

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE**

KERLEN JACQUELINE NUNES FERREIRA

GESTÃO DE RESÍDUOS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE BIODIESEL

**SÃO LUÍS- MA
2014**

KERLEN JACQUELINE NUNES FERREIRA

GESTÃO DE RESÍDUOS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE BIODIESEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Energia e Ambiente, da Universidade Federal do Maranhão, como requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Energia e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Adeilton Pereira Maciel

SÃO LUÍS - MA

2014

Ferreira, Kerlen Jacqueline Nunes

Gestão de resíduos na produção industrial de biodiesel/ Kerlen Jacqueline Nunes Ferreira. – São Luís, 2014.

92 f.

Orientador: Adailton Pereira Maciel.

Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, 2014.

1. Biodiesel 2. Resíduos Industriais 3. Plano de gerenciamento de resíduos industriais.

CDU 662.756.3

A minha mãe meu exemplo de vida que me ensina a ser uma pessoa melhor a cada dia e ao meu esposo pelo amor, companheirismo e incentivo diariamente.

AGRADECIMENTOS

À Deus, o Pai das misericórdias, que me dar força no desânimo, coragem para combater o medo e alegrias no sucesso. Reconhecer a Tua infinita grandiosidade diante da minha pequenez é o que me faz ter a certeza da Tua existência meu Deus.

A minha família que sempre me ofertou o amor, a minha mãe Nalzira que sempre esteve ao meu lado, principalmente nos meus estudos, sempre proporcionando o melhor para mim, sem medir esforços, muito obrigada mãe.

Ao meu esposo Deniel por seu amor, companhia, pelo incentivo, apoio, compreensão, por ser presença constante de amor na minha vida. Aos meus irmãos Ricardo e Eduardo pelo apoio na minha vida acadêmica e por saber que sempre poderei contar com vocês e aos meus sobrinhos Maria Eduarda, Emanuel e a doce Mariana, obrigada por existirem em minha vida, amo demais vocês.

Ao meu orientador Prof.º Adeilton Pereira Maciel que foi peça chave na construção desse trabalho e que me repassou não somente ensinamentos acadêmicos, mas ensinamentos de vida, obrigada professor pelos sábios conhecimentos transmitidos.

A professora Cáritas Mendonça pela amizade, pelos ensinamentos e conselhos, pela disponibilidade em revisar este estudo e ajudar na conclusão do mesmo, muito obrigada.

Aos colegas do Mestrado em Energia e Ambiente, Adriano, Joyse, Mônica, Adriana, Fabio, Fabio Ferreira, Israel, Elisío e Elizangêla. Agradeço de forma especial a Vilena pela força na fase final deste estudo e a Claudiceia que ofertou seu tempo e habilidade na parte gráfica do trabalho, meu muito obrigada.

A Monica Monteiro pelas risadas, amizade, carinho e incentivo na conclusão desta etapa.

Ao Jefferson por sua amizade, companheirismo, disponibilidade, a Welma Beatriz por toda ajuda ofertada e a todos os colegas do NCCA.

A Universidade Federal do Maranhão e ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente.

A FAPEMA pela concessão da bolsa de pesquisa.

RESUMO

A busca por fontes energéticas alternativas tem sido estimulada, devido à preocupação em diminuir os índices elevados de poluição e a dependência de combustíveis fósseis. Por esse motivo, a utilização de biocombustíveis está sendo explorada cada vez mais, como é o caso do biodiesel cujas fontes são renováveis. Pode ser produzido a partir de óleos vegetais e residuais, gordura animal, entre outros. Entretanto, uma preocupação relacionada à indústria de biodiesel são os resíduos oriundos da produção. Este estudo propôs verificar os processos de produção industrial de biodiesel, identificar e caracterizar os resíduos resultantes das etapas de extração/refino do óleo de soja e do processo de transesterificação, bem como mensurar os resíduos mais significativos para a indústria, com a finalidade de propor um Plano de Gerenciamento de Resíduos - PGR. A metodologia adotada neste estudo foi do tipo Exploratória, a qual é caracterizada pela busca de maiores informações sobre determinado assunto e do tipo Descritiva onde os dados obtidos na pesquisa devem ser analisados e interpretados, seja de forma qualitativa ou quantitativa. Este estudo contribuiu com informações necessárias para o setor de biodiesel, por meio da identificação de resíduos da produção, bem como, adoção de medidas pró-ativa, através do gerenciamento de resíduos com base nos princípios da Produção mais Limpa.

Palavras-chave: Biodiesel. Resíduos Industriais. Plano de gerenciamento de resíduos industriais.

ABSTRACT

The search for alternative energy sources has been stimulated, due to the concern to reduce the high levels of pollution and dependence on fossil fuels. For this reason, the use of biofuel is being increasingly exploited as is the case of biodiesel sources which are renewable. It can be produced from vegetable oil, residual and animal fat, among others. However, a concern related to the biodiesel industry are the waste from production. This study aims to verify the processes of industrial production of biodiesel, identify and characterize the waste resulting from extraction steps / refining of soybean oil and the transesterification process, and measure the most significant waste for the industry, with the aim of proposing waste management plan – PGR. The methodology adopted in this study was exploratory type, which is characterized by the search for more information about a subject and Descriptive type where the data obtained in the survey should be analyzed and interpreted, either qualitatively or quantitatively. This study contributed information necessary for the biodiesel sector, through the identification of waste production, as well as adoption of proactive measures, through the management of waste based on the principles of Cleaner Production.

Keywords: Biodiesel. Industrial Wastes. Plan management of industrial waste.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das principais oleaginosas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil.....	19
Tabela 2 - Produção média de gordura animal para produção de biodiesel.....	20
Tabela 3 - Produção de biodiesel no Brasil	22
Tabela 4 - Inputs e Outputs do Processo Industrial do Biodiesel.....	35
Tabela 5 - Resíduos gerados na produção industrial de biodiesel no Brasil	42
Tabela 6 - Porte industrial de acordo com a capacidade de produção.....	59
Tabela 7 - Produção de glicerina bruta e percentual de exportação	61
Tabela 8 - Quantitativo de resíduos gerados por porte industrial.....	63
Tabela 9 - Composição dos principais resíduos da produção industrial de biodiesel	70
Tabela 10 - Forma de manuseio e gerenciamento dos resíduos da produção de biodiesel	74
Tabela 11 - Exemplo de recomendação para cumprimento do objetivo da Política Ambiental em uma empresa	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matérias-primas utilizadas em 2013 para produção de biodiesel no Brasil. 19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reação de Transesterificação.....	23
Figura 2 - Esquema da produção industrial de biodiesel por Transesterificação Metílica.	27
Figura 3 - Reação de Esterificação e Hidrólise de ácidos graxos.....	28
Figura 4 – Normas complementares para classificação dos resíduos sólidos.	30
Figura 5 – Etapas de implantação de um Programa de Produção Mais Limpa.	47
Figura 6 – Modelo de Sistema de Gestão Ambiental segundo a ISO 14001.....	53
Figura 7 – Número de Plantas de Biodiesel autorizadas pela ANP conforme a capacidade de produção em m ³ /dia.	60
Figura 8 – Fluxograma das etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos.	65
Figura 9 – Requisitos para elaboração da Política Ambiental.....	66
Figura 10 – Processo de Entrada e Saída de resíduos na produção de biodiesel.....	68
Figura 11 - Etapas do gerenciamento de resíduos industriais	68
Figura 12 – Normas utilizadas para o armazenamento correto dos resíduos.	71
Figura 13 – Processos de tratamento de resíduos.....	73
Figura 14 – Níveis de aplicação da Produção mais Limpa.....	77
Figura 15 – Requisitos a serem considerados no Plano de Monitoramento.....	80
Figura 16 – Passos para aperfeiçoamento do PGR.....	81

LISTAS DE ABREVIATURAS

PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
ANP	Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
PGR	Plano de Gerenciamento de Resíduos
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROÓLEO	Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
DOU	Diário Oficial da União
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
MDA	Ministério de Desenvolvimento Agrário
APROBIO	Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil
UBRABIO	União Brasileira do Biodiesel
PROBIODIESEL	Programa de Desenvolvimento Tecnológico de Combustíveis Alternativos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normas Brasileiras
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
EPA	Agência de Proteção Ambiental
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
P+L	Produção mais Limpa
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Breve histórico do biodiesel	14
2.3 Aspectos Econômico, Social e Ambiental.....	21
2.4 Principais processos de produção industrial de biodiesel.....	23
2.4.1 Reação de Transesterificação	23
2.4.2 Esterificação	27
2.5 Resíduos da Produção Industrial	28
2.5.1 Caracterização e Classificação dos resíduos sólidos industriais	29
2.5.2 Caracterização dos efluentes líquidos industriais.....	31
2.5.3 Caracterização dos resíduos e subprodutos da produção industrial de biodiesel.....	35
2.5.4 Resíduos gerados na etapa de processamento do grão de soja.....	36
2.5.5 Resíduos do processo de refino do óleo vegetal.....	38
2.5.6 Resíduos do processo de Transesterificação	39
2.6. Gestão de Resíduos Gerados na Indústria	42
2.6.1 Principais modelos de gestão ambiental.....	45
2.6.2 Instrumentos de gestão ambiental.....	50
3. OBJETIVOS	56
3.1 Objetivo geral	56
3.2 Objetivos específicos.....	56
4. METODOLOGIA	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1 Estimativa dos principais resíduos da produção industrial de biodiesel	59
5.1.1 Indústria de grande porte	62
5.1.2 Indústria de médio porte	63
5.1.3 Indústria de pequeno porte	63
5.2 Proposição do Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR)	64
5.2.1 Etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos - PGR.....	65
6. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

1. INTRODUÇÃO

A evolução na produção de combustíveis, em todo o mundo, veio seguindo a lógica da substituição das fontes (matérias-primas), então utilizadas por outras fontes práticas e rentáveis (da lenha ao carvão; do carvão ao petróleo), até avançar na busca de caminhos para a sustentabilidade do uso de energia.

O uso de combustíveis de matérias-primas renováveis, como é o caso do biodiesel, torna-se bastante atrativo pelo aspecto ambiental, por ser uma fonte renovável de energia, contribuir na redução da emissão de gases nocivos, e também como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo.

Em dezembro de 2004, o governo lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) com o objetivo de reduzir a dependência do diesel importado, diversificar a matriz energética brasileira incorporando um combustível renovável e incluir socioeconomicamente agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel (KNOTHE et al., 2006).

O biodiesel é produzido principalmente pela transesterificação de óleos vegetais, gordura animal ou óleos residuais com alcoóis (etanol e metanol) na presença de catalisador (PINTO, 2005). Apesar de este biocombustível ser obtido a partir de matérias-primas simples e de baixo valor agregado, ainda existem algumas restrições, tendo em vista alguns resíduos gerados na produção de biodiesel (SUAREZ et al., 2009).

No processo de produção industrial de biodiesel ocorre a geração de diversos resíduos, sobretudo a glicerina e a água de lavagem oriunda da etapa de purificação do biodiesel. Nos efluentes líquidos oriundos da produção de biodiesel pode ser verificada a presença de ácidos graxos livres, álcool usado em excesso na produção, pequenas quantidades do catalisador e parte do óleo que não é convertido no processo, sabões e etc. (GRANGEIRO, 2009).

Devido ao aumento significativo da produção brasileira de biodiesel, o volume de glicerina bruta - que corresponde a 10% da produção de biodiesel - expandiu e o seu valor de mercado se tornou baixo, dificultando a comercialização em sua totalidade pelas indústrias e aumentando seus estoques. O que pode se tornar um problema de impacto ambiental, caso este resíduo seja descartado de forma irregular.

Verificar as etapas de produção de biodiesel, bem como identificar os resíduos resultantes da produção, possibilita estudar alternativas de gestão que possibilitem à redução dos resíduos e atendimento a legislação ambiental pelas indústrias. A gestão ambiental vem ganhando espaço no meio industrial como um instrumento para intermediar a relação produção sustentável-natureza, buscando políticas de minimização, reciclagem, reutilização, tratamento e disposição final adequada para os seus resíduos. Desta forma, pode ser vista como uma oportunidade de aumento da competitividade por meio do correto gerenciamento da problemática ambiental.

As empresas atentas a sua boa imagem com vistas à competitividade adotaram os programas de gestão ambiental como prioritários nos grupos de projeto. Os modelos de gestão visam o aperfeiçoamento contínuo na redução dos resíduos e respeito ao cumprimento da legislação ambiental. Segundo Barbieri (2007) a implantação de um modelo de gestão requer o uso de instrumentos, como meios ou ferramentas para alcançar objetivos específicos em matéria ambiental. É neste contexto que o Plano de Gerenciamento de resíduos (PGR), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a logística reversa e a Norma ISO 14001, por exemplo, fazem-se necessárias enfocar como um instrumento de gestão, pois são adotadas por empresas em todo o mundo, onde permite o aperfeiçoamento de processos, técnicas de gerenciamento, procedimentos de manutenção e de controle, prevenção na geração de resíduos, monitoramento eficiente e contínuo e, sobretudo o destino final adequado aos resíduos.

Este estudo tem por objetivo verificar os processos de produção industrial de biodiesel e identificar os principais resíduos, desde o preparo da matéria-prima até o produto final (biodiesel). Com a finalidade de propor um plano de gerenciamento de resíduos que atenda às necessidades da indústria de biodiesel obtido por oleaginosa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve histórico do biodiesel

No Mundo

No ano de 1853, os cientistas E. Duffy e Patrick conduziam alguns estudos sobre a transesterificação de óleos vegetais, o que ocorreu muitos anos antes do primeiro motor a diesel se tornar funcional (MA; HANNA,1999). Durante a Exposição Mundial realizada em Paris, no ano de 1900, o criador do motor a diesel, Rudolf Diesel, demonstrou seu invento utilizando óleo de amendoim *in natura*. Para a utilização de combustível proveniente da biomassa era o real futuro para o seu motor e já previa a importância dos óleos vegetais dentre os combustíveis, apesar da insignificância que a eles era atribuída naquela época (ALTÝNA, *et al.*, 2001 apud ENCARNAÇÃO, 2008).

Os fabricantes de motor a diesel, na década de 20, alteraram seus motores para utilizar combustíveis fósseis mais baratos e menos viscosos que biomassas alternativas. Neste mesmo período, pesquisadores do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), no Brasil, testavam combustíveis alternativos renováveis objetivando minimizar as características indesejáveis dos óleos vegetais (LIMA, 2003). O cientista belga, Charles George Chavanne, em 1937 patenteou a reação de transesterificação. A partir daí, começava-se a perceber que a remoção da glicerina da molécula original de óleo vegetal gerava um combustível muito mais apropriado para os motores do tipo diesel (KNOTHE, 2001).

De acordo com os autores Knothe (2001) e Plá (2003), bem como dados da ANP, segue um resumo histórico da evolução do biodiesel:

1900 - Primeiro ensaio por Rudolf Diesel, em Paris, de um motor movido a óleos vegetais.

1937 - Concessão da primeira patente a combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais (óleo de palma), a Charles George Chavanne, em Bruxelas/Bélgica. Patente 422.877.

1938 - Primeiro registro de uso de combustível de óleo vegetal para fins comerciais - ônibus de passageiros da linha Bruxelas-Lovaina/BEL.

1939-1945 - Inúmeros registros de uso comercial na “frota de guerra” de combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais.

Década de 70 - Crítico cenário energético mundial instigou a reduzir a dependência de petróleo importado, as pesquisas sobre óleos vegetais ganharam novo impulso.

1980 - Resolução nº 7, do Conselho Nacional de Energia, instituiu o Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PROÓLEO), neste mesmo ano ocorreu o depósito do primeiro pedido de patente de biodiesel no Brasil – Dr. Expedito José de Sá Parente (Fortaleza-CE) – PI 8004358-5.

1988 - Início da produção de biodiesel na Áustria e na França; também primeiro registro do uso da palavra “Biodiesel” na literatura, de acordo com artigo de WANG R. “Development of Biodiesel Fuel”, Taiyangneng Xuebao 9:434-436(1988), China.

1991 - Foi produzido o primeiro lote de 10 t de biodiesel na Alemanha, a partir de óleo de colza.

1997 - EUA aprovam biodiesel como combustível alternativo.

2002 - Lançamento do Programa Probi biodiesel no Brasil através da Portaria nº. 702 30/10/02.

2003 - Decreto nº12/2003 do Governo Federal institui a Comissão Executiva Interministerial (CEI) e o Grupo Gestor (GG), encarregados da implantação das ações para a produção e uso do biodiesel.

2004 - Lançamento do Programa de Produção de Uso do Biodiesel pelo Governo Federal. Publicadas as Resoluções nº 41 e 42 da ANP de 24/11/2004, que instituem a obrigatoriedade de autorização deste órgão para a produção de biodiesel, e que poderá ser adicionado ao óleo diesel, na proporção de 2% em volume.

2005 - Publicação da Lei 11.097 de 13/01/2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Inauguração da primeira usina e posto revendedor de Biodiesel no Brasil (Belo Horizonte, MG) em 24/03/2005.

2008 - Resolução ANP nº 25 de 2/9/2008 (DOU 3/9/2008) estabelece a regulamentação e a obrigatoriedade de autorização da ANP para o exercício da atividade de produção de biodiesel.

2009 - Publicada a Resolução nº 6, de 16/09/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabelecendo o mínimo de 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final.

2011 - Resolução ANP nº 2 de 12/01/2011. Especificação de óleo diesel B6 a B20 para uso experimental em frotas cativas ou em equipamento industrial específico.

2012 - O Brasil se tornou o terceiro maior produtor de biodiesel do mundo.

O biodiesel é considerado um dos principais biocombustíveis, apresentando um potencial promissor no mundo inteiro, sendo um mercado que cresce aceleradamente devido, principalmente a enorme contribuição ao meio ambiente. Países como França, Áustria, Alemanha, Bélgica, Reino Unido, Itália, Holanda, Finlândia, Estados Unidos, Japão e Suécia vêm investindo significativamente na produção e viabilização comercial do biodiesel, através de unidades de produção com diferentes capacidades (FERRARI, *et al.*, 2005).

No Brasil

Durante a década de 40 foram feitas as primeiras tentativas do uso de óleos e gorduras em motores de combustão interna no Brasil. Na verdade, existem muitos relatos de estudos sobre o uso de alguns óleos vegetais, como: babaçu, coco, mamona e algodão, como também a produção de hidrocarbonetos por craqueamento termocatalítico.

A discussão sobre o uso do biodiesel com vários estudos interministeriais associados a centros de pesquisas e universidades voltou a ser revista pelo Governo Federal no final do século XX. No ano de 2002, a etanolise de óleos vegetais foi considerada como a rota principal para substituição do diesel de petróleo, programa chamado PROBIODIESEL (KRAUSE, 2008). O referido programa visava à adição de 5% (cinco por cento) de biodiesel ao diesel, denominado B5, até 2005, onde este percentual aumentaria de forma gradual até atingir um percentual de 20% (vinte por cento), B20, em 2020 (SANT'ANNA, 2003).

Em 2003, tiveram início os primeiros estudos concretos para a criação de uma política de biodiesel no Brasil e, em dezembro de 2004, o governo lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). O objetivo, na etapa inicial, foi introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. O principal resultado dessa primeira fase foi à definição de um arcabouço legal e regulatório, com a edição de duas Leis e diversos atos normativos infralegais (MME, 2013).

A ANP através da lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005 (que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira) definiu o biodiesel como sendo: “Art. 6º XXV – Biodiesel: Biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento

para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil”.

A matriz energética brasileira incorporou a produção de biodiesel, somente a partir da Lei n. 11.097/2005, que estabeleceu a obrigatoriedade de adição de um percentual mínimo de biodiesel ao diesel derivado de petróleo, comercializado em todo território nacional. Desde a implantação desta lei, o percentual de mistura vem sendo ampliado. Inicialmente, era de 2%; depois subiu para 3% e 4% e, em janeiro de 2010, com a Resolução nº 6/2009 CNPE foi adicionado 5% de biodiesel ao diesel, antecipando a meta que era prevista para 2013 (BRASIL, 2005). Atualmente está em vigência o B6 através da MP 647/2014 que tornou o B6 obrigatório em julho e aumento para B7 a partir de 01/11/2014.

A Resolução ANP Nº 25 de 2/9/2008, publicada no D.O.U. em 3/9/2008, apresenta a regulamentação a respeito de todas as autorizações exigidas para que os interessados possam construir, ampliar, operar e comercializar sua produção de Biodiesel. Para receber a autorização de comercialização a empresa precisa, da certificação de qualidade do biodiesel (B100) por ela produzido, bem como cumprir com as demais determinações constantes nesta resolução (DE SOUZA e PAULILLO, 2010). A produção brasileira de biodiesel tem no PNPB a execução das regras e procedimentos que compõem o ambiente institucional desse segmento.

A inclusão social e o desenvolvimento regional são trabalhados, no âmbito do PNPB, por meio do Selo Combustível Social. Esse instrumento, gerenciado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA), visa estimular a produção de biodiesel a partir de várias oleaginosas, priorizando a participação da agricultura familiar. O MDA é responsável pela certificação das usinas produtoras a partir do enquadramento de projetos alinhados aos vários requisitos e às regras do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) (MARTINS, et al., 2011).

