egy.2015.12.001.

WEST, A. H.; POSARAC, D.; ELLIS, N. Assessment of four biodiesel production processes using HYSYS.Plant. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 14, p. 6587–6601, 2008.

WINAYANUWATTIKUN P.; KAEWPIBOON, C.; PIRIYAKANANON, K.; TANTONG, S.; THAKERNKARNKIT, W.; CHULALAKSANANUKUL, W. Potential plant oil

feedstock for lipase-catalyzed biodiesel production in Thailand. **Biomass Bioenergy**, 32:1279–86, 2008.

YOUNG, A. F.; PESSOA, F. L. P.; QUEIROZ, E. M. Comparação De Rotas Consolidadas Para a Produção De Biodiesel a Partir Dos Óleos De Soja E De Dendê Via Catálise Homogênea Alcalina. p. 13093–13100, 2015. DOI: 10.5151/chemeng-cobeq2014-2037-16238-175760.

ZHANG, Y.; DUBÉ, M. A.; MCLEAN, D. D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. **Bioresource Technology**, v. 89, n. 1, p. 1–16, 2003a.

ZHANG, Y.; DUBÉ, M. A.; MCLEAN, D. D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. **Bioresource Technology**, v. 90, n. 3, p. 229–240, 2003b.

APÊNDICE I - Caracterização das Correntes de Processos

AI.1 Caso 1: Dendê

Tabela AI.1: Caso 1

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,65
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,55	32,55	32,31
Vazão Volumétrica	m³/h	1,97	0,08	2,05	2,05	3,93
Vazão Molar	kgmol/h	49,00	3,36	52,36	52,36	99,19
Vazão Mássica	kg/h	1570,05	134,40	1704,45	1704,45	3204,98
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9211	0,9211	0,9581
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0789	0,0789	0,0419
	Biodiesel Dendê	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Dendê	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,46	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,05	144,57	842,67	842,67	842,67
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	15,33	6,81	6,81	6,81
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	115,14	15,95	15,95	15,95
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16646,05	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9997	0,1016	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,1247	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Dendê	0,0003	0,7302	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Dendê	0,0000	0,0807	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.1: Caso 1 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	137,93	28,37	28,37	138,05
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	221,64	32,04	32,04	221,64
Vazão Volumétrica	m³/h	1,88	13,45	1,88	1,89	13,45
Vazão Molar	kgmol/h	46,80	68,34	46,80	46,83	68,34
Vazão Mássica	kg/h	1499,59	15146,46	1499,59	1500,53	15146,46
Frações mássicas						
H2O		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol		1,0000	0,0126	1,0000	1,0000	0,0126
Glicerol		0,0000	0,2100	0,0000	0,0000	0,2100
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
Biodiesel Dendê		0,0000	0,8025	0,0000	0,0000	0,8025
Óleo Dendê		0,0000	0,0887	0,0000	0,0000	0,0887
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,79	55,79	55,79
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	221,64	18,02	277,92	38,60	20,93
Vazão Volumétrica	m³/h	13,45	3,41	12,23	1,90	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	68,34	188,73	49,02	57,06	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15146,46	3400,00	13624,02	2202,45	0,00
Frações mássicas						
H2O		0,0000	1,0000	0,0016	0,2991	0,6863
Metanol		0,0126	0,0000	0,0070	0,0435	0,3101
Glicerol		0,2100	0,0000	0,0023	0,2496	0,0000
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0089	0,0000	0,0003	0,0591	0,0000
Biodiesel Dendê		0,8025	0,0000	0,8919	0,0016	0,0035
Óleo Dendê		0,0887	0,0000	0,0984	0,0013	0,0001

Tabela AI.1: Caso 1 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	51,22	51,22	51,22	47,25	47,25
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	282,21	18,76	21,52	287,51	18,32
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,18	0,73	0,00	12,14	0,72
Vazão Molar	kgmol/h	48,12	38,65	0,00	47,13	38,74
Vazão Mássica	kg/h	13578,81	725,21	0,00	13549,24	709,57
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0022	0,9256	0,6294	0,0018	0,9654
	Metanol	0,0043	0,0518	0,3691	0,0026	0,0319
	Glicerol	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0057	0,0000	0,0000	0,0002
	Biodiesel Dendê	0,8949	0,0000	0,0014	0,8968	0,0000
	Óleo Dendê	0,0986	0,0026	0,0000	0,0987	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	47,25	25,01	25,01	25,01	49,58
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,45	18,02	18,02	18,02	23,84
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,74
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	210,91
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5027,16
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,7297	1,0000	1,0000	1,0000	0,6724
	Metanol	0,2687	0,0000	0,0000	0,0000	0,0354
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0681
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0267
	Biodiesel Dendê	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007
	Óleo Dendê	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019

Tabela AI.1: Caso 1 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	43,83	43,83	43,83	25,01	146,73
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	290,83	18,21	19,66	18,02	273,05
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,12	0,70	0,00	0,68	11,02
Vazão Molar	kgmol/h	46,53	38,35	0,00	37,75	43,00
Vazão Mássica	kg/h	13530,98	698,26	0,00	680,00	11741,29
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0016	0,9783	0,8107	1,0000	0,0017
	Metanol	0,0016	0,0195	0,1878	0,0000	0,0011
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Dendê	0,8980	0,0000	0,0015	0,0000	0,9971
	Óleo Dendê	0,0987	0,0022	0,0001	0,0000	0,0000
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	298,34	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	563,52	24,43	24,42	98,08	221,64
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,09	0,00	4,86	0,09	13,45
Vazão Molar	kgmol/h	3,16	0,00	212,59	1,68	68,34
Vazão Mássica	kg/h	1778,02	0,00	5191,95	164,79	15146,46
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6625	0,6627	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0340	0,0340	0,0000	0,0126
	Glicerol	0,0000	0,0676	0,0676	0,0000	0,2100
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0460	0,0460	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Dendê	0,2495	0,0024	0,0024	0,0000	0,8025
	Óleo Dendê	0,7505	0,0001	0,0001	0,0000	0,0887

Tabela AI.1: Caso 1 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	40,89	99,98	277,06	41,51	231,56	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	292,91	23,48	142,04	18,41	92,59	
Vazão Volumétrica	m³/h	12,11	4,73	0,13	3,67	1,06	
Vazão Molar	kgmol/h	46,16	210,91	1,68	196,48	14,43	
Vazão Mássica	kg/h	13519,30	4953,30	238,65	3617,00	1336,30	
Frações mássicas							
		H2O	0,0015	0,6946	0,0000	0,9511	0,0003
		Metanol	0,0010	0,0357	0,0000	0,0489	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2671	0,0000	0,0000	0,9953
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Dendê	0,8988	0,0025	0,0000	0,0000	0,0093
		Óleo Dendê	0,0987	0,0001	0,0000	0,0000	0,0004
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	40,89	40,89	40,89	25,01	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	19,11	292,91	18,15	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	12,11	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	46,16	38,12	37,75	188,73	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13519,30	691,68	680,00	3400,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,8713	0,0015	0,9860	1,0000	1,0000
		Metanol	0,1272	0,0010	0,0119	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Dendê	0,0015	0,8988	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Dendê	0,0001	0,0987	0,0021	0,0000	0,0000

Tabela AI.1: Caso 1 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Dendê	0,0000
	Óleo Dendê	0,0000

AI.2 Caso 2: Soja

Tabela AI.2: Caso 2

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,74
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,55	32,55	32,30
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,99	0,08	2,07	2,07	4,21
Vazão Molar	kgmol/h	49,50	3,36	52,86	52,86	105,93
Vazão Mássica	kg/h	1586,07	134,40	1720,47	1720,47	3420,89
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9219	0,9219	0,9607
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0781	0,0781	0,0393
	Biodiesel Soja	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Soja	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,58	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,36	137,01	785,18	785,18	785,18
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	14,14	6,46	6,46	6,46
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	123,06	17,12	17,12	17,12
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16860,89	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9888	0,1071	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0841	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Soja	0,0111	0,7211	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Soja	0,0000	0,0797	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.2: Caso 2 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	162,93	28,38	28,38	163,09
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	216,54	32,04	32,04	216,54
Vazão Volumétrica	m ³ /h	2,14	12,01	2,14	2,14	12,01
Vazão Molar	kgmol/h	53,05	70,02	53,05	53,07	70,02
Vazão Mássica	kg/h	1699,90	15160,99	1699,90	1700,41	15160,99
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9999	0,0070	0,9999	0,9999	0,0070
	Glicerol	0,0000	0,0936	0,0000	0,0000	0,0936
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Soja	0,0001	0,8019	0,0001	0,0001	0,8019
	Óleo Soja	0,0000	0,0886	0,0000	0,0000	0,0886
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	52,62	52,62	52,62
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	216,54	18,02	273,84	36,42	21,29
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,01	3,41	10,72	2,13	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	70,02	188,70	49,46	67,73	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15160,99	3400,00	13544,19	2466,66	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0005	0,3418	0,7320
	Metanol	0,0070	0,0000	0,0026	0,0288	0,1937
	Glicerol	0,0936	0,0000	0,0001	0,5745	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0540	0,0000
	Biodiesel Soja	0,8019	0,0000	0,8977	0,0000	0,0737
	Óleo Soja	0,0886	0,0000	0,0991	0,0009	0,0004

Tabela A1.2: Caso 2 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,41	44,41	44,41	38,40	38,40
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	276,75	18,27	20,35	278,37	18,12
Vazão Volumétrica	m ³ /h	10,70	0,88	0,00	10,69	0,86
Vazão Molar	kgmol/h	48,86	47,78	0,00	48,53	47,50
Vazão Mássica	kg/h	13520,96	873,10	0,00	13510,07	860,74
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0006	0,9719	0,7685	0,0005	0,9887
	Metanol	0,0011	0,0232	0,2043	0,0005	0,0096
	Glicerol	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Soja	0,8992	0,0000	0,0270	0,8999	0,0000
	Óleo Soja	0,0991	0,0018	0,0002	0,0991	0,0017
<hr/>						
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	38,40	25,01	25,01	25,01	44,80
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,40	18,02	18,02	18,02	24,04
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,85	0,85	0,85	4,73
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	47,18	47,18	47,18	210,33
Vazão Mássica	kg/h	0,00	849,86	849,86	849,86	5055,84
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,8687	1,0000	1,0000	1,0000	0,6711
	Metanol	0,1034	0,0000	0,0000	0,0000	0,0204
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2806
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0266
	Biodiesel Soja	0,0276	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Soja	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013

Tabela AI.2: Caso 2 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	20
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	34,13	34,13	34,13	25,01	312,54
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	279,10	18,08	18,91	18,02	773,99
Vazão Volumétrica	m ³ /h	10,68	0,86	0,00	0,85	0,65
Vazão Molar	kgmol/h	48,39	47,32	0,00	47,18	1,74
Vazão Mássica	kg/h	13504,60	855,34	0,00	849,86	1346,60
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,9943	0,9231	1,0000	0,0000
	Metanol	0,0002	0,0041	0,0493	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Soja	0,9003	0,0000	0,0274	0,0000	0,0073
	Óleo Soja	0,0990	0,0016	0,0002	0,0000	0,9927
		Biodiesel	24	25	H2SO4	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	161,71	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	10,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	260,64	24,62	24,62	98,08	216,54
Vazão Volumétrica	m ³ /h	10,03	0,00	4,85	0,09	12,01
Vazão Molar	kgmol/h	46,65	0,00	212,01	1,68	70,02
Vazão Mássica	kg/h	12158,00	0,00	5220,63	164,79	15160,99
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,6615	0,6615	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0002	0,0196	0,0196	0,0000	0,0070
	Glicerol	0,0000	0,2719	0,2719	0,0000	0,0936
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0457	0,0457	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Soja	0,9992	0,0012	0,0012	0,0000	0,8019
	Óleo Soja	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0886

Tabela AI.2: Caso 2 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	34,13	101,72	277,06	43,15	234,59
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	279,10	23,69	142,04	18,25	92,37
Vazão Volumétrica	m ³ /h	10,68	4,72	0,13	3,59	1,13
Vazão Molar	kgmol/h	48,39	210,33	1,68	194,89	15,44
Vazão Mássica	kg/h	13504,60	4981,98	238,65	3556,00	1425,98
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,6932	0,0000	0,9712	0,0000
	Metanol	0,0002	0,0205	0,0000	0,0287	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,2849	0,0000	0,0000	0,9955
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Soja	0,9003	0,0013	0,0000	0,0001	0,0043
	Óleo Soja	0,0990	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002

		22	5
Estado Físico		Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	60,16
Pressão	kPa	200,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	18,02	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	3,41	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	188,70	1,68
Vazão Mássica	kg/h	3399,45	164,79
Frações mássicas			
	H2O	1,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	1,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000
	Biodiesel Soja	0,0000	0,0000
	Óleo Soja	0,0000	0,0000

AI.3 Caso 3: Colza

Tabela AI.3: Caso 3

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,65
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,55	32,55	32,31
Vazão Volumétrica	m³/h	1,97	0,08	2,05	2,05	3,93
Vazão Molar	kgmol/h	49,00	3,36	52,36	52,36	99,19
Vazão Mássica	kg/h	1570,05	134,40	1704,45	1704,45	3205,01
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9211	0,9211	0,9581
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0789	0,0789	0,0419
	Biodiesel Colza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Colza	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,49	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,09	144,57	843,32	843,32	843,32
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	14,99	6,69	6,69	6,69
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	115,13	15,94	15,94	15,94
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16643,69	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9982	0,1017	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0794	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Colza	0,0017	0,7302	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Colza	0,0000	0,0808	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela A1.3: Caso 3 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	140,10	28,37	28,37	140,23
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	221,69	32,04	32,04	221,69
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	13,11	1,89	1,89	13,11
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	68,31	46,82	46,83	68,31
Vazão Mássica	kg/h	1500,14	15143,55	1500,14	1500,56	15143,55
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0127	1,0000	1,0000	0,0127
	Glicerol	0,0000	0,0872	0,0000	0,0000	0,0872
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Colza	0,0000	0,8025	0,0000	0,0000	0,8025
	Óleo Colza	0,0000	0,0888	0,0000	0,0000	0,0888
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,44	55,44	55,44
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	221,69	18,02	286,08	38,31	21,16
Vazão Volumétrica	m³/h	13,11	3,41	11,85	1,94	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	68,31	188,73	47,46	58,59	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15143,55	3400,00	13578,80	2244,75	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0006	0,2993	0,6726
	Metanol	0,0127	0,0000	0,0055	0,0524	0,3169
	Glicerol	0,0872	0,0000	0,0003	0,5869	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0591	0,0000
	Biodiesel Colza	0,8025	0,0000	0,8949	0,0001	0,0101
	Óleo Colza	0,0888	0,0000	0,0986	0,0022	0,0002

