UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Mestrado Profissional

AVALIAÇÃO TÉCNICA, MERCADOLÓGICA E DE TENDÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL

Rogério Manhães Soares

Rio de Janeiro
2013

ROGÉRIO MANHÃES SOARES

AVALIAÇÃO TÉCNICA, MERCADOLÓGICA E DE TENDÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Curso de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadores:

Prof. Dr. Luiz Antonio d'Avila
Prof. Dr. Estevão Freire

Rio de Janeiro
2013

ROGÉRIO MANHÃES SOARES

AVALIAÇÃO TÉCNICA, MERCADOLÓGICA E DE TENDÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências (Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica).

Aprovada, 11 de setembro de 2013.

Prof. D.Sc Luiz Antonio d'Avila (Orientador)

Prof. D.Sc. Estevão Freire (EQ/UFRJ) Co-orientador

Prof. D.Sc Luiz Fernando Leite (EQ/UFRJ)

Prof. D.Sc Vanderléa de Souza (INMETRO)

Prof. D.Sc Eduardo da Silva Torres (ANP)

FICHA CATALOGRÁFICA

Soares, Rogério Manhães.

Avaliação Técnica, Mercadológica e de Tendências da Utilização de Óleos Lubrificantes de Base Vegetal./Rogério Manhães Soares.-2013
114f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2013.

Orientador: Luiz Antonio d'Avila e Estevão Freire

1. Óleos lubrificantes. 2. Tendências do mercado mundial e brasileiro dos biolubrificantes. 3. Óleos vegetais. 4.Mercado de Usinagem.Teses. I. d'Avila, Luiz Antonio . II. Freire, Estevão III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. IV. Avaliação Técnica, Mercadológica e de Tendências da Utilização de Óleos Lubrificantes de Base Vegetal.

Aos meus pais

Carmen Maria Manhães Soares

Rivo Ribeiro Soares

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luiz Antonio d'Avila pelo incentivo, orientação e dedicação ao ensinar e mostrar o sentido da pesquisa de uma forma geral e específica, o que contribuiu significativamente para minha formação acadêmica.

Ao Professor Dr. Estevão Freire por ter sido muito disponível para ensinar e compartilhar ideias, contribuindo para minha formação profissional e pessoal nos inúmeros diálogos que mantivemos.

A minha amiga Telma pelo apoio, pelas palavras de incentivo e pela paciência: ela sempre esteve pronta a me escutar e principalmente ajudar, assim como a minha prima Danielle, que também me apoiou nos momentos mais difíceis da dissertação.

Agradeço a minha esposa Ariane, que foi fundamental pelo apoio em todo o momento. Esteve sempre pronta a ajudar, ouvir, aconselhar e colaborar. A sua ajuda moral, psicológica e a sua presença nos momentos mais difíceis foram de extrema importância para a realização e término do trabalho.

Agradeço a disponibilidade e confiança de Pedro Belmiro, que colaborou muito com toda a sua experiência e mostrou uma visão geral do assunto ligado ao tema.

Agradeço a disponibilidade de Ruth Kuriyama, que colaborou muito com sua experiência na área específica do tema e me passou uma visão técnica e operacional do assunto.

Agradeço também a todos os amigos e familiares pelo apoio na realização deste trabalho, pela confiança e paciência e pelas inúmeras palavras de estímulo e incentivo.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação na Escola de Química da UFRJ e aos funcionários da biblioteca da Escola de Química pela contribuição à minha formação.

Aos Professores membros da banca, desde já agradeço a presença e as sugestões.
E a todos que contribuíram direta ou indiretamente com a minha formação.

Em especial, agradeço a:

A Deus por ter me dado mais uma oportunidade de um grande desafio para concretizar uma realização pessoal.

A meu pai, Rivo Ribeiro Soares, e minha mãe, Carmen Maria Manhães Soares, por toda a confiança, sempre acreditando na realização desta etapa e estando disponíveis para inúmeros diálogos que favorecessem e concretizassem o término desta etapa.

Ao meu grande amigo Rodrigo por ter indicado a UFRJ como instituição para a realização deste trabalho e pela amizade verdadeira demonstrada no decorrer do trabalho.

Aos meus amigos Luis Fabrício e Vladimir, que me apoiaram em momentos difíceis da dissertação.

Aos meus familiares: tios, tias, primos, primas, irmão, cunhada pelo apoio, pelo incentivo infindável e pela compreensão dos momentos em que estive ausente.

Ao meu querido sobrinho Enrico pela compreensão nas horas de ausência devidas às minhas escolhas profissionais.

RESUMO

SOARES, Rogério Manhães. Estudo sobre avaliação técnica, mercadológica e de tendências sobre lubrificantes de base vegetal Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Química, **Universidade Federal do Rio de Janeiro,** Rio de Janeiro, 2013.

No presente estudo são apresentados dados do mercado brasileiro que mostram uma demanda de lubrificantes acabados, predominantemente de base mineral, em torno de 1,4 milhões de m^3 em 2012, o que corresponde ao 5º lugar no mercado mundial e representa 54% do mercado da América do Sul. No cenário mundial de óleos lubrificantes convencionais, liderado pela China e pelos EUA em 2011, o faturamento é estimado em 56 bilhões de dólares e a demanda em torno de 35 milhões de toneladas. Para este mesmo ano são apresentados dados referentes aos óleos lubrificantes de base vegetal, com um faturamento de 1,7 bilhões de dólares e uma demanda de 505.600 toneladas correspondente a uma participação de cerca de 1,4% do mercado global. Os preços médios estimados para os biolubrificantes e lubrificantes convencionais em 2011 foram, respectivamente, de 3.362 e 1.600 dólares/tonelada. Demonstra-se que a substituição do óleo mineral por vegetal já acontece com êxito em algumas aplicações tais como fluidos de usinagem e hidráulico. Verifica-se que no Brasil, apesar da demanda de biolubrificantes vegetais ainda ser pequena, com uma participação de 0,1% do mercado total no ano de 2010, existem empresas que já vêm desenvolvendo o óleo lubrificante vegetal para aplicação em locais onde existe um potencial de perda de lubrificante para o meio ambiente. Outra aplicação em potencial do biolubrificante é em *metal working*, pois seu uso aumenta a produtividade além de trazer benefício para a saúde do trabalhador. Este estudo se concentra, portanto, na avaliação técnica, mercadológica e de tendências da utilização de óleos lubrificantes de base vegetal, tendo em vista que são estimados para esses produtos um faturamento mundial no ano de 2017 de 2,3 bilhões de dólares e de 785.000 toneladas em demanda no ano de 2018.

Palavras-chave: óleos lubrificantes, tendências do mercado mundial e brasileiro de biolubrificantes, propriedades físico-químicas dos óleos lubrificantes, tipos de óleos lubrificantes, óleos vegetais, mercado de usinagem.

ABSTRACT

SOARES, Rogério Manhães. A technical, market and trends evaluation of vegetable-based lubricants. Rio de Janeiro, 2013. Dissertation (Masters in Chemical Engineering) - School of Chemistry, **Federal University of Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2013.

This study presents data on the Brazilian market that show a demand for finished, predominantly mineral-based lubricants of about 1.4 million m^3 in 2012, which puts it at fifth place in the world market and represents 54% of the South American market. In the global conventional lubricant oil market, led by China and the USA in 2011, revenue is estimated at 56 billion dollars, with demand of about 35 million tons. In the same year, data on vegetable-based lubricant oils show a turnover of 1.7 billion dollars and demand of 505,600 tons, corresponding to a global market share of about 1.4%. The estimated average prices for bio-lubricants and conventional lubricants in 2011 were US$3,362 and US$1,600 per ton, respectively. It is shown that mineral oil is already being successfully replaced by vegetable oil in some applications, such as engine and hydraulic fluids. It appears that although the demand for vegetable bio-lubricants in Brazil is still small, with a 0.1% share of the total market in 2010, some companies are developing vegetable lubricant oils for applications where there is a potential lubricant loss to the environment. Another potential bio-lubricant application is in metal-working, as it increases productivity and is less harmful to workers' health. This study therefore focuses on evaluating technical aspects, markets and trends in the use of vegetable-based lubricant oils, especially since global revenues of such products are estimated to reach 2.3 billion dollars by 2017, with demand reaching 785,000 tons by 2018.