Segundo a Instrução Normativa n. 1/2009 do MDA, o selo será concedido aos produtores de biodiesel que comprem matéria-prima da agricultura familiar. O modelo tributário vigente confere ao biodiesel brasileiro a característica única no mundo de um biocombustível apoiado por políticas públicas com orientação social (MME, 2013).

A comercialização do biodiesel, no Brasil, é realizada por meio de leilões públicos, promovidos pela ANP, a partir de diretrizes específicas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Os Leilões funcionam como um mecanismo transparente de comercialização. Por ser um certame público, são conhecidos todos os

volumes transacionados e seus respectivos fornecedores, assim como a condição de preço.

2.2 Principais matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel no Brasil

O Brasil possui uma diversidade de espécies oleaginosas que podem ser utilizadas para produção de biodiesel, por apresentar uma considerável extensão geográfica, clima tropical e sub-tropical o que favorece o cultivo de tais espécies. Contudo, além dos óleos vegetais existem outras matérias-primas utilizadas para produção deste biocombustível que são a gordura animal (bovino, suíno, frango, peixe), óleos e gorduras residuais e demais materiais graxos.

Óleos vegetais

Os óleos vegetais compõem as principais fontes para obtenção dos biocombustíveis. Dentre as fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas na produção de biodiesel se tem: baga de mamona, pinhão manso, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. A Tabela 1 apresenta algumas características de culturas oleaginosas com potencial para fins energéticos.

Os óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos. O termo monoglicerídeos e diglicerídeos refere-se ao número de ácidos. No óleo de soja, o ácido predominante é o ácido oléico, no óleo de babaçu, o laurídico e no sebo bovino, o ácido esteárico (BIODIESELBR, 2013).

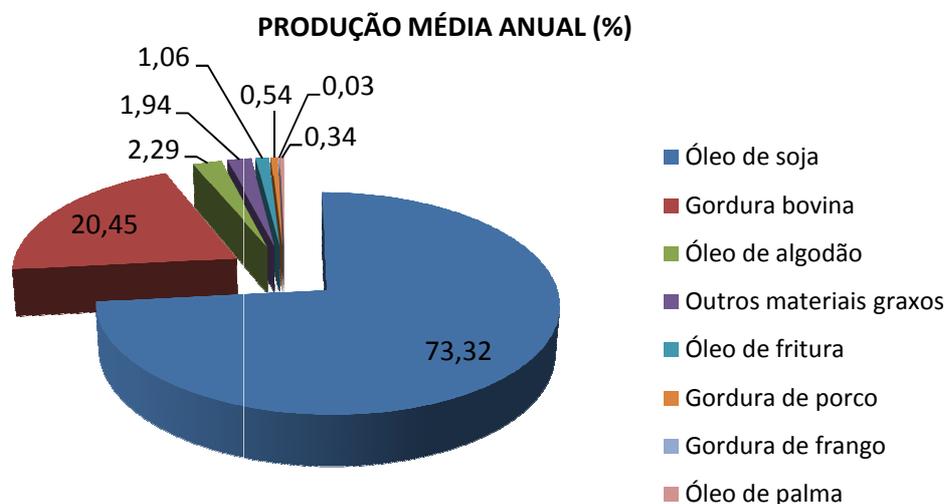
Tabela 1 - Características das principais oleaginosas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil

MATERIAS PRIMAS	ORIGEM DO ÓLEO	TEOR DE ÓLEO (%)	RENDIMENTO (ton.óleo/ha)
Babaçu	Amêndoa	66	0,1-0,3
Mamona	Grão	45-50	0,5-0,9
Canola/colza	Grão	40-48	0,5-0,9
Amendoim	Grão	40-50	0,6-0,8
Girassol	Grão	40-48	0,5-1,9
Dendê/Palma	Amêndoa	22	3,0-6,0
Soja	Grão	18	0,2-0,4
Algodão	Grão	15	0,1-0,2

Fonte: Paulillo, et al (2006).

O Gráfico 1 demonstra o percentual das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel em 2013, conforme os Boletins mensais de biodiesel emitidos pela ANP.

Gráfico 1 - Matérias-primas utilizadas em 2013 para produção de biodiesel no Brasil



Fonte: ANP, Boletins Mensais 2013

A soja dentre as matérias-primas para produção de biodiesel é considerada a principal oleaginosa, chegando a representar mais de 70% em 2013 da produção de óleo vegetal no Brasil. A indústria da soja é amplamente desenvolvida no país, com

infraestrutura tecnológica, produtiva e logística consolidada, o que facilita o uso desta oleaginosa para produção industrial de biodiesel. Contudo, o objetivo principal do cultivo da soja no Brasil é para produção de farelo (ração animal), onde aproximadamente 80% da massa dos grãos é constituída por farelo proteico e somente 20% por óleo (ARRUDA BOTELHO, 2012). O lastro no abastecimento de matéria-prima para a produção de biodiesel tem sido a soja e, embora existam boas perspectivas para participação de outras oleaginosas.

O PNPB espera que o setor de biodiesel não dependa apenas de uma commodity para fabricar o produto, mas que possa incentivar a produção de matérias-primas diversificadas, principalmente aquelas oriundas da agricultura familiar como o girassol, a canola, a mamona, o óleo de palma e o algodão (ARAÚJO, 2012).

Óleos e Gordura animal

Entre as gorduras de origem animal com potencial para produção de biodiesel, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros (BIODIESELBR, 2013). Embora o sebo bovino não seja considerado como fonte renovável de energia, comparado com as oleaginosas, e sim um resíduo industrial, este desperta grande interesse para a produção de biodiesel. Uma das razões para o maior interesse no sebo está na produtividade em óleo (100%) e no custo de produção, bem como na agregação de valor a um subproduto, que sem destinação adequada poderá causar danos ambientais.

A Tabela 2 demonstra a produção média de biodiesel a partir de gorduras de origem animal, onde o sebo bovino apresenta-se como a principal matéria-prima, avançando sobre parcela do mercado que pertencia ao óleo de soja.

Tabela 2 - Produção média de gordura animal para produção de biodiesel

MATERIAS PRIMAS	PRODUÇÃO MÉDIA ANUAL (%)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Gordura bovina	16,51	13,83	13,44	17,19	20,45
Gordura de porco		0,11	0,35	0,38	0,54
Gordura de frango		0,09	0,03	0,07	0,03

Fonte: ANP, Boletim Mensal

✚ Óleos e gorduras residuais

São considerados óleos e gorduras residuais, os resultantes de processamentos domésticos, comerciais e industriais, os esgotos municipais (possuem uma nata sobrenadante rica em matéria graxa), bem como águas residuais de processos de indústrias alimentícias, de pescados e de couro são fontes de matérias graxas (PARENTE; SAMPAIO, 2003).

Os óleos de fritura representam uma parcela importante no setor de produção de biodiesel, apresentando um aumento gradual na utilização para produção deste biocombustível, chegando a 1,06% de participação na produção de biodiesel em 2013, como mostrado no Gráfico 1.

2.3 Aspectos Econômico, Social e Ambiental

Até o primeiro semestre de 2013 existiam 69 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP para operação, destas, 64 possuem autorização para produção e comercialização do biodiesel produzido, correspondendo a uma capacidade de 22.244,06 m³/dia e 20.393,04 m³/dia, respectivamente. Ainda em 2013 foram autorizadas para construção 3 novas plantas de biodiesel e 11 plantas autorizadas para ampliação. Com a finalização das obras e posterior autorização para operação, a capacidade total de produção de biodiesel autorizada poderá ser aumentada em 2.064,72 m³/dia, que representa um acréscimo de 9% na capacidade atual (ANP, 2013).

Um estudo realizado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe/USP) sobre os impactos da implantação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), demonstrou que o setor privado investiu cerca de R\$ 4 bilhões entre 2008 e 2011 na indústria de biodiesel no Brasil, e será necessário investir R\$ 28 bilhões até 2020 para chegar a 20% de biodiesel no diesel.

O biodiesel fez o País economizar R\$ 11,5 bilhões com importações de diesel em 2012, além de gerar R\$ 14 bilhões com a produção de farelo de soja (BIODIESELBR, 2012).

Na Tabela 3 é possível observar a produção de biodiesel de 2005 a 2013, onde houve um avanço substancial.

Tabela 3 - Produção de biodiesel no Brasil

MÊS	ANO								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	(10 m ³)								
Janeiro		1.07	17.10	76.77	90.35	145.24	186.32	193.00	226.50
Fevereiro		1.04	16.93	77.08	80.21	176.28	176.78	214.60	205.73
Março	8	1.72	22.63	63.68	131.99	211.24	233.46	220.87	230.75
Abril	13	1.78	18.77	64.35	105.45	184.89	200.38	182.37	253.59
Maiο	26	2.57	26.00	75.99	103.66	202.72	220.48	213.02	245.93
Junho	23	6.49	27.15	102.76	141.13	204.94	231.57	214.89	236.44
Julho	7	3.33	26.71	107.78	154.55	207.43	249.89	230.34	260.67
Agosto	57	5.10	43.95	109.53	167.08	231.16	247.93	254.42	247.61
Setembro	2	6.73	45.93	132.25	160.53	219.98	233.97	252.24	252.71
Outubro	34	8.581	53.51	126.81	156.81	199.89	237.88	251.41	277.99
Novembro	281	16.02	56.36	118.01	166.19	207.86	237.18	245.32	265.17
Dezembro	285	14.53	48.99	112.05	150.43	187.85	216.87	244.96	214.36
TOTAL	736	69.00	404.09	1.167.11	1.608.44	2.379.53	2.672.76	2.717.48	2.917,48

Fonte: Boletim Mensal, ANP

Através do aumento do percentual de biodiesel aplicado ao diesel, é muito provável a expansão das empresas participantes do setor e também da chegada de novos participantes no mercado, principalmente em regiões com potencial de produção de matéria-prima. Para a União Brasileira do Biodiesel - UBRABIO (2010), essa lógica de negócio, inerente ao setor, cria um impulso de desenvolvimento nas regiões com baixo índice de desenvolvimento humano, mas com forte potencial agrícola para abastecer a indústria de biodiesel, ou seja, os investimentos são atraídos menos pelo poder de consumo do mercado local e mais pela sua capacidade de produção de oleaginosas.

Aliado aos aspectos econômico e social inerente a política de implantação do biodiesel no Brasil, está o fator ambiental. O uso de biodiesel em motor convencional reduz a emissão do CO quando comparado ao diesel, pois o biodiesel contém em sua estrutura, moléculas de oxigênio, que promovem a combustão completa e minimizam a geração de poluentes atmosféricos (ENCARNAÇÃO, 2008).

O biodiesel apresenta certas características que o colocam em posição de vantagem quando comparado aos combustíveis derivados do petróleo, tais como, alto número de cetano; teor médio de oxigênio; maior ponto de fulgor; menor emissão de

partículas, HC, CO e CO₂; caráter não tóxico e biodegradável, além de ser proveniente de fontes renováveis (HAAS et al., 2001).

2.4 Principais processos de produção industrial de biodiesel

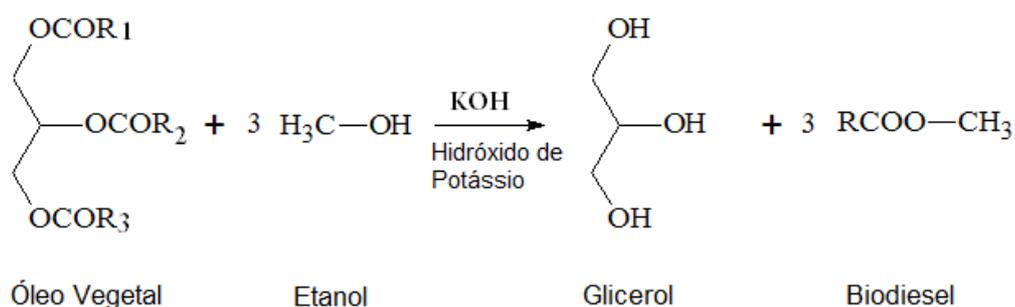
No Brasil e nos Estados Unidos, a produção em escala industrial só iniciou no ano de 2003. Os processos mais comuns para obtenção industrial de biodiesel são o de Transesterificação e Esterificação.

Dentre as metodologias para obtenção do biodiesel, a transesterificação é a mais utilizada na produção industrial. Têm-se apresentado como a melhor opção visto que o processo é relativamente simples promovendo a obtenção de um combustível, cujas propriedades são similares às do óleo diesel.

2.4.1 Reação de Transesterificação

Sob ação de um catalisador e na presença de álcool, o óleo sofre uma transesterificação (Figura 1) formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos, que constituem o biodiesel em sua essência, e liberando uma molécula de glicerol (MOTA, 2009).

Figura 1 - Reação de Transesterificação.



Fonte: Adaptado de MOTA et al., (2009)

O álcool (metanol) é adicionado em excesso a fim de permitir a formação de uma fase separada de glicerol e deslocar o equilíbrio para um máximo rendimento de biodiesel, devido ao caráter reversível da reação.

Vários parâmetros de processo incluindo tipo de catalisador (alcalino, ácido, ou enzima), razão molar álcool:óleo, temperatura, pureza dos reagentes (principalmente teor de água e ácidos graxos livres) influenciam a reação de transesterificação.

Quanto aos catalisadores, a reação de transesterificação pode ser realizada tanto em meio ácido quanto em meio básico (FREDDMAN et al., 1986). Contudo, a reação ocorre de maneira mais rápida na presença de um catalisador alcalino (catálise básica) que na presença da mesma quantidade de catalisador ácido (catálise ácida), observar-se maior rendimento e seletividade, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos.

A catálise básica (alcalina) homogênea é a mais empregada comercialmente, por esta razão e pelo fato dos catalisadores alcalinos serem menos corrosivos que os ácidos, os básicos são mais usados em processos industriais (KRAUSE, p.22, 2008). Os catalisadores alcalinos mais eficientes para esse propósito são Hidróxido de Sódio KOH e Hidróxido de Potássio (NaOH) (PARENTE, 2003).

A estequiometria para a reação é de 3 mols de álcool para cada mol de óleo (álcool:lipídio). Contudo, na prática, essa relação é de 6 mols de álcool para 1 mol de óleo, no sentido de aumentar a eficiência na geração do produto.

✚ *Rotas Tecnológicas (Rotas Etílica e Metílica)*

O álcool utilizado na reação de transesterificação é que define o tipo de rota tecnológica. Os alcoóis mais comumente utilizados são o metanol e o etanol denominando, respectivamente, os processos de rota metílica e etílica (ENCARNAÇÃO, 2008).

O metanol é o álcool mais utilizado nas indústrias de produção de biodiesel, devido a seu baixo custo e por reagir mais rapidamente com o óleo vegetal do que os outros alcoóis. No Brasil o etanol é considerado anidro a partir de 99,3% (7000 ppm de água), enquanto que o metanol é anidro tipicamente com 99,9% (100 ppm de água), e em algumas plantas de biodiesel atinge-se 50 ppm de água. Essa diferença é importante para a velocidade da reação, uma vez que a umidade é um forte promotor da saponificação. Além disso, outra dificuldade apresentada pelo etanol está na sua recuperação, uma vez que o mesmo, forma azeótropo com a água, dificultando sua purificação (ENCARNAÇÃO, 2008).

✚ *Separação de fases/ Recuperação e desidratação do álcool*

As duas fases líquidas que constituem a mistura pós-reação são separáveis por decantação e/ou centrifugação. A fase mais densa é composta de glicerina impregnada com etanol, água e impurezas oriundas da matéria-prima. A fase leve é constituída de uma mistura de ésteres etílicos, excessos de etanol e outras impurezas. O etanol é separado das fases leve e pesada via evaporação. A remoção da água do etanol é feita por meio de destilação. Os ésteres etílicos são lavados com água e submetidos às etapas de centrifugação e, posteriormente, desumidificação resultando num biodiesel especificado.

Os alcoóis recuperados são enviados a uma unidade de desidratação para retirada da água presente. Os alcoóis recuperados podem ser utilizados novamente no processo. Podem ser adicionados no tanque de mistura do catalisador ou direto no reator.

A fase pesada contendo glicerina é submetida a uma unidade de recuperação de glicerina. As gliceras brutas, emergentes do processo, mesmo com suas impurezas convencionais, já constituem subproduto vendável (PARENTE, 2003). No entanto, o seu valor no mercado é muito mais favorável à comercialização da glicerina purificada. As etapas de produção industrial de biodiesel podem ser visualizadas através da Figura 2 que apresenta o esquema de produção por via metélica.

✚ *Purificação dos ésteres e da glicerina*

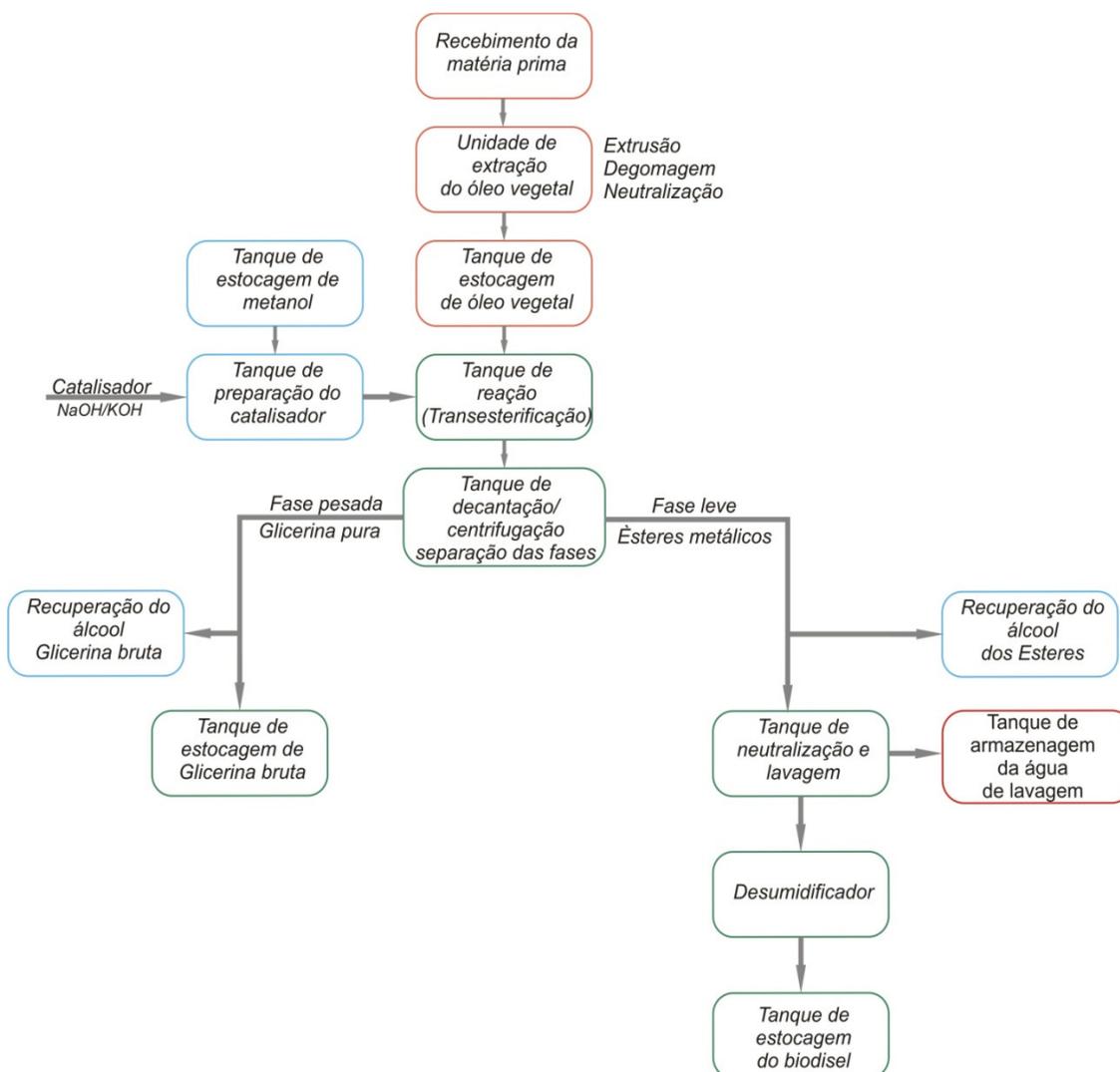
Após a separação das duas fases e recuperação dos alcoóis em cada uma, a fase leve (biodiesel) é direcionada a um tanque de lavagem. Os ésteres deverão ser lavados por centrifugação e desumidificados posteriormente, resultando finalmente o biodiesel, o qual deverá ter suas características enquadradas nas especificações das normas técnicas estabelecidas para o biodiesel como combustível para uso em motores do ciclo diesel. O biodiesel deve ser estocado em ambientes secos, limpos e isentos de luz.