Tabela A1.3: Caso 3 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	50,40	50,40	50,40	46,09	46,09
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	292,31	18,58	21,38	296,08	18,26
Vazão Volumétrica	m³/h	11,80	0,73	0,00	11,77	0,71
Vazão Molar	kgmol/h	46,31	38,90	0,00	45,64	38,41
Vazão Mássica	kg/h	13535,81	722,99	0,00	13514,26	701,55
Frações mássicas						
	H2O	0,0007	0,9383	0,6445	0,0006	0,9718
	Metanol	0,0027	0,0516	0,3521	0,0014	0,0258
	Glicerol	0,0000	0,0048	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Colza	0,8978	0,0000	0,0033	0,8992	0,0000
	Óleo Colza	0,0988	0,0030	0,0001	0,0988	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	46,09	25,01	25,01	25,01	48,76
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,06	18,02	18,02	18,02	23,82
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,76
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	211,91
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5047,24
Frações mássicas						
	H2O	0,7713	1,0000	1,0000	1,0000	0,6723
	Metanol	0,2249	0,0000	0,0000	0,0000	0,0370
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2617
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0266
	Biodiesel Colza	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Colza	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023

Tabela A1.3: Caso 3 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	42,44	42,44	42,44	25,01	184,88
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	298,03	18,16	19,21	18,02	279,32
Vazão Volumétrica	m ³ /h	11,76	0,69	0,00	0,68	11,08
Vazão Molar	kgmol/h	45,31	38,08	0,00	37,75	43,50
Vazão Mássica	kg/h	13502,82	691,45	0,00	680,00	12150,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9848	0,8627	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0007	0,0131	0,1335	0,0000	0,0004
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Colza	0,9000	0,0000	0,0037	0,0000	0,9990
	Óleo Colza	0,0988	0,0021	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	363,74	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	825,26	24,40	24,40	98,08	221,69
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,88	0,09	13,11
Vazão Molar	kgmol/h	1,63	0,00	213,59	1,68	68,31
Vazão Mássica	kg/h	1346,31	0,00	5212,03	164,79	15143,55
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6627	0,6627	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0356	0,0356	0,0000	0,0127
	Glicerol	0,0000	0,2537	0,2537	0,0000	0,0872
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0458	0,0458	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Colza	0,0110	0,0022	0,0022	0,0000	0,8025
	Óleo Colza	0,9890	0,0001	0,0001	0,0000	0,0888

Tabela A1.3: Caso 3 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	39,39	99,79	277,06	41,35	231,70	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	299,05	23,47	142,04	18,43	92,54	
Vazão Volumétrica	m³/h	11,75	4,75	0,13	3,69	1,06	
Vazão Molar	kgmol/h	45,13	211,91	1,68	197,49	14,42	
Vazão Mássica	kg/h	13496,31	4973,38	238,65	3639,00	1334,38	
Frações mássicas							
		H2O	0,0005	0,6945	0,0000	0,9491	0,0003
		Metanol	0,0004	0,0373	0,0000	0,0509	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2658	0,0000	0,0000	0,9908
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Colza	0,9004	0,0023	0,0000	0,0000	0,0084
		Óleo Colza	0,0987	0,0001	0,0000	0,0000	0,0004
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	39,39	39,39	39,39	25,01	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	18,70	299,05	18,10	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	11,75	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	45,13	37,92	37,75	188,73	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13496,31	686,51	680,00	3400,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,9202	0,0005	0,9913	1,0000	1,0000
		Metanol	0,0759	0,0004	0,0067	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Colza	0,0037	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Colza	0,0001	0,0987	0,0019	0,0000	0,0000

Tabela A1.3: Caso 3 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Colza	0,0000
	Óleo Colza	0,0000

AI.4 Caso 4: Mamona

Tabela AI.4: Caso 4

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,66
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,56	32,56	32,31
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,93	0,08	2,01	2,01	3,89
Vazão Molar	kgmol/h	48,00	3,36	51,36	51,36	98,19
Vazão Mássica	kg/h	1538,01	134,40	1672,41	1672,41	3172,86
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9196	0,9196	0,9576
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0804	0,0804	0,0424
	Biodiesel Mamona	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Mamona	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,49	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,08	145,78	852,75	852,75	852,75
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	15,11	6,70	6,70	6,70
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	113,95	15,76	15,76	15,76
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16611,75	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9985	0,1008	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0786	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,0014	0,7315	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Mamona	0,0000	0,0809	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela A1.4: Caso 4 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	143,57	28,37	28,37	143,70
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	225,09	32,04	32,04	225,09
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,88	13,23	1,88	1,89	13,23
Vazão Molar	kgmol/h	46,81	67,14	46,81	46,83	67,14
Vazão Mássica	kg/h	1499,90	15111,85	1499,90	1500,45	15111,85
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0116	1,0000	1,0000	0,0116
	Glicerol	0,0000	0,0864	0,0000	0,0000	0,0864
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Mamona	0,0000	0,8041	0,0000	0,0000	0,8041
	Óleo Mamona	0,0000	0,0889	0,0000	0,0000	0,0889
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,56	55,56	55,56
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	225,09	18,02	290,30	38,19	20,93
Vazão Volumétrica	m ³ /h	13,23	3,41	11,99	1,92	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	67,14	188,73	46,75	58,13	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15111,85	3400,00	13571,58	2220,27	0,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	1,0000	0,0006	0,3027	0,6919
	Metanol	0,0116	0,0000	0,0050	0,0483	0,2991
	Glicerol	0,0864	0,0000	0,0002	0,5869	0,0001
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0598	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,8041	0,0000	0,8954	0,0001	0,0086
	Óleo Mamona	0,0889	0,0000	0,0987	0,0021	0,0002

Tabela A1.4: Caso 4 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	50,70	50,70	50,70	46,51	46,51
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	296,14	18,54	21,17	299,69	18,25
Vazão Volumétrica	m ³ /h	11,95	0,73	0,00	11,92	0,70
Vazão Molar	kgmol/h	45,70	38,80	0,00	45,09	38,35
Vazão Mássica	kg/h	13532,09	719,48	0,00	13512,20	699,89
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0007	0,9428	0,6629	0,0006	0,9739
	Metanol	0,0025	0,0476	0,3342	0,0013	0,0237
	Glicerol	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0022	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,8980	0,0000	0,0029	0,8993	0,0000
	Óleo Mamona	0,0988	0,0029	0,0001	0,0988	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	46,51	25,01	25,01	25,01	49,06
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,91	18,02	18,02	18,02	23,75
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,73
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	211,25
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5016,31
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,7867	1,0000	1,0000	1,0000	0,6765
	Metanol	0,2101	0,0000	0,0000	0,0000	0,0340
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2604
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0268
	Biodiesel Mamona	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Mamona	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023

Tabela A1.4: Caso 4 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	42,95	42,95	42,95	25,01	187,68
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	301,51	18,15	19,10	18,02	282,51
Vazão Volumétrica	m ³ /h	11,91	0,69	0,00	0,68	11,23
Vazão Molar	kgmol/h	44,78	38,05	0,00	37,75	43,01
Vazão Mássica	kg/h	13501,60	690,60	0,00	680,00	12151,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9859	0,8738	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0006	0,0119	0,1229	0,0000	0,0004
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,9000	0,0000	0,0032	0,0000	0,9990
	Óleo Mamona	0,0988	0,0022	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	370,31	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	836,57	24,33	24,33	98,08	225,09
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,85	0,09	13,23
Vazão Molar	kgmol/h	1,61	0,00	212,93	1,68	67,14
Vazão Mássica	kg/h	1344,53	0,00	5181,10	164,79	15111,85
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6667	0,6667	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0327	0,0327	0,0000	0,0116
	Glicerol	0,0000	0,2524	0,2524	0,0000	0,0864
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0461	0,0461	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Mamona	0,0097	0,0021	0,0021	0,0000	0,8041
	Óleo Mamona	0,9903	0,0001	0,0001	0,0000	0,0889

Tabela A1.4: Caso 4 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	39,94	100,12	277,06	41,68	229,89
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	302,47	23,40	142,04	18,39	92,47
Vazão Volumétrica	m³/h	11,90	4,72	0,13	3,67	1,05
Vazão Molar	kgmol/h	44,62	211,25	1,68	196,98	14,27
Vazão Mássica	kg/h	13495,53	4942,45	238,65	3622,72	1319,73
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,6989	0,0000	0,9533	0,0005
	Metanol	0,0003	0,0343	0,0000	0,0467	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,2645	0,0000	0,0000	0,9907
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,9004	0,0022	0,0000	0,0000	0,0084
	Óleo Mamona	0,0987	0,0001	0,0000	0,0000	0,0004
		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	39,94	39,94	39,94	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	18,64	302,47	18,10	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	11,90	0,69	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	44,62	37,91	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13495,53	686,07	680,00	3400,00
Frações mássicas						
	H2O	0,9276	0,0005	0,9919	1,0000	1,0000
	Metanol	0,0691	0,0003	0,0061	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,0032	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Mamona	0,0001	0,0987	0,0020	0,0000	0,0000

Tabela A1.4: Caso 4 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Mamona	0,0000
	Óleo Mamona	0,0000

AI.5 Caso 5: Girassol

Tabela AI.5: Caso 5

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,68
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,58	32,58	32,32
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,87	0,08	1,95	1,95	3,83
Vazão Molar	kgmol/h	46,50	3,36	49,86	49,86	96,69
Vazão Mássica	kg/h	1489,95	134,40	1624,35	1624,35	3124,96
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9173	0,9173	0,9570
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0827	0,0827	0,0430
	Biodiesel Girassol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Girassol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,47	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,06	147,62	866,02	866,02	866,02
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	15,35	6,76	6,76	6,76
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	112,21	15,52	15,52	15,52
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16565,28	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9992	0,0995	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0777	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Girassol	0,0007	0,7336	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Girassol	0,0000	0,0811	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.5: Caso 5 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	149,91	28,37	28,37	150,03
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	230,35	32,04	32,04	230,35
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,88	13,47	1,88	1,89	13,47
Vazão Molar	kgmol/h	46,81	65,40	46,81	46,83	65,40
Vazão Mássica	kg/h	1499,87	15065,41	1499,87	1500,61	15065,41
Frações mássicas						
		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0098	1,0000	1,0000	0,0098
	Glicerol	0,0000	0,0854	0,0000	0,0000	0,0854
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Girassol	0,0000	0,8067	0,0000	0,0000	0,8067
	Óleo Girassol	0,0000	0,0892	0,0000	0,0000	0,0892
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,82	55,82	55,82
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	230,35	18,02	298,35	37,96	21,01
Vazão Volumétrica	m ³ /h	13,47	3,41	12,26	1,89	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	65,40	188,73	45,43	57,72	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15065,41	3400,00	13554,20	2191,21	0,00
Frações mássicas						
		0,0000	1,0000	0,0005	0,3072	0,6797
	H2O	0,0000	1,0000	0,0005	0,3072	0,6797
	Metanol	0,0098	0,0000	0,0036	0,0451	0,3157
	Glicerol	0,0854	0,0000	0,0002	0,5860	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0607	0,0000
	Biodiesel Girassol	0,8067	0,0000	0,8966	0,0000	0,0044
	Óleo Girassol	0,0892	0,0000	0,0990	0,0010	0,0002

Tabela AI.5: Caso 5 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	51,29	51,29	51,29	47,35	47,35
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	303,20	18,44	20,70	305,88	18,19
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,22	0,72	0,00	12,20	0,70
Vazão Molar	kgmol/h	44,60	38,58	0,00	44,16	38,18
Vazão Mássica	kg/h	13522,97	711,23	0,00	13508,40	694,57
Frações mássicas						
	H2O	0,0006	0,9536	0,7056	0,0006	0,9807
	Metanol	0,0016	0,0391	0,2928	0,0007	0,0171
	Glicerol	0,0000	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Girassol	0,8987	0,0000	0,0015	0,8996	0,0000
	Óleo Girassol	0,0991	0,0023	0,0001	0,0991	0,0022
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	47,35	25,01	25,01	25,01	49,69
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,41	18,02	18,02	18,02	23,63
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,68
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	210,27
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	4968,41
Frações mássicas						
	H2O	0,8374	1,0000	1,0000	1,0000	0,6830
	Metanol	0,1609	0,0000	0,0000	0,0000	0,0294
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2589
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0271
	Biodiesel Girassol	0,0016	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Girassol	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016

Tabela A1.5: Caso 5 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	43,96	43,96	43,96	25,01	199,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	307,11	18,11	18,71	18,02	287,37
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,19	0,69	0,00	0,68	11,51
Vazão Molar	kgmol/h	43,96	37,95	0,00	37,75	42,29
Vazão Mássica	kg/h	13501,10	687,29	0,00	680,00	12152,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9903	0,9167	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0003	0,0076	0,0816	0,0000	0,0002
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Girassol	0,9001	0,0000	0,0016	0,0000	0,9992
	Óleo Girassol	0,0991	0,0021	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	394,68	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	852,75	24,22	24,22	98,08	230,35
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,80	0,09	13,47
Vazão Molar	kgmol/h	1,58	0,00	211,95	1,68	65,40
Vazão Mássica	kg/h	1345,00	0,00	5133,19	164,79	15065,41
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6729	0,6729	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0283	0,0283	0,0000	0,0098
	Glicerol	0,0000	0,2508	0,2507	0,0000	0,0854
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0465	0,0465	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Girassol	0,0078	0,0015	0,0015	0,0000	0,8067
	Óleo Girassol	0,9922	0,0001	0,0001	0,0000	0,0892

Tabela AI.5: Caso 5 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	41,05	100,64	277,06	42,18	232,24	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	307,70	23,28	142,04	18,34	92,40	
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,19	4,67	0,13	3,64	1,03	
Vazão Molar	kgmol/h	43,86	210,27	1,68	196,25	14,02	
Vazão Mássica	kg/h	13497,00	4894,54	238,65	3599,00	1295,54	
Frações mássicas							
		H2O	0,0005	0,7057	0,0000	0,9596	0,0002
		Metanol	0,0001	0,0297	0,0000	0,0404	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2630	0,0000	0,0000	0,9935
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Girassol	0,9004	0,0016	0,0000	0,0000	0,0059
		Óleo Girassol	0,0990	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	41,05	41,05	41,05	25,01	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	18,36	307,70	18,08	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	12,19	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	43,86	37,84	37,75	188,73	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13497,00	684,10	680,00	3400,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,9586	0,0005	0,9946	1,0000	1,0000
		Metanol	0,0398	0,0001	0,0034	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Girassol	0,0015	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Girassol	0,0001	0,0990	0,0020	0,0000	0,0000

Tabela A1.5: Caso 5 (continuação)

5		
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
H ₂ O		0,0000
Metanol		0,0000
Glicerol		0,0000
H ₂ SO ₄		1,0000
Na ₂ SO ₄		0,0000
NaOH		0,0000
Biodiesel Girassol		0,0000
Óleo Girassol		0,0000