Keywords: lubricant oils, global and Brazilian bio-lubricants market trends, physical-chemical properties of lubricant oils, types of lubricant oils, vegetable oils, machining market.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 OBJETIVOS 4

1.1.1 OBJETIVOS GERAIS 4

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 4

1.3 METODOLOGIA 5

1.3.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO 7

2 ÓLEOS LUBRIFICANTES 8

2.1 DEFINIÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE BÁSICO 8

2.1.1 ÓLEOS MINERAIS 8

2.1.2 ÓLEOS SINTÉTICOS 11

2.1.3 ÓLEOS VEGETAIS 12

2.1.4 BIODEGRADABILIDADE 17

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES 17

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES 19

2.3.1 VISCOSIDADE 19

2.3.2 ÍNDICE DE VISCOSIDADE 20

2.3.3 PONTO DE FULGOR 20

2.3.4 PONTO DE FLUIDEZ 21

2.3.5 PERDA POR EVAPORAÇÃO 21

2.3.6 ESTABILIDADE À OXIDAÇÃO 21

2.3.7 RESÍDUO DE CARBONO 22

2.4 ADITIVOS USADOS EM ÓLEOS LUBRIFICANTES 22

2.4.1 DETERGENTES 23

2.4.2 DISPERSANTES 23

2.4.3 ADITIVOS ANTIDESGASTE 23

2.4.4 ANTIOXIDANTES 23

2.4.5 INIBIDORES DE CORROSÃO 25

2.4.6 MELHORADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE 25

2.4.7 DEPRESSORES DO PONTO DE FLUIDEZ 25

2.4.8 AGENTES DE EXTREMA PRESSÃO 26

3 PANORAMA INTERNACIONAL DE ÓLEOS LUBRIFICANTES 27

3.1 MERCADO MUNDIAL DE ÓLEO LUBRIFICANTE 27

3.1.1 MERCADO AMERICANO 33

3.1.2 MERCADO ASIÁTICO 35

3.1.3 ÁFRICA E ORIENTE MÉDIO 35

3.1.4 EXPECTATIVAS DA INDÚSTRIA DE 2012 A 2017 36

3.2 MERCADO MUNDIAL DE ÓLEOS LUBRIFICANTES VEGETAIS 37

3.2.1 INTRODUÇÃO 37

3.2.2 MERCADO EUROPEU 40

3.2.2.1 MERCADO ALEMÃO 42

3.2.3 TENDÊNCIAS DOS BIOLUBRIFICANTES PARA O MERCADO EUROPEU 44

3.3 MERCADO NORTE-AMERICANO 45

3.3.1 TENDÊNCIAS DOS BIOLUBRIFICANTES PARA O MERCADO AMERICANO 47

3.3.2 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS SOBRE OS BIOLUBRIFICANTES NO MUNDO 47

4 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES 49

4.1 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS BÁSICOS 49

4.2 MERCADO DE RERREFINO 53

4.3 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES ACABADOS 55

4.3.1 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NOS SEGMENTOS INDUSTRIAIS E AUTOMOTIVOS 58

4.4 MERCADO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NAS REGIÕES BRASILEIRAS 60

5 DISPONIBILIDADE DO MERCADO BRASILEIRO E MUNDIAL DOS ÓLEOS VEGETAIS 62

5.1 MAMONA 62

5.1.1 CARACTERÍSTICAS 62

5.1.2 MERCADO NACIONAL DA MAMONA 63

5.1.3 MERCADO EXTERNO DA MAMONA 64

5.2 SOJA 65

5.2.1 CARACTERÍSTICAS 66

5.2.2 MERCADO NACIONAL DA SOJA 67

5.2.3 MERCADO EXTERNO DA SOJA 67

5.3 CANOLA 69

5.3.1 CARACTERÍSTICAS 69

5.3.2 MERCADO NACIONAL DA CANOLA 69

5.3.3 MERCADO EXTERNO DA CANOLA 71

6 TENDÊNCIAS ATUAIS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL NO BRASIL 73

6.1 DESCRIÇÃO GERAL DO MERCADO DE BIOLUBRIFICANTES 73

6.2 APLICAÇÕES DOS ÓLEOS VEGETAIS EM *METAL WORKING* 74

6.2.1 USINAGEM 74

6.3 LUBRIFICAÇÃO EM MOENDAS 78

6.3.1 LUBRIFICAÇÃO EM USINA DE AÇÚCAR 78

6.4 EMPRESAS COM ATUAÇÃO NA ÁREA DE BIOLUBRIFICANTES 81

7 ANÁLISE CRÍTICA DE CONTATOS COM ESPECIALISTAS E EMPRESAS 83

7.1 ANÁLISE DO MERCADO DE LUBRIFICANTES VEGETAIS 83

7.1.1 ANÁLISE CRÍTICA DOS COMENTÁRIOS DOS ESPECIALISTAS NO MERCADO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES VEGETAIS 85

7.2 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS A EMPRESAS 87

7.2.1 DADOS DAS EMPRESAS 87

7.2.2 RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS 88

7.2.3 ANALISE CRÍTICA DAS RESPOSTAS 91

7.3 ESTUDO DE CASO 95

7.3.1 EMPRESA Y 95

8 CONCLUSÕES 98

9 REFERÊNCIAS 103

10 ANEXOS 112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura molecular de um óleo vegetal, como o de canola, onde todas as ligações duplas estão na configuração *cis*[20] 13

Figura 2. Ácido usado como matéria-prima para novos compostos: Ácido oleico 14

Figura 3. Ácido usado como matéria-prima para novos compostos: Ácido linoleico[22] 14

Figura 4. Ácido usado como matéria-prima para novos compostos: Ácido linolênico[22] 14

Figura 5. Percentual dos ácidos graxos com os óleos vegetais[23] 15

Figura 6. Posições nos triglicerídeos suscetíveis a modificações químicas [24, 25, 26] 15

Figura 7. Hidrogenação seletiva de ácidos graxos insaturados [21] 16

Figura 8. Formação de compostos estáveis com a utilização dos antioxidantes[18] 24

Figura 9. Elaboração própria da demanda mundial de óleos lubrificantes[39, 40] 28

Figura 10. Distribuição da demanda global de lubrificantes em 2011[41] 28

Figura 11. Elaboração própria da evolução do Mercado Mundial de lubrificantes nas grandes regiões do mundo a partir de 1997 até 2011 e uma estimativa para 2017[40, 41,,,] 29

Figura 12. Elaboração própria da evolução do Mercado Mundial de lubrificantes em milhões de toneladas a partir de 1997 até 2011 e uma estimativa para 2017[40, 41, 42, 43, 44] 30

Figura 13. *Ranking* dos 20 maiores países em demanda de lubrificantes no ano de 2011[39] 31

Figura 14. Elaboração própria da distribuição do Mercado Mundial de lubrificantes nos setores automotivos e industrial[14, 39, 40] 32

Figura 15. Elaboração própria da distribuição do percentual de óleos lubrificantes industriais no mundo no ano de 2004 em seus respectivos óleos[14] 32

Figura 16. Demanda de óleos lubrificantes em 2012 nos Estados Unidos e Canadá. Distribuição % em várias aplicações no Canadá[50] 34

Figura 17. Demanda de lubrificantes dos países da América do Sul em 2011[51] 34

Figura 18. Elaboração própria do consumo em toneladas de biolubrificantes no mundo em 2011 e da expectativa em 2018[60] 37

Figura 19. Elaboração própria do faturamento em bilhões de dólares de biolubrificantes no mundo em 2011 da expectativa em 2017[61] 38

Figura 20. Elaboração própria da comparação de faturamento na Europa com mercado mundial de biolubrificantes nos anos de 2011 e da expectativa em 2017[60,63] 39

Figura 21. Elaboração própria da evolução do consumo do mercado de biolubrificantes na Europa e uma expectativa em 2020[65, 67] 40

Figura 22. Expectativa de consumo e faturamento de biolubrificantes na Europa nos anos de 2010 a 2018[63] 41

Figura 23. Comparação de custo na Alemanha dos óleos lubrificantes minerais e biolubrificantes no segmento hidráulico[69] 43

Figura 24. Distribuição geográfica na Alemanha em demanda de biolubrificantes[69] 43

Figura 25. Elaboração própria do consumo de biolubrificantes na Europa em 2010 e uma expectativa para os anos de 2020[70] 44

Figura 26. Elaboração própria da comparação dos períodos de 1996-2001 e em 2008 para biolubrificantes em setores hidráulicos e usinagem no mercado norte-americano[65, 66] 46

Figura 27. Mercado de óleos básicos em 2011[73] 49

Figura 28. Elaboração própria da evolução do mercado brasileiro de óleos básicos durante 2008 a 2012 [73,74,75,76,77] 50

Figura 29. Elaboração própria da produção de óleo básico rerrefinado no Brasil durante 2008 a 2012[73,74,75,76,77] 53