A glicerina bruta ainda apresenta água, álcool e impurezas inerentes à matéria prima. Caso a reação tenha sido de caráter básico é possível recuperar a glicerina adicionando ácido. O ácido neutraliza o sabão transformando-o em ácido graxo. As duas fases obtidas, uma mais densa composta da glicerina com sais e outra mais leve que é a oleína (ácido graxo recuperado), são separadas em um decantador ou centrífuga. Após essa etapa a glicerina obtém um grau de pureza de 84%, vulgarmente chamada de glicerina loira, ainda com pouco valor comercial.

Quando a purificação da glicerina é feita por destilação ao vácuo, resulta em um produto límpido e transparente, gerando uma glicerina de grau farmacêutico de concentração superior a 99%. Porém poucas plantas de biodiesel no mundo contemplam essa etapa (PARENTE, 2003).

O termo glicerol aplica-se somente ao componente químico puro 1,2,3-propanotriol. O termo glicerina aplica-se aos produtos comerciais purificados (contem 95% de glicerol). A glicerina loira é geralmente utilizada para designar a glicerina oriunda dos processos de produção do biodiesel, onde a fase glicerínosa passa por tratamento ácido para neutralizar o catalisador e remover ácidos graxos eventualmente formados no processo. Em geral, esta glicerina contém cerca de 80% de glicerol, além de água, metanol e sais dissolvidos (MOTA, 2014).

Figura 2 - Esquema da produção industrial de biodiesel por Transesterificação Metílica.

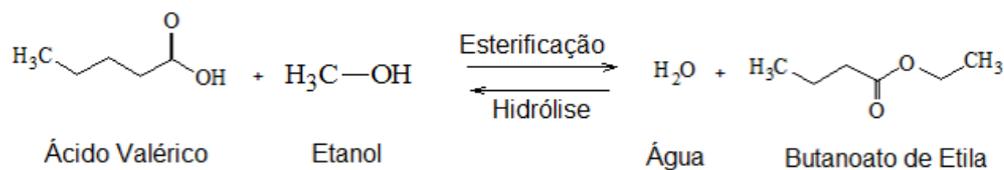


Fonte: Adaptado de Parente, 2003 e MMA, 2006 / STCP Engenharia de Projetos Ltda.

2.4.2 Esterificação

A Esterificação consiste na reação entre um ácido graxo e álcool com formação de água e éster (metílico ou etílico). Esse processo de produção busca o aproveitamento de matérias-primas disponíveis e de baixo custo. Como resíduos associados à agroindústria (ácido graxo resultante do refino de óleos vegetais, gorduras animais obtidas nos abatedouros), óleos usados e espuma de esgotos sanitários. A Figura 3 demonstra a reação por Esterificação.

Figura 3 - Reação de Esterificação e Hidrólise de ácidos graxos.



Fonte: Adaptado de MOTA et al., (2009)

A reação de Esterificação emprega, preferencialmente, alcoóis de baixo peso molecular, como o metanol e o etanol. No processo de esterificação a estequiometria da reação é de 1 mol de álcool para cada mol de ácido graxo, e o subproduto da reação é a água, o que representa uma vantagem ambiental quando comparado com a reação de transesterificação, que gera glicerol em grande quantidade (ZENATTI, 2011).

2.5 Resíduos da Produção Industrial

Os resíduos produzidos nas indústrias apresentam alto poder de impacto ao meio ambiente, principalmente se descartados de forma irregular. Segundo Leripio (pg 11, 2001) a poluição industrial, também pode ser reflexo de desperdício e ineficiência dos processos produtivos, onde os resíduos industriais representam, na maioria dos casos, perdas de matérias primas e insumos. Em virtude do caráter poluidor os resíduos devem ser gerenciados de maneira adequada pelas indústrias com a finalidade de proteger, conservar e principalmente melhorar a qualidade do meio ambiente, contribuindo para a saúde humana.

A Lei 12.305/10 no seu Art. 13 Inciso I cita resíduos industriais como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Estes resíduos são originados das atividades dos diferentes ramos industriais, tais como metalúrgica, química, petroquímica, alimentícia e etc. São resíduos muito variados que apresentam características diversificadas, pois estas dependem do tipo de produto manufaturado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, resíduos da purificação de matérias-primas e produtos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros, cerâmicas, etc. podendo ou não apresentar características perigosas (IPT/CEMPRE, 2000, TOCCHETTO, 2009).

Segundo Tocchetto (2009) uma grande quantidade de resíduos é produzida nas indústrias cerca de 40% é considerado resíduo perigoso, por apresentar impacto ambiental significativo, os quais necessitam de tratamento adequado. De acordo com a Norma ABNT 10004; resíduo perigoso é aquele com propriedades tais que o tornem capaz de causar danos à saúde humana, ou ao meio ambiente. Para determinar se um resíduo é tóxico torna-se necessário sabermos quais atributos específicos o tornam perigoso.

As indústrias são responsáveis, pelo lixo gerado e permanentemente, por cuidar do gerenciamento, transporte, tratamento e destino final de seus resíduos. O setor industrial é o principal responsável pelo grande volume de resíduo gerado, ou seja: tudo que sobra dos diversos processos industriais, tais como carvão mineral, refugos da indústria metalúrgica, resíduo químico, gás e fumaça lançados pelas chaminés das fábricas. O resíduo industrial contribui significativamente nas agressões ao homem e ao meio ambiente. Neste estão produtos químicos (cianureto, pesticidas, solventes), metais (mercúrio, cádmio, chumbo) e solventes químicos que ameaçam os ciclos naturais onde são despejados (PEDROZA, pg 170, 2011).

2.5.1 Caracterização e Classificação dos resíduos sólidos industriais

A Resolução CONAMA nº 313/2002 em seu Art. 2º define os resíduos sólidos industriais como: I – “é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição” (CONAMA, 2002).

Para classificar corretamente os resíduos de uma determinada atividade industrial, é necessário consultar algumas normas técnicas específicas, de acordo com a Figura 4.

Figura 4 – Normas complementares para classificação dos resíduos sólidos.

Normas ABNT	Objetivos
NBR 10004:2004	Fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos - classe I - de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.
NBR 10005:2004	Obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela NBR 10004 como classe I - perigosos - e classe II - não-perigosos.
NBR 10006:2004	Obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados na NBR 10004 como classe II A - não-inertes - e classe II B - inertes.
NBR 10007:2004	Requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos.

A NBR 10004 da ABNT é a principal norma utilizada no Brasil para se classificar os resíduos industriais:

1) *Resíduos classe I – Perigosos*: são resíduos que apresentam características como Corrosividade, Reatividade, Inflamabilidade, Toxicidade, e Patogenicidade. Tais resíduos requerem uma maior atenção, uma vez que apresentam alto risco a saúde e acidentes mais graves, sendo os maiores impactos ambientais causados por esta classe de resíduos. Quanto à destinação, estes resíduos podem ser condicionados, armazenados temporariamente, incinerados ou dispostos em aterros sanitários especialmente desenhados para receber resíduos perigosos (Ex: óleo lubrificante usado ou contaminado, lodos de galvanoplastia, equipamentos descartados contaminados com óleo e etc.).

2) *Resíduos classe II – Não perigosos*

Resíduos classe II A - Não inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduo classe I – perigosos ou de resíduo classe II - B – inertes. Estes resíduos podem apresentar propriedades, como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Oriundos dos serviços de limpeza de áreas que não estejam contaminados por resíduos de processo industrial (Ex: o lixo comum gerado em qualquer unidade industrial).

Resíduos classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa (conforme NBR 10007) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente (conforme NBR 10006), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Como exemplo destes materiais, podem-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

A característica principal dos resíduos industriais é o caráter de risco que estes apresentam, para tanto a NBR 10004:2004 estabelece parâmetros para avaliação das características de periculosidade (resíduos classe I), sendo que basta o resíduo apresentar uma delas para ser considerado perigoso.

Para a classificação dos resíduos de forma mais correta é importante que se faça a segregação dos mesmos na fonte produtora o que facilita o gerenciamento e melhores oportunidades de reciclagem e reaproveitamento (DARLAN, pg. 32, 2008). A classificação dos resíduos sólidos é baseada nas características, bem como nas propriedades dos resíduos, em padrões de concentração de poluentes e na consulta às listagens dos resíduos perigosos já conhecidos constante na Norma NBR 10004:2004 (DA CUNHA, 2009). Esta norma apresenta 8 Anexos consultados para classificação dos resíduos sólidos:

- Anexo A (Resíduos perigosos de fontes não específicas);
- Anexo B (Resíduos perigosos de fontes específicas);
- Anexo C (Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos);
- Anexo D (Substâncias agudamente tóxicas);
- Anexo E (Substâncias tóxicas);
- Anexo F (Concentração – Limite máximo no extrato obtido no ensaio de Lixiviação);
- Anexo G (Padrões para o ensaio de lixiviação);
- Anexo H (Codificação de alguns resíduos classificados).

2.5.2 Caracterização dos efluentes líquidos industriais

A Norma da ABNT NBR 9800:1987 define efluente líquido industrial como sendo o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo

emanações de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico.

Existem várias formas de utilização de água em uma indústria, isto é, usa-se a água para lavagens de equipamentos e pisos, águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor, águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos, esgotos sanitários dos funcionários e etc. Os efluentes industriais são originados a partir das águas contaminadas por resíduos dos processos industriais e em função das perdas no processo ou pelo consumo de água das perdas de energia térmica (GIORDANO, 2004).

Ainda segundo Giordano (2004) as águas oriundas dos processos industriais apresentam diversos resíduos e ou energias incorporadas o que altera suas características químicas, físicas, sensoriais. Para avaliação da carga poluidora dos efluentes industriais são feitas medições de vazão in loco e coleta de amostras para análise de diversos parâmetros que representam a carga orgânica e a carga tóxica dos efluentes. Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração da qualidade nos corpos receptores e conseqüentemente a sua poluição (degradação).

Tendo em vista, os efluentes industriais apresentarem características inerentes à composição das matérias primas, do processo industrial, bem como, das águas de abastecimento, a caracterização do tipo de efluente é essencial para determinar o tratamento adequado a ser dado pela indústria.

Os parâmetros físicos e químicos são de grande importância para caracterização das águas, onde a determinação destes é exigida pela legislação pertinente a gestão dos recursos hídricos (GRANJEIRO, 2009). Dentre os parâmetros podemos citar: temperatura, cor, sólidos totais, sólidos suspensos, matéria inorgânica (sais, óxidos, hidróxidos e os ácidos), metais, agentes biológicos, além de turbidez, potencial hidrogeniônico, Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas.

Conforme Granjeiro (2009) os últimos 5 (cinco) parâmetros citados são intrínsecos ao efluente proveniente da lavagem do biodiesel, sendo eles descritos abaixo:

Turbidez

É a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água, devido esta apresentar aparência turva. As principais causas da turbidez da água são a presença de matérias sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica.

O aumento da turbidez reduz a penetração de luz solar na coluna d'água, prejudicando a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas. Os sedimentos em suspensão podem carrear nutrientes e pesticidas, ocasionando várias consequências à vida aquática. As partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Em solução o pH indica o caráter ácido, básico ou neutro do meio, causado por sólidos e gases dissolvidos provenientes da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. No tratamento físico-químico de efluentes industriais muitos são os exemplos de reações dependentes do pH: a precipitação química de metais tóxicos ocorre em pH elevado, a oxidação química de cianeto ocorre em pH elevado, a redução do cromo hexavalente à forma trivalente ocorre em pH baixo; a oxidação química de fenóis em pH baixo; a quebra de emulsões oleosas mediante acidificação. Constitui-se também em padrão de emissão de esgotos e de efluentes líquidos industriais, tanto pela legislação federal quanto pela estadual. É possível que alguns efluentes industriais possam ser tratados biologicamente em seus valores naturais de pH (por ex.: pH em torno de 5,0) (CETESB, 2009).

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Nesse processo ocorre o metabolismo dos microrganismos heterotróficos, em que os compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos etc. (CETESB, 2009). A DBO representa de forma indireta a quantidade de matéria orgânica biodegradável que foi consumida pelos microrganismos aeróbios presentes no sistema aquático e constitui um importante parâmetro na

caracterização de seu grau de poluição (BAIRD, 2002). O decréscimo de oxigênio dissolvido é o principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso d'água.

Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de efluentes industriais, é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado em um prazo menor e em primeiro lugar, orientando o teste da DBO. A análise da DQO é útil para detectar a presença de substâncias resistentes à degradação biológica. O aumento da concentração da DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial. Assim, pode-se considerar que a DQO é a demanda total de O_2 , devido a substâncias recalcitrantes (não-biodegradáveis) somada à demanda de O_2 devido a substâncias biooxidáveis (ROCHA et al., 2009).

Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras (de origem vegetal e animal), ésteres, óleos minerais e etc. São raramente encontrados em águas naturais, sendo normalmente oriundas de despejos, e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas (GIORDANO, 2004). Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água. A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água. A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e causam problemas no tratamento d'água quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público. Em processo de decomposição a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático (GRANJEIRO, 2009 e CETESB, 2009).

2.5.3 Caracterização dos resíduos e subprodutos da produção industrial de biodiesel

A cadeia produtiva do biodiesel gera resíduos e subprodutos, os quais devem ser objetos de análises mais detalhadas, pois podem ser um fator determinante para a viabilidade econômica da produção deste biocombustível. Os principais resíduos citados na literatura são a torta ou farelo, borras, efluentes, glicerina gerados na etapa extração/refino do óleo vegetal processo de transesterificação e purificação do biodiesel.

Na produção industrial de biodiesel o processo de produção por transesterificação de triglicerídeos é o mais utilizado, é considerado simples, e permite a utilização de baixas temperaturas e catalisadores baratos, com conversões próximas a 100 %. Contudo, o processo de produção de biodiesel por transesterificação gera, em suas diversas etapas vários resíduos e efluentes.

O processo de entrada e saída na indústria pode ser resumido conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Inputs e Outputs do Processo Industrial do Biodiesel

PROCESSO DE TRANSESTERIFICAÇÃO		
Processo	Entradas	Saídas
Refino e preparo da matéria-prima	Óleo vegetal ou material graxo	Ácidos graxos, borras, gomas, vapor d'água
Transesterificação;	Álcool anidro, catalisadores	Ácido graxo e glicerina.
Destilação, neutralização e lavagem do éster	Água desmineralizada e H ₂ SO ₄	Efluente e álcool hidratado
Processo de secagem e filtração do éster	Dessecante e auxiliar de filtração	Sal e vapor d'água

Fonte: Adaptado de MMA, 2006.

Para produção industrial de biodiesel a partir de oleaginosas será necessário à utilização do óleo vegetal, contudo, nem todas as plantas de produção de biodiesel apresentam as etapas de extração, refino e tratamento da glicerina, processos estes considerados complementares.

Apesar de tais processos não estarem necessariamente presentes na unidade industrial, o referido estudo irá considerar uma planta industrial de biodiesel com todas as etapas de produção, com exceção a etapa de purificação da glicerina, tendo em vista,

este subproduto geralmente ser comercializado na sua forma bruta pelas indústrias de biodiesel.

A seguir, serão caracterizados os resíduos oriundos do processo de produção industrial de biodiesel utilizando o grão de soja como matéria prima.

2.5.4 Resíduos gerados na etapa de processamento do grão de soja

Processamento do grão

Limpeza

A primeira operação necessária consiste na preparação da matéria prima, antes do início do processo de extração. A matéria prima passa por uma peneira vibratória para separação de impurezas como terra, pedrinhas, pedaços de caule, folhas, vagens verdes, e outros. Os grãos já limpos são enviados para um secador para secagem até a umidade padrão para cada tipo de cereal que permita sua armazenagem em boas condições de conservação e de qualidade.

Extração do óleo (soja)

O processo de extração de óleos em escala industrial é realizado por (EMBRAPA, 2013):

- Extração direta por solvente;
- Extração com pré-prensagem seguida de extração por solvente;
- Extração por prensagem, utilizada para frutos úmidos (amêndoas com alto teor de óleo).

A extração por solvente é indicada para matérias-primas de baixa umidade, como a soja, que apresenta baixo teor de óleo, permitindo rendimento máximo de extração de óleo e produção de farelo rico em proteína e livre de óleo. O óleo bruto é extraído da soja laminada em um extrator contínuo por percolação, usando geralmente hexano como solvente. A remoção do solvente do óleo é geralmente feita por uma destilaria presente na planta de produção (quando houver), onde a solução de óleo em solvente é transferida a um sistema de recuperação de solvente, no qual o solvente é removido; os vapores de solvente são condensados e retornam ao processo (CAVALETT, 2008; EMBRAPA, 2013). O óleo bruto está pronto para a etapa de degomagem e neutralização.

O farelo com solvente é enviado ao sistema de dessolventização no qual, ou por aquecimento com vapor direto e indireto, ou por flasheamento e tratamento a quente sob vácuo, o solvente é removido do farelo. Durante a dessolventização, o índice de proteína dispensável é controlado. O farelo dessolventizado é seco, resfriado e transferido para a seção de tratamento onde é moído, estocado em silos e finalmente ensacado e embarcado (CAVALETT, 2008).

Já a extração por pré-prensagem seguida de extração por solvente pode ser aplicada, em geral, para matérias-primas com elevado teor de óleo. A vantagem deste processo é que se pode obter um óleo da prensagem com qualidade distinta da extração por solvente.

A extrusão consiste em submeter os grãos as altas temperatura e pressão, durante um curto período de tempo, para que ocorra a trituração, rompimento das células oleaginosas e cozimento apropriado para eliminar fatores anti-nutricionais, e deixando o óleo exposto e facilmente extractível. A massa extrusada é enviada, para uma prensa com temperatura superior a 100°C. A massa é comprimida gradativamente e o óleo flui e escorre por gravidade para um tanque decantador, onde é separada a maior parte dos resíduos de farelo arrastados junto com o óleo. Esta é a primeira purificação do óleo. O óleo é então bombeado para um filtro prensa para separação dos sólidos que ainda permanecem em suspensão, obtendo-se o óleo bruto (DFBIO, 2010).

A torta sai da prensa com temperatura alta, próxima a 100°C, e passa por um resfriador que reduz sua temperatura para cerca de 40 a 50°C.

Em geral, os óleos brutos obtidos da extração por solvente apresentam cor mais escura, maior presença de sedimentos e maior quantidade de lipídios polares e fosfolipídios, em relação aos óleos extraídos por prensagem.

✚ Resíduos comumente gerados no processamento do grão

➤ *Particulados*

Os particulados são gerados durante o processo de limpeza dos grãos, no processamento do farelo.

➤ *Farinha Desengordurada e Cascas*

São originados após o processo de prensagem dos grãos, extração com solventes. A farinha desengordurada também chamada de farelo ou torta, bem como as

cascas podem ser reutilizadas na co-geração de energia elétrica, obtenção de adubo orgânico, produção de ração animal e produção de aglomerados.

No processo de extrusão a torta resultante, contém entre 6 a 10% de óleo residual e até 9% de umidade e 40 a 43% de proteína (soja), sendo excelente para aplicação em rações diversas (DFBIO, 2010).

➤ *Efluentes Líquidos*

Este efluente é caracterizado pelo vapor condensado, proveniente da remoção do solvente, contém material de baixa DBO em suspensão.

➤ *Emissão de Gases*

Provenientes do uso de solventes orgânicos, como o hexano, usado em grande escala na indústria de óleos vegetais. São emissores de compostos orgânicos voláteis (COVs), que contribuem para o efeito estufa. O hexano é tóxico, inflamável e tem densidade maior que o ar podendo se propagar em baixas altitudes causando danos às populações próximas às usinas de óleos. Contém 45% a 90% de hexano e outras frações importantes como: o 2- e 3-etil pentano, o metil ciclopentano e o ciclohexano.

2.5.5 Resíduos do processo de refino do óleo vegetal

As impurezas que ainda estão contidas no óleo de soja bruto precisam ser removidas por filtração (sólidos insolúveis). Os sólidos solúveis são removidos por processos diversos, incluindo degomagem (retirada de fosfatídeos) e neutralização. Para produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais não é necessário às demais etapas de refino, utilizadas na obtenção de óleos comestíveis.

Na degomagem ocorre a remoção das gomas (fosfatídeos hidratáveis), ceras e substâncias coloidais. Nesta etapa o óleo bruto é misturado com uma determinada porcentagem de água quente para flocular os fosfatídeos (lecitina), que são a seguir removidos em uma centrífuga. A lecitina bruta separada é seca, sob vácuo e aquecimento suave e então resfriada e embalada em latões ou tambores.

A Neutralização consiste na remoção dos ácidos graxos livres com NaOH (sabões), remoção de fosfatídeos residuais (não hidratáveis) e corantes (clorofila, carotenóides).

✚ Principais resíduos do processo de refino do óleo vegetal

➤ *Efluentes*

Os efluentes produzidos no processo de refino do óleo apresentam uma alta Demanda Química de Oxigênio – DQO (na faixa entre 4.000 a 6.000 mg/L e alto teor de óleos, graxas (O&G), sulfatos, sólidos em suspensão (SS), nitrogênio e fosfatos, bem como, sabões, lecitina, compostos fenólicos, metais pesados, catalisadores, substâncias oxidáveis e pesticidas usados no crescimento do vegetal.

Os contaminantes típicos na etapa de refino são a matéria graxa em suspensão ou micro-dispersa, contidos no efluente líquido (MMA, 2006).