AI.6 Caso 6: Amendoim

Tabela AI.6: Caso 6

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,59
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,52	32,52	32,30
Vazão Volumétrica	m³/h	2,13	0,08	2,21	2,21	4,10
Vazão Molar	kgmol/h	53,00	3,36	56,36	56,36	103,19
Vazão Mássica	kg/h	1698,22	134,40	1832,62	1832,62	3333,09
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9267	0,9267	0,9597
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0733	0,0733	0,0403
	Biodiesel Amendoim	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Amendoim	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,53	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,16	140,06	811,82	811,82	811,82
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	14,61	6,60	6,60	6,60
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	119,76	16,56	16,56	16,56
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16773,09	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9958	0,1053	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Amendoim	0,0042	0,7247	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Amendoim	0,0000	0,0801	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela A1.6: Caso 6 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	128,03	28,37	28,37	128,18
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	209,41	32,04	32,04	209,41
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	12,73	1,89	1,89	12,73
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	72,93	46,82	46,83	72,93
Vazão Mássica	kg/h	1500,31	15272,78	1500,31	1500,47	15272,78
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0174	1,0000	1,0000	0,0174
	Glicerol	0,0000	0,0898	0,0000	0,0000	0,0898
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0088	0,0000	0,0000	0,0088
	Biodiesel Amendoim	0,0000	0,7959	0,0000	0,0000	0,7959
	Óleo Amendoim	0,0000	0,0880	0,0000	0,0000	0,0880
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	54,92	54,92	54,92
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	209,41	18,02	271,28	38,69	22,22
Vazão Volumétrica	m³/h	12,73	3,41	11,37	2,04	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	72,93	188,73	50,18	60,50	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15272,78	3400,00	13611,96	2340,82	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0007	0,2863	0,5945
	Metanol	0,0174	0,0000	0,0075	0,0702	0,3817
	Glicerol	0,0898	0,0000	0,0004	0,5841	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0088	0,0000	0,0001	0,0566	0,0000
	Biodiesel Amendoim	0,7959	0,0000	0,8930	0,0001	0,0235
	Óleo Amendoim	0,0880	0,0000	0,0983	0,0027	0,0002

Tabela A1.6: Caso 6 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	49,10	49,10	49,10	44,24	44,24
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	279,08	18,76	22,23	283,77	18,34
Vazão Volumétrica	m³/h	11,30	0,75	0,00	11,27	0,72
Vazão Molar	kgmol/h	48,56	39,36	0,00	47,66	38,65
Vazão Mássica	kg/h	13553,51	738,46	0,00	13524,75	708,76
Frações mássicas						
	H2O	0,0008	0,9191	0,5755	0,0006	0,9628
	Metanol	0,0038	0,0686	0,4168	0,0020	0,0348
	Glicerol	0,0000	0,0067	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Amendoim	0,8969	0,0000	0,0077	0,8988	0,0000
	Óleo Amendoim	0,0985	0,0030	0,0001	0,0986	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,24	25,01	25,01	25,01	47,49
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,75	18,02	18,02	18,02	24,09
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,90
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	214,71
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5171,62
Frações mássicas						
	H2O	0,7091	1,0000	1,0000	1,0000	0,6561
	Metanol	0,2823	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2653
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0260
	Biodiesel Amendoim	0,0085	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	Óleo Amendoim	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025

Tabela A1.6: Caso 6 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	40,26	40,26	40,26	25,01	171,08
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	286,22	18,19	19,71	18,02	268,55
Vazão Volumétrica	m³/h	11,25	0,70	0,00	0,68	10,57
Vazão Molar	kgmol/h	47,20	38,21	0,00	37,75	45,26
Vazão Mássica	kg/h	13509,62	695,13	0,00	680,00	12154,98
Frações mássicas						
H2O		0,0005	0,9800	0,8143	1,0000	0,0006
Metanol		0,0010	0,0180	0,1765	0,0000	0,0006
Glicerol		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel Amendoim		0,8998	0,0000	0,0091	0,0000	0,9988
Óleo Amendoim		0,0986	0,0020	0,0001	0,0000	0,0000
		20	24	25	H2SO4	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	336,94	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	794,27	24,66	24,66	98,08	209,41
Vazão Volumétrica	m³/h	0,67	0,00	5,01	0,09	12,73
Vazão Molar	kgmol/h	1,69	0,00	216,39	1,68	72,93
Vazão Mássica	kg/h	1346,18	0,00	5336,41	164,79	15272,78
Frações mássicas						
H2O		0,0000	0,6472	0,6472	0,0000	0,0000
Metanol		0,0000	0,0482	0,0482	0,0000	0,0174
Glicerol		0,0000	0,2574	0,2574	0,0000	0,0898
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0447	0,0447	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088
Biodiesel Amendoim		0,0111	0,0023	0,0023	0,0000	0,7959
Óleo Amendoim		0,9889	0,0001	0,0001	0,0000	0,0880

Tabela A1.6: Caso 6 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	37,05	98,35	277,06	40,01	234,43
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	287,53	23,74	142,04	18,58	92,68
Vazão Volumétrica	m³/h	11,24	4,88	0,13	3,78	1,10
Vazão Molar	kgmol/h	46,96	214,71	1,68	199,74	14,96
Vazão Mássica	kg/h	13501,16	5097,76	238,65	3711,00	1386,76
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,6775	0,0000	0,9307	0,0000
	Metanol	0,0006	0,0505	0,0000	0,0693	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,2694	0,0000	0,0000	0,9905
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Amendoim	0,9003	0,0025	0,0000	0,0000	0,0090
	Óleo Amendoim	0,0986	0,0001	0,0000	0,0000	0,0005
		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	37,05	37,05	37,05	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,06	287,53	18,12	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	11,24	0,69	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	46,96	37,99	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13501,16	688,45	680,00	3400,00
Frações mássicas						
	H2O	0,8856	0,0005	0,9888	1,0000	1,0000
	Metanol	0,1049	0,0006	0,0094	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Amendoim	0,0093	0,9003	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Amendoim	0,0001	0,0986	0,0018	0,0000	0,0000

Tabela A1.6: Caso 6 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Amendoim	0,0000
	Óleo Amendoim	0,0000

AI.7 Caso 7: Algodão

Tabela AI.7: Caso 7

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,66
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,56	32,56	32,31
Vazão Volumétrica	m³/h	1,93	0,08	2,01	2,01	3,89
Vazão Molar	kgmol/h	48,00	3,36	51,36	51,36	98,19
Vazão Mássica	kg/h	1538,01	134,40	1672,41	1672,41	3172,89
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9196	0,9196	0,9576
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0804	0,0804	0,0424
	Biodiesel Algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Algodão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,47	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,07	145,77	851,81	851,81	851,81
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	15,27	6,77	6,77	6,77
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	113,97	15,78	15,78	15,78
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16613,24	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9991	0,1007	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0787	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Algodão	0,0008	0,7316	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Algodão	0,0000	0,0809	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.7: Caso 7 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	143,58	28,37	28,37	143,70
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	225,07	32,04	32,04	225,07
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	13,38	1,89	1,89	13,38
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	67,15	46,82	46,83	67,15
Vazão Mássica	kg/h	1500,11	15113,13	1500,11	1500,48	15113,13
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0115	1,0000	1,0000	0,0115
	Glicerol	0,0000	0,0865	0,0000	0,0000	0,0865
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Algodão	0,0000	0,8042	0,0000	0,0000	0,8042
	Óleo Algodão	0,0000	0,0889	0,0000	0,0000	0,0889
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,74	55,74	55,74
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	225,07	18,02	292,09	38,13	21,39
Vazão Volumétrica	m³/h	13,38	3,41	12,13	1,93	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	67,15	188,70	46,44	58,45	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15113,13	3400,00	13564,19	2228,83	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0005	0,3018	0,6459
	Metanol	0,0115	0,0000	0,0042	0,0520	0,3489
	Glicerol	0,0865	0,0000	0,0002	0,5856	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0596	0,0000
	Biodiesel Algodão	0,8042	0,0000	0,8960	0,0000	0,0050
	Óleo Algodão	0,0889	0,0000	0,0989	0,0009	0,0001

Tabela A1.7: Caso 7 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	51,08	51,08	51,08	47,05	47,05
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	297,58	18,49	21,02	300,57	18,21
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,09	0,72	0,00	12,07	0,70
Vazão Molar	kgmol/h	45,46	38,72	0,00	44,95	38,25
Vazão Mássica	kg/h	13528,08	716,00	0,00	13511,43	696,54
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0007	0,9472	0,6758	0,0006	0,9780
	Metanol	0,0019	0,0450	0,3224	0,0008	0,0198
	Glicerol	0,0000	0,0035	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Algodão	0,8984	0,0000	0,0017	0,8995	0,0000
	Óleo Algodão	0,0991	0,0022	0,0001	0,0991	0,0021
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	47,05	25,00	25,00	25,00	49,50
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,62	18,02	18,02	18,02	23,74
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,73
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,74	37,74	37,74	211,24
Vazão Mássica	kg/h	0,00	679,89	679,89	679,89	5013,92
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,8158	1,0000	1,0000	1,0000	0,6767
	Metanol	0,1823	0,0000	0,0000	0,0000	0,0341
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2608
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0268
	Biodiesel Algodão	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Algodão	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016

Tabela A1.7: Caso 7 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	43,59	43,59	43,59	25,00	196,52
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	301,95	18,12	18,83	18,02	282,59
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,06	0,69	0,00	0,68	11,38
Vazão Molar	kgmol/h	44,72	37,97	0,00	37,74	43,01
Vazão Mássica	kg/h	13503,19	688,13	0,00	679,89	12153,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9891	0,9036	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0004	0,0089	0,0945	0,0000	0,0002
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Algodão	0,9000	0,0000	0,0018	0,0000	0,9993
	Óleo Algodão	0,0991	0,0020	0,0001	0,0000	0,0000
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	392,55	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	840,09	24,32	24,32	98,08	225,07
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,85	0,09	13,38
Vazão Molar	kgmol/h	1,60	0,00	212,92	1,68	67,15
Vazão Mássica	kg/h	1345,66	0,00	5178,71	164,79	15113,13
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6668	0,6669	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0328	0,0328	0,0000	0,0115
	Glicerol	0,0000	0,2528	0,2527	0,0000	0,0865
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0461	0,0461	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Algodão	0,0070	0,0015	0,0015	0,0000	0,8042
	Óleo Algodão	0,9930	0,0001	0,0001	0,0000	0,0889

Tabela A1.7: Caso 7 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	40,64	100,11	277,06	41,66	230,38	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	302,61	23,39	142,04	18,39	92,31	
Vazão Volumétrica	m³/h	12,06	4,72	0,13	3,67	1,05	
Vazão Molar	kgmol/h	44,61	211,24	1,68	196,98	14,27	
Vazão Mássica	kg/h	13498,66	4940,06	238,65	3623,00	1317,06	
Frações mássicas							
		H2O	0,0005	0,6991	0,0000	0,9530	0,0004
		Metanol	0,0002	0,0344	0,0000	0,0470	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2649	0,0000	0,0000	0,9936
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Algodão	0,9003	0,0015	0,0000	0,0000	0,0057
		Óleo Algodão	0,0990	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	40,64	40,64	40,64	25,00	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	18,43	302,61	18,08	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	12,06	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	44,61	37,85	37,74	188,70	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13498,66	684,42	679,89	3399,45	
Frações mássicas							
		H2O	0,9512	0,0005	0,9940	1,0000	1,0000
		Metanol	0,0469	0,0002	0,0041	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Algodão	0,0018	0,9003	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Algodão	0,0001	0,0990	0,0019	0,0000	0,0000

Tabela A1.7: Caso 7 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Algodão	0,0000
	Óleo Algodão	0,0000

AI.8 Caso 8: Sebo Bovino

Tabela AI.8: Caso 8

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,59
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,52	32,52	32,30
Vazão Volumétrica	m³/h	2,13	0,08	2,21	2,21	4,10
Vazão Molar	kgmol/h	53,00	3,36	56,36	56,36	103,19
Vazão Mássica	kg/h	1698,22	134,40	1832,62	1832,62	3333,22
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9267	0,9267	0,9597
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0733	0,0733	0,0403
	Biodiesel Bovino	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Bovino	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,51	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,13	140,06	811,58	811,58	811,58
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	14,76	6,65	6,65	6,65
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	119,76	16,56	16,56	16,56
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16773,22	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9969	0,1053	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Bovino	0,0031	0,7247	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Bovino	0,0000	0,0801	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.8: Caso 8 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	128,20	28,37	28,37	128,35
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	209,38	32,04	32,04	209,38
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	12,88	1,89	1,89	12,88
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	72,94	46,82	46,83	72,94
Vazão Mássica	kg/h	1500,13	15273,09	1500,13	1500,60	15273,09
Frações mássicas						
		H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Metanol	1,0000	0,0174	1,0000	0,0174
		Glicerol	0,0000	0,0899	0,0000	0,0899
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0088	0,0000	0,0088
		Biodiesel Bovino	0,0000	0,7959	0,0000	0,7959
		Óleo Bovino	0,0000	0,0880	0,0000	0,0880
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,12	55,12	55,12
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	209,38	18,02	271,23	38,69	22,09
Vazão Volumétrica	m³/h	12,88	3,41	11,52	2,04	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	72,94	188,73	50,19	60,50	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15273,09	3400,00	13611,89	2341,20	0,00
Frações mássicas						
		H2O	0,0000	1,0000	0,0007	0,2863
		Metanol	0,0174	0,0000	0,0075	0,0702
		Glicerol	0,0899	0,0000	0,0004	0,5842
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0088	0,0000	0,0001	0,0566
		Biodiesel Bovino	0,7959	0,0000	0,8930	0,0001
		Óleo Bovino	0,0880	0,0000	0,0983	0,0027

Tabela A1.8: Caso 8 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	49,58	49,58	49,58	44,90	44,90
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	279,02	18,76	22,18	283,70	18,34
Vazão Volumétrica	m³/h	11,45	0,75	0,00	11,42	0,72
Vazão Molar	kgmol/h	48,58	39,36	0,00	47,67	38,65
Vazão Mássica	kg/h	13553,44	738,45	0,00	13524,69	708,75
Frações mássicas						
	H2O	0,0008	0,9190	0,5777	0,0006	0,9627
	Metanol	0,0038	0,0686	0,4166	0,0020	0,0348
	Glicerol	0,0000	0,0067	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Bovino	0,8969	0,0000	0,0056	0,8988	0,0000
	Óleo Bovino	0,0985	0,0030	0,0001	0,0986	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,90	25,01	25,01	25,01	47,99
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,69	18,02	18,02	18,02	24,09
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,90
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	214,71
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5171,98
Frações mássicas						
	H2O	0,7120	1,0000	1,0000	1,0000	0,6561
	Metanol	0,2816	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2654
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0260
	Biodiesel Bovino	0,0063	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	Óleo Bovino	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025