Figura 30. Evolução da coleta de óleo usado ou contaminado em m^3 pelo Sindicom de 1995 até 2011[80] e Sindirrefino em 2012[46] 54

Figura 31. Elaboração própria do percentual do óleo básico rerrefinado no mercado total de óleo lubrificante acabado durante 2008 a 2012[73,74,75,76,77] 55

Figura 32. Elaboração própria da Evolução do Consumo Aparente de óleos lubrificantes acabados durante 1996 a 2012[73,74,75,76,77,] 57

Figura 33. Participação do mercado de óleos lubrificantes acabados em 2012[83] 57

Figura 34. Comparação nos anos de 2011 e 2012 de óleos lubrificantes acabados em segmentos industriais, automotivos, graxas e outros óleos pelo Sindicom[84] 59

Figura 35. Elaboração própria da utilização dos óleos nos segmentos: industriais x automotivos no ano de 2012[77] 59

Figura 36. Distribuição percentual das vendas de lubrificante acabado nas regiões brasileiras em 2012[83] 60

Figura 37. Mercado de óleos lubrificantes acabados mais graxas e outros óleos nas regiões brasileiras em 2011 e 2012 pelo Sindicom[84] 60

Figura 38. Mercado de óleos lubrificantes acabados nos setores automotivos nas regiões brasileiras entre 2011 e 2012 pelo Sindicom [84] 61

Figura 39. Mercado de óleos lubrificantes acabados nos setores industriais nas regiões brasileiras entre 2011 e 2012 pelo Sindicom [84] 61

Figura 40. Ácido ricinoleico usado como matéria-prima para novos compostos: ácido oleico[22]. 62

Figura 41. Produção brasileira de mamona em Bagas - Participação % (média) por UF – Safra 2011/12[90] 64

Figura 42. Produção de mamona nos maiores produtores mundiais, entre 2009 e 2011 [89] 65

Figura 43. Ciclo de vida de produtos químicos à base de fontes renováveis [92] 66

Figura 44. Participação em percentuais em área e produção nos principais estados brasileiros referente ao grão de canola[97] 70

Figura 45. Produção e consumo mundial do grão de canola[97] 71

Figura 46. Produção mundial do óleo de canola[97] 71

Figura 47. Óleo lubrificante de mamona em retífica como fluido de usinagem[104] 76

Figura 48. Moenda utilizada em indústria de cana-de-açúcar[107] 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice de viscosidade de óleos lubrificantes[2] 9

Tabela 2. Classificação dos óleos básicos[2] 10

Tabela 3. Composição dos ácidos graxos dos óleos mais comuns (% em peso)[16] 12

Tabela 4. Propriedades dos óleos vegetais[27] 16

Tabela 5. Demanda mundial de óleos lubrificantes [39, 40] 27

Tabela 6. Ranking global das empresas de lubrificantes[39] 33

Tabela 7. Comparação de preços dos produtos biodegradáveis com os produtos convencionais[66] 40

Tabela 8. Aplicações de produtos biolubrificantes no período de 1996-2001[66] 45

Tabela 9. Quantidade de biolubrificantes no ano de 2008 por categoria[65] 46

Tabela 10. Produção Nacional de óleos básicos entre 2000 e 2012 (m^3) 52

Tabela 11. Mercado, importação e exportação de óleos lubrificantes no Brasil[73,74,75,76,77] 56

Tabela 12. Características típicas de óleo de mamona[86] 63

Tabela 13. Evolução dos preços reais recebidos pelos produtores – Irecê/BA[89], ...64

Tabela 14. Composição do óleo de soja 66

Tabela 15. Soja em grãos – em mil toneladas – Agosto/12[95] 67

Tabela 16. Produção Soja Mundo - Milhões de toneladas[95] 68

Tabela 17. Composição do óleo de canola[20] 69

Tabela 18. Preços mínimos para grãos de canola – Safra 2012/13[97] 70

Tabela 19. Formulação do fluido de corte de mamona para usinagem[102] 77

Tabela 20. Características físico-químicas do fluido de corte de mamona para usinagem[102] 77

Tabela 21. Resultados do estudo de caso com a empresa Y 96

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACEA Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
ALL América Latina Logística
ANP Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis
API Instituto Americano do Petróleo
ASTM American Society for Testing and Materials
ATIEL Association Technique de L'Industrie Europeanne des Lubrifiants
BRI Brasil, Rússia e Índia
BRQ Brasil Química e Tecnologia
CONAB Companhia Nacional do Abastecimento
CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente
CETESB Centro de Tratamento e Saneamento Ambiental
EP Extrema pressão
EPIs Equipamentos de Proteção Individual
EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FISPQ Ficha de Segurança de Produto Químico
FAO Food and Agriculture Organization
GTL Gás To Liquids
IBAMA Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBP Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
IPI Imposto sobre Produtos Industrializados
ITA Instituto Tecnológico de Aeronáutica
IV Índice de Viscosidade
ICMS Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviço
JASO Japanese Automobile Standards Organization
MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MIP Market Introduction Programme
MMA Ministério do Meio Ambiente
MME Ministério de Minas e Energia
MWFs Fluidos de metal working
NABL National Ag -Based Lubricants Center
NBR Normas Brasileiras Registradas
NSF National Sanitary Foundation
NOTOX Non Toxic Technologies
OLUC Óleo lubrificante usado ou contaminado
PAOs Poli-Alfa-Olefinas
PIOs Poli-internal Olefinas
PIB Poli-Isobuteno
POEs Poliol-ésteres
SIMEPETRO Sindicato Interestadual das Empresas Misturadoras e Envasadoras de Produtos de Derivados de Petróleo
SINDICOM Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e Lubrificantes
SINDILUB Sindicato Nacional de Lubrificante
SINDIRREFINO Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de óleos Minerais
SAE Sociedade dos Engenheiros Automotivos
USDA Departamento de Agricultura do Governo Norte-Americano
VHVI Very High Viscosity Index

1 INTRODUÇÃO

Nas máquinas em geral é utilizada, a fim de reduzir o atrito entre duas superfícies móveis, uma substância como lubrificante, na maioria das vezes um líquido. Este uso tem como consequência a melhora da eficiência dos equipamentos e a diminuição do desgaste das peças metálicas trabalhadas. O óleo mineral é a substância mais usualmente empregada[1].

Com a expansão da indústria automotiva, passaram a ser usados lubrificantes obtidos do refino do petróleo nas partes metálicas dos primeiros motores de combustão interna. Ao mesmo tempo, o aumento do número de automóveis no mercado trouxe a necessidade de padronizar alguns componentes: a indústria de autopeças se desenvolveu e os produtos dos fabricantes de combustíveis e lubrificantes conheceram um aumento da demanda global[2].

Observa-se atualmente um grande movimento em nível mundial para a redução da dependência de lubrificantes provenientes do petróleo com o objetivo de minimizar o impacto do descarte de resíduos no meio ambiente. Essas e outras discussões sobre questões ambientais têm alcançado espaço cada vez maior na sociedade[3].

Em um cenário de ameaça de destruição ambiental, a substituição de produtos de base mineral pelos de bases vegetais é vista como uma opção importante a ser consolidada. Um outro fator que pesa a favor dessa substituição é que a utilização das bases vegetais poderá gerar empregos para todas as camadas da população, promovendo o desenvolvimento, evitando o êxodo rural e favorecendo uma melhor distribuição de renda[3].

Cabe assinalar que os óleos lubrificantes de base vegetal são renováveis, apresentam menor toxidez e biodegradabilidade, além de baixa volatilidade e elevado ponto de fulgor[3], e que o termo “biolubrificante” é aplicado, como nesta dissertação, a todos os lubrificantes de base vegetal que não são tóxicos aos seres humanos e ao meio ambiente.

A base de um biolubrificante pode ser composta por óleos vegetais (ex.: óleo de mamona) ou por ésteres sintéticos produzidos a partir de óleos vegetais. Redução da perda de energia mecânica, redução do desgaste dos componentes sujeitos à fricção, proteção dos componentes dos equipamentos da corrosão e a

diminuição da temperatura de funcionamento das máquinas são as mais importantes funções dos biolubrificantes[4].

No que se refere à melhora da relação custo/benefício, aplicações como, por exemplo, em fluidos de usinagem, fluidos hidráulicos e fluidos para transformadores, originadas nos desenvolvimentos na área de modificação química e aditivação de óleos vegetais, têm sido significativas e é importante assinalar que nestas aplicações os produtos de origem vegetal apresentam desempenho igual ou superior aos de origem mineral. Embora atualmente o preço unitário ou por litro de um produto de base renovável seja mais caro que o de base mineral, não se pode desconsiderar o custo de vida total do produto. Como resultado, há um incremento do desenvolvimento e do interesse na área de biolubrificantes, também impulsionado pelo surgimento de novas legislações que estimulam cada vez mais o uso de materiais que causem menos danos ambientais e à saúde, o que é uma tendência global[5].