➤ *Gomas*

Este resíduo é originado durante a degomagem. As gomas e fosfatídeos hidratáveis são consideradas agentes emulsionantes, conhecidos também como lecitina. Tal resíduo é utilizado na indústria química.

➤ *Borras*

As borras aciduladas são formadas durante o processo químico de neutralização, onde são removidos os ácidos graxos livres, dando origem a estas. As borras podem ser destinadas para a fabricação de sabão e ração animal.

2.5.6 Resíduos do processo de Transesterificação

O processo de transformação da matéria graxa em biodiesel – reação de transesterificação ocorre em várias etapas: a reação propriamente dita formando ésteres metílicos ou etílicos mais glicerol, onde estes são formados na etapa de separação das fases por decantação e/ou por centrifugação formando a fase mais pesada (glicerol) e a fase menos densa (biodiesel); recuperação do álcool da glicerina e dos ésteres através da evaporação, onde os vapores são liquefeitos em um condensador; desidratação do álcool e purificação dos ésteres, onde estes são lavados por centrifugação e desumidificados.

Durante tais processos ocorre a formação de diversos resíduos, sendo eles:

➤ *Ácidos Graxos*

Durante os processos de refino do óleo vegetal; processo de transesterificação; e tratamento da glicerina ocorre à formação de ácidos graxos, que podem apresentar

composição e propriedades químicas diversas, dependendo do óleo vegetal ou matéria graxa utilizada.

➤ *Água dos Condensadores e Água Condensada nos Evaporadores*

A água dos condensadores e água condensada, nos evaporadores, são compostos por água de processo as quais se mantêm fluindo através de um circuito fechado de canais durante o processo de transesterificação. São originadas no processo de secagem do óleo vegetal, da glicerina e do biodiesel, além do processo de destilação da glicerina e do éster (MMA, 2006).

À medida que as águas dos condensadores e condensada nos evaporadores necessitam de tratamento, estas passam por um processo de resfriamento e desaeração. São reutilizadas para lavagem dos filtros e no preparo de soluções.

➤ *Efluente da Lavagem do Biodiesel*

No processo de lavagem do biodiesel também denominado de purificação do biodiesel são utilizadas grandes quantidades de água, havendo possibilidade de formação de emulsões estáveis. O efluente originado na purificação do biodiesel é composto por sabão, álcool, resíduos de catalisadores, água acidificada, parte do óleo que não foi convertido no processo. (GRANGEIRO *et al.*, 2009; JARUWAT *et al.*, 2010 e SILES *et al.*, 2009).

Tal combinação de compostos apresenta carga orgânica bastante superior quando é comparado com outros tipos de efluentes líquidos gerados na produção. Para Suehara *et al.*, 2005, a elevada carga orgânica torna difícil a utilização de tratamento biológico devido à falta de nutrientes necessários para metabolização, tendo apenas o carbono como fonte nutritiva.

O uso do metanol na reação de transesterificação resulta na geração de resíduos tóxicos na etapa de lavagem do biodiesel, sendo rica em metanol, e de outros subprodutos. Este efluente apresenta DBO entre 3.000 a 4.000 mg/L e DQO na faixa entre 60.000 a 80.000 mg/L (MMA, 2006). O impacto ambiental causado por este tipo de efluente é de difícil avaliação, devido à variedade de compostos oriundos da matéria-prima, reagentes, produtos e subprodutos do processo.

De acordo com o documento “Impactos ambientais na cadeia produtiva, distribuição e uso do biodiesel” elaborado para o Ministério do Meio Ambiente, em uma planta de produção é gerado para cada tonelada de biodiesel processado, 20% de

efluente. Em geral, utilizando métodos tradicionais de lavagem, para cada litro de biodiesel produzido, são necessários, no mínimo, 3 litros de água de lavagem (De BONI *et al.*, 2007). Segundo Suehara *et al.*, 2005, Siles *et al.*, 2011 e Goto *et al.*, 2011, cerca de 20 a 120 litros do efluente líquido são gerados para cada 100 litros de biodiesel produzido.

➤ *Sal*

Este resíduo se forma na etapa de neutralização do biodiesel, geralmente pela adição do ácido clorídrico (HCl). Formando os sais cloreto de potássio (KCl) ou cloreto de sódio (NaCl) que depende da base utilizada, KOH ou NaOH, respectivamente.

➤ *Glicerina bruta*

A glicerina é considerada como um subproduto (considerada como coproduto em algumas literaturas) do biodiesel em estado puro apresenta-se como um líquido viscoso, incolor, inodoro e higroscópico. Pela União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC, o nome da glicerina é propano 1,2,3 – triol (LARSEN, p. 7, 2009).

A glicerina bruta contém água, álcool não reagido, catalisadores, pequenas quantidades de sabões, ésteres, sais de potássio, sódio, metais pesados, lignina, ácidos graxos e outras impurezas orgânicas (LARSEN, 2009; MOTA & PESTANA, 2011, VIANA, 2011). É a fase mais pesada do processo de obtenção do biodiesel. De acordo com Mota & Pestana (2011) a produção de biodiesel pelo processo de transesterificação de óleos vegetais produz a cada 90 m³ de biodiesel, aproximadamente 10 m³ de glicerina, para Knothe *et al.*, (2006) a cada 100 litros de biodiesel produzidos são gerados aproximadamente 10 litros de glicerina bruta. Como o processo de purificação da glicerina é bastante oneroso, é interessante que a glicerina seja utilizada em processos que não dependam de alto grau de pureza.

Contudo, apesar da glicerina possuir valor comercial, a grande quantidade gerada diariamente nas indústrias e os baixos preços no mercado têm levado vários fabricantes a estocarem grandes volumes da substância sem destino certo. A importância do aproveitamento da glicerina bruta é para que ela não se torne um problema ambiental e econômico na cadeia de produção. O que até então é considerado um subproduto, pode passar a ser um resíduo emblemático para a indústria de biodiesel.

Na Tabela 5 estão descritos de forma resumida os resíduos da produção, a partir dos processos e etapas de origem.

Tabela 5 - Resíduos gerados na produção industrial de biodiesel no Brasil

PROCESSOS	ETAPA DE ORIGEM	RESÍDUOS GERADOS
Processamento do grão	Limpeza, preparação e moagem do grão; Extração do óleo.	Particulados; farinha desengordurada e cascas; efluentes líquidos; emissão de gases.
Refino do Óleo Vegetal	Degomagem; Neutralização.	Efluentes; gomas; borras.
Produção de Biodiesel	Processo de Transesterificação; Neutralização; Lavagem; Secagem.	Ácido graxo; água dos condensadores e água condensada nos evaporadores; efluente da lavagem do biodiesel; Sal, glicerina bruta.

Fonte: Adaptado de MMA, 2006: STCP Engenharia de Projetos Ltda.

2.6. Gestão de Resíduos Gerados na Indústria

A industrialização acelerada e a concentração da população principalmente nas áreas urbanas na década de 60 propiciaram grandes impactos no meio ambiente, a atividade industrial foi fator preponderante nas transformações ocorridas (ANDRADE et al., 2002). Nesta época surgiu o Clube de Roma, formado por um grupo de cientistas, que alertavam sobre sérios problemas a serem enfrentados, devido ao crescimento econômico contínuo baseado na exploração de recursos naturais ditos esgotáveis (MOURA, 2008).

Na década de 70 as indústrias iniciaram um processo de regulamentação e controle ambiental, quando alguns países começaram a estruturar Órgãos ambientais e estabelecer legislação própria com penalidades para o poluidor (VALLE, 2002). Já no final da década de 70 surgiu a Agência de Proteção Ambiental – EPA que fomentou a criação de diversas leis e regulamentos nos EUA, como: lei da recuperação e conservação de recursos, lei de controle de substâncias tóxicas, lei de mineração e recuperação de solo e etc. (MOURA, 2008). Em 1973 foi criado no Brasil a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA, fruto da participação deste país na Conferência de Estocolmo. A partir de então foram criados outros Órgãos ambientais em diversos Estados brasileiros (ANDRADE, TACHIZAWA E CARVALHO, 2002).

Na década de 80, as indústrias ainda estavam em processo de adaptação às normas relacionadas às questões ambientais. Pois o gerenciamento industrial não considerava os impactos ambientais oriundos de seus processos produtivos, tendo em vista, o controle desses impactos, ser considerado gastos para as indústrias, estando totalmente dissociado do processo produtivo (SERBER, 2009). No Brasil, a Constituição Federal de 1988 foi um importante avanço na área ambiental, fazendo-se referência ao Capítulo VI desta lei, direcionado ao meio ambiente e pontuando a defesa do meio ambiente a ser observada por todas as atividades econômicas (BARBIERI, 2007).

As indústrias, governo e empresas sentiram-se forçados por uma política ambiental crescente e com a globalização que favorecia a competitividade a se preocuparem em reduzir a emissão de resíduos oriundos dos processos produtivos. As indústrias começaram a reciclar o que era possível, incinerar e destinar aos aterros sanitários o mínimo de resíduos (PEREIRA, 2008; SABER, 2009). A Lei nº 6.938/82 da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA e a lei conhecida como Lei de Crimes ambientais nº 9.605/98, deram um grande impulso para o enquadramento das indústrias, principalmente esta última onde o poluidor passa a responder civil e administrativamente pelo delito ambiental cometido.

O avanço na legislação ambiental e a consciência global sobre as questões ambientais, sobretudo aos impactos ocorridos no ambiente comprometendo a saúde e o bem estar do homem, teve como consequência o desenvolvimento e o amadurecimento da gestão ambiental pelas organizações. Para o atual modelo de produção não basta somente cumprir a legislação vigente e internalizar os custos ambientais aos processos produtivos, é necessário integrar a gestão ambiental nas políticas e práticas das empresas, tornando-as menos poluidoras (DE SOUZA, 2009).

A implantação da Gestão ambiental pelas empresas se tornou uma questão muito mais estratégica que meramente cumpridora de normas, tendo em vista que as empresas preparadas estrategicamente adotam a Gestão ambiental como forma de obter vantagens competitivas através da redução de custos (melhorando os processos produtivos com a redução da geração de resíduos), redução nas demandas judiciais (responsabilidade civil) e possibilidade de atender a mercados exigentes e sensíveis ambientalmente, além de obter linhas de crédito especial em instituições financeiras, devido o marketing ambiental construído pela empresa.

Na literatura se encontra várias definições de Gestão ambiental, contudo, todas estão relacionadas ao desempenho ambiental das organizações através da melhoria contínua de seus processos produtivos. A Gestão Ambiental consiste em administrar a utilização dos recursos ambientais, através de ações e/ou medidas econômicas, investimentos e potenciais institucionais e jurídicos, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade de recursos e desenvolvimento social (CAMPOS, 2002). Autores como Andrade, Tachizawa e Carvalho (2000) veem a gestão ambiental como um processo adaptativo e contínuo, onde uma organização define e redefine seus objetivos e metas interligado a preservação do meio ambiente, bem como atenção a saúde dos colaboradores, dos clientes e da comunidade, em paralelo define-se as estratégias e os meios para que atinja-se os objetivos através da interação contínua com o meio ambiente.

Para Barbieri (2007) a gestão ambiental pode ser entendida como as diretrizes e atividades administrativas e operacionais, sendo elas: planejamento, direção, controle, alocação de recursos, dentre outras realizadas objetivando resultados positivos ao meio ambiente, seja na redução ou na eliminação dos danos provocados pela ação antrópica ou mesmo evitando danos ao meio.

Diversas ações estão ligadas ao conceito de gestão ambiental, sobretudo o que diz respeito ao cumprimento da legislação ambiental e a utilização de tecnologias limpas visando a redução do gasto de energia e matéria prima, bem como a utilização de ações preventivas evitando problemas futuros ao meio ambiente, preservando a saúde humana e ambiental (WBCSD, 2006).

Contudo, para que a gestão ambiental seja implementada de maneira satisfatória, dentro da empresa, é necessário primeiramente o compromisso da alta administração, pois, os gestores são os responsáveis em definir e por em prática a política ambiental e direcionar as atividades operacionais relacionadas às questões ambientais. Lembrando que o envolvimento de todo o corpo técnico é fundamental para o êxito na implantação e funcionamento do sistema de gestão na organização (PEDROZA, 2011).

As empresas atentas a sua boa imagem com vistas à competitividade adotaram os programas de gestão ambiental como prioritários nos grupos de projeto, pois há uma crescente preocupação em aumentar a eco-eficiência na utilização de seus recursos (matéria-prima, energia, água e etc.) (PEREIRA, 2008). A implantação de um modelo

de gestão requer o uso de instrumentos, como meios ou ferramentas para alcançar objetivos específicos em matéria ambiental (BARBIERI, 2007).

2.6.1 Principais modelos de gestão ambiental

Na literatura são citados vários modelos de gestão, os quais começaram a surgir em meados da década de 1980, objetivando orientar as empresas sobre como agir diante dos problemas ambientais. As empresas podem criar seus próprios modelos de gestão ou adaptar-se a modelos já existentes, os quais devem estar relacionados ao tipo de atividade exercida.

Tendo em vista o objetivo do estudo em questão é necessário que o modelo a ser adotado observe a origem dos resíduos, forma de armazenamento e disposição final, os métodos de gestão já existentes (na indústria) e a legislação ambiental. Deve estar embasado em critérios éticos, ambientais, legais, normativos e financeiros.

Este estudo se baseia na nomenclatura seguida por autores como Barbieri (2011) para descrever exemplos de modelos de gestão e instrumentos de gestão nas empresas. É comum encontrar trabalhos citando a Produção Mais Limpa e a Eco-eficiência como ferramentas de gestão. Para este autor modelos de gestão são entendidos como construções conceituais que orientam as atividades administrativas e operacionais para alcançar objetivos definidos. E instrumentos de gestão como meios ou ferramentas para alcançar objetivos específicos em matéria ambiental. A adoção de qualquer modelo de gestão requer o uso de instrumentos (BARBIERI, 2011 p.141).

Produção Mais Limpa (P+L)

Segundo Barbieri (p. 134, 2007) a Produção Mais Limpa é definida como: *“uma estratégia ambiental preventiva aplicada a processos, produtos e serviços para minimizar os impactos sobre o meio ambiente.*

Este mesmo autor enfatiza que a P+L têm sido desenvolvida desde a década de 1980 pelo Programa das Nações Unidas pelo Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), com a finalidade de instrumentalizar os conceitos e objetivos do desenvolvimento sustentável. A Produção Mais Limpa considera todas as fases do processo de manufatura ou ciclo de vida do produto, com o objetivo de prevenir e minimizar os riscos para os seres humanos e o ambiente, a curto e a longo prazo.

A adoção de técnicas utilizadas na Produção Mais Limpa em processos industriais visa o aperfeiçoamento contínuo de redução dos resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas originados nos processos industriais, pois o conceito de P+L está relacionado à aplicação de estratégias ambientais, tecnológicas e econômicas, bem como preventivas aos processos produtivos, produtos e serviços, como forma de tornar mais eficiente a utilização de matérias-primas, água e energia, através da prevenção, minimização/redução, reuso, reciclagem ou até mesmo da não produção de resíduos (PEREIRA, 2008, p. 53).

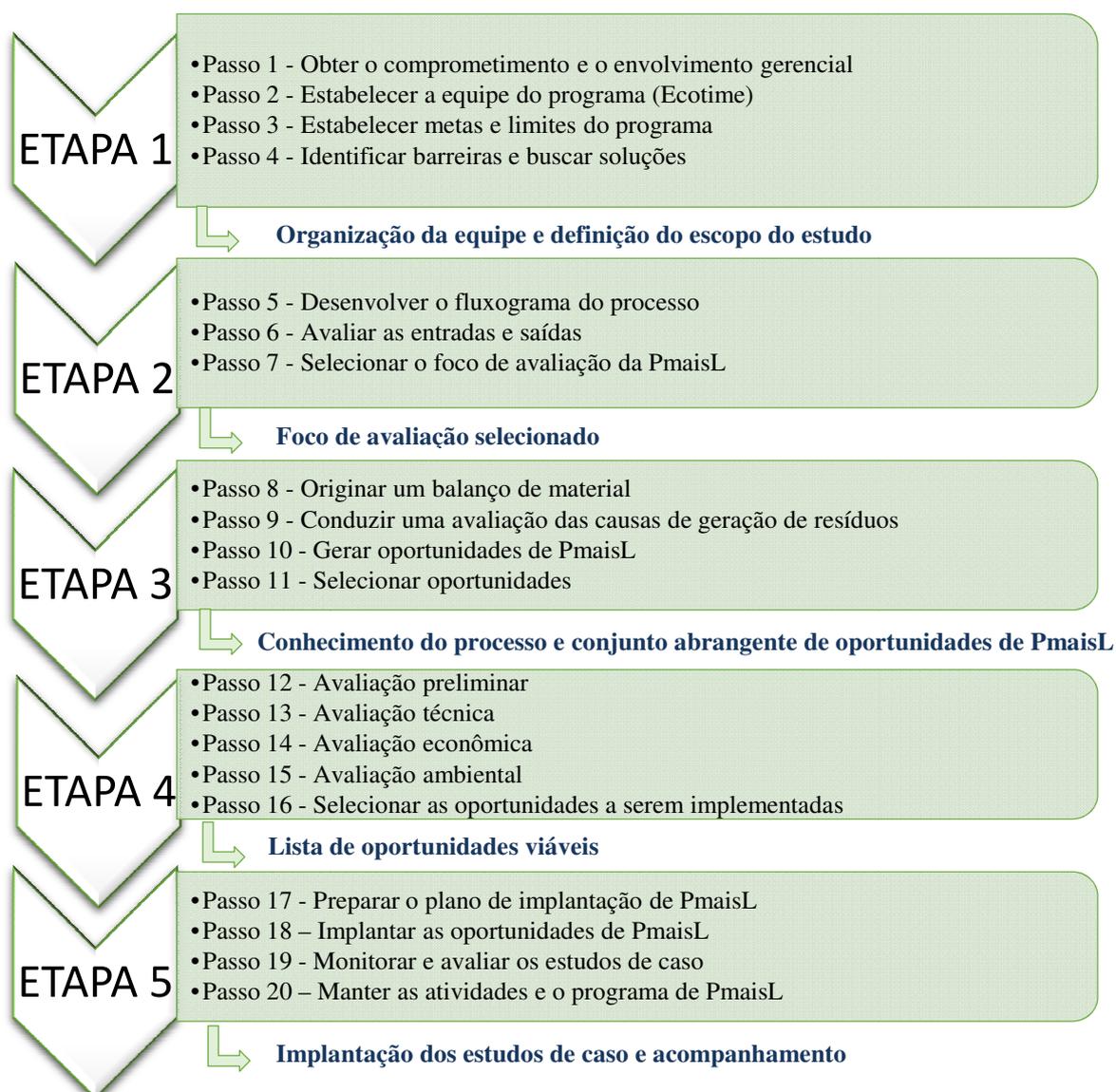
A P+L sugere que as empresas atuem na fonte geradora, onde a partir da implantação de um Programa de Produção mais Limpa é possível o conhecimento do todo processo industrial, onde é realizado um monitoramento constante para manutenção e desenvolvimento de um sistema de produção eficiente ambientalmente com a geração de indicadores ambientais e de processo.

Este Programa também permite a integração com outros Programas já existentes na empresa como, os Sistemas de Qualidade, Segurança e Saúde Ocupacional, entre outros, favorecendo um melhor entendimento no sistema de gerenciamento da empresa (CNTL, 2003).

A partir da avaliação de variáveis como tipo de serviço, produtos e processos, período, o meio ambiente e os seres humanos, é possível definir se uma estratégia de Produção Mais Limpa será direcionada para prevenção ou redução de riscos.

Existe 5 (cinco) etapas que devem ser seguidas para implantação de um programa de produção mais limpa, estas etapas estão divididas em uma sequência de 20 passos, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Etapas de implantação de um Programa de Produção Mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL (2006, p.20).

A implantação da P+L resulta em lucro, pois com o aumento da eficiência do processo produtivo, conseqüentemente ocorrerá redução no consumo de matérias-primas e energia, bem como diminuição na geração de resíduos e rejeitos de processo, redução ou eliminação de contaminantes, redução dos gastos com tratamento de resíduos (SERBER, 2009).

A inovação tecnológica com a adoção de tecnologias mais limpas, por si só, não é suficiente para que um processo produtivo se torne “mais limpo”. Custodio, 2007 considera a P+L como um processo de inovação para as empresas, contudo antes mesmo da implementação de um P+L é essencial conhecer o processo produtivo, ter mais propriedade da funcionalidade do sistema de produção da empresa. Quanto maior

o grau de envolvimento dos colaboradores maior será a capacidade da empresa em apresentar uma postura mais proativa diante das questões ambientais.

Eco-Eficiência

A eco-eficiência é um modelo de gestão ambiental empresarial, conforme o World Business Council for Sustainable Development - WBCSD (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável) ela é alcançada pela oferta de bens e serviços aliada a qualidade de vida, diminuindo os impactos ambientais continuamente e reduzindo o uso dos recursos ao longo do ciclo de vida. A eco-eficiência é uma filosofia de gestão que encoraja a empresa a buscar melhorias ambientais que potenciem benefícios econômicos, tornando as empresas mais responsáveis do ponto de vista ambiental e mais lucrativas (WBCSD, 2006).