Tabela A1.8: Caso 8 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	41,03	41,03	41,03	25,01	174,53	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00	
Massa Molecular	g/mol	286,15	18,19	19,65	18,02	268,49	
Vazão Volumétrica	m³/h	11,40	0,70	0,00	0,68	10,72	
Vazão Molar	kgmol/h	47,21	38,21	0,00	37,75	45,27	
Vazão Mássica	kg/h	13509,56	695,13	0,00	680,00	12155,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,0006	0,9800	0,8176	1,0000	0,0006
		Metanol	0,0010	0,0179	0,1756	0,0000	0,0006
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Bovino	0,8998	0,0000	0,0067	0,0000	0,9988
		Óleo Bovino	0,0986	0,0020	0,0001	0,0000	0,0000
		20	24	25	H2SO4	8+	
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	346,36	65,00	65,00	60,00	60,00	
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00	
Massa Molecular	g/mol	793,33	24,66	24,66	98,08	209,38	
Vazão Volumétrica	m³/h	0,67	0,00	5,01	0,09	12,88	
Vazão Molar	kgmol/h	1,70	0,00	216,39	1,68	72,94	
Vazão Mássica	kg/h	1346,11	0,00	5336,77	164,79	15273,09	
Frações mássicas							
		H2O	0,0000	0,6471	0,6472	0,0000	0,0000
		Metanol	0,0000	0,0482	0,0482	0,0000	0,0174
		Glicerol	0,0000	0,2575	0,2575	0,0000	0,0899
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0447	0,0447	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088
		Biodiesel Bovino	0,0116	0,0024	0,0024	0,0000	0,7959
		Óleo Bovino	0,9884	0,0001	0,0001	0,0000	0,0880

Tabela A1.8: Caso 8 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	37,86	98,36	277,06	40,01	228,08	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	287,45	23,74	142,04	18,58	92,44	
Vazão Volumétrica	m³/h	11,39	4,89	0,13	3,78	1,10	
Vazão Molar	kgmol/h	46,97	214,71	1,68	199,69	15,02	
Vazão Mássica	kg/h	13501,11	5098,12	238,65	3710,00	1388,12	
Frações mássicas							
		H2O	0,0005	0,6775	0,0000	0,9307	0,0006
		Metanol	0,0006	0,0504	0,0000	0,0693	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2695	0,0000	0,0000	0,9898
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Bovino	0,9004	0,0025	0,0000	0,0000	0,0091
		Óleo Bovino	0,0986	0,0001	0,0000	0,0000	0,0005
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	37,86	37,86	37,86	25,01	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	19,00	287,45	18,12	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	11,39	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	46,97	37,99	37,75	188,73	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13501,11	688,45	680,00	3400,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,8890	0,0005	0,9888	1,0000	1,0000
		Metanol	0,1041	0,0006	0,0094	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Bovino	0,0068	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Bovino	0,0001	0,0986	0,0018	0,0000	0,0000

Tabela A1.8: Caso 8 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Bovino	0,0000
	Óleo Bovino	0,0000

AI.9 Caso 9: Óleo de Fritura

Tabela AI.9: Caso 9

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,65
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,55	32,55	32,31
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,97	0,08	2,05	2,05	3,93
Vazão Molar	kgmol/h	49,00	3,36	52,36	52,36	99,19
Vazão Mássica	kg/h	1570,05	134,40	1704,45	1704,45	3204,90
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9211	0,9211	0,9581
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0789	0,0789	0,0419
	Biodiesel Fritura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Fritura	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,48	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,08	144,54	841,55	841,55	841,55
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	15,08	6,72	6,72	6,72
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	115,16	15,97	15,97	15,97
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16644,90	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9986	0,1015	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0795	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Fritura	0,0014	0,7302	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Fritura	0,0000	0,0807	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.9: Caso 9 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	141,01	28,37	28,37	141,14
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	221,62	32,04	32,04	221,62
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,89	13,19	1,89	1,89	13,19
Vazão Molar	kgmol/h	46,83	68,33	46,83	46,83	68,33
Vazão Mássica	kg/h	1500,43	15144,47	1500,43	1500,45	15144,47
Frações mássicas						
		H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Metanol	1,0000	0,0124	1,0000	1,0000
		Glicerol	0,0000	0,0874	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000
		Biodiesel Fritura	0,0000	0,8025	0,0000	0,0000
		Óleo Fritura	0,0000	0,0887	0,0000	0,0887
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,53	55,53	55,53
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	221,62	18,02	285,74	38,34	21,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	13,19	3,41	11,93	1,94	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	68,33	188,73	47,52	58,56	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15144,47	3400,00	13579,10	2245,37	0,00
Frações mássicas						
		H2O	0,0000	1,0000	0,0006	0,2992
		Metanol	0,0124	0,0000	0,0054	0,0514
		Glicerol	0,0874	0,0000	0,0003	0,5880
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0591
		Biodiesel Fritura	0,8025	0,0000	0,8950	0,0001
		Óleo Fritura	0,0887	0,0000	0,0986	0,0022

Tabela A1.9: Caso 9 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	50,61	50,61	50,61	46,39	46,39
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	291,82	18,58	21,32	295,53	18,26
Vazão Volumétrica	m ³ /h	11,88	0,73	0,00	11,86	0,71
Vazão Molar	kgmol/h	46,39	38,88	0,00	45,73	38,40
Vazão Mássica	kg/h	13536,82	722,28	0,00	13515,56	701,26
Frações mássicas						
	H2O	0,0007	0,9392	0,6487	0,0006	0,9721
	Metanol	0,0027	0,0508	0,3486	0,0014	0,0254
	Glicerol	0,0000	0,0047	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Fritura	0,8978	0,0000	0,0027	0,8992	0,0000
	Óleo Fritura	0,0988	0,0029	0,0001	0,0988	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	46,39	25,00	25,00	25,00	49,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,02	18,02	18,02	18,02	23,82
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,76
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	211,84
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5046,68
Frações mássicas						
	H2O	0,7748	1,0000	1,0000	1,0000	0,6724
	Metanol	0,2222	0,0000	0,0000	0,0000	0,0363
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2623
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0266
	Biodiesel Fritura	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Fritura	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023

Tabela A1.9: Caso 9 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	42,80	42,80	42,80	25,00	187,03
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	297,44	18,16	19,18	18,02	278,75
Vazão Volumétrica	m ³ /h	11,84	0,69	0,00	0,68	11,16
Vazão Molar	kgmol/h	45,40	38,08	0,00	37,75	43,60
Vazão Mássica	kg/h	13504,24	691,32	0,00	680,00	12153,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,9850	0,8653	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0007	0,0129	0,1316	0,0000	0,0004
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Fritura	0,9000	0,0000	0,0030	0,0000	0,9990
	Óleo Fritura	0,0988	0,0021	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H2SO4	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	373,04	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	825,35	24,41	24,41	98,08	221,62
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,88	0,09	13,19
Vazão Molar	kgmol/h	1,63	0,00	213,52	1,68	68,33
Vazão Mássica	kg/h	1344,80	0,00	5211,47	164,79	15144,47
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,6627	0,6628	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0349	0,0350	0,0000	0,0124
	Glicerol	0,0000	0,2543	0,2542	0,0000	0,0874
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0458	0,0458	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Fritura	0,0099	0,0021	0,0021	0,0000	0,8025
	Óleo Fritura	0,9901	0,0001	0,0001	0,0000	0,0887

Tabela AI.9: Caso 9 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	39,78	99,86	277,06	41,41	232,01	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	298,45	23,47	142,04	18,42	92,55	
Vazão Volumétrica	m ³ /h	11,84	4,75	0,13	3,69	1,06	
Vazão Molar	kgmol/h	45,23	211,84	1,68	197,39	14,45	
Vazão Mássica	kg/h	13497,79	4972,82	238,65	3635,77	1337,05	
Frações mássicas							
		H2O	0,0005	0,6946	0,0000	0,9499	0,0003
		Metanol	0,0004	0,0366	0,0000	0,0501	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2664	0,0000	0,0000	0,9909
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Fritura	0,9004	0,0022	0,0000	0,0000	0,0084
		Óleo Fritura	0,0987	0,0001	0,0000	0,0000	0,0004
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	39,78	39,78	39,78	25,00	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	18,68	298,45	18,10	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	11,84	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	45,23	37,92	37,75	188,73	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13497,79	686,45	680,00	3400,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,9222	0,0005	0,9914	1,0000	1,0000
		Metanol	0,0748	0,0004	0,0066	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Fritura	0,0030	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Fritura	0,0001	0,0987	0,0019	0,0000	0,0000

Tabela A1.9: Caso 9 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Fritura	0,0000
	Óleo Fritura	0,0000

AI.10 Caso 10: Gordura de Porco

Tabela AI.10: Caso 10

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,57
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,51	32,51	32,30
Vazão Volumétrica	m³/h	2,17	0,08	2,25	2,25	4,14
Vazão Molar	kgmol/h	54,00	3,36	57,36	57,36	104,19
Vazão Mássica	kg/h	1730,26	134,40	1864,66	1864,66	3365,20
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9279	0,9279	0,9601
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0721	0,0721	0,0399
	Biodiesel Porco	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Porco	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,52	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,17	138,89	800,11	800,11	800,11
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	14,58	6,61	6,61	6,61
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	121,00	16,80	16,80	16,80
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16805,20	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9955	0,1058	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0828	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Porco	0,0045	0,7234	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Porco	0,0000	0,0800	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.10: Caso 10 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	126,97	28,37	28,37	127,12
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	206,33	32,04	32,04	206,33
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	12,69	1,89	1,89	12,69
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	74,18	46,82	46,83	74,18
Vazão Mássica	kg/h	1500,32	15304,88	1500,32	1500,54	15304,88
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0181	1,0000	1,0000	0,0181
	Glicerol	0,0000	0,0910	0,0000	0,0000	0,0910
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0088	0,0000	0,0000	0,0088
	Biodiesel Porco	0,0000	0,7943	0,0000	0,0000	0,7943
	Óleo Porco	0,0000	0,0878	0,0000	0,0000	0,0878
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	54,87	54,87	54,87
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	206,33	18,02	266,93	38,86	22,36
Vazão Volumétrica	m³/h	12,69	3,41	11,31	2,06	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	74,18	188,73	51,02	60,91	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15304,88	3400,00	13617,86	2367,02	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0007	0,2831	0,5850
	Metanol	0,0181	0,0000	0,0078	0,0722	0,3896
	Glicerol	0,0910	0,0000	0,0004	0,5860	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0088	0,0000	0,0001	0,0559	0,0000
	Biodiesel Porco	0,7943	0,0000	0,8927	0,0001	0,0251
	Óleo Porco	0,0878	0,0000	0,0982	0,0027	0,0002

Tabela AI.10: Caso 10 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	48,94	48,94	48,94	44,01	44,01
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	274,77	18,79	22,34	279,51	18,35
Vazão Volumétrica	m³/h	11,24	0,75	0,00	11,20	0,72
Vazão Molar	kgmol/h	49,34	39,42	0,00	48,40	38,69
Vazão Mássica	kg/h	13557,15	740,71	0,00	13527,22	709,93
Frações mássicas						
	H2O	0,0008	0,9162	0,5670	0,0007	0,9613
	Metanol	0,0040	0,0710	0,4248	0,0021	0,0363
	Glicerol	0,0000	0,0071	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Porco	0,8967	0,0000	0,0081	0,8987	0,0000
	Óleo Porco	0,0985	0,0030	0,0001	0,0986	0,0023
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,01	25,00	25,00	25,00	47,35
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,85	18,02	18,02	18,02	24,17
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,92
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	215,25
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5202,30
Frações mássicas						
	H2O	0,7001	1,0000	1,0000	1,0000	0,6523
	Metanol	0,2907	0,0000	0,0000	0,0000	0,0518
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2676
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0258
	Biodiesel Porco	0,0090	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	Óleo Porco	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025

Tabela AI.10: Caso 10 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	40,00	40,00	40,00	25,00	169,51
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	282,00	18,20	19,79	18,02	264,64
Vazão Volumétrica	m³/h	11,19	0,70	0,00	0,68	10,51
Vazão Molar	kgmol/h	47,91	38,23	0,00	37,75	45,93
Vazão Mássica	kg/h	13511,42	695,79	0,00	680,00	12156,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0006	0,9792	0,8065	1,0000	0,0006
	Metanol	0,0011	0,0189	0,1837	0,0000	0,0007
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Porco	0,8997	0,0000	0,0096	0,0000	0,9987
	Óleo Porco	0,0986	0,0020	0,0001	0,0000	0,0000
		20	24	25	H2SO4	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	334,78	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	781,69	24,74	24,74	98,08	206,33
Vazão Volumétrica	m³/h	0,67	0,00	5,04	0,09	12,69
Vazão Molar	kgmol/h	1,72	0,00	216,93	1,68	74,18
Vazão Mássica	kg/h	1346,59	0,00	5367,08	164,79	15304,88
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,6435	0,6435	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0499	0,0499	0,0000	0,0181
	Glicerol	0,0000	0,2597	0,2597	0,0000	0,0910
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0445	0,0445	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088
	Biodiesel Porco	0,0119	0,0023	0,0023	0,0000	0,7943
	Óleo Porco	0,9881	0,0001	0,0001	0,0000	0,0878

Tabela AI.10: Caso 10 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol	
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	36,76	98,17	277,06	39,82	230,91	
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00	
Massa Molecular	g/mol	283,33	23,83	142,04	18,60	92,54	
Vazão Volumétrica	m³/h	11,18	4,91	0,13	3,80	1,12	
Vazão Molar	kgmol/h	47,66	215,25	1,68	200,04	15,21	
Vazão Mássica	kg/h	13502,59	5128,43	238,65	3721,00	1407,43	
Frações mássicas							
		H2O	0,0005	0,6734	0,0000	0,9280	0,0004
		Metanol	0,0006	0,0522	0,0000	0,0720	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,2718	0,0000	0,0000	0,9902
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Porco	0,9003	0,0025	0,0000	0,0000	0,0089
		Óleo Porco	0,0986	0,0001	0,0000	0,0000	0,0005
		23	29	30	31	22	
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	
Temperatura	°C	36,76	36,76	36,76	25,00	25,00	
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Massa Molecular	g/mol	19,12	283,33	18,13	18,02	18,02	
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	11,18	0,69	0,68	3,41	
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	47,66	38,00	37,75	188,73	
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13502,59	688,83	680,00	3400,00	
Frações mássicas							
		H2O	0,8796	0,0005	0,9883	1,0000	1,0000
		Metanol	0,1104	0,0006	0,0100	0,0000	0,0000
		Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
		Biodiesel Porco	0,0099	0,9003	0,0000	0,0000	0,0000
		Óleo Porco	0,0001	0,0986	0,0018	0,0000	0,0000

Tabela AI.10: Caso 10 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Porco	0,0000
	Óleo Porco	0,0000