Assim, espera-se ao longo dos próximos anos uma grande demanda pelos óleos vegetais na indústria de lubrificantes, porque eles se tornarão uma classe importante de óleos de base para as formulações lubrificantes devido às suas características como melhor capacidade de lubrificação e boa aderência a superfícies metálicas. Em suma, devido às crescentes preocupações ambientais, os óleos vegetais estão encontrando seu caminho de lubrificantes para uso industrial[6].

No Brasil, embora os biolubrificantes sejam de pequena produção, existem empresas como a Non Toxic Technologies (NOTOX), que investe e aplica em biolubrificantes à base de mamona. É importante assinalar que a mamona está sendo usada como base para um novo tipo de fluido de corte para retificação (processo de corte de ferramentas especiais que atua em metais), na medida em que atua como lubrificante e refrigerante ao mesmo tempo[7].

Os benefícios da utilização dos óleos vegetais quando comparados aos óleos minerais na formulação de óleos lubrificantes são muitos: excelente lubricidade, alto Índice de Viscosidade (IV), além de serem reconhecidos por agregarem muito valor, pois não são tóxicos, são biodegradáveis e de fonte renovável. Também apresentam alto ponto de fulgor e combustão e menor perda por evaporação, o que reduz a inflamabilidade e as emissões de voláteis orgânicos. Sua extrema importância é verificável nas aplicações em que existe a preocupação com o impacto ambiental, a

toxicidade e a inflamabilidade e em que existe potencial perda para o meio ambiente (exemplo: agricultura e marítimo)[5].

Uma das motivações da presente dissertação é analisar o mercado dos biolubrificantes no Brasil e no mundo e as tendências de sua utilização, já que representam atualmente uma parcela bem pequena comparada com a do óleo lubrificante mineral, além de verificar a disponibilidade brasileira dos óleos vegetais e sua aplicação em óleo lubrificante vegetal nas operações de *metal working* como a usinagem. Essa substituição do óleo lubrificante mineral pelo vegetal traz vantagens como a preservação ambiental e a redução de risco de doenças aos funcionários, uma vez que com a utilização do óleo mineral em operações de usinagem há a liberação de uma névoa no ambiente que afeta diretamente o trabalhador, ocasionando dermatite e alergias.

Outra motivação é mostrar que, além de serem biodegradáveis e não tóxicos, os óleos lubrificantes vegetais disponíveis de forma natural apresentam aspectos técnicos, como lubricidade e ponto de fulgor, superiores ao óleo mineral, tornando-se para a indústria de lubrificante um atraente produto no mercado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

O objetivo desta dissertação é avaliar os aspectos técnicos, mercadológicos e as tendências de utilização de óleos lubrificantes de base vegetal em substituição aos óleos minerais no mercado mundial e seus impactos no mercado brasileiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a tendência de aplicação de biolubrificantes nos setores industriais como fluidos para *metal working*, utilizado como fluido de corte em usinagem e também como lubrificante nas usinas de açúcar.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se dividida em 8 capítulos, iniciados a partir deste capítulo introdutório à história dos lubrificantes, que mostra a importância dos óleos lubrificantes de base vegetal, além da metodologia de estudo utilizada para a elaboração da dissertação.

O segundo capítulo descreve de uma forma geral os tipos de óleos lubrificantes básicos (minerais, sintéticos e os de origem vegetal), informando as características físico-químicas mais importantes. Também são descritas nesse capítulo a desvantagem dos óleos vegetais em relação à estabilidade oxidativa e as vantagens dos óleos vegetais de uma forma geral, além dos principais aditivos utilizados nos óleos lubrificantes.

O terceiro apresenta o panorama internacional de lubrificantes minerais com dados mercadológicos e alguns países que estão investindo em lubrificantes vegetais, além de dados mercadológicos destes nos principais grupos mundiais.

O capítulo seguinte descreve o mercado brasileiro de óleo básico e como está o mercado de óleos lubrificantes acabados em termos de produção, exportação e importação, além de apresentar o mercado de rerrefino.

O quinto mostra a disponibilidade brasileira e mundial dos óleos vegetais, descrevendo as características e dados de mercado nacional e internacional de óleos apresentados pela a Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), como o óleo de mamona, soja e canola, que apresentam potencial para atuação como lubrificante.

O sexto capítulo descreve o mercado recente de biolubrificantes nas principais empresas brasileiras, as aplicações destes óleos em *metal working* como fluido de corte em usinagem e as aplicações de óleos nas usinas de cana-de-açúcar.

O capítulo seguinte apresenta resultados e discussão do trabalho, sendo apresentados os questionários enviados às organizações, além da visita técnica a companhia específica de lubrificante como estudo de caso, a análise crítica das entrevistas das empresas e especialistas do mercado de biolubrificantes.

O oitavo capítulo reúne as conclusões do trabalho.

1.3 METODOLOGIA

"Um método é um conjunto de processos pelos quais se torna possível conhecer uma determinada realidade, produzir determinado objeto ou desenvolver certos procedimentos ou comportamentos"[8]. "O método científico caracteriza-se pela escolha de procedimentos sistemáticos para descrição e explicação de uma determinada situação sob estudo e sua escolha deve estar baseada em dois critérios básicos: a natureza do objetivo ao qual se aplica e o objetivo que se tem em vista no estudo"[9]. Embora se mencionem no método científico abordagens quantitativas ou qualitativas, há autores que discordam desta dicotomia.

Um projeto de pesquisa que envolva o Método do Estudo de Caso tem três fases distintas: a escolha do referencial teórico com o qual se pretende trabalhar[10]; a seleção dos casos e o desenvolvimento de protocolos para a coleta de dados; a condução do estudo de caso, com a coleta e análise de dados, que culmina com o relatório do caso e a análise dos dados obtidos à luz da teoria selecionada, interpretando os resultados[11].

A dissertação foi desenvolvida seguindo as seguintes etapas:

1. Buscas em sites de entidades governamentais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), CONAB, a Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) e Petrobrás, além de pesquisa em periódicos especializados do setor; através do site WEB OF KNOWLEDGE –http://apps.isiknowledge.com/. Na busca foi utilizada a aba WEB OF SCIENCE e o tópico *All* foi preenchido com 7 termos diferentes de cada vez: “market lubricants oils”, “ lubricant oil ”, “lubricants oils in the world”, “production vegetable oil with lubricant”, “physicochemical properties of lubricant oils”, “types of lubricants oils”, “ vegetable lubricant oil”.
   Outra busca foi realizada pelo site SCIENCE DIRECT – http://www.sciencedirect.com/. Foi utilizado o modo *Articles* e o campo *All fields* foi preenchido com 11 termos diferentes de cada vez: “The history of lubricants”, “Additives for lubricants plant”, “technical marketing and use of lubricants oils”, “availability Brazilian vegetable oils”, “introduction of lubricants oils”, “vegetable oil markets”, “market for vegetable oils for automobile engines”, “Castor oil used for lubrication”, “lubricant oils in the world”, “current situation of vegetable oils”, “Story Lubricating oils”;

2. Entrevistas com alguns especialistas de mercado de lubrificantes vegetais;

3. Elaboração de questionários para empresas produtoras de lubrificantes vegetais e empresas que comercializam óleos vegetais enviados pelo correio eletrônico;

4. Estudo de caso em uma empresa produtora de óleos lubrificantes vegetais. Nesta etapa foi importante verificar *in loco* o processo da obtenção dos óleos lubrificantes vegetais e obter informações sobre as tendências no mercado desses óleos.

1.3.1 Limitações do Trabalho

As principais limitações do trabalho estão relacionadas à resposta esperada do envio de questionários para as empresas. Foram recebidas apenas respostas de questionários de três empresas das sete para as quais os mesmos foram enviados.

O Mercado de biolubrificantes é muito restrito, sendo assim não são apresentados dados estatísticos consolidados.

Na pesquisa de campo realizada por meio de visita técnica, nem toda informação relevante é repassada, por ser considerada segredo industrial.

2 ÓLEOS LUBRIFICANTES

2.1 DEFINIÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE BÁSICO

É denominado óleo lubrificante básico o componente principal do óleo lubrificante, que, portanto, é a base da formulação final. O óleo lubrificante básico pode ser de origem mineral, sintético e vegetal.