A eco-eficiência se caracteriza em um modelo de produção e consumo sustentável, pois trabalha na redução de matérias e energia por unidade de produto ou serviço, favorecendo a competitividade de mercado em paralelo com a redução de depósitos de resíduos e uso de recursos naturais. Este modelo de uso sustentável pressupõe que a empresa promova uma nova relação com os consumidores para reduzir os impactos ambientais negativos decorrentes do consumo, assumindo, por exemplo, a responsabilidade estendida do produtor (BARBIERI, 2007).

Barbieri (2007, p.138) ressalta que uma empresa se tornaria eco-eficiente por meio de práticas que visem:

- ✓ Minimizar a intensidade de materiais nos produtos e serviços;
- ✓ Minimizar a intensidade de energia nos produtos e serviços;
- ✓ Minimizar a dispersão de qualquer tipo de material tóxico pela empresa;
- ✓ Aumentar a reciclabilidade dos seus materiais;
- ✓ Maximizar o uso sustentável dos recursos renováveis;
- ✓ Aumentar a durabilidade dos produtos da empresa;
- ✓ Aumentar a intensidade dos serviços nos seus produtos e serviços.

Muitas indústrias ainda apresentam seus processos ditos limitados porque segue uma linha de manufatura de mão única, do “berço ao túmulo”, isso porque os resíduos da indústria no geral não alimentam outro processo. A eco-eficiência estimula a indústria a ser regenerativa e não consumista, ou seja, estimula o ciclo de vida do berço ao berço ao invés de ciclos de vida do berço ao túmulo (PEREIRA, 2005).

A eco-eficiência combina melhoria nos desempenhos econômico e ambiental, com agregação de valor aos produtos e redução de impactos na produção destes, bem como, estimula a utilização responsável dos recursos materiais e energéticos, visando reduzir custos e maximizar lucros. Esta forma de gerenciar a produção adicionando valor aos negócios, através de uma adequada gestão ambiental, se torna bastante atrativo para os empresários (SALGADO, 2004).

A redução no consumo de energia, por exemplo, reduz conseqüentemente os custos e ao mesmo tempo diminui as saídas indesejadas (emissões de poluentes) (WBSCD, 2006). As estratégias eco-eficientes ou estratégias econômico-ecológicas eficientes focam na relação entre o desempenho econômico e o impacto ambiental.

Com a implementação da eco-eficiência a empresa realiza o monitoramento do processo de produção, detectando pontos de desperdícios e perdas, que podem estar relacionados, por exemplo, a problemas operacionais (falta de treinamento, procedimento inadequados, etc.). Com isso é possível a partir da eco-eficiência demonstrar que as empresas estão atingindo suas metas de qualidade dos produtos, de procedimentos e controle ambiental, se tornando mais competitivas no mercado. Uma vez que evitam problemas ambientais com a redução na geração de resíduos, adequado tratamento e disposição final (PEREIRA, 2005).

O conceito de eco-eficiência apresenta muita similaridade ao conceito de Produção Mais Limpa, contudo, o principal aspecto que os diferencia é que na eco-eficiência a reciclagem interna e externa é fundamental e preocupa-se com o produto em si e seus impactos ambientais, ao passo que na Produção Mais Limpa a preocupação com os produtos se dá principalmente em prevenir os impactos (poluição) durante o seu processo de produção.

A eco-eficiência começa a partir de questões de eficiência econômica, que têm benefícios ambientais positivos, e a P+L começa a partir de questões da eficiência ambiental, que têm benefícios econômicos positivos.

A eco-eficiência e a P+L são modelos sustentáveis com proposta similar e adotada como modelo de Gestão pela Declaração Internacional sobre Produção Mais Limpa do PNUMA (BARBIERI, 2007).

2.6.2 Instrumentos de gestão ambiental

Os Sistemas de Gestão Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida, Plano de Gerenciamento de resíduos, são alguns entre muitos instrumentos que as empresas podem utilizar para alcançar objetivos ambientais.

Sistema de Gestão Ambiental – SGA

Sistema de gestão ambiental se caracteriza como o conjunto de procedimentos criados para administrar uma organização visando, contudo, uma boa relação com o meio ambiente, através do planejamento das atividades no sentido de reduzir e/ou eliminar os possíveis impactos ambientais com ações preventivas ou medidas mitigadoras (TINOCO E KRAEMER, 2004, p.121).

A implantação de um Sistema Gestão Ambiental (SGA) possibilita a empresa estruturar sua gestão de forma a estabelecer objetivos e metas, visando assim, diminuir os danos causados ao meio ambiente devido à prática de suas atividades operacionais. A empresa pode criar seu próprio sistema ou adaptar a modelos propostos por outras entidades nacionais e até mesmo internacionais, um exemplo disso é a série ISO 14000, reconhecida mundialmente têm sido utilizadas por diversas empresas (PEREIRA, 2008).

Seiffert (2008) salienta por mais que as normas ISO 14000 sejam normas por adesão voluntária pelas organizações, elas passam a ter bastante relevância no controle da qualidade ambiental. As normas definidas por cada unidade da empresa (indústria) têm por base a atividade exercida por esta. Os SGAs podem ser implementados em toda a empresa ou somente nas unidades operacionais ou atividades específicas.

Segundo Assumpção (2008) um SGA pode ser implantado por uma empresa por vários fatores, sendo: clientes mais exigentes, ambição em ampliar e conquistar mercado, marketing ambiental, concorrência. Algumas empresas decidiram implantar um SGA por causa dos bons resultados obtidos com a implantação da ISO 9000 referente à Gestão da Qualidade.

A implantação de um sistema de gestão ambiental parte do princípio do comprometimento da direção da empresa e seus colaboradores com a política de meio ambiente, expressa nos planos, programas e procedimentos, objetivando a busca contínua de melhoria da qualidade ambiental da empresa. Um SGA requer a formulação de diretrizes, definição de objetivos, coordenação de atividades e avaliação de

resultados, sendo também necessário o envolvimento de diferentes segmentos da empresa para tratar das questões ambientais de modo integrado com as demais atividades empresariais (BARBIERI, 2007).

Um SGA inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos que objetivem desenvolver, implementar, cumprir, revisar e manter a política ambiental.

🚩 Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de acordo com a norma NBR ISO 14000

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização e único representante da International Organization for Standardization – ISO no Brasil. A ISO é uma instituição formada por órgãos nacionais de normalização, com atividades para facilitar as trocas de bens e serviços no mercado internacional e etc. As normas que integram a família ISO 14000 começaram a ser elaborados em 1993, e são um conjunto de diretrizes que orienta todo o processo de certificação, auditoria e avaliação do Sistema de Gestão Ambiental.

As normas da série ISO 14000 desenvolvem uma abordagem organizacional que leve a uma gestão ambiental efetiva. As normas relativas aos sistemas de gestão ambiental genérico são a ISO 14001:2004 e a ISO 14004:2005, estas normas podem ser aplicadas em qualquer organização (pública e privada), independente de porte ou setor de atuação. A ISO 14001 possui requisitos que podem ser auditados para fins de certificação, registro ou autodeclaração, onde toda empresa que possui um sistema de gestão ambiental de acordo com esta norma pode solicitar à ABNT o certificado de registro de sistema de gestão ambiental da empresa. A ISO 14004 fornece diretrizes, recomendações e exemplos para a empresa criar e aperfeiçoar seu SGA (BARBIERI, 2011).

Seiffert (2008) cita os princípios de um SGA, de acordo com a norma ISO 14004:

- i. Comprometimento e política: alta administração comprometida e definição da política ambiental da organização;
- ii. Planejamento: formulação de um plano para o cumprimento da política ambiental, embasado em aspectos ambientais;
- iii. Implantação: desenvolvimento de competências e mecanismos de apoio à política, objetivos e metas ambientais, entre outros;

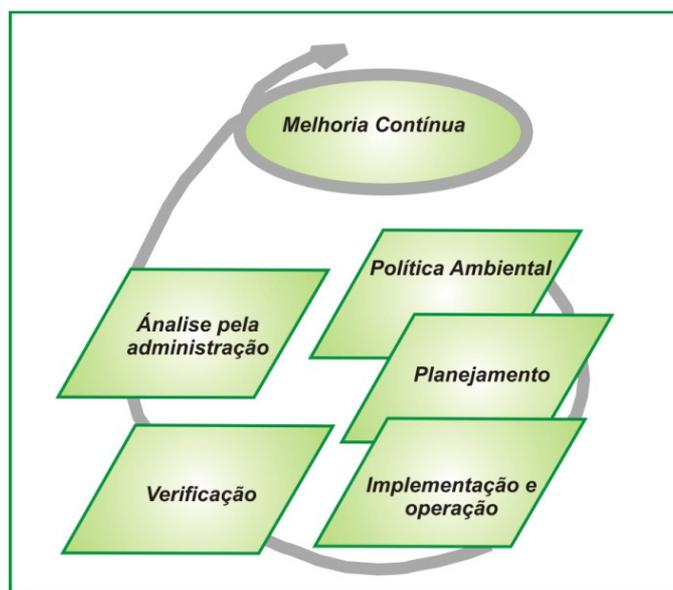
iv. Medição e avaliação: a organização deverá medir e monitorar o desempenho ambiental, possibilitando ações corretivas e preventivas e registros do SGA e gestão da informação;

v. Análise crítica e melhoria: rever e melhorar continuamente o sistema, através de análise crítica.

Para efeito de certificação, registro ou autodeclaração, a organização deve estabelecer, documentar, implementar, manter e continuamente melhorar um SGA, conforme os requisitos da norma ABNT ISO 14001:2004. Periodicamente a organização deverá avaliar seu SGA visando identificar oportunidades de melhorias (SEIFFERT, 2008).

Esta Norma é baseada na metodologia conhecida como PDCA - Plan-Do-Check-Act (Planejar-Executar-Verificar-Agir). Oriundo da série ABNT NBR ISO 9001, o ciclo PDCA é uma ferramenta de gestão que objetiva controlar e obter resultados confiáveis e eficazes nas atividades de uma empresa, além de ser um eficiente modo de identificar um problema e apresentar sugestões de melhoria para o processo. Como o PDCA pode ser aplicado a todos os processos, as duas metodologias são consideradas compatíveis (NBR ISO 14.001, 2004). A Figura 6 ilustra o modelo de SGA da família ISO 14000 que também se baseia no ciclo PDCA.

Figura 6 – Modelo de Sistema de Gestão Ambiental segundo a ISO 14001.



Fonte: ABNT, NBR ISO 14001:2004

O ciclo PDCA pode ser utilizado nas empresas que almejem estabelecer, implementar, manter e aprimorar um SGA, garantindo a conformidade com a política ambiental e a elaboração de estratégias harmônicas às atuais tendências de gestão de resíduos. Resumidamente pode ser descrito da seguinte forma: Plan- planejar a implantação e operação; Do – fazer a verificação e efetuar a ação corretiva; Check – checar a ação tomada e finalmente análise crítica; Ação – análise de falhas, diagrama de causa e efeito, manutenção preventiva, cartas de controle, lista de verificação, etc (DE MOURA, 2008).

✚ Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

As empresas utilizam a ACV para orientar a tomada de decisões e a competitividade. O ciclo de vida de um bem ou serviço que interessa à gestão ambiental refere-se ao ciclo físico formado pelos sucessivos estágios do processo de produção e comercialização, desde a origem dos recursos produtivos no meio ambiente até a disposição final, após o uso ou consumo (BARBIERI, p.239, 2011). O ciclo significa a história do produto, iniciando na fase de extração das matérias primas, passando pela fase de produção, distribuição, consumo, uso e finalmente na sua transformação em lixo/resíduo (do berço a cova) ou o aproveitamento/reciclagem do produto após o uso (do berço ao berço).

A Avaliação do ciclo de vida segue os padrões da Norma ISO, onde duas normas apresentam substancial importância a ABNT NBR ISO 14040:2009 (Avaliação do ciclo de vida - Princípios e Estrutura) e a ISO 14044:2009 (Requisitos e guia). De acordo com a norma ISO 14040 o ciclo de vida de um produto refere-se aos estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto desde aquisição da matéria prima ou geração até a disposição final (ABNT, 2009).

O objetivo principal da ACV é aumentar a eficiência do produto, já que leva em conta todas as fases do ciclo de vida desse produto, neste sistema de avaliação não se considera a exposição ao risco, mas a quantidade e o real impacto das emissões ambientais. E o mais importante: quando, onde e como elas são liberadas para o meio ambiente (BARROS e LEMOS, 2008).

A capacidade de controle do fabricante sobre o ciclo de vida de um produto diminui à medida que os agentes envolvidos encontram-se mais distante. Não diferente aos demais modelos e ferramentas demonstrados neste estudo, é fundamental o envolvimento de todos os setores da organização, onde teriam funções a desempenhar, o que aumenta as possibilidades de ações para reduzir a carga ambiental negativa do produto ao longo do ciclo.

A realização da ACV de um produto é abrangente, portanto propõe uma análise bastante complexa e envolve adoção de fases que permitem implementar e manter o sistema, sendo (ABNT, 2009):

- i. Definição do objetivo e escopo: apresentar as aplicações pretendidas com o estudo, razões para elaboração e público alvo. O escopo deve estar compatível com o objetivo e refere-se à abrangência, profundidade e detalhamento da ACV.
- ii. Análise do Inventário: é realizado um balanço de massa e energia, com coleta de dados e cálculos para quantificar entradas e saídas. Possibilitando identificar pontos de produção de resíduos e sua destinação, as quantidades de material que circulam no sistema e as quantidades que deixam o sistema, determinar a poluição associada a uma unidade do sistema e identificar pontos críticos de desperdício de matéria prima ou de produção de resíduos.
- iii. Avaliação do impacto ambiental do ciclo de vida: compreender e avaliar a magnitude e significância dos impactos ambientais baseados na análise do inventário.
- iv. Interpretação das informações: interpretações das informações obtidas nas fases i, ii e iii acima. Esta fase inclui: identificação das questões significativas; verificação da

completeza; sensibilidade, consistência e outros elementos de avaliação; conclusões, limitações e recomendações.

🚦 Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR)

Um dos principais objetivos no gerenciamento de resíduos é a proteção ao meio ambiente, por isso é importante aperfeiçoar os processos de geração de resíduos, as técnicas adotadas nos tratamentos, o monitoramento contínuo e, sobretudo o destino final adequado aos resíduos.

Além disso, a adoção de tecnologias limpas no processo produtivo, técnicas de gerenciamento, incentivo ao treinamento profissional, rever procedimentos de manutenção e de controle, são práticas essenciais e que podem ser adotadas a partir da implementação de instrumento de gestão (BARBOSA, 2008).

As etapas de um programa de gestão de resíduos visam amenizar e mitigar os impactos ambientais causados ao meio ambiente, com a implementação de procedimentos de reciclagem, reutilização, redução na fonte, acondicionamento, manuseio, tratamento, disposição final, entre outros (DA CUNHA, 2009). Desta forma, será possível reduzir o volume dos resíduos gerados e amortizar os gastos com gestão, trazendo vantagens econômicas e ao meio ambiente.

Para elaboração do Plano de gerenciamento de resíduos algumas questões devem ser analisadas (DA CUNHA, 2009):

- ✓ Os resíduos devem ser separados segundo sua natureza físico-química, evitando-se assim dificuldades futuras para o seu tratamento;
- ✓ Elaboração de um inventário considerando os diferentes tipos de resíduos gerados, e origem, descrição, quantidades, tratamento, transporte e disposição;
- ✓ Programas de minimização de resíduos como uma alternativa para reduzir ou até mesmo eliminar o volume de resíduo gerado e seus riscos potenciais;
- ✓ Os equipamentos utilizados na gestão dos resíduos devem ser escolhidos a partir de critérios técnicos, evitando riscos associados ao não cumprimento das normas aplicáveis;
- ✓ As instalações onde ocorram as etapas de gestão dos resíduos devem ser periodicamente inspecionadas com o intuito de aferir os volumes e as características dos resíduos gerados.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Propor um modelo de gestão de resíduos no processo de produção de biodiesel obtido por oleaginosas.

3.2 Objetivos específicos

- ✚ Identificar e caracterizar os resíduos do processo de obtenção do biodiesel;
- ✚ Estimar a quantidade dos principais resíduos da produção industrial de biodiesel;
- ✚ Propor um Plano de Gerenciamento de Resíduos gerados no processo de obtenção de biodiesel.

4. METODOLOGIA

A pesquisa adotada no estudo é caracterizada como sendo Exploratória e Descritiva. Conforme Cervo e colaboradores (2007) a pesquisa Exploratória não requer a elaboração de hipóteses a serem testadas no trabalho, mas busca maiores informações sobre determinado assunto, pois é recomendada quando há pouco conhecimento sobre o problema a ser estudado, o que está de acordo com Andrade (2001) que a descreve como fase preliminar, que busca proporcionar maiores informações sobre o assunto. Já a pesquisa descritiva segundo Cervo et al. (2007) registra, analisa e correlaciona fatos (variáveis) sem manipulá-los. Para Rudio (2012, pg. 71) os dados obtidos na pesquisa descritiva devem ser analisados e interpretados e podem ser qualitativos ou quantitativos.

Para elaboração deste estudo foram realizadas pesquisas nas bases de dados nacionais e internacionais como, Portal de Periódicos CAPES, bases de dados e e-books UFMA, SciELO, Web of Science, Elsevier Science, dentre outras. Foram utilizados os seguintes termos-chave para busca: indústria de biodiesel; resíduos da produção de biodiesel; gestão de resíduos industriais; gestão ambiental nas indústrias; biomass fuel; esterification process of soybean oil; methyl Ester; wastewater from biodiesel e outros. Também foram realizadas buscas no acervo das bibliotecas da UFMA, em Revistas Científicas, Teses, Dissertações, livros relacionados com o tema estudado.

Tendo em vista os objetivos do estudo, parte-se da premissa que é necessário conhecer a matéria-prima, os processos industriais e o produto final para melhor identificar e caracterizar os resíduos do processo de obtenção de biodiesel, portanto a partir das bibliografias consultadas, pôde-se conhecer a indústria de biodiesel, o potencial de produção, as principais matérias-primas com base em informações da ANP e, sobretudo as etapas da produção deste biocombustível. Identificou os resíduos gerados nas etapas de processamento da oleaginosa, extração e refino do óleo vegetal e do processo de transesterificação para obtenção do biodiesel. Para a caracterização destes resíduos utilizou-se a Norma ABNT NBR 10004:2004.

Para estimar a quantidade dos principais resíduos da produção, propôs-se uma estratificação, de acordo com o porte industrial, tomando-se por base a capacidade de produção (m^3 /dia) de uma Planta de Biodiesel. A partir da delimitação por porte os resíduos foram quantificados, tomando por base parâmetros obtidos a partir de dados da literatura.

O modelo de gestão proposto foi um Plano de Gerenciamento de Resíduos, onde se apresentou os principais tópicos a serem seguidos na gestão de resíduos da produção de biodiesel, a partir da etapa de beneficiamento do grão de soja até a produção do biodiesel. Para elaboração do Plano levou-se em consideração os atuais conceitos que influenciam a gestão ambiental e a adoção de técnicas utilizadas na Produção Mais Limpa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estimativa dos principais resíduos da produção industrial de biodiesel

Não há levantamento ou estimativa segura sobre a geração de resíduos pela cadeia de produção de biodiesel. Como cada usina aplica tecnologias diferentes em seu processo produtivo, a geração de resíduos também pode variar. A quantidade de resíduo gerada por planta de biodiesel também varia conseqüentemente de acordo com a capacidade de produção. Quanto maior a capacidade de produção maior a geração de resíduos e conseqüentemente maior o grau de responsabilidade da empresa no tratamento adequado destes.

Conforme o Boletim Mensal da ANP de Junho/2014 existem 61 plantas produtoras de biodiesel autorizadas para operação e comercialização correspondendo a uma capacidade total de 21.167,79 m³/dia. O volume de produção por indústria é variável, tendo em vista o porte de cada indústria de biodiesel. Há indústrias com capacidade de produção de 2,4 m³/dia e outras com capacidade acima de 1.000 m³/dia.