AI.11 Caso 11: Gordura de Frango

Tabela AI.11: Caso 11

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,57
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,50	32,50	32,30
Vazão Volumétrica	m³/h	2,19	0,08	2,27	2,27	4,16
Vazão Molar	kgmol/h	54,50	3,36	57,86	57,86	104,69
Vazão Mássica	kg/h	1746,28	134,40	1880,68	1880,68	3381,08
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9285	0,9285	0,9602
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0715	0,0715	0,0398
	Biodiesel	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Frango	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Frango	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,53	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,19	138,38	797,13	797,13	797,13
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	14,52	6,59	6,59	6,59
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	121,56	16,86	16,86	16,86
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16821,08	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9949	0,1063	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0831	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0080	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel	0,0051	0,7227	0,0000	0,0000	0,0000
	Frango	0,0051	0,7227	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Frango	0,0000	0,0799	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.11: Caso 11 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	125,66	28,38	28,37	125,81
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	205,00	32,04	32,04	205,00
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	12,63	1,89	1,89	12,63
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	74,74	46,82	46,82	74,74
Vazão Mássica	kg/h	1500,35	15320,73	1500,35	1500,40	15320,73
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0188	1,0000	1,0000	0,0188
	Glicerol	0,0000	0,0912	0,0000	0,0000	0,0912
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0088	0,0000	0,0000	0,0088
	Biodiesel	0,0000	0,7935	0,0000	0,0000	0,7935
	Frango	0,0000	0,7935	0,0000	0,0000	0,7935
	Óleo Frango	0,0000	0,0877	0,0000	0,0000	0,0877
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	54,77	54,77	54,77
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	205,00	18,02	265,40	38,89	22,52
Vazão Volumétrica	m³/h	12,63	3,41	11,24	2,08	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	74,74	188,73	51,33	61,16	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15320,73	3400,00	13622,10	2378,63	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0007	0,2816	0,5750
	Metanol	0,0188	0,0000	0,0081	0,0746	0,3965
	Glicerol	0,0912	0,0000	0,0004	0,5852	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0088	0,0000	0,0002	0,0556	0,0000
	Biodiesel	0,7935	0,0000	0,8924	0,0001	0,0282
	Frango	0,7935	0,0000	0,8924	0,0001	0,0282
	Óleo Frango	0,0877	0,0000	0,0982	0,0028	0,0002

Tabela AI.11: Caso 11 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	48,70	48,70	48,70	43,68	43,68
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	273,44	18,81	22,45	278,30	18,36
Vazão Volumétrica	m³/h	11,16	0,76	0,00	11,13	0,72
Vazão Molar	kgmol/h	49,59	39,48	0,00	48,61	38,72
Vazão Mássica	kg/h	13559,26	742,84	0,00	13528,36	710,91
Frações mássicas						
	H2O	0,0008	0,9137	0,5589	0,0007	0,9601
	Metanol	0,0041	0,0732	0,4319	0,0022	0,0375
	Glicerol	0,0000	0,0074	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel	0,8966	0,0000	0,0091	0,8986	0,0000
	Frango	0,8966	0,0000	0,0091	0,8986	0,0000
	Óleo Frango	0,0985	0,0030	0,0001	0,0986	0,0023
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	43,68	25,01	25,01	25,01	47,12
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	20,94	18,02	18,02	18,02	24,20
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,94
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	215,62
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5217,77
Frações mássicas						
	H2O	0,6921	1,0000	1,0000	1,0000	0,6503
	Metanol	0,2976	0,0000	0,0000	0,0000	0,0535
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2678
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0258
	Biodiesel	0,0102	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	Frango	0,0102	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	Óleo Frango	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0025

Tabela AI.11: Caso 11 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	39,61	39,61	39,61	25,01	167,51
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	280,85	18,21	19,86	18,02	263,61
Vazão Volumétrica	m³/h	11,11	0,70	0,00	0,68	10,43
Vazão Molar	kgmol/h	48,11	38,25	0,00	37,75	46,11
Vazão Mássica	kg/h	13512,06	696,29	0,00	680,00	12155,99
Frações mássicas						
	H2O	0,0006	0,9785	0,7998	1,0000	0,0006
	Metanol	0,0011	0,0195	0,1892	0,0000	0,0007
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel	0,8997	0,0000	0,0109	0,0000	0,9987
	Frango	0,0986	0,0020	0,0001	0,0000	0,0000
	Óleo Frango					
		20	24	25	H2SO4	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	330,26	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	778,17	24,77	24,77	98,08	205,00
Vazão Volumétrica	m³/h	0,67	0,00	5,06	0,09	12,63
Vazão Molar	kgmol/h	1,73	0,00	217,30	1,68	74,74
Vazão Mássica	kg/h	1346,97	0,00	5382,56	164,79	15320,73
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,6416	0,6417	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0516	0,0516	0,0000	0,0188
	Glicerol	0,0000	0,2599	0,2599	0,0000	0,0912
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0443	0,0443	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088
	Biodiesel	0,0123	0,0024	0,0024	0,0000	0,7935
	Frango	0,9877	0,0001	0,0001	0,0000	0,0877
	Óleo Frango					

Tabela AI.11: Caso 11 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	36,36	97,98	277,06	39,65	230,75
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	282,23	23,86	142,04	18,62	92,54
Vazão Volumétrica	m³/h	11,10	4,93	0,13	3,81	1,12
Vazão Molar	kgmol/h	47,84	215,62	1,68	200,35	15,27
Vazão Mássica	kg/h	13502,96	5143,91	238,65	3731,00	1412,90
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,6714	0,0000	0,9255	0,0004
	Metanol	0,0006	0,0540	0,0000	0,0745	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,2720	0,0000	0,0000	0,9901
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel	0,9003	0,0025	0,0000	0,0000	0,0091
	Frango	0,9003	0,0025	0,0000	0,0000	0,0091
	Óleo Frango	0,0986	0,0001	0,0000	0,0000	0,0005
		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	36,36	36,36	36,36	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,18	282,23	18,13	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	11,10	0,69	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	47,84	38,01	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13502,96	689,10	680,00	3400,00
Frações mássicas						
	H2O	0,8744	0,0005	0,9879	1,0000	1,0000
	Metanol	0,1143	0,0006	0,0103	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel	0,0112	0,9003	0,0000	0,0000	0,0000
	Frango	0,0112	0,9003	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Frango	0,0001	0,0986	0,0018	0,0000	0,0000

Tabela AI.11: Caso 11 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel	0,0000
	Frango	0,0000
	Óleo Frango	0,0000

AI.12 Caso 12: Milho

Tabela AI.12: Caso 12

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,69
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,58	32,58	32,32
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,86	0,08	1,94	1,94	3,82
Vazão Molar	kgmol/h	46,25	3,36	49,61	49,61	96,44
Vazão Mássica	kg/h	1481,94	134,40	1616,34	1616,34	3116,78
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9168	0,9168	0,9569
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0832	0,0832	0,0431
	Biodiesel Milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Milho	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,46	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,06	147,91	866,74	866,74	866,74
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	15,40	6,78	6,78	6,78
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	111,94	15,51	15,51	15,51
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16557,49	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9993	0,0991	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0776	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Milho	0,0006	0,7340	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Milho	0,0000	0,0812	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.12: Caso 12 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	152,31	28,37	28,37	152,43
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	231,22	32,04	32,04	231,22
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,89	13,51	1,89	1,89	13,51
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	65,12	46,82	46,83	65,12
Vazão Mássica	kg/h	1500,32	15057,17	1500,32	1500,44	15057,17
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0093	1,0000	1,0000	0,0093
	Glicerol	0,0000	0,0854	0,0000	0,0000	0,0854
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Milho	0,0000	0,8071	0,0000	0,0000	0,8071
	Óleo Milho	0,0000	0,0893	0,0000	0,0000	0,0893
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,86	55,86	55,86
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	231,22	18,02	299,07	37,97	20,89
Vazão Volumétrica	m ³ /h	13,51	3,41	12,31	1,89	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	65,12	188,73	45,31	57,55	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15057,17	3400,00	13552,00	2185,17	0,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	1,0000	0,0005	0,3081	0,6908
	Metanol	0,0093	0,0000	0,0035	0,0429	0,3050
	Glicerol	0,0854	0,0000	0,0002	0,5872	0,0001
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0609	0,0000
	Biodiesel Milho	0,8071	0,0000	0,8968	0,0000	0,0039
	Óleo Milho	0,0893	0,0000	0,0990	0,0010	0,0001

Tabela AI.12: Caso 12 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	51,39	51,39	51,39	47,50	47,50
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	303,67	18,42	20,60	306,23	18,18
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,28	0,72	0,00	12,26	0,70
Vazão Molar	kgmol/h	44,53	38,53	0,00	44,11	38,16
Vazão Mássica	kg/h	13522,23	709,77	0,00	13508,26	693,98
Frações mássicas						
	H2O	0,0006	0,9555	0,7153	0,0006	0,9815
	Metanol	0,0015	0,0373	0,2833	0,0007	0,0163
	Glicerol	0,0000	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Milho	0,8987	0,0000	0,0013	0,8997	0,0000
	Óleo Milho	0,0991	0,0023	0,0001	0,0991	0,0022
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	47,50	25,01	25,01	25,01	49,80
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,35	18,02	18,02	18,02	23,62
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,67
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	210,03
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	4959,94
Frações mássicas						
	H2O	0,8439	1,0000	1,0000	1,0000	0,6842
	Metanol	0,1546	0,0000	0,0000	0,0000	0,0280
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2591
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0271
	Biodiesel Milho	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Milho	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016

Tabela AI.12: Caso 12 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,14	44,14	44,14	25,01	200,19
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	307,41	18,11	18,68	18,02	287,63
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,25	0,69	0,00	0,68	11,56
Vazão Molar	kgmol/h	43,92	37,94	0,00	37,75	42,25
Vazão Mássica	kg/h	13501,22	687,04	0,00	680,00	12152,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9907	0,9205	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0003	0,0073	0,0781	0,0000	0,0002
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Milho	0,9001	0,0000	0,0014	0,0000	0,9992
	Óleo Milho	0,0991	0,0021	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	398,26	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	853,13	24,21	24,21	98,08	231,22
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,79	0,09	13,51
Vazão Molar	kgmol/h	1,58	0,00	211,71	1,68	65,12
Vazão Mássica	kg/h	1345,23	0,00	5124,73	164,79	15057,17
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6740	0,6740	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0269	0,0269	0,0000	0,0093
	Glicerol	0,0000	0,2510	0,2510	0,0000	0,0854
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0466	0,0466	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Milho	0,0080	0,0015	0,0015	0,0000	0,8071
	Óleo Milho	0,9920	0,0001	0,0001	0,0000	0,0893

Tabela AI.12: Caso 12 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	41,25	100,81	277,06	42,34	231,59
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	307,97	23,26	142,04	18,32	92,38
Vazão Volumétrica	m³/h	12,25	4,66	0,13	3,63	1,03
Vazão Molar	kgmol/h	43,83	210,03	1,68	196,01	14,01
Vazão Mássica	kg/h	13497,23	4886,08	238,65	3591,50	1294,58
Frações mássicas						
H2O		0,0005	0,7069	0,0000	0,9616	0,0003
Metanol		0,0001	0,0282	0,0000	0,0384	0,0000
Glicerol		0,0000	0,2632	0,0000	0,0000	0,9934
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel Milho		0,9004	0,0016	0,0000	0,0000	0,0060
Óleo Milho		0,0990	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003

		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	41,25	41,25	41,25	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	18,34	307,97	18,08	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	12,25	0,69	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	43,83	37,84	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13497,23	683,99	680,00	3400,00
Frações mássicas						
H2O		0,9606	0,0005	0,9948	1,0000	1,0000
Metanol		0,0380	0,0001	0,0033	0,0000	0,0000
Glicerol		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel Milho		0,0013	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Milho		0,0001	0,0990	0,0020	0,0000	0,0000

Tabela AI.12: Caso 12 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Milho	0,0000
	Óleo Milho	0,0000

AI.13 Caso 13: Jojoba

Tabela AI.13: Caso 13

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,41
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,42	32,42	32,29
Vazão Volumétrica	m³/h	2,72	0,08	2,79	2,79	4,68
Vazão Molar	kgmol/h	67,50	3,36	70,86	70,86	117,59
Vazão Mássica	kg/h	2162,83	134,40	2297,23	2297,23	3797,41
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9415	0,9415	0,9637
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0585	0,0585	0,0354
	Biodiesel Jojoba	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009
	Óleo Jojoba	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,81	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	36,46	126,14	707,04	707,04	707,04
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	13,21	6,04	6,04	6,04
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	136,65	19,01	19,01	19,01
Vazão Mássica	kg/h	0,00	17237,41	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,8598	0,1169	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0914	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0078	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Jojoba	0,1400	0,7059	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Jojoba	0,0001	0,0780	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.13: Caso 13 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	103,75	28,38	28,38	103,89
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,09	175,08	32,09	32,10	175,08
Vazão Volumétrica	m³/h	1,88	11,32	1,88	1,88	11,32
Vazão Molar	kgmol/h	46,77	89,88	46,77	46,73	89,88
Vazão Mássica	kg/h	1500,84	15736,57	1500,84	1500,18	15736,57
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9982	0,0329	0,9982	0,9978	0,0329
	Glicerol	0,0000	0,1001	0,0000	0,0000	0,1001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0085	0,0000	0,0000	0,0085
	Biodiesel Jojoba	0,0018	0,7731	0,0018	0,0022	0,7731
	Óleo Jojoba	0,0000	0,0854	0,0000	0,0000	0,0854
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,10	55,10	55,10
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	175,08	18,02	227,50	40,06	41,55
Vazão Volumétrica	m³/h	11,32	3,41	9,61	2,39	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	89,88	188,73	60,31	67,32	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15736,57	3400,00	13719,72	2696,85	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0011	0,2466	0,2391
	Metanol	0,0329	0,0000	0,0140	0,1203	0,2812
	Glicerol	0,1001	0,0000	0,0009	0,5798	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0085	0,0000	0,0002	0,0487	0,0000
	Biodiesel Jojoba	0,7731	0,0000	0,8867	0,0003	0,4788
	Óleo Jojoba	0,0854	0,0000	0,0971	0,0043	0,0009

Tabela AI.13: Caso 13 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	49,10	49,10	49,10	44,07	44,07
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	237,55	19,34	29,90	243,82	18,57
Vazão Volumétrica	m ³ /h	9,48	0,81	0,00	9,42	0,74
Vazão Molar	kgmol/h	57,30	40,75	0,00	55,61	39,43
Vazão Mássica	kg/h	13611,51	788,20	0,00	13559,24	732,27
Frações mássicas						
	H2O	0,0012	0,8611	0,3508	0,0009	0,9348
	Metanol	0,0074	0,1167	0,4161	0,0040	0,0627
	Glicerol	0,0000	0,0151	0,0000	0,0000	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0037	0,0000	0,0000	0,0001
	Biodiesel Jojoba	0,8937	0,0000	0,2324	0,8972	0,0000
	Óleo Jojoba	0,0977	0,0033	0,0006	0,0979	0,0024
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,07	25,01	25,01	25,01	47,80
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	29,16	18,02	18,02	18,02	25,05
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	5,36
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	224,37
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5620,69
Frações mássicas						
	H2O	0,4280	1,0000	1,0000	1,0000	0,6034
	Metanol	0,3012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0889
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2803
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0239
	Biodiesel Jojoba	0,2701	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
	Óleo Jojoba	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0033