2.1.1 Óleos Minerais

Os óleos básicos minerais podem ser classificados, de acordo com a origem do petróleo do qual são produzidos e das frações de hidrocarbonetos de sua composição, em dois tipos: parafínicos e naftênicos. Na composição do petróleo ainda existem frações de hidrocarbonetos aromáticos que não são adequadas para a utilização em óleos lubrificantes e são extraídas no processo de refino para modificar as características do óleo, sendo possível, por exemplo, melhorar a resistência à oxidação do lubrificante, aumentar o índice de viscosidade e torná-lo mais claro[2].

No que se refere à viscosidade, podemos verificar que os óleos derivados de diferentes campos de petróleo têm características diferentes e uma desvantagem de muitos dos óleos minerais é a volatilização de componentes de baixo peso molecular, o que provoca um aumento da viscosidade durante a utilização. A presença de componentes com baixo peso molecular diminui o ponto de fulgor dos óleos minerais em comparação a óleos naturais de mesma viscosidade[12].

Na Tabela 1, que mostra o impacto da origem do óleo lubrificante no índice de viscosidade dos óleos bases como minerais naftênicos, parafínicos além dos óleos Very High Viscosity Index (VHVI), Gás-to-Liquids (GTL) e Poli-Alfa-Olefinas (PAOs) pode-se ter uma ideia da diferença entre os tipos de bases utilizadas em lubrificantes.

Tabela 1. Índice de viscosidade de óleos lubrificantes[2]

BASE LUBRIFICANTE	ÍNDICE DE VISCOSIDADE
Óleos Minerais naftênicos	50 – 60
Óleos Minerais parafínicos	80-120
Óleos VHVI (grupo III)	120-150
Óleos de GTL	120-144
PAOs	120-170

Pode ser observado na Tabela 1 que os óleos minerais do tipo naftênicos apresentam os menores valores de índice de viscosidade devido aos anéis presentes nas estruturas (com as duplas ligações presentes), não sendo recomendado seu uso como óleos de motor por causa de sua baixa resistência à variação de temperatura; por outro lado as polialfaolefinas apresentam maior índice de viscosidade, sendo portanto recomendada sua utilização na aplicação mencionada acima. As faixas do índice de viscosidade apresentadas na tabela mostram que a qualidade de um óleo básico pode variar dentro do mesmo grupo de bases, ou seja, um mesmo tipo de base pode apresentar diferentes índices de viscosidade dependendo do seu grau de refino.

Duas classificações internacionais, o Instituto Americano do Petróleo (API), nos Estados Unidos, e a Association Technique de L'Industrie Europeanne des Lubrifiants (ATIEL), na Europa, adotaram, atendendo às necessidades de qualidade da indústria automobilística, um sistema de classificação com o objetivo de especificar os óleos básicos. As referências adotadas por eles foram: teor de enxofre, teor de saturados e o IV como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos óleos básicos[2]

GRUPOS	teor de saturados (% peso)	teor de enxofre (% peso)	Índice de viscosidade
GRUPO I	< ou = 90	>ou = 0,03	80 a 119
GRUPO II	> 90	< 0,03	80 a 119
GRUPO III	> 90	< 0,03	> ou = 120
GRUPO IV	PAOs		
GRUPO V	Ésteres sintéticos / óleos naftênicos / outros		
GRUPO VI	Poli-internal Olefinas (PIOs)		

Os critérios adotados acima deram origem a seis grupos[2]:

Grupo I – Rota Solvente – Os óleos deste grupo são produzidos basicamente por rota solvente (processos de extração de aromáticos e desparafinização por solvente, com ou sem hidroacabamento). Sua utilização principal se dá na formulação da maioria dos óleos automotivos.

Grupo II – Hidrorrefino – Os óleos básicos desse grupo são produzidos por um processo mais moderno, a rota hidrorrefino, e são frequentemente utilizados para fabricação de óleos para motor. Seu desempenho é considerado adequado em propriedades como volatilidade, estabilidade à oxidação e ponto de fulgor, mas apenas regular no que se refere a ponto de fluidez e viscosidade a baixa temperatura. São produzidos principalmente na América do Norte – onde têm uma fatia de 45% do mercado – e na Ásia.

Grupo III – Hidrocraqueamento e Isomerização – Os óleos básicos são obtidos neste grupo através do hidrocraqueamento, que é um tratamento mais severo com hidrogênio seguido de isomerização e proporciona um ótimo desempenho em uma grande variedade de propriedades, por exemplo uniformidade molecular e estabilidade, apesar de esses óleos não terem modificações químicas

especiais. São produzidos principalmente na Europa e na Ásia e utilizados para fabricação de óleos lubrificantes sintéticos.

Grupo IV – Reações Químicas – Os básicos do grupo IV são obtidos através de reações de matérias-primas sintéticas como PAOs. Combinados com aditivos, esses produtos apresentam um excelente desempenho no que ser refere à lubrificação. Têm uma composição química estável e cadeias moleculares uniformes.

Grupo V – Neste grupo são encontrados os básicos naftênicos, além de ésteres sintéticos. Ele foi instituído para inserir os óleos básicos que não se enquadram nos outros grupos, ou seja, contêm todo tipo de óleo. Os Poli-Isobuteno (PIB) e os Poliol-ésteres (POEs) são também utilizados como base para alguns lubrificantes com aplicação em compressores, engrenagens etc.

Grupo VI – Foi criado exclusivamente para inserir um tipo de oligômero de olefinas fabricado na Europa; serve para inserir poliolefinas que não têm sua polimerização realizada através do primeiro átomo de carbono, o chamado Carbono Alfa, e sim por outro átomo interno da cadeia, daí o nome Poliinternalolefina.

2.1.2 Óleos Sintéticos

A história dos lubrificantes sintéticos começou antes da existência do motor de combustão interna. No ano de 1877, o primeiro óleo sintético foi desenvolvido por Friedel e Crafts utilizando tricloreto de alumínio como catalisador; já em 1937, o primeiro produto manufaturado sintético foi baseado em polimerização de olefinas. Nos Estados Unidos no início dos anos 40 foram desenvolvidos pelo laboratório de pesquisa naval os lubrificantes sintéticos que foram usados nas áreas militares e industriais[13, 14].

Vários ésteres sintéticos desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial foram utilizados como lubrificantes por muitos anos ainda que seu custo fosse elevado na época. Entretanto, a necessidade de utilizar lubrificantes resistentes a diferentes variações de temperatura em motores nos segmentos militares e aéreos estimulou o desenvolvimento de tecnologia para os lubrificantes sintéticos[14, 15].

Ésteres sintéticos vêm sendo utilizados como fluidos-base em lubrificantes há muito tempo, apesar de sua aceitação ter sido fortemente prejudicada por seu alto

preço. Em contrapartida algumas características, como, por exemplo, estabilidade termo-oxidativa, elevado índice de viscosidade e baixa evaporação, são algumas das propriedades que levaram à sua utilização em lubrificantes[14].

2.1.3 Óleos vegetais

A composição química dos óleos e gorduras vegetais ou animais consiste principalmente de triglicerídeos (também conhecidos como triacilgliceróis), entretanto as diferenças entre os óleos a partir de fontes diferentes estão associadas ao comprimento das cadeias de ácidos graxos e do número de ligações duplas na cadeia. A Tabela 3 mostra a quantidade de cada um dos cinco ácidos graxos comuns encontrados nos óleos e a presença da dupla ligação nas cadeias de ácidos graxos. Tais duplas influenciam principalmente nas propriedades de estabilidade oxidativa e ponto de fluidez do óleo ou seus derivados[16].

Tabela 3. Composição dos ácidos graxos dos óleos mais comuns (% em peso)[16]

	Ácido Palmítico	**Ácido Esteárico**	**Ácido Oleico**	**Ácido Linoleico**	**Ácido Linolênico**
N°. de carbonos	16	18	18	18	18
N°. de dupla ligação	0	0	1	2	3
Soja	8	4	25	55	8
Canola	4	2	60	22	12
Oliva	10	2	78	10	Traço
Palma	44	5	40	10	Traço

A baixa estabilidade à oxidação é uma desvantagem dos óleos vegetais na indústria dos lubrificantes, contudo pode ser melhorada com a utilização de aditivos, o que será mostrado mais adiante neste capítulo. A oxidação do óleo vegetal é iniciada pela formação de radicais livres facilmente formados através da remoção de um átomo de hidrogênio do grupo metileno[17].