Com a finalidade de estimar os resíduos provenientes do processo de produção de biodiesel, o estudo propôs a estratificação da indústria de biodiesel em pequeno, médio e grande porte, tomando como base a capacidade de produção autorizada pela ANP para produção e comercialização, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Porte industrial de acordo com a capacidade de produção

PORTE DA INDÚSTRIA	CARACTERÍSTICA
	Capacidade de Produção (m ³ /dia)
Pequeno	≤ 100
Médio	Até 500
Grande	>500

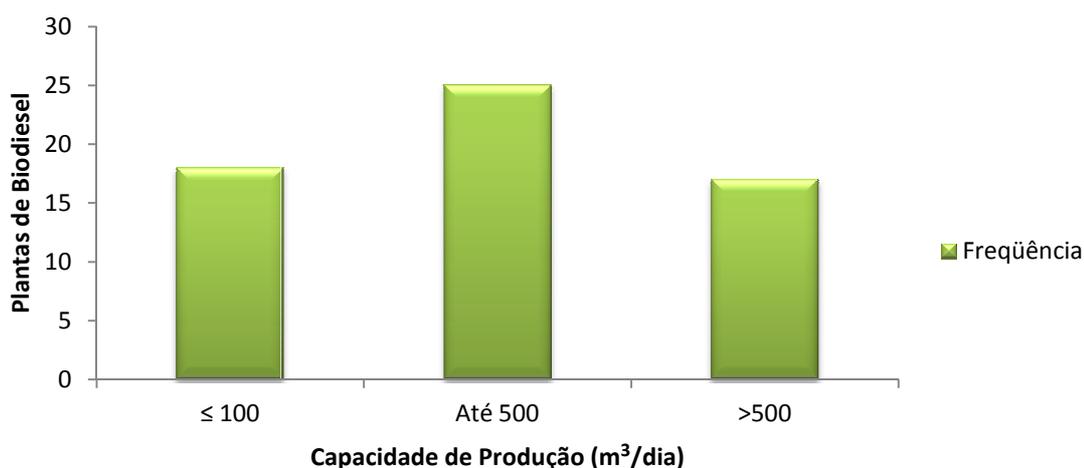
Fonte: Elaborada pela autora

De acordo com o enquadramento, as indústrias com capacidade de produção de até 100m³/dia são caracterizadas como de pequeno porte, as com capacidade de até 500 m³/dia são indústrias de médio porte, e as com capacidade de produção acima de 500 m³/dia indústrias de grande porte. Contudo para efeito de cálculo levou-se em

consideração que a indústria de pequeno porte produz 100 m³/dia, a de médio porte 500 m³/dia e a de grande porte 1.000 m³/dia de biodiesel.

A Figura 7 demonstra o número de plantas de biodiesel autorizadas pela ANP para operação e comercialização, conforme o enquadramento por capacidade de produção em m³/dia.

Figura 7 - Número de Plantas de Biodiesel autorizadas pela ANP conforme a capacidade de produção em m³/dia.



Fonte: Boletins Mensais, ANP, 2014.

Dentre os resíduos da indústria de biodiesel, alguns são considerados subprodutos, como é o caso da torta de soja, das cascas, gomas (lecitina) originadas durante a produção do óleo vegetal e da glicerina oriunda do processo de transesterificação. Estes são comercializados para produção de ração animal, adubo orgânico e indústria química, respectivamente.

Entre os principais resíduos da produção de biodiesel estão os efluentes líquidos, originados nos diferentes processos e com composição diversa, muitas vezes de difícil tratamento. No processo de refino do óleo de soja para produção de biodiesel é gerado um efluente oriundo principalmente da etapa de degomagem e neutralização do óleo, apresentando inúmeras impurezas. Cavalett (2008) cita que são gerados 1,38 litros de efluentes líquidos por litro de óleo de soja produzido.

Na produção de biodiesel a maior quantidade de efluente produzido é na etapa de purificação do biodiesel. De Boni et al., (2007) utilizando métodos tradicionais de lavagem, verificaram que são necessários no mínimo 3 litros de água para cada litro de biodiesel produzido, proporção semelhante observada por Kolesárová et al., (2010).

Contudo, a quantidade de efluente produzido nesta etapa depende da tecnologia empregada pela indústria. Como as usinas aplicam tecnologias diferentes em seu processo produtivo, a geração de efluente pode variar.

Nos últimos anos a indústria de biodiesel tem observado novas possibilidades de agregação de valor à glicerina (principal subproduto) e não mais a trata como resíduo de produção. Contudo, mesmo com o aumento da exportação, a oferta de glicerina tem se situado em nível superior à demanda, conforme dados divulgados pela ANP e Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MIDIC), demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Produção de glicerina bruta e percentual de exportação

(Mil m ³ /ano)			
Produção de glicerina bruta em 2012	Produção de glicerina bruta em 2013	Aumento da produção de glicerina bruta comparado a 2012	Percentual de glicerina bruta exportada em 2013
274.683	290.260	15.577 (5,67%)	49,3%

Fonte: ANP (Boletins Mensais - 2012, 2013), MIDIC (2013)

Segundo a ANP o Brasil produziu 2.917,488 m³ de biodiesel em 2013, o que gerou de acordo com o Anuário Estatístico - ANP de 2014, 290.260 mil m³ de glicerina bruta, um aumento de 15.577 mil m³ (5,67%) em relação ao ano anterior que foi de 274.683 mil m³ de glicerina. O Brasil exportou aproximadamente 49,3% do total produzido de glicerina bruta em 2013, conforme balanço das exportações brasileiras, realizado pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), demonstrando que mais da metade deste subproduto restaram no mercado brasileiro, um montante de 147 mil m³ de glicerina bruta.

A produção deste biocombustível no Brasil aumentou em grande escala e promoveu a geração de resíduos na mesma proporção. Atualmente está em vigência o B6 e a adoção do B7 a partir de primeiro de novembro pela Lei 13.033/2014. Para muitos estudiosos do setor, o aumento da mistura obrigatória acarretará na queda acentuada no preço deste subproduto, em virtude do grande volume produzido.

Um sobressalente de glicerina tem sido lançado no mercado. Segundo a matéria “Para onde vai o biodiesel” do site BiodieselBr estima-se aumento no percentual de biodiesel adicionado ao diesel de 20% até 2020, o que elevaria a produção

de biodiesel para 14 bilhões de litros por ano. Considerando que a glicerina bruta representa 10% do produto final, estariam disponíveis no mercado 1,4 bilhões de litros de glicerina bruta. Segundo Knothe, et al. (2006) para cada 100 litros de biodiesel produzidos são gerados aproximadamente 10 litros de glicerina bruta.

Atualmente, os setores farmacêuticos, higiene e limpeza são os maiores consumidores do produto, sendo a China o principal destino da glicerina exportada. Contudo o aumento crescente no quantitativo de glicerina bruta advinda da produção de biodiesel apresenta preocupação, tendo em vista ao montante produzido diariamente nas plantas de biodiesel. A indústria química e o volume exportado ainda não conseguem absorver o que é produzido no país, originando um sobressalente significativo deste subproduto.

Para melhor entendimento o estudo abordará de forma individual as indústrias de biodiesel por porte de produção, com a finalidade de demonstrar o quantitativo dos principais resíduos da produção de biodiesel, com base em dados da literatura.

5.1.1 Indústria de grande porte

Para as indústrias com produção diária de 1000 m³/dia, enquadrada por este estudo como de grande porte, as mensurações são realizadas conforme dados da literatura, mencionados no tópico anterior.

O resíduo considerado mais significativo na etapa de preparo do óleo vegetal é o efluente originado no processo de refino, tendo em vista sua composição. Tomando por base a proporção gerada deste efluente citado por Cavalett (2008) uma indústria com produção de 1.000 m³/dia de biodiesel gera em torno de 1.380 m³ de efluente de refino (degomagem/neutralização) diariamente. No processo de transesterificação o principal efluente é originado na etapa de purificação do biodiesel (água de lavagem) e de acordo com De Boni et al., (2007) e Kolesárová et al., (2010) estima-se que em uma indústria de grande porte ocorra a geração de 3.000 m³/dia de efluente da lavagem do biodiesel.

A glicerina bruta produzida segundo Knothe et al., (2006) equivale a 10% do volume de biodiesel produzido, o que para produção de 1000 m³/dia de biodiesel seria gerado 100 m³/dia de glicerina bruta.

5.1.2 Indústria de médio porte

As indústrias de biodiesel que apresentam capacidade de produção de até 500 m³/dia são enquadradas nesse estudo como de médio porte, onde para efeito de cálculo se considerou produção diária de 500 m³/dia. As proporções citadas por Cavalett (2008), De Boni et al., (2007) e Kolesárová et al., (2010), Knothe et al., (2006) são as mesmas para quantificar os resíduos de todos os 3 portes de indústria citados neste trabalho.

Assim sendo, uma planta de biodiesel com produção diária de 500 m³/dia, gera 690 m³/dia de efluente oriundo da etapa de refino do óleo (degomagem/neutralização) e 1.500 m³/dia de efluente oriundo da purificação de biodiesel. Quanto à glicerina bruta esse quantitativo é de 50 m³/dia.

5.1.3 Indústria de pequeno porte

Este estudo considera que uma indústria de pequeno porte apresente capacidade de produção menor ou igual a 100 m³/dia, com isso estima-se que uma indústria com 100 m³/dia de capacidade de produção, gera em torno de 138 m³ de efluente do refino de óleo de soja (degomagem/neutralização) diariamente. Já o efluente oriundo da etapa de lavagem do biodiesel é de 300 m³/dia e 10 m³/dia de glicerina bruta.

Na Tabela 8 encontram-se de forma resumida as quantidades mensuradas de resíduos por porte de indústria.

Tabela 8 - Quantitativo de resíduos gerados por porte industrial

PORTE DA INDÚSTRIA	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (M ³ /DIA)	RESÍDUOS INDUSTRIAIS GERADOS (M ³ /DIA)		
		Efluente (refino óleo vegetal)	Efluente (purificação biodiesel)	Glicerina bruta
Pequeno	100	138	300	10
Médio	500	690	1.500	50
Grande	1000	1.380	3.000	100

Fonte: Elaborada pela autora

Uma vez entendida como está distribuída a produção de biodiesel e a geração dos principais resíduos, na próxima etapa será apresentado o modelo proposto para a consecução do objetivo geral do trabalho.

5.2 Proposição do Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR)

O plano de gerenciamento proposto leva em consideração os princípios da Produção Mais Limpa, pois o seu conceito está relacionado à aplicação de estratégias ambientais, tecnológicas e econômicas, além de preventivas aos processos produtivos, produtos e serviços.

Geralmente a fonte produtora de resíduos tem conhecimento sobre a composição e à quantidade de resíduos produzidos. Entretanto, a gestão pode ser de difícil aplicação, pois a produção de resíduos industriais depende de ações de minimização e controle praticadas pelas indústrias, mostrando que o início da gestão destes começa antes mesmo da produção.

5.2.1 Etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos - PGR

O primeiro passo para implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos é a elaboração do fluxograma (Figura 8) que compõe todas as etapas necessárias. A aplicação do Plano passa por etapas distintas, contudo dependentes e devem ser seguidas para que o modelo seja praticável.

Figura 8 – Fluxograma das etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos.



Fonte: Elaborada pela autora

I. Política Ambiental

A Política Ambiental corresponde a uma declaração elaborada pela empresa contendo intenções e princípios com relação ao desempenho ambiental global. Define os objetivos e as metas, cumprimento dos requisitos legais. Deve ser documentada e compreendida por todos os funcionários.

Para implantação do PGR é necessário primeiramente o compromisso da alta administração, pois de acordo com a NBR ISO 14001:2004 esta é responsável em definir a Política Ambiental da empresa, fornecendo subsídios para pôr em ação os objetivos e metas, e direcionar as atividades operacionais relacionadas às questões ambientais, melhorando potencialmente seu desempenho.

A política ambiental da empresa deve apresentar uma carta de declaração não muito longa, para facilitar a sua divulgação em diferentes meios de comunicação, pois ela deve se tornar conhecida, compreendida e lembrada pelos membros da organização e de grupos interessados, como clientes, fornecedores, agentes financeiros, autoridades locais e comunidades vizinhas (BARBIERI, pg. 171, 2007).

De forma resumida é apresentada na Figura 9 alguns requisitos essenciais para elaboração da Política Ambiental da empresa.

Figura 9 – Requisitos para elaboração da Política Ambiental.



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 14001:2004 e Barbieri (2011)

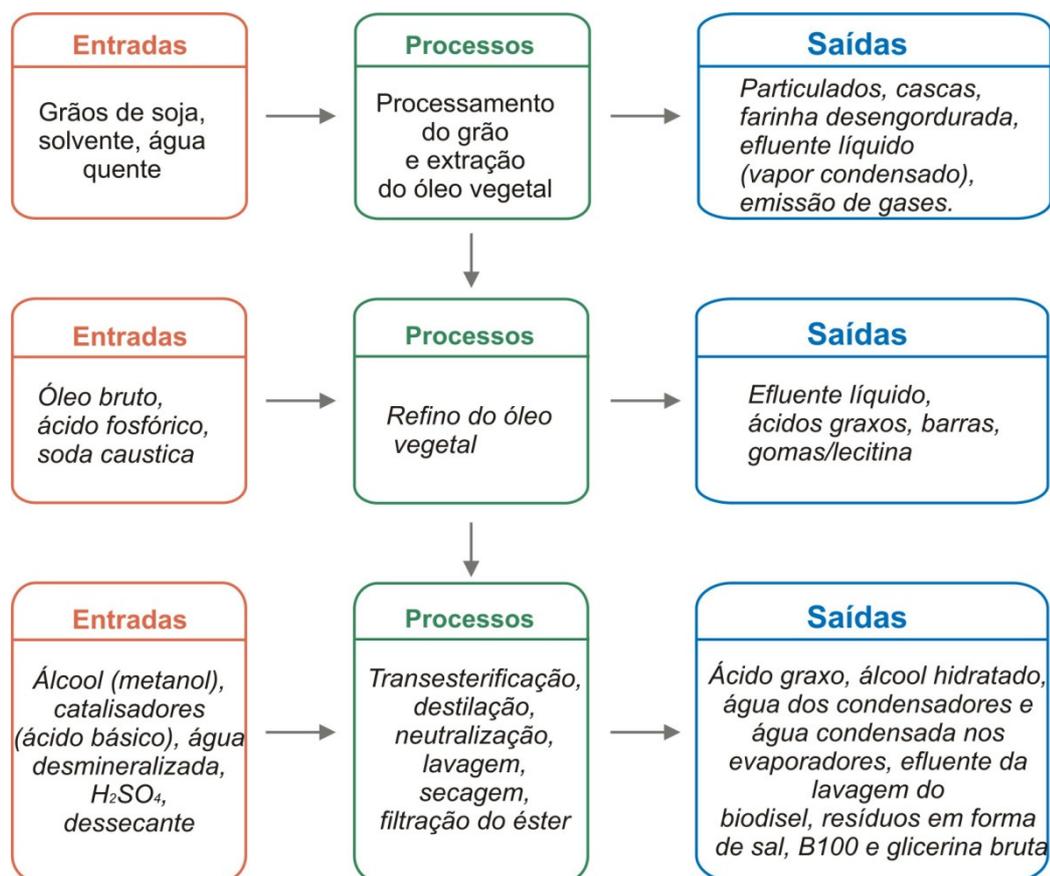
II. Diagnóstico Ambiental

O Diagnóstico ambiental ou Avaliação Ambiental Inicial é uma ferramenta de gestão utilizada no gerenciamento da empresa, para levantamento de aspectos ambientais, principalmente no que diz respeito à gestão dos resíduos. O diagnóstico é considerado um procedimento inicial e necessário para formulação da Política Ambiental da empresa, e conseqüentemente para elaboração dos objetivos e metas, programas e ações a serem tomadas.

No diagnóstico é particularmente observada a gestão dos resíduos, em quais processos são gerados e quando possível suas quantidades. Neste sentido o modelo de Produção mais Limpa pode ser utilizado como metodologia para realizar o diagnóstico dos resíduos na indústria. Nesta etapa é elaborado o fluxograma (Figura 10) do processo produtivo e levantamento de informações das etapas do diagnóstico.

Segundo o modelo P+L um fluxograma de processo pode ser desenvolvido pela conexão das unidades individuais de cada operação/etapa na forma de diagrama de blocos, observando entradas e saídas (CNTL, 2006), conforme Figura 10.

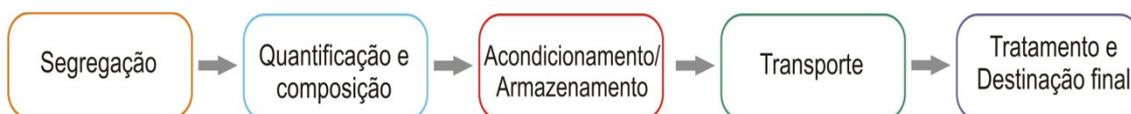
Figura 10 – Processo de Entrada e Saída de resíduos na produção de biodiesel.



Fonte: MMA (2006); CAVALLET, (2008)

É fundamental para a indústria conhecer a caracterização dos resíduos por ela gerados, por isso foi elaborado um fluxograma (Figura 11) que segue as etapas do diagnóstico.

Figura 11 - Etapas do gerenciamento de resíduos industriais



Fonte: Elaborada pela autora

➤ Segregação dos resíduos

É necessário observar se é realizada a segregação de resíduos na indústria e como está sendo conduzida pelos funcionários. O manuseio adequado e o treinamento de funcionários garantirão o bom andamento das etapas seguintes à segregação.

A segregação correta evita que os resíduos oriundos dos processos de produção sejam misturados e provoquem efeitos indesejáveis, tais como, liberação de gases tóxicos/inflamáveis, incêndios (resíduos inflamáveis), dentre outros.

Os resíduos gerados nas etapas de produção (ou em cada setor) da indústria deverão ser segregados na fonte, no momento do descarte. A adoção de um padrão de rotulagem é uma ferramenta importante para atingir o objetivo de segregar os resíduos na fonte. Os rótulos podem ser coloridos, trazer imagens e portar os símbolos de risco, quando necessário.

➤ Quantificação e Composição

Nesta etapa é observado qual o volume de resíduo gerado e a composição destes. Na quantificação dos resíduos devem ser definidas as unidades de medida e a forma de medição para cada resíduo, observando o estabelecido pelos Órgãos de controle ambiental. A aferição pode ser direta através de pesagem, medição da vazão, entre outros, bem como por estimativa através do estudo de balanço de massa, modelagem empírica, etc.

Nesse estudo foi demonstrada através do levantamento de dados bibliográficos, uma estimativa da quantidade produzida dos principais resíduos da produção de biodiesel e observou-se que dentre estes os mais significativos para a indústria em relação aos impactos ambientais, são os efluentes líquidos e a glicerina bruta. Como já comentado, esta última é considerada subproduto principal da indústria do biodiesel.

A maior parte das indústrias de biodiesel apresenta quantidade diária autorizada pela ANP próximo a 500 m^3 (vide Figura 7). Quase metade das plantas industriais produz de efluente líquido $2.190 \text{ m}^3/\text{dia}$ (etapa de refino do óleo + purificação do biodiesel) e $50 \text{ m}^3/\text{dia}$ de glicerina bruta.

Identificar a composição dos resíduos permite avaliar onde os resíduos estão sendo gerados e a classificação dos mesmos, dando embasamento para definir formas de tratamento, armazenamento, condições de transporte e disposição final. A Tabela 9 apresenta os resíduos da produção de biodiesel e a composição destes.

Tabela 9 - Composição dos principais resíduos da produção industrial de biodiesel

RESÍDUOS	COMPOSIÇÃO
Particulados; Farinha desengordurada e cascas; Efluentes líquidos.	Farelo e outras partículas sólidas; Proteína, fibras e celulose; Baixo DBO, farelo dissolvido em suspensão e traços do solvente (hexano).
Efluentes; Gomas; Borras.	Alto teor de óleos, graxas, sulfatos, sólidos em suspensão, nitrogênio, sabões, lecitina, compostos fenólicos, metais pesados, catalisadores, substâncias oxidáveis e resíduos de pesticidas. Alta DQO (faixa de 4.000 a 6.000 mg/L).
Ácido graxo	Textura oleosa, coloração levemente amarelada (propriedades químicas dependem do óleo utilizado).
Efluente da lavagem do biodiesel; Sal; Glicerina bruta.	Sabão, resíduo de catalisadores, metanol, parte do óleo que não foi convertido no processo, ácidos graxos e água acidificada. DBO na faixa de 3.000 a 4.000 mg/L, DQO entre 60.000 a 80.000 mg/L, presença de ácidos, bases e sais, glicerol, impurezas inerentes à matéria-prima; Sais cloreto de potássio (KCl) ou cloreto de sódio (NaCl), dependendo da base utilizada, KOH ou NaOH, respectivamente; Água, álcool não reagido, catalisadores, pequenas quantidades de sabões, ésteres, sais de potássio, sódio, metais pesados, lignina, ácidos graxos.

Fonte: MMA, 2006: STCP Engenharia de Projetos Ltda; Jaruwat et al., 2010; Viana, 2011

➤ Acondicionamento/Armazenamento

Nesta etapa do diagnóstico é analisado como os resíduos gerados na indústria estão sendo manuseados, se as embalagens para acondicionamento e o local de armazenamento são adequados às características dos resíduos, se há ocorrência de vazamento para o meio externo, ocasionando prejuízos à saúde humana e aos recursos naturais.

Os resíduos devem ser acondicionados em recipientes adequados às condições previstas de transporte e armazenamento, evitando assim risco ao trabalhador e ao meio ambiente. A escolha do material do recipiente dependerá das características dos resíduos (tais como, estado físico, umidade, periculosidade, etc.), da quantidade gerada, do tipo de transporte, da necessidade de tratamento e disposição final a ser adotada (METZ et al., 2014).

O local onde os resíduos serão armazenados deve apresentar sinalização e ter acesso limitado, os resíduos deverão estar devidamente identificados e dispostos em áreas separadas. Dependendo do tipo de resíduo, a área reservada para o armazenamento deverá ser coberta, e estar disponível no local os EPI's compatíveis com os resíduos, bem como para serem usados em uma possível emergência (CNTL, 2006).