Tabela AI.13: Caso 13 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	39,96	39,96	39,96	25,01	104,81
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	247,24	18,32	28,50	18,02	232,76
Vazão Volumétrica	m ³ /h	9,39	0,71	0,00	0,68	8,75
Vazão Molar	kgmol/h	54,73	38,63	0,00	37,75	52,25
Vazão Mássica	kg/h	13531,46	707,78	0,00	680,00	12162,64
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0007	0,9640	0,4954	1,0000	0,0007
	Metanol	0,0023	0,0342	0,2022	0,0000	0,0014
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Jojoba	0,8990	0,0000	0,3016	0,0000	0,9979
	Óleo Jojoba	0,0980	0,0019	0,0008	0,0000	0,0000
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	215,41	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	679,31	25,59	25,59	98,08	175,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,62	0,00	5,48	0,09	11,32
Vazão Molar	kgmol/h	1,99	0,00	226,05	1,68	89,88
Vazão Mássica	kg/h	1353,24	0,00	5785,48	164,79	15736,57
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,5967	0,5967	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0860	0,0860	0,0000	0,0329
	Glicerol	0,0000	0,2727	0,2727	0,0000	0,1001
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0412	0,0412	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085
	Biodiesel Jojoba	0,0206	0,0032	0,0032	0,0000	0,7731
	Óleo Jojoba	0,9794	0,0002	0,0002	0,0000	0,0854

Tabela AI.13: Caso 13 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	36,66	93,26	277,06	36,55	234,81
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	249,16	24,72	142,04	19,15	92,14
Vazão Volumétrica	m³/h	9,37	5,35	0,13	4,10	1,25
Vazão Molar	kgmol/h	54,25	224,37	1,68	207,24	17,12
Vazão Mássica	kg/h	13515,88	5546,83	238,65	3969,00	1577,83
Frações mássicas						
H2O		0,0006	0,6224	0,0000	0,8698	0,0000
Metanol		0,0013	0,0897	0,0000	0,1253	0,0000
Glicerol		0,0000	0,2845	0,0000	0,0002	0,9994
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel Jojoba		0,9000	0,0033	0,0000	0,0046	0,0000
Óleo Jojoba		0,0981	0,0002	0,0000	0,0000	0,0006

		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	36,66	36,66	36,66	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	27,99	249,16	18,20	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	9,37	0,70	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	54,25	38,23	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13515,88	695,59	680,00	3400,00
Frações mássicas						
H2O		0,5460	0,0006	0,9794	1,0000	1,0000
Metanol		0,1298	0,0013	0,0190	0,0000	0,0000
Glicerol		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel Jojoba		0,3233	0,9000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Jojoba		0,0008	0,0981	0,0016	0,0000	0,0000

Tabela AI.13: Caso 13 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Jojoba	0,0000
	Óleo Jojoba	0,0000

AI.14 Caso 14: Cártamo

Tabela AI.14: Caso 14

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,69
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,58	32,58	32,32
Vazão Volumétrica	m³/h	1,85	0,08	1,93	1,93	3,81
Vazão Molar	kgmol/h	46,00	3,36	49,36	49,36	96,19
Vazão Mássica	kg/h	1473,93	134,40	1608,33	1608,33	3108,75
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0000	0,9164	0,9164	0,9568
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	1,0000	0,0836	0,0836	0,0432
	Biodiesel Cártamo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Cártamo	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,46	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,06	148,23	869,20	869,20	869,20
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	15,41	6,78	6,78	6,78
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	111,65	15,46	15,46	15,46
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16549,45	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	0,9993	0,0989	0,0000	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0774	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Cártamo	0,0006	0,7343	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Cártamo	0,0000	0,0812	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.14: Caso 14 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	153,54	28,37	28,37	153,66
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	232,12	32,04	32,04	232,12
Vazão Volumétrica	m³/h	1,89	13,53	1,89	1,89	13,53
Vazão Molar	kgmol/h	46,82	64,83	46,82	46,83	64,83
Vazão Mássica	kg/h	1500,08	15049,37	1500,08	1500,42	15049,37
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0091	1,0000	1,0000	0,0091
	Glicerol	0,0000	0,0852	0,0000	0,0000	0,0852
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Cártamo	0,0000	0,8075	0,0000	0,0000	0,8075
	Óleo Cártamo	0,0000	0,0893	0,0000	0,0000	0,0893
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,88	55,88	55,88
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	232,12	18,02	300,15	37,94	20,82
Vazão Volumétrica	m³/h	13,53	3,41	12,33	1,88	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	64,83	188,73	45,15	57,43	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15049,37	3400,00	13550,39	2178,98	0,00
Frações mássicas						
	H2O	0,0000	1,0000	0,0005	0,3090	0,6968
	Metanol	0,0091	0,0000	0,0034	0,0418	0,2992
	Glicerol	0,0852	0,0000	0,0002	0,5872	0,0001
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0610	0,0000
	Biodiesel Cártamo	0,8075	0,0000	0,8969	0,0000	0,0038
	Óleo Cártamo	0,0893	0,0000	0,0990	0,0010	0,0001

Tabela AI.14: Caso 14 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	51,42	51,42	51,42	47,55	47,55
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	304,64	18,41	20,54	307,15	18,18
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,29	0,72	0,00	12,28	0,70
Vazão Molar	kgmol/h	44,38	38,51	0,00	43,98	38,15
Vazão Mássica	kg/h	13521,41	708,99	0,00	13507,76	693,64
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0006	0,9566	0,7205	0,0006	0,9819
	Metanol	0,0015	0,0363	0,2781	0,0007	0,0159
	Glicerol	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Cártamo	0,8988	0,0000	0,0013	0,8997	0,0000
	Óleo Cártamo	0,0991	0,0023	0,0001	0,0991	0,0022
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	47,55	25,01	25,01	25,01	49,83
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,32	18,02	18,02	18,02	23,60
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,67
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	209,86
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	4952,41
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,8476	1,0000	1,0000	1,0000	0,6852
	Metanol	0,1510	0,0000	0,0000	0,0000	0,0272
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2588
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0271
	Biodiesel Cártamo	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Cártamo	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016

Tabela AI.14: Caso 14 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	44,20	44,20	44,20	25,01	200,74
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	308,30	18,11	18,66	18,02	288,45
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,27	0,69	0,00	0,68	11,58
Vazão Molar	kgmol/h	43,79	37,93	0,00	37,75	42,13
Vazão Mássica	kg/h	13500,87	686,89	0,00	680,00	12152,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9909	0,9226	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0003	0,0070	0,0760	0,0000	0,0002
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Cártamo	0,9001	0,0000	0,0013	0,0000	0,9992
	Óleo Cártamo	0,0991	0,0021	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	399,79	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	855,78	24,19	24,19	98,08	232,12
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,78	0,09	13,53
Vazão Molar	kgmol/h	1,57	0,00	211,54	1,68	64,83
Vazão Mássica	kg/h	1344,95	0,00	5117,20	164,79	15049,37
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6750	0,6750	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0262	0,0262	0,0000	0,0091
	Glicerol	0,0000	0,2506	0,2506	0,0000	0,0852
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0466	0,0466	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Cártamo	0,0079	0,0015	0,0015	0,0000	0,8075
	Óleo Cártamo	0,9921	0,0001	0,0001	0,0000	0,0893

Tabela AI.14: Caso 14 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	41,32	100,90	277,06	42,43	230,96
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	308,86	23,25	142,04	18,31	92,36
Vazão Volumétrica	m³/h	12,27	4,65	0,13	3,63	1,03
Vazão Molar	kgmol/h	43,70	209,86	1,68	195,89	13,98
Vazão Mássica	kg/h	13496,95	4878,55	238,65	3587,50	1291,05
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,7080	0,0000	0,9627	0,0004
	Metanol	0,0001	0,0274	0,0000	0,0373	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,2629	0,0000	0,0000	0,9933
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Cártamo	0,9004	0,0016	0,0000	0,0000	0,0060
	Óleo Cártamo	0,0990	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003
		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	41,32	41,32	41,32	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	18,33	308,86	18,08	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	12,27	0,69	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	43,70	37,84	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13496,95	683,92	680,00	3400,00
Frações mássicas						
	H2O	0,9618	0,0005	0,9948	1,0000	1,0000
	Metanol	0,0368	0,0001	0,0032	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Cártamo	0,0013	0,9004	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Cártamo	0,0001	0,0990	0,0020	0,0000	0,0000

Tabela AI.14: Caso 14 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
H ₂ O		0,0000
Metanol		0,0000
Glicerol		0,0000
H ₂ SO ₄		1,0000
Na ₂ SO ₄		0,0000
NaOH		0,0000
Biodiesel Cártamo		0,0000
Óleo Cártamo		0,0000

AI.15 Caso 15: Pinhão Manso

Tabela AI.15: Caso 15

		Methanol	NaOH	outMix100	outP100	outMix101
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	25,00	25,00	25,00	25,14	26,67
Pressão	kPa	101,30	101,30	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	40,00	32,57	32,57	32,32
Vazão Volumétrica	m³/h	1,91	0,08	1,99	1,99	3,87
Vazão Molar	kgmol/h	47,50	3,36	50,86	50,86	97,70
Vazão Mássica	kg/h	1521,99	134,40	1656,39	1656,39	3157,08
Frações mássicas						
H2O		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol		1,0000	0,0000	0,9189	0,9189	0,9574
Glicerol		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	1,0000	0,0811	0,0811	0,0426
Biodiesel Pinhão Manso		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Pinhão Manso		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

		1	2	Oil	Oil-b	Oil-c
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	60,00	60,00	25,00	25,47	60,00
Pressão	kPa	400,00	400,00	101,30	400,00	400,00
Massa Molecular	g/mol	32,07	146,37	856,14	856,14	856,14
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	15,28	6,76	6,76	6,76
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	113,39	15,70	15,70	15,70
Vazão Mássica	kg/h	0,00	16597,08	13440,00	13440,00	13440,00
Frações mássicas						
H2O		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metanol		0,9991	0,1003	0,0000	0,0000	0,0000
Glicerol		0,0000	0,0784	0,0000	0,0000	0,0000
H2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Na2SO4		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
NaOH		0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0000
Biodiesel Pinhão Manso		0,0009	0,7322	0,0000	0,0000	0,0000
Óleo Pinhão Manso		0,0000	0,0810	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela AI.15: Caso 15 (continuação)

		3	OutCOL100	recMet	6	7
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	28,20	146,26	28,37	28,37	146,39
Pressão	kPa	20,00	30,00	400,00	400,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	32,04	226,74	32,04	32,04	226,74
Vazão Volumétrica	m ³ /h	1,88	13,40	1,88	1,89	13,40
Vazão Molar	kgmol/h	46,81	66,58	46,81	46,83	66,58
Vazão Mássica	kg/h	1499,90	15097,17	1499,90	1500,69	15097,17
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Metanol	1,0000	0,0109	1,0000	1,0000	0,0109
	Glicerol	0,0000	0,0862	0,0000	0,0000	0,0862
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0089	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Pinhão Manso	0,0000	0,8050	0,0000	0,0000	0,8050
	Óleo Pinhão Manso	0,0000	0,0890	0,0000	0,0000	0,0890
		8-	Water	9	10	11
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Gasoso
Temperatura	°C	60,00	25,00	55,75	55,75	55,75
Pressão	kPa	200,00	101,30	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	226,74	18,02	292,17	38,16	20,74
Vazão Volumétrica	m ³ /h	13,40	3,41	12,17	1,91	0,00
Vazão Molar	kgmol/h	66,58	188,73	46,44	57,89	0,00
Vazão Mássica	kg/h	15097,17	3400,00	13568,34	2208,83	0,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	1,0000	0,0006	0,3044	0,7065
	Metanol	0,0109	0,0000	0,0047	0,0456	0,2880
	Glicerol	0,0862	0,0000	0,0002	0,5877	0,0001
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0089	0,0000	0,0001	0,0601	0,0000
	Biodiesel Pinhão Manso	0,8050	0,0000	0,8957	0,0001	0,0052
	Óleo Pinhão Manso	0,0890	0,0000	0,0987	0,0021	0,0002

Tabela AI.15: Caso 15 (continuação)

		9-2	10-2	11-2	9-3	10-3
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	51,12	51,12	51,12	47,11	47,11
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	297,71	18,52	21,01	301,09	18,24
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,13	0,72	0,00	12,11	0,70
Vazão Molar	kgmol/h	45,45	38,73	0,00	44,88	38,32
Vazão Mássica	kg/h	13531,05	717,29	0,00	13512,18	698,88
Frações mássicas						
	H2O	0,0007	0,9456	0,6760	0,0006	0,9751
	Metanol	0,0023	0,0451	0,3221	0,0012	0,0224
	Glicerol	0,0000	0,0042	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0022	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Pinhão Manso	0,8981	0,0000	0,0018	0,8994	0,0000
	Óleo Pinhão Manso	0,0988	0,0029	0,0001	0,0988	0,0025
		11-3	12	13	14	ToNeut
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	47,11	25,01	25,01	25,01	49,51
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	19,79	18,02	18,02	18,02	23,71
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,00	0,68	0,68	0,68	4,72
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	37,75	37,75	37,75	210,88
Vazão Mássica	kg/h	0,00	680,00	680,00	680,00	5000,91
Frações mássicas						
	H2O	0,7977	1,0000	1,0000	1,0000	0,6786
	Metanol	0,2003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0321
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2602
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0269
	Biodiesel Pinhão Manso	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Pinhão Manso	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023

Tabela AI.15: Caso 15 (continuação)

		9-4	10-4	11-4	16	Biodiesel
Estado Físico		Líquido	Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	43,66	43,66	43,66	25,01	192,42
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	10,00
Massa Molecular	g/mol	302,83	18,14	19,02	18,02	283,70
Vazão Volumétrica	m ³ /h	12,10	0,69	0,00	0,68	11,41
Vazão Molar	kgmol/h	44,59	38,04	0,00	37,75	42,83
Vazão Mássica	kg/h	13502,08	690,10	0,00	680,00	12152,00
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0005	0,9866	0,8819	1,0000	0,0005
	Metanol	0,0006	0,0112	0,1162	0,0000	0,0003
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Pinhão Manso	0,9001	0,0000	0,0019	0,0000	0,9990
	Óleo Pinhão Manso	0,0988	0,0022	0,0001	0,0000	0,0001
		20	24	25	H ₂ SO ₄	8+
Estado Físico		Líquido	Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	386,73	65,00	65,00	60,00	60,00
Pressão	kPa	20,00	200,00	200,00	101,30	200,00
Massa Molecular	g/mol	840,31	24,30	24,30	98,08	226,74
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,68	0,00	4,83	0,09	13,40
Vazão Molar	kgmol/h	1,60	0,00	212,56	1,68	66,58
Vazão Mássica	kg/h	1344,26	0,00	5165,70	164,79	15097,17
Frações mássicas						
	H ₂ O	0,0000	0,6686	0,6686	0,0000	0,0000
	Metanol	0,0000	0,0308	0,0308	0,0000	0,0109
	Glicerol	0,0000	0,2521	0,2521	0,0000	0,0862
	H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000	0,0462	0,0462	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0089
	Biodiesel Pinhão Manso	0,0095	0,0021	0,0021	0,0000	0,8050
	Óleo Pinhão Manso	0,9905	0,0001	0,0001	0,0000	0,0890