Há mais de 40 anos, J. L. Bolland e G. Gee demonstravam que a oxidação estava relacionada com a formação de peróxidos orgânicos, principais produtos de oxidação que, ao se decomporem, podem formar novos radicais e provocar reações em cadeia. O grau de oxidação é determinado pela temperatura, pelo tempo de

exposição, pelo catalisador, pelo contato com o ar e pelas próprias características intrínsecas do lubrificante. Assim, num processo de oxidação, há dois produtos principais a serem combatidos ou neutralizados pelos antioxidantes: os peróxidos (HOO) e os radicais orgânicos (R)[18].

Sementes e polpas das oleaginosas são as principais fontes dos óleos vegetais; a produção destes óleos passa pelas etapas de prensagem e posterior extração com solvente, geralmente com o hexano[19]. Os óleos vegetais são triglicerídeos e apresentam três cadeias provenientes dos ácidos graxos, além do grupamento carboxila ligado à estrutura proveniente do glicerol como mostrado na Figura 1[20].

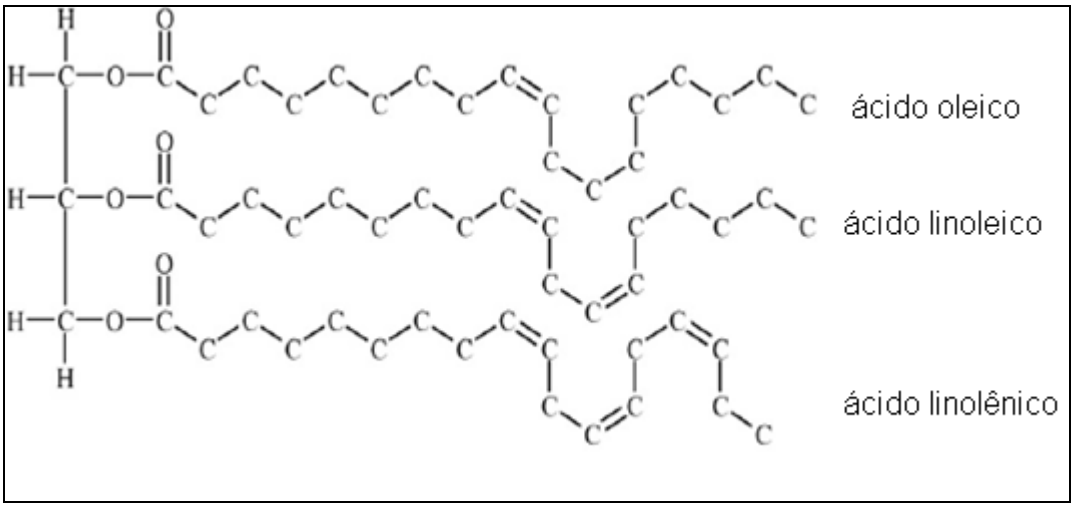

Figura 1. Estrutura molecular de um óleo vegetal, como o de canola, onde todas as ligações duplas estão na configuração *cis*[20]

A utilização dos óleos vegetais em lubrificantes exige algumas características básicas, já que esses óleos fazem parte de, no mínimo, 80% da formulação final: boa estabilidade térmica e oxidativa, boas propriedades a baixa temperatura, como a fluidez, assim como boa estabilidade hidrolítica. O fato de que os óleos vegetais possuam naturalmente atração elevada por superfícies metálicas é devido à polaridade inerente às moléculas de éster, o que contribui para um melhor desempenho de proteção contra desgaste e para uma maior solubilidade nos aditivos presentes[19].

Dentre os ácidos graxos presentes nos óleos vegetais, os mais importantes são: o ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2) e ácido linolênico (C18:3), bem como os saturados: palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0)[21].

As estruturas destes ácidos insaturados estão apresentadas nas Figura 2, 3 e 4.

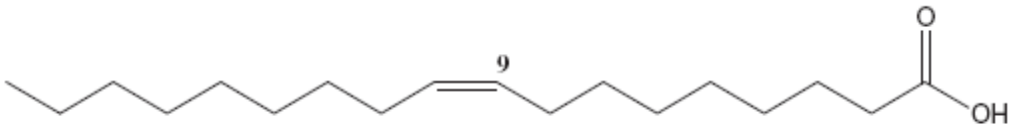

Figura 2. Ácido usado como matéria-prima para novos compostos: Ácido oleico [22]

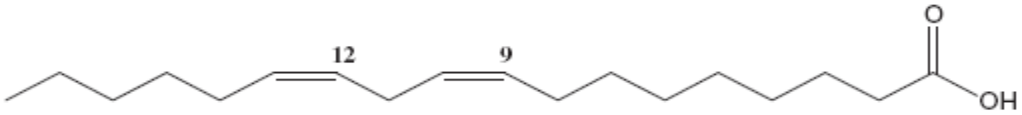

Figura 3. Ácido usado como matéria-prima para novos compostos: Ácido linoleico[22]

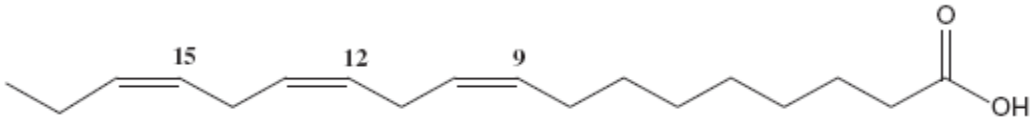

Figura 4. Ácido usado como matéria-prima para novos compostos: Ácido linolênico[22]

Nessas estruturas, as duplas ligações permitem que o ponto de fluidez desses óleos seja mais baixo (maior fluidez); quando o óleo vegetal é hidrogenado para eliminar as duplas ligações, ocorre uma melhoria da resistência à oxidação, embora haja um aumento do ponto de fluidez (menor fluidez)[19].

A Figura 5 destaca as três classes de ácidos graxos: os saturados, os monoinsaturados e os poli-insaturados e, de acordo com o percentual destes ácidos, os respectivos óleos vegetais. É observado que os óleos de linhaça e de girassol são os que apresentam maior percentual de ácidos poli-insaturados; por outro lado o óleo de coco apresenta menor percentual desses ácidos e o maior percentual dos ácidos saturados. A escolha de diferentes óleos altera a viscosidade, o ponto de fluidez, a estabilidade oxidativa e os custos[23].

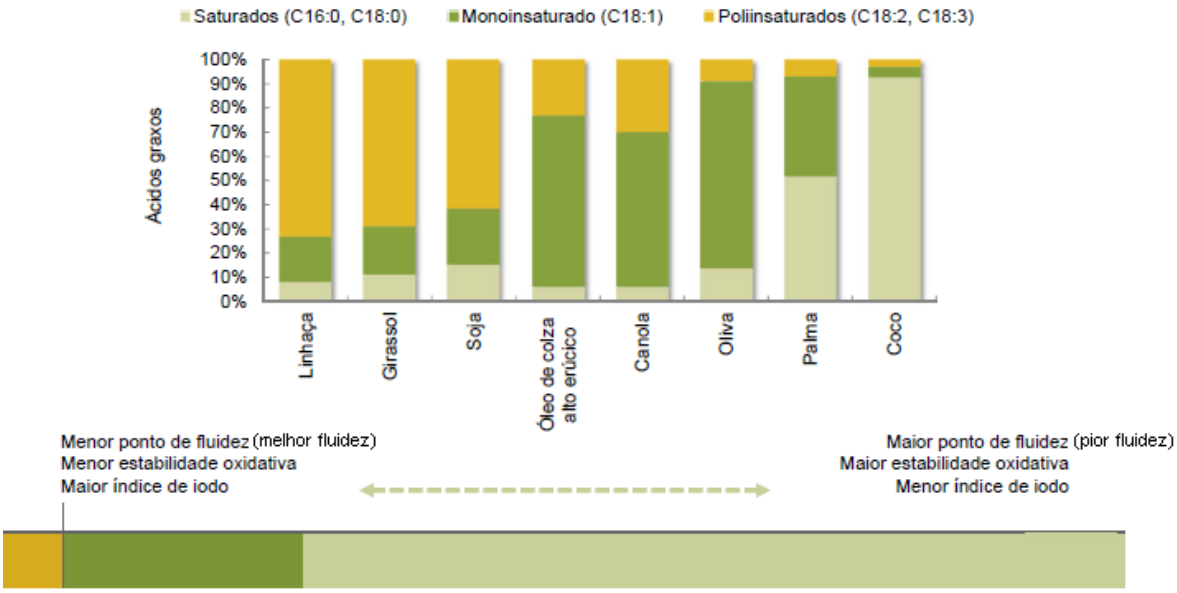

Figura 5. Percentual dos ácidos graxos com os óleos vegetais[23]

Os óleos triglicerídeos, dependendo das suas estruturas químicas, são suscetíveis à hidrólise e à decomposição térmica. Com base na estrutura existem basicamente apenas duas posições nos óleos vegetais em que podem ser introduzidas modificações químicas no composto, conforme a Figura 6[24, 25, 26]. Esses segmentos seriam: (a) na estrutura do éster, na posição β-hidrogênio e (b) nas ligações duplas ao longo da cadeia dos ácidos graxos.