O armazenamento de resíduos é realizado em local previamente autorizado pelo Órgão Ambiental, à espera de uma destinação adequada (reciclagem, tratamento, reuso, etc.) e deverá ser executado conforme condições definidas pelas normas ABNT, apresentadas na Figura 12.

Figura 12 – Normas utilizadas para o armazenamento correto dos resíduos.

Normas ABNT	Objetivos
NBR 12.235:1992	Fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos - classe I - de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.
NBR 11.174:1990	Fixa as condições exigíveis para obtenção das condições mínimas necessárias ao armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes, de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.
NBR 17505:2013 (Parte 1 - Parte 7)	Estabelece os requisitos exigíveis para os projetos de instalações de armazenamento, manuseio e uso de líquidos inflamáveis e combustíveis, incluindo os resíduos líquidos, contidos em tanques estacionários e/ou em recipientes.

As indústrias que não optam por terceirizar o gerenciamento de seus resíduos deverão dispor de local apropriado, dentro das exigências técnicas e legais para o armazenamento de resíduos que não possuem tratamento e/ou reaproveitamento, como é caso de alguns efluentes industriais, até que haja a destinação final mais adequada.

➤ Transporte dos resíduos

Quanto ao transporte este pode ser interno e externo. O transporte interno é feito do ponto de geração do resíduo industrial até o ponto de armazenamento, no transporte externo o resíduo sai da indústria. O transporte externo pode ser feito através de três modalidades: marítima ou fluvial, ferroviária e a rodoviária, sendo esta a mais utilizada no Brasil.

O transporte de resíduos deve ser feito por meio de equipamentos adequados e que não permita o vazamento ou derramamento, sendo importante que os funcionários estejam treinados e aptos para esse tipo de operação. Os resíduos classificados como Classe I, necessitam de prévia autorização para o seu transporte. A principal norma utilizada no transporte de resíduos é a NBR 13.221:2010 que especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a minimizar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública.

➤ Tratamento e Destinação final

Nesta etapa do diagnóstico é avaliado como está sendo feita o tratamento e a destinação final dos resíduos gerados, verificando se está dentro das normas legais, bem como se o tratamento e a destinação aplicada são os mais adequados para os resíduos gerados na indústria.

A tecnologia de tratamento deve ser escolhida em função das características dos resíduos e dos produtos desse tratamento, pois no tratamento também são gerados resíduos líquidos, sólidos ou gasosos. Às metodologias de tratamento de resíduos podem ocorrer através de processos biológicos, físicos, químicos ou físico-químicos, e a disposição final em solo, basicamente através do acondicionamento em aterros industriais.

Tratar um resíduo significa transformá-lo de tal maneira que se possa reutilizá-lo posteriormente, ou dispô-lo em condições mais seguras e ambientalmente aceitáveis, na Figura 13 é apresentado os processos de tratamento de resíduos.

Figura 13 – Processos de tratamento de resíduos.

Químico	Têm como premissas as diversas reações químicas possíveis, como a oxidação e a redução de compostos, neutralização de ácidos e bases e a remoção de metais pesados por meio de precipitação entre outras.
Físico	Inclui operações de clarificação, filtração, adsorção, absorção e/ou flotação.
Físico-químico	Processos que, através de temperaturas elevadas, transformam as características físicas e químicas do resíduo. São os processos térmicos incluem a incineração e a pirólise.
Biológico	No tratamento biológico culturas adaptadas de microrganismos são colocadas em contato com a matéria orgânica dissolvida e em determinadas condições de temperatura, pH e oxigênio, a matéria orgânica é decomposta pelas bactérias resultando gás carbônico e água.

A disposição dos resíduos em aterros industriais segue orientações específicas. Destacam-se as relativas ao sistema de impermeabilização superior e inferior (mantas plásticas especiais), que devem ser mais eficientes, com o intuito de evitar a formação e o vazamento de lixiviado. Além desta precaução, também se destacam a incompatibilidade química de alguns resíduos, não permitindo que os mesmos sejam dispostos juntos e a necessidade de um maior monitoramento ambiental da área de influência do aterro.

Uma opção utilizada pela indústria para o gerenciamento de resíduos tem sido a terceirização deste serviço por empresa especializada no tratamento e destinação final, o que pode ser motivado em decorrência do processo burocrático referente à concessão de licenças ambientais, bem como da exigência pelos órgãos competentes de equipamentos adaptados, com bombas e materiais específicos, para o manejo dos resíduos (SOUZA; MELLO, 2011). Para muitas indústrias é a opção mais segura, além de não haver a necessidade da realização de investimentos em maquinários específicos para o tratamento dos resíduos.

Na Tabela 10 é apresentado o manuseio e o gerenciamento dos resíduos da produção industrial de biodiesel.

Tabela 10 - Forma de manuseio e gerenciamento dos resíduos da produção de biodiesel

RESÍDUO	CLASSIFICAÇÃO	ACONDICIONAMENTO	ARMAZENAMENTO	TRANSPORTE	REUSO/DISPOSIÇÃO FINAL
Farinha desengordurada	Classe II A	Sacos	Silos	Caminhão	Venda - Indústria de alimento
Cascas	Classe II A	Sacos	Local (coberto) reservado na indústria	Caminhão	Co-geração de energia elétrica
Gomas/Lecitina	Classe II A	Latões/tambores	Área interna da indústria	Caminhão	Venda - Indústria química
Borras	Classe I	Tambores	Área interna da indústria	Caminhão	Venda - Indústria de sabão. Aterro industrial
Ácido graxo	Classe II A	Galões	Área interna da indústria	Caminhão	Venda - Indústria alimentação animal. Combustível (caldeira)
Água dos condensadores e Água condensada nos evaporadores	-	Tanque de armazenamento	-	-	Lavagem dos filtros, preparo de soluções
Efluentes líquidos	Classe I	Tanque de armazenamento	-	-	ETE
Glicerina bruta	Classe I	Tanque de estocagem	-	Caminhão (tipo tanque)	Indústria química, farmacêutica. Combustível (caldeiras).

Fonte: Adaptado de MMA, (2006): STCP Engenharia de Projetos Ltda., NBR 10.004:2004, Cavallet, (2008).

III. Objetivos e Metas

Os objetivos e metas devem estar explícitos na Política Ambiental, sendo específicos e estabelecer relações de causa e efeito entre as atividades a serem executadas e os resultados esperados.

O objetivo trata-se do propósito ambiental geral, decorrente da política ambiental, que uma organização se propõe a atingir (ABNT, 2009). Segundo Barbieri (2007), *“ao estabelecer e revisar seus objetivos, a empresa deve considerar os requisitos legais e outros, seus aspectos ambientais significativos, suas opções tecnológicas, seus requisitos financeiros, operacionais e comerciais, bem como a visão das partes interessadas”*.

Ainda de acordo com a Norma 14001 a meta ambiental é um requisito de desempenho detalhado, onde se estipula prazos e meios para alcançá-las, deve ser aplicável à empresa ou a um setor específico. As metas são resultantes dos objetivos ambientais, e recomenda-se que sejam mensuráveis por níveis de desempenho que devem ser alcançados para cumprir os objetivos relacionados.

Um objetivo pode se desdobrar em várias metas, e estas podem ser etapas a serem cumpridas para alcançar um determinado objetivo. É necessário que esteja explícito como os objetivos e metas serão cumpridos, atribuindo responsabilidades, meios e prazo dentro do qual eles devem ser atingidos.

Quanto às atribuições de responsabilidades compete a todos os colaboradores das unidades, o cumprimento das recomendações contidas no PGR, mas caberá aos responsáveis, monitorar e exigir o cumprimento do mesmo, estando estes comprometidos com a melhoria contínua.

A Tabela 11 mostra exemplo de um objetivo a ser cumprido no gerenciamento de resíduo na indústria de biodiesel.

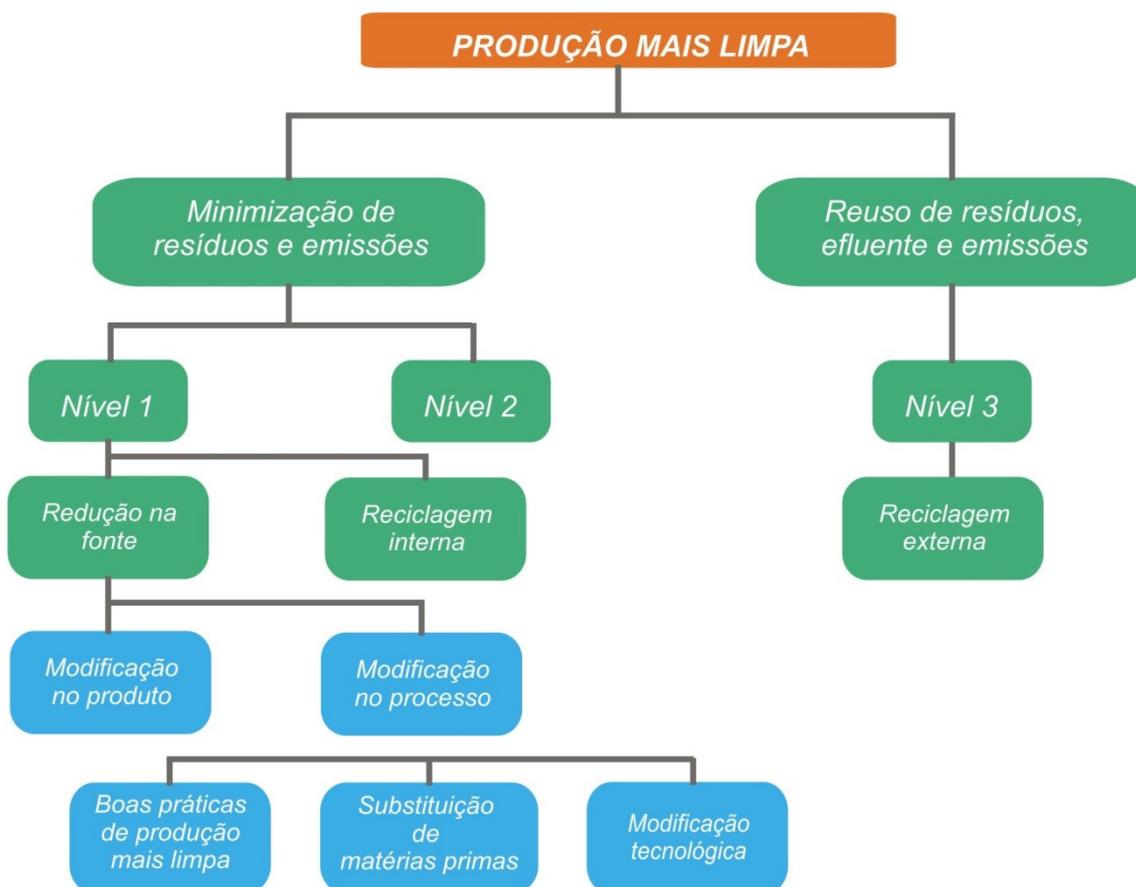
Tabela 11 - Exemplo de recomendação para cumprimento do objetivo da Política Ambiental em uma empresa

MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL				
OBJETIVO	METAS	ESTRATÉGIAS	RESPONSÁVEL	PRAZO
Reduzir a geração de efluente na etapa de produção de biodiesel	Redução no consumo de água durante os processos;	Implantação de sistema que permita o reaproveitamento da água nos processos;	Gerente da Unidade de produção	06 meses
	Redução no número de lavagens por litro de biodiesel de 3 para 2 litros;	Uso de adsorventes (sílica, terra diatomácea) aliado à lavagem úmida.		06 meses

Fonte: Elaborada pela autora

IV. Programas Ambientais

Na Produção mais Limpa (P+L) os programas ambientais dão prioridades a medidas que busquem eliminar ou minimizar resíduos, efluentes e emissões no processo produtivo onde são gerados. Por isso, o plano de gerenciamento proposto irá abordar os níveis de aplicação da Produção mais Limpa que inclui como estratégias a Minimização de resíduos e emissões (Níveis 1 e 2) e o Reuso de resíduo e emissões (Nível 3), conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 – Níveis de aplicação da Produção mais Limpa

Fonte: Adaptado de CNTL (2006)

É importante ressaltar que as técnicas de redução de resíduos adotadas e os tratamentos dependem das características e do tipo de resíduo, principalmente quanto às condições gerenciais com relação aos custos envolvidos.

A prioridade na adoção destas estratégias deve ser a redução na fonte com mudanças no produto e/ou processo, depois a reciclagem e finalmente o tratamento (quando for o caso) e destinação final dos resíduos para aqueles que não podem ser evitados.

➤ Minimização de resíduos (Nível 1 e 2) e Reutilização de resíduos (Nível 3)

O programa de minimização de resíduos deve ser visto como uma alternativa para reduzir ou mesmo eliminar o volume de resíduo gerado, a eliminação de contaminantes e os riscos potenciais ao meio ambiente.

Os princípios da minimização de resíduos têm sido aplicados em resíduos de características distintas, originados em processos industriais diversos, e por

apresentarem vantagens econômicas, em virtude também da comercialização de subprodutos.

O reuso consiste em utilizar os resíduos com a mesma finalidade que o gerou ou para outra finalidade que não produza impacto ambiental. Esta prática torna-se uma excelente ferramenta de gestão no gerenciamento de resíduos, devido aumentar o ciclo de vida do material, que é transformado em insumo de produção sem passar por alteração química na sua estrutura, ou seja, por processo de transformação (DA CUNHA, 2009).

Na minimização de resíduos e emissões, o Nível 1 corresponde a prática de redução na fonte, considerada atividade prioritária na P+L, que compreendem a modificação no produto e processo objetivando reduzir emissões e resíduos, ou ainda eliminar e reduzir a toxicidade.

A modificação no produto corresponde a mudanças do produto pelo fabricante visando reduzir a geração de resíduos e emissões decorrente do uso. Como exemplo é citado à substituição de um produto com características tóxicas por outro menos tóxico, mudanças na composição ou no design do produto. Já a modificação no processo envolve o uso de boas práticas de P+L que implicam em adoção de medidas, seja mudança no layout físico, disposição adequada de equipamentos; na substituição de matérias-primas e na modificação tecnológica (utilização de equipamentos mais eficiente).

Quando não há mais possibilidades de trabalhar a redução de resíduos na fonte (Nível 1), deve-se buscar alternativas para reciclagem interna (Nível 2). Busca-se o Nível 2, quando a geração é inevitável e orienta-se reintegrar os resíduos ao processo de produção, um exemplo de reciclagem interna é a prática de recuperação de solventes e de álcool usados no processo, o reuso de água em outros processos ou retorno ao processo inicial.

A reciclagem externa (Nível 3) surge quando se esgota a possibilidade de aproveitar internamente o resíduo gerado, neste caso deve-se proceder uma análise da reutilização de resíduos e emissões fora da empresa, a qual consiste na doação ou comercialização de resíduos para outros fins. Caso não seja possível adotar esta medida, o resíduo deve ser tratado e destinado adequadamente, conforme legislação ambiental.

Algumas indústrias de biodiesel utilizam os níveis de aplicação da P+L na produção. No estudo realizado em duas indústrias de biodiesel sobre os Níveis de aplicação da P+L foram identificadas iniciativas relacionadas ao Nível 2 (reciclagem

interna), onde é feito a reutilização de água (livre de contaminação) para aquecimento e resfriamento da planta de transesterificação. Também foi identificadas práticas com relação ao Nível 3 (reciclagem externa), através da comercialização da glicerina (subproduto da produção de biodiesel), das cascas, do farelo de soja (resíduos gerados no processo de extração do óleo vegetal), da borra, goma e lecitina de soja (resíduos do processo de degomagem e refino) (PADILHA et al. pg. 80, 2012).

V. Implementação e Monitoramento

Para implementação do PGR se faz necessário o envolvimento de todos os colaboradores no cumprimento das recomendações contidas no plano e a definição clara dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos. Por isso deve estar incluso no Plano o treinamento dos funcionários quanto as suas atribuições no PGR e aperfeiçoamento técnico nas atividades desenvolvidas.

Sugeriu-se a elaboração de um organograma com a identificação do responsável em cada setor, as atividades e o período a serem cumpridas, o qual deve ser visualizado em locais estratégicos na empresa.

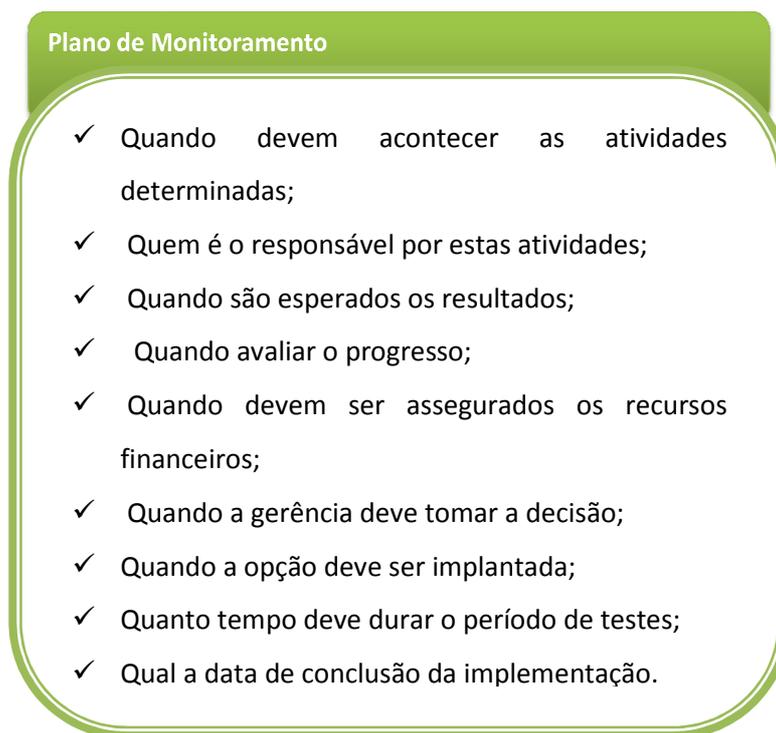
Na adoção de estratégias a priorização deve ser feita em conjunto com a alta gerência, pois é esta que determina o planejamento estratégico da empresa, assim como a sua disponibilidade financeira e tecnológica para mudanças nos processos produtivos e/ou produtos.

O monitoramento é essencial para condução do plano, por isso devem ser adotadas medidas para acompanhar e medir operações e atividades que tenham impactos ambientais significativos. E concomitantemente observar e acompanhar o cumprimento das legislações e regulamentos ambientais pertinentes.

O PGR deve estar disponível a todos na empresa e ser atualizado sempre que ocorram modificações operacionais, que resultem na ocorrência de novos resíduos ou na eliminação destes, deverá ter parâmetros de avaliação visando ao seu aperfeiçoamento contínuo.

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) sugere que juntamente com a implementação das ações, deve ser elaborado um Plano de Monitoramento das medidas a ser implantadas. A Figura 15 demonstra quais requisitos devem ser considerados nesse Plano.

Figura 15 – Requisitos a serem considerados no Plano de Monitoramento.



Fonte: CNTL (2006)

VI. Aperfeiçoamento

Com a finalidade de melhorar o desempenho ambiental da empresa a alta administração deve analisar em intervalos planejados o PGR, garantindo sua continuidade e eficácia. Devem ser avaliadas as oportunidades de melhoria e a necessidade de alteração do plano, caso seja necessário.

Para aperfeiçoamento do PGR o monitoramento deverá ser contínuo, permitindo identificar as necessidades da empresa em realizar pesquisa aplicada, programas de capacitação e adoção de informação tecnológica.

A empresa pode optar pela melhoria contínua buscando reduzir os resíduos gerados, através de adaptações no processo, assim como buscar alternativas de destinação final aos resíduos perigosos. Para tanto, é fundamental a empresa adotar programas de treinamento e conscientização ambiental (Educação Ambiental) para os colaboradores internos, bem como para os de empresa(s) terceirizada(s) (se houver).

A empresa deve determinar, implementar e manter procedimentos para avaliar periodicamente o atendimento aos requisitos legais aplicáveis e manter os registros dos resultados dessa avaliação. O aperfeiçoamento deve ser contínuo e envolver todas as

etapas de um Plano de gerenciamento de resíduos. A Figura 16 demonstra a sequência da etapa de aperfeiçoamento do plano para melhoria contínua.

Figura 16 – Passos para aperfeiçoamento do PGR



Fonte: Elaborada pela autora

6. CONCLUSÕES

Neste estudo foram analisadas informações a respeito da indústria de Biodiesel, do processo de produção e, sobretudo dos resíduos gerados na produção industrial por transesterificação. Tendo em vista a finalidade do estudo, foi abordado conceitos da gestão de resíduos na indústria, a partir da adoção dos principais modelos e instrumentos de gestão ambiental conforme nomenclatura seguida por Barbieri (2011).