Tabela AI.15: Caso 15 (continuação)

		8+_2	toCOL102	Na2SO4	32	Glycerol
Estado Físico		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	40,72	100,34	277,06	41,88	232,70
Pressão	kPa	200,00	110,00	110,00	10,00	20,00
Massa Molecular	g/mol	303,74	23,36	142,04	18,37	92,57
Vazão Volumétrica	m³/h	12,09	4,70	0,13	3,66	1,04
Vazão Molar	kgmol/h	44,43	210,88	1,68	196,68	14,19
Vazão Mássica	kg/h	13496,26	4927,05	238,65	3613,00	1314,05
Frações mássicas						
	H2O	0,0005	0,7010	0,0000	0,9559	0,0002
	Metanol	0,0003	0,0323	0,0000	0,0441	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,2643	0,0000	0,0000	0,9911
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Pinhão Manso	0,9005	0,0022	0,0000	0,0000	0,0083
	Óleo Pinhão Manso	0,0987	0,0001	0,0000	0,0000	0,0004
		23	29	30	31	22
Estado Físico		Gasoso	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	°C	40,72	40,72	40,72	25,01	25,00
Pressão	kPa	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Massa Molecular	g/mol	18,58	303,74	18,10	18,02	18,02
Vazão Volumétrica	m³/h	0,00	12,09	0,69	0,68	3,41
Vazão Molar	kgmol/h	0,00	44,43	37,90	37,75	188,73
Vazão Mássica	kg/h	0,00	13496,26	685,81	680,00	3400,00
Frações mássicas						
	H2O	0,9333	0,0005	0,9923	1,0000	1,0000
	Metanol	0,0648	0,0003	0,0057	0,0000	0,0000
	Glicerol	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	H2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Na2SO4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	NaOH	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Biodiesel Pinhão Manso	0,0018	0,9005	0,0000	0,0000	0,0000
	Óleo Pinhão Manso	0,0001	0,0987	0,0020	0,0000	0,0000

Tabela AI.15: Caso 15 (continuação)

		5
Estado Físico		Líquido
Temperatura	°C	60,16
Pressão	kPa	400,00
Massa Molecular	g/mol	98,08
Vazão Volumétrica	m ³ /h	0,09
Vazão Molar	kgmol/h	1,68
Vazão Mássica	kg/h	164,79
Frações mássicas		
	H ₂ O	0,0000
	Metanol	0,0000
	Glicerol	0,0000
	H ₂ SO ₄	1,0000
	Na ₂ SO ₄	0,0000
	NaOH	0,0000
	Biodiesel Pinhão Manso	0,0000
	Óleo Pinhão Manso	0,0000

APÊNDICE II - Propriedades e Custos dos Equipamentos

All.1 Caso 1: Dendê

Tabela All.1: Caso 1

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,23	1,83	5,32	6,97
Área de Troca Térmica (m ²)	10,22	34,33	222,19	130,93
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	128,92	43702,91	127209,66	3836,00
Custo (US\$)	82681,84	97460,37	120025,96	109515,86
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	10,35	12,63	24,97	24,59
Área de Troca Térmica (m ²)	219,90	171,58	660,60	276,18
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	5700,30	27898,31	597296,97	40818,44
Custo (US\$)	119766,86	114256,90	168820,10	126083,45
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,14	6,86	1,92	14,08
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,81	2,55	2,34	2,31
Eletricidade (kW)	0,20	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5765,17	8983,29	5773,02	8101,75
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	9,59 / 3,2	1,83 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	63,83	216,56		
Custo (US\$)	156654,73	16858,47		
Custo Turbina (US\$)	69269,17	4069,37		
Custo Motor (US\$)	4912,19	349,78		
TOTAL (US\$)	230836,10	21277,62		

Tabela All.1: Caso 1 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,82 / 0,82	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15564,04	14901,61	14867,31	14840,53
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14817,51			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,7 / 0,43	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41	1,62 / 0,41
Custo Total (US\$)	7212,63	6893,74	6877,19	6864,27
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,62 / 0,41			
Custo Total (US\$)	6853,16			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 55,24	233,4 / 272,1	45,31 / 141,8	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 1	11,09 / 2,86	8,66 / 1,9	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66541,44	221408,54	112485,81	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,44			
Custo (US\$)	101392,19			

All.2 Caso 2: Soja

Tabela All.2: Caso 2

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,18	1,72	6,03	7,55
Área de Troca Térmica (m ²)	7,98	29,39	251,86	128,94
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	100,84	41191,25	144193,28	4157,64
Custo (US\$)	68613,46	82893,02	109438,78	95355,46
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	5,58	7,19	24,73	24,41
Área de Troca Térmica (m ²)	119,69	100,68	637,24	270,16
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	3072,10	17089,48	591556,03	40977,67
Custo (US\$)	94255,33	91964,00	152272,40	111487,03
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,16	6,52	2,17	13,55
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,80	2,49	2,27	2,25
Eletricidade (kW)	0,20	0,28	0,26	0,25
Custo (US\$)	5767,04	9119,80	5791,07	8139,43
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,37	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11385,43	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	7,63 / 2,54	1,83 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	73,14	166,44		
Custo (US\$)	109490,53	16869,59		
Custo Turbina (US\$)	46806,88	4073,55		
Custo Motor (US\$)	2234,75	349,95		
TOTAL (US\$)	158532,16	21293,09		

Tabela All.2: Caso 2 (continuação)

Sistema de Lavagem

Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,83 / 0,83	0,79 / 0,79	0,78 / 0,78	0,78 / 0,78
Custo Total (US\$)	15137,95	14355,38	14314,64	14290,10
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,66 / 0,41	1,57 / 0,39	1,57 / 0,39	1,57 / 0,39
Custo Total (US\$)	7007,66	6629,80	6610,08	6598,20

Colunas

	COL-100	COL-101	COL-102
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 65,12	172,5 / 260	45,52 / 233,5
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20
Altura/Diâmetro (m)	9,3 / 1,05	9,75 / 2,09	8,45 / 1,72
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00
Custo (US\$)	69152,60	144090,61	132312,80

Outros Equipamentos

Clarificador	
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38
Custo (US\$)	101379,90

All.3 Caso 3: Colza

Tabela All.3: Caso 3

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,22	1,74	5,32	6,88
Área de Troca Térmica (m ²)	9,43	32,34	222,28	128,16
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	119,02	41550,05	127257,51	3788,63
Custo (US\$)	77770,04	92336,16	115170,93	104322,62
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	7,33	10,14	25,10	24,71
Área de Troca Térmica (m ²)	137,07	122,30	665,87	277,68
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4037,02	33145,34	600406,65	41032,92
Custo (US\$)	105375,87	103626,71	164547,08	121387,14
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,14	6,74	1,92	13,94
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,81	2,53	2,34	2,29
Eletricidade (kW)	0,20	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5765,20	9029,79	5773,06	8110,72
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	11,45 / 3,82	1,83 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	70,50	207,36		
Custo (US\$)	320562,97	16880,37		
Custo Turbina (US\$)	93768,48	4077,72		
Custo Motor (US\$)	9429,51	350,12		
TOTAL (US\$)	423760,96	21308,21		

Tabela All.3: Caso 3 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81	0,8 / 0,8
Custo Total (US\$)	15454,08	14751,94	14713,13	14689,76
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,8 / 0,8			
Custo Total (US\$)	14670,23			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,69 / 0,42	1,62 / 0,4	1,61 / 0,4	1,61 / 0,4
Custo Total (US\$)	7159,78	6821,51	6802,77	6791,48
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,61 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6782,04			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,43	218,81 / 310,44	45,29 / 143,84	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 0,99	10,18 / 2,33	8,68 / 1,91	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66329,59	164511,50	112858,11	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.4 Caso 4: Mamona

Tabela All.4: Caso 4

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,22	1,87	4,26	5,95
Área de Troca Térmica (m ²)	9,53	34,36	177,78	109,21
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	120,23	44755,41	101782,08	3274,23
Custo (US\$)	78373,94	93197,04	110703,41	102655,42
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	7,53	10,50	25,03	24,64
Área de Troca Térmica (m ²)	138,70	124,55	660,61	277,76
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4144,97	36068,64	598732,21	40642,56
Custo (US\$)	106165,16	104492,79	164554,40	121993,97
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,10	6,75	1,92	14,02
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,81	2,53	2,34	2,30
Eletricidade (kW)	0,20	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5761,71	9025,97	5773,04	8104,56
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	8,58 / 2,86	1,83 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	71,21	211,32		
Custo (US\$)	127776,54	16837,88		
Custo Turbina (US\$)	57222,19	4061,01		
Custo Motor (US\$)	3304,95	349,43		
TOTAL (US\$)	188303,68	21248,32		

Tabela All.4: Caso 4 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15496,81	14809,82	14771,28	14748,07
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14732,56			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,7 / 0,42	1,62 / 0,41	1,62 / 0,4	1,61 / 0,4
Custo Total (US\$)	7180,32	6849,45	6830,84	6819,64
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,61 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6812,15			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 59,62	223,45 / 320,43	45,33 / 128	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	7,99 / 1,08	10,22 / 2,36	8,66 / 1,9	
Número de Estágios Teóricos	10,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	1,40	1,50	2,00	
Custo (US\$)	67799,95	166387,02	112453,45	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.5 Caso 5: Girassol

Tabela All.5: Caso 5

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,23	2,15	5,32	7,29
Área de Troca Térmica (m ²)	10,02	38,55	222,25	130,69
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	126,34	51477,10	127233,58	4016,09
Custo (US\$)	81408,94	96753,00	118771,43	108226,08
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	8,19	11,68	24,92	24,54
Área de Troca Térmica (m ²)	144,07	131,55	652,46	274,45
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4511,77	49410,30	596100,94	40833,03
Custo (US\$)	109800,73	108327,46	166643,88	124629,77
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,04	6,81	1,92	14,22
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,82	2,54	2,34	2,33
Eletricidade (kW)	0,21	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5756,97	9001,49	5773,04	8091,11
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	9,99 / 3,33	1,82 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	63,39	219,09		
Custo (US\$)	165499,15	16773,82		
Custo Turbina (US\$)	74263,60	4035,83		
Custo Motor (US\$)	5698,20	348,38		
TOTAL (US\$)	245460,95	21158,03		

Tabela AII.5: Caso 5 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,82 / 0,82	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15578,13	14909,22	14878,76	14859,66
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14844,36			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,7 / 0,43	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41
Custo Total (US\$)	7219,40	6897,41	6882,71	6873,50
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,63 / 0,41			
Custo Total (US\$)	6866,12			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,26	240,3 / 347,96	45,29 / 143,84	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 1	10,34 / 2,43	8,68 / 1,91	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66490,86	172339,61	112858,11	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.6 Caso 6: Amendoim

Tabela All.6: Caso 6

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,20	1,30	5,32	6,45
Área de Troca Térmica (m ²)	8,82	25,51	222,29	126,35
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	111,36	31144,60	127257,51	3549,61
Custo (US\$)	73936,86	87664,15	111378,30	100314,27
	Condensador COL-101	Refervedor COL-101	Condensador COL-102	Refervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	6,52	8,68	25,41	25,05
Área de Troca Térmica (m ²)	130,90	112,38	689,39	281,38
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	3589,26	23702,60	607822,03	42025,36
Custo (US\$)	100853,13	98645,15	163400,62	118005,23
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,31	6,65	1,92	13,66
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,79	2,51	2,34	2,26
Eletricidade (kW)	0,20	0,28	0,26	0,26
Custo (US\$)	10484,58	9063,64	5773,06	8133,79
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	14,74 / 4,91	1,85 / 0,62		
Vazão de Utilidade (kg/h)	73,36	190,12		
Custo (US\$)	460642,17	17038,10		
Custo Turbina (US\$)	144523,95	4139,96		
Custo Motor (US\$)	23043,17	352,61		
TOTAL (US\$)	628209,29	21530,67		

Tabela AII.6: Caso 6 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,84 / 0,84	0,8 / 0,8	0,79 / 0,79	0,79 / 0,79
Custo Total (US\$)	15324,65	14560,01	14512,32	14480,37
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,79 / 0,79			
Custo Total (US\$)	14460,34			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,68 / 0,42	1,59 / 0,4	1,59 / 0,4	1,59 / 0,4
Custo Total (US\$)	7097,54	6728,78	6705,73	6690,28
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,58 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6680,59			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,42	196,19 / 280,31	45,09 / 220,11	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,2 / 0,99	16,09 / 2,23	8,81 / 1,99	
Número de Estágios Teóricos	7,00	20,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66118,18	234318,35	117588,74	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.7 Caso 7: Algodão

Tabela All.7: Caso 7

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,23	1,95	5,32	7,09
Área de Troca Térmica (m ²)	10,02	35,79	222,29	130,29
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	126,40	46621,22	127257,51	3905,94
Custo (US\$)	81435,52	96416,65	118802,48	108205,04
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	8,01	11,35	25,03	24,63
Área de Troca Térmica (m ²)	142,49	128,72	660,73	277,31
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4410,98	47063,30	598732,21	40700,37
Custo (US\$)	109642,67	108018,89	167599,77	124975,65
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,10	6,82	1,92	14,20
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,81	2,55	2,34	2,32
Eletricidade (kW)	0,20	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5761,71	8997,34	5773,05	8093,29
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,37	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11385,43	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	8,39 / 2,8	1,83 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	63,83	215,84		
Custo (US\$)	124206,39	16837,88		
Custo Turbina (US\$)	55162,29	4061,01		
Custo Motor (US\$)	3070,37	349,43		
TOTAL (US\$)	182439,05	21248,32		

Tabela All.7: Caso 7 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15549,93	14863,49	14829,03	14805,98
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14790,57			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,7 / 0,43	1,63 / 0,41	1,62 / 0,41	1,62 / 0,41
Custo Total (US\$)	7205,85	6875,35	6858,72	6847,59
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,62 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6840,16			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,06	235,72 / 345,03	45,33 / 131,37	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 1	15,49 / 2,58	8,66 / 1,9	
Número de Estágios Teóricos	7,00	18,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66507,22	274633,49	112470,90	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.8 Caso 8: Sebo Bovino