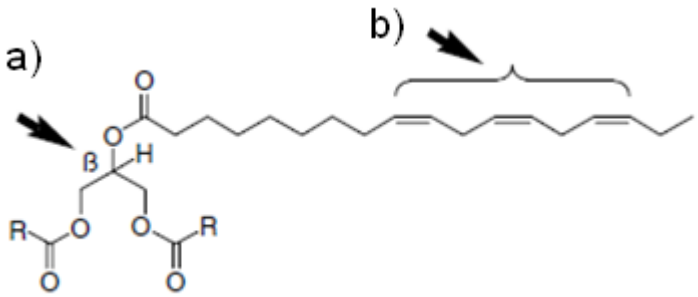

Figura 6. Posições nos triglicerídeos suscetíveis a modificações químicas [24, 25, 26]

Na hidrogenação catalítica, este processo transforma o óleo (líquido) em gordura (sólido), já que ocorre formação de ácidos graxos saturados tais como o ácido esteárico, provocando o endurecimento do composto, prejudicando-o na utilização como óleo lubrificante. Por isso, uma ligação dupla é necessária a fim de obter óleos com alto desempenho em baixa temperatura, viscosidade e ponto de fluidez, conforme é mostrado na Figura 7[21].

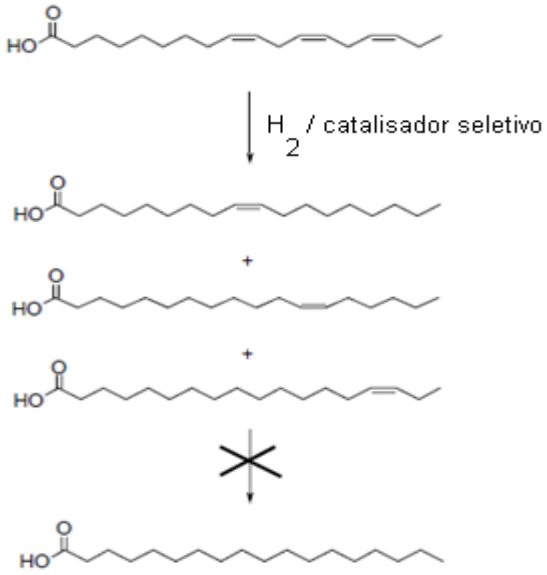

Figura 7. Hidrogenação seletiva de ácidos graxos insaturados [21]

Analisando a viscosidade cinemática de alguns óleos vegetais diferentes conforme a Tabela 4, é observado que a maioria desses óleos apresenta valores na faixa de 30-40 cSt (o valor depende de cada óleo) numa temperatura de 38°C. A alta viscosidade destes óleos é devida à sua massa molecular alta na faixa de 600-900.

O ponto de fulgor do óleo vegetal é muito elevado (acima de 200°C), sendo uma das vantagens deste, já que libera menos compostos orgânicos voláteis em comparação com os óleos minerais conforme mostrado na Tabela 4[27].

Tabela 4. Propriedades dos óleos vegetais[27]

Óleo Vegetal	Viscosidade cinemática (cSt) a 38°C	Ponto de fluidez (°C)	Ponto de Fulgor (°C)	Densidade (Kg/L)
Milho	34.9	-40	277	0.9095
Algodão	33.5	-15	234	0.9148
Linhaça	27.2	-15	241	0.9236
Amendoim	39.6	-6.7	271	0.9025
Canola	37	-31.7	246	0.9115
Gergelim	35.5	-9.4	260	0.9133
Soja	32.6	-12.2	254	0.9138
Girassol	33.9	-15	274	0.9161
Palma	39.6	-	267	0.918

2.1.4 Biodegradabilidade

Os produtos que melhor atendem os requisitos de lubrificantes de compatibilidade ambiental são os de base vegetal. A biodegradabilidade é resultado da decomposição por microrganismos em produtos não tóxicos (CO_2 e água). A execução dessa tarefa depende da estrutura, particularmente da extensão da cadeia ramificada. A amplitude da biodegradabilidade é afetada por aspectos[28] como a composição química (hidrocarbonetos, aminoácidos, ácidos graxos, etc., que são geralmente prontamente biodegradáveis), os compostos aromáticos (são geralmente resistentes à biodegradação. Um benzeno que possua -OH, -COOH, $-NH_2$, -CH, $-CH_3$ ou $-OCH_3$ é mais biodegradável, em contrapartida estruturas contendo halogênios, $-NO_2$ e $-SO_3H$, são mais resistentes) e os hidrocarbonetos lineares, que têm uma biodegradação mais rápida do que a de ramificados[29].

De acordo com a biodegradabilidade do óleo, vários métodos para esta medição estão disponíveis segundo a susceptibilidade ao ataque microbiano aeróbico ou anaeróbico. O método CEC-L-33-A-94 mede tipicamente a biodegradabilidade de um lubrificante, constatando-se que nos óleos vegetais é de aproximadamente 99%, diminuindo para 90 a 98% com a aditivação, enquanto a dos óleos minerais é de apenas 20%[25]. Prontamente biodegradável é definido como uma degradação de 80% que ocorre em água salgada em 21 dias.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

A avaliação do desempenho em serviço comprova a qualidade de um lubrificante após a sua aplicação. Este desempenho está diretamente ligado à composição química do lubrificante, que resulta do tipo do óleo usado e dos aditivos. Portanto, uma combinação de componentes implica em certas características físicas e químicas do lubrificante, o que permite controle da uniformidade e do nível de qualidade[1].

API e a Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA), são as principais classificações usadas para facilitar a escolha do desempenho correto do lubrificante para veículos automotivos.

Classificação API:

Esta classificação, que foi desenvolvida pelo Instituto Americano do Petróleo, dos Estados Unidos da América, toma como base o nível de desempenho dos óleos lubrificantes no tipo de serviço ao qual a máquina estará submetida. Os óleos lubrificantes são classificados por duas letras: para os motores do ciclo Otto, a primeira letra é sempre o S e para os do ciclo Diesel é a letra C. A segunda letra segue o alfabeto e o aumento do nível de desempenho do óleo.

Assim, por exemplo, o óleo SL é superior ao SJ, já que é aprovado em todos os testes em que o óleo SJ é aprovado e ainda em outros em que o SJ é reprovado. Da mesma forma, o óleo SJ é superior ao SH, e assim sucessivamente. Para motores a gasolina de 2 tempos, como os usados em algumas motocicletas, motosserras e outros pequenos motores, os óleos lubrificantes apresentam 3 níveis de desempenho: API TA, TB e TC; para esses motores a classificação Japanese Automobile Standards Organization (JASO) também é muito utilizada. Para motores a diesel, a classificação API segue o mesmo conceito, sendo que foram acrescentados números para indicar o tipo de motor (2 ou 4 tempos) a que se destinam os lubrificantes, desta forma CJ-4 é superior ao CH-4 etc[1].

Classificação ACEA:

A ACEA, associação que inclui todos os fabricantes europeus de automóveis, utiliza uma classificação diferente do API, pois inclui testes exclusivos com motores europeus. Sua classificação engloba 3 categorias definidas: A/B, que foca nos óleos para motores de carros de passeio movidos a diesel e a gasolina; a categoria C, que contempla os óleos compatíveis com sistemas de catalisadores, e a categoria E, que atende aos motores pesados movidos a diesel. Através de uma numeração própria após as letras, a ACEA efetua as revisões das categorias e indica o ano em que foram realizadas[1].

Classificação por viscosidade:

Foi estabelecida pela Sociedade dos Engenheiros Automotivos (SAE) dos Estados Unidos e se baseia na viscosidade dos óleos lubrificantes, que é indicada por um número: quanto maior este número, mais viscoso é o lubrificante[30].

Foram utilizadas duas classificações de viscosidade: uma para altas temperaturas (100ºC e 150ºC) e outra para uma faixa de baixas temperaturas (de -5ºC a -40ºC). Os óleos foram classificados com os números 20, 30, 40,50 e 60 para as altas temperaturas e como 0W, 5W, 10W, 15W, 20W e 25W para as baixas, sendo que um óleo pode atender às duas especificações ao mesmo tempo, sendo chamado assim de multiviscoso. Por exemplo 5W-30, 15W-40 etc. A letra "W" é proveniente do inglês "winter" que significa inverno[1].