A identificação dos resíduos foi realizada utilizando a rota metálica por transesterificação, incluindo os processos de extração e refino do óleo vegetal. Na caracterização dos resíduos foi utilizada a Norma ABNT NBR 10004 e demais fontes bibliográficas. Um fator limitante na identificação dos resíduos foi a dificuldade no acesso a informações quanto aos resíduos gerados, à forma de manuseio por parte das indústrias de biodiesel e a falta de publicações direcionadas a esse assunto.

Para mensuração dos principais resíduos foi proposto uma estratificação por porte industrial, com base na capacidade de produção (m^3 /dia) autorizada pela ANP, onde se observou que uma empresa de grande porte com capacidade de produção diária de $1.000 m^3$ de biodiesel, pode gerar até $3.000 m^3$ de efluente líquido oriundo da etapa de purificação do biodiesel e $100 m^3$ de glicerina bruta diariamente. A glicerina bruta considerada principal subproduto, se for comercializada pode agregar valor, mas caso contrário é considerada resíduo da produção.

O modelo de gestão proposto é o Plano de Gerenciamento de Resíduo (PGR), com base nos princípios da Produção mais Limpa (P+L), que prioriza ações preventivas. O PGR pode ser aplicado em qualquer porte industrial, pois é implementado conforme a atividade produtiva e o aporte financeiro de uma empresa. A forma de manuseio dos resíduos pode diferenciar entre as pequenas, médias e grandes empresas, no que diz respeito às quantidades de resíduos gerados, o tratamento, número de funcionários envolvidos, entre outros.

Este estudo caracterizou-se como instrumento para o embasamento de novas pesquisas no setor de biodiesel, sobretudo na gestão dos resíduos da produção. E levantou questionamentos quanto à geração de glicerina nas plantas de biodiesel, chamando atenção para o quantitativo produzido e não comercializado. É necessário um estudo mais aprofundado sobre a quantidade de resíduos gerados nas indústrias e demais ferramentas de gestão aplicadas à produção industrial deste biocombustível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. M. Como Preparar Trabalhos para Cursos de Pós Graduação. São Paulo: Atlas, 4ª edição, 2001.

ALTÝNA, R.; CETINKAYA, S.; YÜCESUC, H. S. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. *Energy Conversion and Management*, V. 42, Issue 5, 529-538, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14004:2005. Sistemas de gestão ambiental: diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004:2004. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14001:2004. Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9.800:1987. Critérios para Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário: São Paulo, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR nº 11.174. Armazenamento de resíduos sólidos da classe II – não inerte e da classe III – inerte. 1990. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR nº 12.235. Armazenamento de resíduos sólidos. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro: ABNT, 1992;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14040:2009. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – princípios e estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14044:2009. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR nº 10.004. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR nº 17505-1. Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 1: Disposições gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALMEIDA, J. R. De; CAVALCANTI, Y.; MELLO, C.S. Gestão Ambiental. Planejamento, Avaliação, Implantação, Operação e Verificação. 2ª Reimpressão, Thex Editora, 2007.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Superintendência de Refino e Processamento de Gás Natural. Boletim mensal de biodiesel, Novembro de 2012. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 13 Dez. 2012.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 25 de 2 de fevereiro de 2008, publicada no Diário Oficial da União em 3 de setembro de 2009.

_____. Boletim Mensal do Biodiesel, julho de 2009. Disponível em: www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp. Acesso em: 12 dez. 2013.

_____. Boletim Mensal do Biodiesel, junho de 2014. Disponível em: www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel.asp. Acesso em: 22 jul. 2014.

_____. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2014. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 03 ago. 2014.

_____. Resolução ANP nº 42 24/11/2004, D.O.U. 09.12.2004. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 12 dez. 2012.

ARRUDA BOTELHO, Carlos Augusto Valente de. Viabilidade técnica e aspectos ambientais do biodiesel etílico de óleos resíduos de fritura. 2012. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo.

BIODIESELBR.COM. Para onde vai o biodiesel. Disponível em: www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/r/para-onde-vai-biodiesel-051212.htm. Acesso em: 12 dez. 2012.

_____. Matérias-Primas para produção de Biodiesel. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/plantas/oleaginosas/index.htm>. Acesso em: 17 jan. 2013.

_____. Para onde vai o biodiesel. Disponível em: www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/r/para-onde-vai-biodiesel-051212.htm. Acesso em: 10 ago. 2014.

_____. Mercado de glicerina deve entrar em período turbulento. Fábio Rodrigues. Disponível em: www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/glicerina-mercado-entrar-periodo-turbulento-150814.htm. Acesso em: 18 ago. 2014.

ARAÚJO. V. M. O uso da soja como matéria-prima para a produção de biodiesel foi reduzido. Produção de biodiesel, 2012. Disponível em: www.producaodebiodiesel.com.br/materias-primas/soja-materia-prima-producao-biodiesel-reduzido-biodiesel. Acesso em: 24 jan. 2013.

ASSUMPCÃO, L. F. J. Sistema de Gestão Ambiental: manual prático para implementação de SGA e certificação ISO 14.001. 2ª Edição. Curitiba-PR: Juruá, 2008.

BAIRD, C. Química ambiental, tradução da 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARBOSA, E. A. Modelo de Gestão Ambiental em Resíduos Sólidos para Centrais de Abastecimento, embasado no Ciclo de Deming. 2008. 182p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: Conceitos Modelos e Instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2ª edição, 2007, 382 p.

BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 3ª edição, 2011, 376 p.

BARROS, R. L.P.; LEMOS, H. M. Gestão do Ciclo de Vida dos Produtos e Rotulagem Ambiental nas micro e pequenas empresas. Comitê Brasileiro do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Rio de Janeiro, 2008.

BARROS, F.D.; LICCO, E.A. A reciclagem de resíduos de origem animal: uma questão ambiental. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. Mauá - São Paulo, 16p. Disponível em: www.maua.br/arquivos/. Acesso em: 17 nov. 2012.

BENDER, M. Economic feasibility review for community-scale farmer cooperatives for biodiesel. Bioresource Technology, v. 70, p. 81-87, 1999. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852499000097>. Acesso em: 28 jul. 2013.

BRASIL. Lei n. 12.305 de 2 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 01 maio 2014.

BSBIOS ENERGIA RENOVAVEL. Tecnologia Industrial/ Processamento de Grãos. Disponível em: www.bsbios.com/pages/processamento-de-graos/. Acesso em: 22 jan. 2013.

CAMPOS, L. M. S. Apostila de Auditoria Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 87 p. 2002, Cascavel - SC.

CAVALETT, O. Análise do Ciclo de Vida da Soja. 2008. 220p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Apêndice A, 2009.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. Metodologia Científica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 6ª edição, 2007.

COLLARES, D. G. Produção de mamona no Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.embrapa.br/noticias/2012/outubro>. Acesso em: 22 jan. 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, safra 2012/2013, quarto levantamento, janeiro 2013/Publicação mensal.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária - v. 1 – Safra 2013/2014. Brasília, 2013.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. Publicada no DOU nº 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 85 - 91. Disponível em: < www.mma.gov.br. Acesso em: 26 abr. 2014.

CUSTODIO, A. F. Proposição de um processo intensificado e via tecnologia verde para obtenção de acetato de etila. 2007. 176 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Princípios Básicos de Produção mais Limpa em Matadouros Frigoríficos. Série Manuais de Produção mais Limpa - SENAI-RS, 2006. 59 pg.

DABDOUB, M. J.; DABDOUB, V. B.; HURTADO, G. H.; AGUIAR, F. B.; BATISTA, A. C. F.; HURTADO, C. R.; FIGUEIRA, A. C. B.; Anais do Congresso Internacional de Biodiesel, Ribeirão Preto - SP, 2003.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L. RAPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. Química Nova, v. 32, n.b3, p. 776-792, 2009.

DARLAN, A. P. Gestão e tratamento dos resíduos sólidos industriais na região Sul do Estado do Rio de Janeiro. 2008. 226 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Rio de Janeiro - RJ.

DA CUNHA, C. E. S. C. P. Gestão de resíduos perigosos em refinarias de petróleo. 2009. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ.

DE ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; DE CARVALHO, A. B. Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável. 2º ed. São Paulo, SP: Makron Books, 2002.

DE BONI, L.A.B., GOLDANI, E., MILCHAREK, C.D. SANTOS, F. A. DOS. Tratamento Físico-Químico da Água de Lavagem Proveniente da Purificação do Biodiesel. Periódico Tchê Química. V. 4, n.7, p. 43-50, 2007. Porto Alegre – RS. Brasil.

DE SOUZA, J. D. F.; PAULILLO, L. F. O BIODIESEL BRASILEIRO: Matérias-Primas, Agroindústrias e a Agricultura Familiar. 4º Congresso SOBER - Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 17 pg, 2010, Campo Grande/MS. Disponível em: www.sober.org.br/palestra/15/974.pdf. Acesso em: 12 dez. 2012.

DEMIRBAS, A. Biodiesel from sunflower oil in supercritical methanol with calcium oxide. *Energy Conversion and Management*, V. 48, p. 937–941. 2007. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890406002378. Acesso em: 12 dez. 2012.

DE SOUZA, P. E. Implantação de Sistema de Gestão Ambiental em indústrias de embalagens de papel. 2009. 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

DFBIO – Bioenergias, alimentos, Sustentabilidade Social e Ambiental. Processo de extração de óleos e produção de biodiesel em mini usinas. <http://www.dfbio.com.br> Acesso em: 22 jan. 2013.

DORADO, M. P.; BALLESTEROS, E.; LÓPEZ, F. J.; MITTELBAACH, M. Optimization of alkali-catalyzed transesterification of *Brassica C arinata* oil for biodiesel production. *Energy Fuels*, V. 18, p. 77, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Considerações sobre Biodiesel como Biocombustível Alternativo ao Diesel. Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 93. ISSN 1677-9274, Novembro, 2009. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/craqueamento+1_000g76pajz02wx5ok0wtedt3f6xptkt.pdf. Acesso em: 25 abr. 2013.

EMBRAPA AGROENERGIA. Eventos propiciaram integração entre os elos da cadeia produtiva das culturas oleaginosas. Disponível em: <http://www.cbmamona.com.br/index.php>. Acesso em: 22 jan. 2013.

EMBRAPA COCAIS. Embrapa Cocais apresenta pesquisas com babaçu na SBPC. Disponível em: www.embrapa.br/imprensa/noticias/2012/julho/3a-semana/embrapa-cocais-apresenta-na-sbpc-as-melhorias-no-arranjo-produtivo-do-babacu. Acesso em: 22 jan. 2013.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS - Rosemar Antoniassi; Sidinea Cordeiro de Freitas. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/. Acesso em: 04 mai. 2013.

ENCARNAÇÃO, A. P. G., Geração de Biodiesel pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica. 2008. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - RJ.

ENCINAR, J.M.; GONZALEZ, J.F; RODRIGUEZ, J.J.; TEJEDOR, A. Biodiesel fuels from vegetable oils: transesterification of *Cynara cardunculus* L. oils with ethanol. *Energy and Fuel*, V. 16, p. 443–450, 2002.

FALCÃO, P. W. DE C. Produção de biodiesel em meio supercrítico. 2011. 305 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, A. Biodiesel de Soja – Taxa de Conversão em Ésteres Etílicos, Caracterização Físico-química e Consumo em Gerador de Energia, Química Nova, V. 28, n. 1, p.19-23, 2005.

FOGLIATTI M. C. Sistema de Gestão Ambiental para Empresas. Rio de Janeiro: Interciência, 2ª edição, 2011, 98 p.

GIORDANO, G. Tratamento e Controle de efluentes industriais. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES: Apostila. Mato Grosso, 2004, 81 p.

GOTO, M. Y. A. SASAKI, M. A new green technology: hydrothermal electrolysis for the treatment of biodiesel wastewater. Research on Chemical Intermediates, V. 37, p. 131 – 143, 2011.

GRANJEIRO, R. V. T. Caracterização da água de lavagem proveniente da purificação do biodiesel. 2009. 50 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB.

HAAS, M. J.; SCOTT, K. M.; ALLEMAN, T. L.; MCCORMICK, R. L. Engine performance of Biodiesel fuel prepared from soybean soapstock: a high quality renewable fuel produced from a waste feedstock. Energy Fuels, V.15, p.1207-1212, 2001.

IPT / CEMPRE. Lixo municipal. Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: Editora Páginas e Letras, 2000, 370 p.

JARUWAT, P; KONGJAO, S; HUNSOM, M. Management of biodiesel wastewater by the combined processes of chemical recovery and electrochemical treatment. Energy Conversion and Management, V. 51, p. 531-537, 2010.

LARSEN, A. C. Co-digestão anaeróbia de glicerina bruta e efluente de fecularia. 2009. 41 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel - PR.

LAYRARGUES, P. P. Sistemas de Gerenciamento Ambiental, Tecnologia Limpa e Consumidor Verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. Revista em Administração - RAE, V. 40, n. 2, p.80-88, 2000.

LIMA, J. R. de O.; SILVA, R. B. da; SILVA, C. C. M. da; SANTOS, L. S. S. dos. Biodiesel de babaçu (orbignya sp.) obtido por via etanólica. Química Nova, V. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LERÍPIO, A. A. GAIA: um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis.

LIMA, P. C. R. O Biodiesel no Brasil e no Mundo e o Potencial do Estado da Paraíba. Câmara dos Deputados. Consultoria Legislativa. Brasília – DF, Maio 2007.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Impactos ambientais na cadeia produtiva, distribuição e uso do biodiesel. Elaboração: STCP Engenharia de Projetos Ltda, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental/estudos-ambientais>. Acesso em: 06 mar. 2013.

MME - Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel. Disponível em: www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb. Acesso em: 06 fev. 2013.

MARTINS, R.; Nachiluk, K.; Bueno, C. R. F.; FREITAS, S. M. de. O Biodiesel de Sebo Bovino no Brasil. Instituto de Economia Agrícola. Informações Econômicas, São Paulo - SP, V. 41, n. 5, 2011.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology, 1ª Edição, V. 70, p. 1-15, 1999.

MDIC (Sistema Alice Web) – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Exportações 201-2013. Disponível em: www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=4577&refr=608. Acesso em 14 ago. 2014.

MORETTO, E; FETT, R. Tecnologias de óleo de gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo: Livraria Valera, 1ª edição, 1998, 87 p.

MOTA, Claudio J. A.; SILVA, Carolina X. A. da; GONCALVES, Valter L. C.. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. Química Nova, São Paulo, V. 32, n. 3, 2009.

MOTA, C. J. A., PESTANA, C. F. M. Co-produtos da Produção de Biodiesel. Revista Virtual de Química, V. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.

DE MOURA, L. A. A. Qualidade e Gestão Ambiental. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 5ª edição, 2008, 115 p.

KRAUSE, L. C. Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal. 2008. 147 p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande Sul. Porto Alegre - RS.

KNOTHE, G. Perspectivas históricas de los combustibles diesel basados em aceites vegetales, Revista A&G, Tomo XII, V. 47, n. 2, 2001.

KNOTHE, G.; Van GERPEN, J.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. Manual de Biodiesel. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1ª edição, 2006.

KOLESÁROVÁ, N.; HUTNAN, M.; SPAČKOVÁ, V.; LAZOR, M. Possibilities of anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid wastes (OF-MSW) in Slovak

Republic .37th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering. Tatranski Matliare, Slovakia, 2010, 115 p.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. O Biodiesel e a inclusão social. Coordenação de Publicações, Série de estudos científicos e tecnológicos, n.1, 2003. 1-24 ISBN 85-7365-339-6, Brasília-DF.

PAGLIARO, M.; ROSSI, M. The future of glycerol - new usages for a versatile raw material. RSC Publishing: Cambridge, 2008.

PADILHA, A. C. M.; GOLLO, S. S.; SILVA, M. N. DA. Estudos na Cadeia do Biodiesel. Unipampa. Jaguarão - RS, 2012, 255 p.

RAMOS, L. P.; COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. Química Nova, V.23, p. 531, 2000.

REVISTA BIODIESELBR. Usinas investem para tornar produção mais limpa. Vinicius Boreki. Curitiba – PR. Ano 6. n. 35, p. 36. 2013.

ROYO, J. Algodão contribui para 5% do biodiesel brasileiro, 2010. Disponível em: www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21674esecao=Pacotes%20Tecnol%F3gicos. Acesso em: 23 set. 2013.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução a química ambiental. Porto Alegre: Bookman, 2ª edição, 2009.

SALGADO, V. G. Proposta de Indicadores de Ecoeficiência para o transporte de gás natural. 2004. 248 p. Dissertação (Mestrado de Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

SANT'ANNA, J. P. Biodiesel alimenta motor da economia. Química e Derivados, V. 416, p. 8-18. 2003

SEIFFERT, M. E. B. ISO 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica. São Paulo: Atlas, 3ª edição, 2008.

SERBER, S. L. Proposta de implantação e certificação de um sistema de gestão ambiental: estudo de caso de indústria metal-mecânica. 2009. 181 p. Dissertação (Mestrado de Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

SILES, J. A.; SANTOS, M. A. M, PÉREZ, A. F. C, MARTÍN, A. M. Anaerobic digestion of glycerol derived from biodiesel manufacturing. Bioresource Technology, V. 100, p. 5609-5615, 2009.

SILES, J. A.; GUTIÉRREZ, M. C.; MARTÍN, M. A.; MARTÍN, A. Physical–chemical and biomethanization treatments of wastewater from biodiesel manufacturing. Bioresource Technology, V. 102, p. 6348-6351, 2011.

SOUZA, M. T. B. S. Análise da utilização do biodiesel como alternativa para o desenvolvimento sustentável. In: I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, Natal-RN, 2006. Disponível em: http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20070330_154311_IND%20023.pdf. Acesso em: mar. 2013.

SOUZA, M. A.; MELLO, E. Análise da cadeia de valor: um estudo no âmbito da gestão estratégica de custos de empresas da construção civil da grande Porto Alegre. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, V.8, n. 15, p. 11-40, 2011.

SUEHARA, K; KAWAMOTO, Y; FUJII, E; KOHDA, J; YANO T. Biological treatment of wastewater discharged from biodiesel fuel production plant with alkali-catalyzed transesterification. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, V.100, n. 4, p. 437-442, 2005.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T.; VIAN, C. E. F. Análise da competitividade das cadeias de agroenergia no Brasil. In: BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). Análise da competitividade das cadeias agroindustriais brasileiras. São Carlos: DEP-UFSCAR/IE-UNICAMP. 2006. 119 p. (Projeto MAPA/IICA).

PARENTE, E. J. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: TECBIO, 2003, 66 p.

PEREIRA, L. F. R. Aspectos conceituais da ecoeficiência no contexto do desenvolvimento sustentável. 2005. 78 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão). Universidade Federal Fluminense. Niterói – RJ.

PEREIRA, D. A. Gestão e tratamento dos resíduos sólidos industriais na região sul do Estado do Rio de Janeiro. 2008. 226 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Rio de Janeiro - RJ.

PEDROZA, A. C. A importância do gerenciamento dos resíduos químicos. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, V. 4, n. 2, p. 163-178, 2011.

POUSA, G. P. A. G.; SANTOS, A. L. F.; SUAREZ, P. A. Z. History and policy of biodiesel in Brazil. *Energy Policy*, V. 35, p. 5393–5398, 2007.

PLÁ, J. A. Histórico do biodiesel e suas perspectivas. Julho 2003. Disponível em http://www.ufrgs.br/decon/publionline/textosprofessores/pla/hist_rico.doc. Acesso em: 20 mar. 2013.

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R. C. Formação do mercado de biodiesel no Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro - RJ, V. 25, p. 39-64, 2007.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil. Lei No 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm. Acesso em: 20 mar. 2013.

QUIRINO, R. L. Estudo do efeito da presença de alumina dopada com TiO_2 e ZrO_2 no craqueamento do óleo de soja. 2006. 67 p. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília - DF.

TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. E. P. Contabilidade e gestão ambiental. São Paulo: Atlas, 2004, 78 p.

TOCCHETO, M. R. L. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais. Universidade Federal de Goiás. Curso de Especialização em Treinamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos, 2009.

ZENATTI, D. C. Tratamento e aproveitamento de resíduos da produção de biodiesel: água residuária e glicerol. 2011. 107 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

UBRABIO - União Brasileira do Biodiesel. O biodiesel e sua contribuição ao desenvolvimento brasileiro. outubro, 2010. Disponível em: http://www.bsbios.com/media/adminfiles/estudo_fgv_2010.pdf. Acesso em: 12 jul. 2013.

VALLE, C. E. DO. Qualidade Ambiental: ISO 14000. São Paulo: Editora SENAC, 4ª edição, 2002, 102 p.

VIANA, M. B. Produção de biogás a partir de glicerol oriundo de Biodiesel. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos - SP.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development. Ecoefficiency Learning Module. North Yorkshire - Reino Unido, 2006. Disponível em: <http://www.wbcd.org/pages/EDocument/EDocumentDetails.aspx?ID=13593>. Acesso em: 20 mai. 2014.

WUST, E.; BARROS, A. A. C.; MACIEL, M. R. W. Estudo da Viabilidade Técnico-Científica da Produção de Biodiesel a Partir de Resíduos Gordurosos. p. 788-792, 2004. II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Disponível em: http://oleo.ufla.br/anais_02/artigos/t114.pdf. Acesso em: 12 out. 2012.