Tabela All.8: Caso 8

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,21	1,36	5,32	6,51
Área de Troca Térmica (m ²)	9,15	26,67	222,29	127,45
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	115,49	32579,83	127257,51	3583,20
Custo (US\$)	76008,76	89860,66	113428,93	102495,63
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	6,87	9,21	25,40	25,01
Área de Troca Térmica (m ²)	135,08	116,25	689,08	285,35
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	3780,92	26699,65	607582,83	40978,33
Custo (US\$)	103397,86	101160,64	165416,24	120498,84
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,31	6,70	1,92	13,89
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,79	2,52	2,34	2,29
Eletricidade (kW)	0,20	0,28	0,26	0,26
Custo (US\$)	10484,58	9041,95	5773,05	8117,38
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	15,55 / 5,18	1,85 / 0,62		
Vazão de Utilidade (kg/h)	73,42	195,46		
Custo (US\$)	497943,23	17038,10		
Custo Turbina (US\$)	158381,44	4139,96		
Custo Motor (US\$)	27283,79	352,61		
TOTAL (US\$)	683608,45	21530,67		

Tabela AII.8: Caso 8 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,84 / 0,84	0,8 / 0,8	0,8 / 0,8	0,8 / 0,8
Custo Total (US\$)	15378,81	14623,17	14571,89	14544,15
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,8 / 0,8			
Custo Total (US\$)	14520,29			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,68 / 0,42	1,6 / 0,4	1,6 / 0,4	1,59 / 0,4
Custo Total (US\$)	7123,59	6759,31	6734,53	6721,11
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,59 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6709,58			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,25	203,46 / 288,2	45,09 / 118,28	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,2 / 0,99	10,07 / 2,27	8,69 / 1,92	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66232,33	159044,56	113536,91	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.9 Caso 9: Óleo de Fritura

Tabela All.9: Caso 9

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,22	1,80	5,32	6,94
Área de Troca Térmica (m ²)	9,67	33,36	222,33	128,84
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	121,99	43009,21	127281,43	3822,78
Custo (US\$)	79254,33	93938,03	116646,98	105872,61
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	7,63	10,56	25,08	24,70
Área de Troca Térmica (m ²)	141,09	124,81	664,63	277,28
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4200,60	37056,81	599928,24	41063,37
Custo (US\$)	107317,62	105395,13	165877,59	122811,58
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,14	6,77	1,92	14,06
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,81	2,54	2,34	2,31
Eletricidade (kW)	0,20	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5765,20	9015,32	5773,07	8102,66
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,83	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	17,09 / 5,7	1,83 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	67,41	209,84		
Custo (US\$)	571612,51	16880,37		
Custo Turbina (US\$)	186069,81	4077,72		
Custo Motor (US\$)	35680,34	350,12		
TOTAL (US\$)	793362,67	21308,21		

Tabela AII.9: Caso 9 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15482,59	14782,86	14748,07	14720,91
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14705,35			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,69 / 0,42	1,62 / 0,4	1,61 / 0,4	1,61 / 0,4
Custo Total (US\$)	7173,49	6836,43	6819,64	6806,52
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,61 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6799,01			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,42	223,94 / 319,99	45,29 / 147,33	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 0,99	10,23 / 2,36	8,68 / 1,91	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66401,18	166752,72	112902,56	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.10 Caso 10: Gordura de Porco

Tabela All.10: Caso 10

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,20	1,27	5,32	6,41
Área de Troca Térmica (m ²)	8,86	24,94	222,29	126,26
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	111,86	30307,38	127257,51	3530,33
Custo (US\$)	74185,96	87839,38	111624,81	100549,20
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	6,55	8,62	25,45	25,08
Área de Troca Térmica (m ²)	132,75	112,41	681,50	283,83
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	3608,54	23239,49	608778,85	41647,34
Custo (US\$)	101318,80	98895,75	162758,61	118525,11
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,35	6,66	1,92	13,65
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,79	2,51	2,34	2,26
Eletricidade (kW)	0,20	0,28	0,26	0,25
Custo (US\$)	10429,27	9059,90	5773,06	8135,26
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	3,68 / 1,23	1,85 / 0,62		
Vazão de Utilidade (kg/h)	73,53	187,81		
Custo (US\$)	39282,40	17069,35		
Custo Turbina (US\$)	13459,40	4152,32		
Custo Motor (US\$)	499,06	353,09		
TOTAL (US\$)	53240,86	21574,77		

Tabela All.10: Caso 10 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,84 / 0,84	0,8 / 0,8	0,79 / 0,79	0,79 / 0,79
Custo Total (US\$)	15313,78	14536,20	14484,37	14452,32
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,79 / 0,79			
Custo Total (US\$)	14432,22			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,68 / 0,42	1,59 / 0,4	1,59 / 0,4	1,58 / 0,4
Custo Total (US\$)	7092,30	6717,27	6692,21	6676,71
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,58 / 0,4			
Custo Total (US\$)	6666,98			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,55	194,38 / 275,39	45,06 / 137,27	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,2 / 0,99	9,99 / 2,23	8,7 / 1,92	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66107,41	155367,83	113790,95	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.11 Caso 11: Gordura de Frango

Tabela All.11: Caso 11

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,20	1,22	5,32	6,36
Área de Troca Térmica (m ²)	8,74	24,10	222,33	126,01
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	110,37	29111,35	127281,43	3502,79
Custo (US\$)	73438,18	86994,63	110889,54	99779,67
	Condensador COL-101	Refervedor COL-101	Condensador COL-102	Refervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	6,41	8,42	25,49	25,12
Área de Troca Térmica (m ²)	131,47	111,22	695,70	285,19
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	3532,53	22098,38	609735,68	41566,43
Custo (US\$)	100426,64	98012,74	163619,23	117936,48
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,37	6,64	1,92	13,57
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,79	2,51	2,34	2,25
Eletricidade (kW)	0,20	0,28	0,26	0,25
Custo (US\$)	10402,29	9067,79	5773,06	8141,37
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	14,77 / 4,92	1,85 / 0,62		
Vazão de Utilidade (kg/h)	73,75	184,83		
Custo (US\$)	462065,06	17090,14		
Custo Turbina (US\$)	145050,33	4160,55		
Custo Motor (US\$)	23202,69	353,41		
TOTAL (US\$)	630318,08	21604,10		

Tabela All.11: Caso 11 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,84 / 0,84	0,79 / 0,79	0,79 / 0,79	0,79 / 0,79
Custo Total (US\$)	15291,99	14508,33	14452,32	14420,13
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,79 / 0,79			
Custo Total (US\$)	14399,95			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,67 / 0,42	1,59 / 0,4	1,58 / 0,4	1,58 / 0,39
Custo Total (US\$)	7081,82	6703,80	6676,71	6661,14
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,58 / 0,39			
Custo Total (US\$)	6651,37			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,56	191,24 / 270,32	45,03 / 136,06	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,2 / 0,99	9,97 / 2,21	8,71 / 1,93	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66068,80	154256,56	113907,72	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.12 Caso 12: Milho

Tabela All.12: Caso 12

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,23	2,24	5,32	7,38
Área de Troca Térmica (m ²)	10,13	39,76	222,33	131,11
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	127,72	53582,11	127281,43	4066,21
Custo (US\$)	82089,83	97586,51	119455,31	108950,73
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	8,37	11,93	24,89	24,50
Área de Troca Térmica (m ²)	146,33	133,33	649,83	274,19
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4608,15	52243,93	595383,33	40667,39
Custo (US\$)	110739,85	109212,98	167023,67	125275,54
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,03	6,82	1,92	14,34
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,82	2,55	2,34	2,34
Eletricidade (kW)	0,21	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5756,25	8995,46	5773,07	8083,41
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	14,99 / 5	1,82 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	62,01	220,47		
Custo (US\$)	472052,65	16773,82		
Custo Turbina (US\$)	148750,22	4035,83		
Custo Motor (US\$)	24328,51	348,38		
TOTAL (US\$)	645131,38	21158,03		

Tabela All.12: Caso 12 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,82 / 0,82	0,82 / 0,82	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15595,71	14931,99	14901,61	14882,57
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14867,31			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,71 / 0,43	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41
Custo Total (US\$)	7227,84	6908,39	6893,74	6884,55
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,63 / 0,41			
Custo Total (US\$)	6877,19			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,38	243,14 / 351,03	45,42 / 142,08	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 1	10,36 / 2,44	8,66 / 1,9	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66518,72	181222,41	112226,64	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft ²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.13 Caso 13: Jojoba

Tabela All.13: Caso 13

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refrervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,13	0,83	5,31	5,97
Área de Troca Térmica (m ²)	5,70	18,36	222,02	131,50
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	72,26	19956,94	127113,98	3288,00
Custo (US\$)	53705,55	54399,11	91360,84	80937,11
	Condensador COL-101	Refrervedor COL-101	Condensador COL-102	Refrervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	4,89	5,80	26,82	26,53
Área de Troca Térmica (m ²)	132,71	101,11	779,54	304,54
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	2694,84	3194,37	641550,05	44572,65
Custo (US\$)	81080,33	77295,19	153623,56	100596,57
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,90	6,11	1,92	12,43
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,82	2,40	2,34	2,13
Eletricidade (kW)	0,21	0,27	0,26	0,24
Custo (US\$)	9829,12	9309,80	5773,03	8256,63
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	11,03 / 3,68	1,9 / 0,63		
Vazão de Utilidade (kg/h)	277,58	179,77		
Custo (US\$)	304134,62	17596,47		
Custo Turbina (US\$)	87984,27	4362,37		
Custo Motor (US\$)	8215,93	360,66		
TOTAL (US\$)	400334,82	22319,50		

Tabela All.13: Caso 13 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81	0,76 / 0,76	0,75 / 0,75	0,75 / 0,75
Custo Total (US\$)	14855,84	13860,88	13773,89	13721,21
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,75 / 0,75			
Custo Total (US\$)	13685,89			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,63 / 0,41	1,52 / 0,38	1,51 / 0,38	1,5 / 0,38
Custo Total (US\$)	6871,66	6390,08	6347,83	6322,24
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,5 / 0,37			
Custo Total (US\$)	6305,08			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,24 / 62,55	108,41 / 153,34	63,71 / 234,81	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,2 / 0,99	9,58 / 1,99	8,47 / 1,76	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66142,16	136430,03	141951,50	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.14 Caso 14: Cártamo

Tabela All.14: Caso 14

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,23	2,28	5,32	7,42
Área de Troca Térmica (m ²)	10,14	40,28	222,29	131,21
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	127,83	54538,93	127257,51	4088,24
Custo (US\$)	82144,50	97709,35	119504,75	109016,76
	Condensador COL-101	Refervedor COL-101	Condensador COL-102	Refervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	8,42	12,02	24,87	24,48
Área de Troca Térmica (m ²)	146,95	133,93	648,43	274,29
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4638,45	53440,86	594904,92	40539,35
Custo (US\$)	110866,73	109336,99	166920,45	125340,73
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,02	6,82	1,92	14,36
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,83	2,55	2,34	2,34
Eletricidade (kW)	0,21	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5755,54	8995,61	5773,05	8082,28
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	9,22 / 3,07	1,82 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	61,30	220,96		
Custo (US\$)	148691,92	16763,10		
Custo Turbina (US\$)	64817,52	4031,62		
Custo Motor (US\$)	4270,96	348,20		
TOTAL (US\$)	217780,39	21142,92		

Tabela All.14: Caso 14 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,82 / 0,82	0,82 / 0,82	0,82 / 0,82
Custo Total (US\$)	15599,23	14935,78	14909,22	14890,19
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14874,94			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,71 / 0,43	1,64 / 0,41	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41
Custo Total (US\$)	7229,53	6910,22	6897,41	6888,23
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,63 / 0,41			
Custo Total (US\$)	6880,87			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,42	244,32 / 353,06	45,43 / 135,96	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 1	10,37 / 2,44	8,65 / 1,9	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66511,67	181720,10	112076,78	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			

All.15 Caso 15: Pinhão Manso

Tabela All.15: Caso 15

Trocadores de Calor				
	HX-100	HX-101	Condensador COL-100	Refervedor COL-100
Calor Trocado (MegakJ/h)	0,23	2,02	5,32	7,16
Área de Troca Térmica (m ²)	9,95	36,74	222,25	130,17
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	125,52	48367,42	127233,58	3943,95
Custo (US\$)	80999,47	96109,22	118365,85	107758,73
	Condensador COL-101	Refervedor COL-101	Condensador COL-102	Refervedor COL-102
Calor Trocado (MegakJ/h)	8,18	11,43	24,99	24,60
Área de Troca Térmica (m ²)	147,27	130,85	657,24	275,12
Coef. Global de Transf. De Calor (kJ/°C-m ² -h)	1022,88	1022,88	1022,88	1022,88
Vazão de Utilidade (kg/h)	4502,41	44958,96	597775,39	41003,07
Custo (US\$)	109769,83	107840,01	166775,58	124298,66
Bombas				
	P-100	P-101	P-102	P-103
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	2,08	6,81	1,92	14,15
Acréscimo de Pressão (kPa)	298,70	298,70	380,00	170,00
Potência (HP)	1,81	2,54	2,34	2,32
Eletricidade (kW)	0,20	0,29	0,26	0,26
Custo (US\$)	5760,06	9002,35	5773,04	8096,25
	P-104	P-105		
Vazão Volumétrica (m ³ /h)	3,38	0,09		
Acréscimo de Pressão (kPa)	98,70	298,70		
Potência (HP)	0,65	0,02		
Eletricidade (kW)	0,07	0,01		
Custo (US\$)	11384,79	9003,69		
Reatores				
	CRV-100	CRV-102		
Temperatura (°C)	60,00	65,00		
Pressão (kPa)	400,00	200,00		
Comprimento/Diâmetro (m)	2,21 / 0,74	1,82 / 0,61		
Vazão de Utilidade (kg/h)	65,65	216,45		
Custo (US\$)	20599,49	16816,57		
Custo Turbina (US\$)	5611,20	4052,63		
Custo Motor (US\$)	389,41	349,08		
TOTAL (US\$)	26600,11	21218,29		

Tabela All.15: Caso 15 (continuação)

Sistema de Lavagem				
Misturadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	0,85 / 0,85	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81	0,81 / 0,81
Custo Total (US\$)	15553,46	14878,76	14844,36	14821,35
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	0,81 / 0,81			
Custo Total (US\$)	14805,98			
Decantadores	V-101	V-102	V-103	V-104
Comprimento / Diâmetro (m)	1,7 / 0,43	1,63 / 0,41	1,63 / 0,41	1,62 / 0,41
Custo Total (US\$)	7207,54	6882,71	6866,12	6855,01
	V-105			
Comprimento / Diâmetro (m)	1,62 / 0,41			
Custo Total (US\$)	6847,59			
Colunas				
	COL-100	COL-101	COL-102	
Temperatura - Topo/Fundo (°C)	28,21 / 56,4	234,95 / 335,98	45,36 / 157,04	
Pressão - Topo/Fundo (kPa)	20 / 30	10 / 20	10 / 20	
Altura/Diâmetro (m)	9,21 / 1	10,33 / 2,42	8,68 / 1,91	
Número de Estágios Teóricos	7,00	10,00	5,00	
Razão de Refluxo (molar)	2,00	1,50	2,00	
Custo (US\$)	66496,34	172002,64	112922,61	
Outros Equipamentos				
Clarificador				
Área de Sedimentação (ft²)	286,38			
Custo (US\$)	101379,90			