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Há características físico-químicas bem definidas que são requeridas para que um óleo atue como lubrificante: viscosidade, índice de viscosidade, ponto de fulgor, resíduo de carbono, ponto de fluidez, estabilidade oxidativa, volatilidade[3]. Serão detalhadas a seguir algumas dessas características indispensáveis dos óleos lubrificantes em geral.

2.3.1 Viscosidade

A viscosidade influencia diretamente a capacidade de formar o filme do óleo responsável pela redução do atrito e do desgaste. A American Society for Testing and Materials (ASTM) define dois tipos de viscosidade, conforme diferentes métodos de medição:

– Dinâmica ou absoluta – é representada pela letra grega μ e geralmente reportada pela unidade Poise (P), que apresenta as dimensões $g/cm^3.s$ (gramas por centímetro cúbico por segundo). Mais precisamente, é o centipoise (cP), que equivale a 0,01P, a unidade mais usada para esse tipo de viscosidade. No sistema

internacional de unidades (SI) utiliza-se o Pascal.segundo- (Pa.s), que corresponde a 10P.

– Cinemática – é o quociente da divisão da viscosidade dinâmica pela densidade (μ/d), medidas à mesma temperatura. O *Stoke*, que expressa as dimensões cm^2/s (centímetro quadrado por segundo), é a unidade de viscosidade cinemática mais utilizada. O mais comum na indústria do petróleo é representar a viscosidade cinemática em centistokes (cSt) – um *Stoke* equivale a 100 cSt. No sistema SI essa viscosidade é apresentada em milímetro quadrado por segundo (mm^2/s): $1mm^2/s = 1cSt$[31].

Os óleos multiviscosos, ou de multigrau, são os que atendem aos requisitos de mais de um grau de viscosidade da classificação SAE. Sua característica principal é que apresentam uma boa fluidez a baixas temperaturas, propriedade obtida por óleos de alto índice de viscosidade[32].

2.3.2 Índice de Viscosidade

O Índice de Viscosidade, é um número adimensional e tem seu cálculo baseado nas medidas da viscosidade cinemática às temperaturas de 40ºC e 100ºC. É um coeficiente que mede a variação da viscosidade de um líquido frente à variação da temperatura: quanto maior o IV, menor o efeito da temperatura sobre a viscosidade do produto.

A metodologia para obtenção do IV de um produto é indicada pelas Normas Brasileiras Registradas (NBR) 14358 de 2005, baseadas no método ASTM 2270, através de tabelas padronizadas que apresentam os parâmetros adotados pelo método utilizado[31].

2.3.3 Ponto de fulgor

O ponto de fulgor de um óleo é estabelecido pela menor temperatura na qual o vapor desprendido pelo mesmo, em presença do ar, inflama-se

momentaneamente, produzindo uma chama, que se dá sob a forma de um lampejo (*flash*).

Geralmente, o ponto de fulgor varia na razão direta da viscosidade: numa mesma série, ou seja, em óleos provenientes do mesmo tipo de óleo cru, refinados pelo mesmo processo e aditivados da mesma forma, o óleo mais viscoso possui ponto de fulgor mais elevado[1]. O baixo ponto de fulgor dá uma indicação da possível presença de compostos voláteis e inflamáveis no óleo[33].

2.3.4 Ponto de Fluidez

O ponto de fluidez é a temperatura mínima na qual o óleo ainda flui. De acordo com o Ensaio Padrão D-97-05, da ASTM, esta temperatura é determinada através de resfriamentos sucessivos de uma amostra do óleo colocada em um frasco de vidro. A cada um desses resfriamentos, a intervalos de 3 em 3º, verifica-se se o óleo ainda é capaz de fluir[1]. O ponto de fluidez é importante principalmente para avaliar o desempenho do óleo em condições de baixas temperaturas ou em regiões de climas frios[33].

2.3.5 Perda por Evaporação

Avaliar as perdas dos hidrocarbonetos mais leves do óleo quando este é submetido a temperaturas elevadas é importante para avaliar seu consumo e a estabilidade de suas características[33].

2.3.6 Estabilidade à Oxidação

Outra característica importante de todo óleo lubrificante é sua resistência à oxidação, imprescindível nos óleos para motores e nas aplicações expostas a temperaturas elevadas e presença de ar. É esperado que o óleo básico utilizado no lubrificante já tenha em sua constituição alguma resistência à oxidação: em algumas

aplicações, a resistência exigida não pode ser alcançada somente através da aditivação[18].

2.3.7 Resíduo de Carbono

O prejuízo causado por resíduos de carvão deixados pelo óleo lubrificante em motores de combustão interna ou em compressores deve ser considerado em diversos aspectos[1], já que esses resíduos indicam a tendência do óleo, quando submetido a altas temperaturas, à formação desses depósitos[33].

2.4 ADITIVOS USADOS EM ÓLEOS LUBRIFICANTES

Como mencionado anteriormente, particularmente no que se refere ao desenvolvimento da indústria automotiva, a evolução dos óleos lubrificantes está ligada ao desenvolvimento das máquinas: equipamentos avançados exigem óleos lubrificantes elaborados com alta tecnologia. É verificável que os testes de motores estão cada vez mais sofisticados, o que exige das empresas especializadas em produção de lubrificantes uma preocupação com um melhor desempenho destes, ou seja: favorecer maior potência do motor, maior lubricidade, menor consumo do óleo lubrificante, menor geração de poluentes, menor variação de viscosidade do óleo lubrificante durante o seu uso, menor formação de borras e vernizes.

Na composição química de um lubrificante de motor, os pacotes de aditivos presentes representam cerca de 4 a 18% da formulação e os principais componentes são: detergentes, dispersantes, antidesgaste, antioxidantes, inibidores de corrosão, melhoradores do índice de viscosidade, depressores do ponto de fluidez e aditivos de extrema pressão[34]. Abordaremos a seguir alguns aditivos existentes nos óleos lubrificantes.

2.4.1 Detergentes

São compostos de moléculas com uma longa cadeia de hidrocarbonetos (cauda), um grupo oleofílico com a finalidade de solubilizar o composto na base fluida e um grupamento polar (cabeça), que é atraído para as partículas contaminantes no lubrificante[1].

2.4.2 Dispersantes

São funções do aditivo detergente-dispersante atuar: como dispersante, ao evitar que produtos de oxidação do óleo e outros compostos solúveis se depositem nas superfícies metálicas; como detergente, removendo depósitos; como neutralizante dos produtos de oxidação ácida[1].

Exemplos de aditivos dispersantes são o poli-amino-metil-alquil-fenol e o poli-iso-butenil-succinamida[35].

2.4.3 Aditivos Antidesgaste

Um estudo muito desenvolvido em aditivos para lubrificantes é o do atrito e do desgaste resultante quando duas partes metálicas móveis entram em contato. Os aditivos antidesgaste atuam formando um filme que evita o contato entre as partes em movimento na adsorção preferencial de compostos do tipo polar sobre as superfícies metálicas[1].

2.4.4 Antioxidantes

Aditivos adicionados aos lubrificantes como parte do pacote de aditivos, os antioxidantes têm como objetivo controlar o processo de aumento de cadeia. São e continuarão sendo os componentes mais caros do pacote de aditivos, já que a tendência é que sejam usados em condições mais críticas em operação de motor [36]. Na Figura 8 é mostrada a formação de compostos estáveis com a utilização dos antioxidantes.

Figura 8. Formação de compostos estáveis com a utilização dos antioxidantes[18]

As reações químicas do processo de oxidação mostram aos pesquisadores e às empresas envolvidas na produção de antioxidantes os pontos em que estes aditivos podem atuar: são gerados radicais livres e, na fase de terminação (combinação de radicais), uma das etapas do processo resulta em cadeias de carbono que se tornam mais longas (R – R), causando um espessamento do óleo e um aumento significativo de sua viscosidade, o que resulta em formação de borras, lodos e vernizes. A função dos aditivos antioxidantes como compostos orgânicos, que reagem com os compostos intermediários (radicais livres e peróxidos) tão logo se formam, impedem assim a continuidade do processo oxidativo[18].

São dois os tipos de antioxidantes, com diferentes mecanismos de atuação: primários e secundários. Os antioxidantes primários têm moléculas de difenil amina, alquiladas ou fenóis. Sua atuação é baseada na formação de radicais livres, interrompendo a reação de propagação e direcionando o processo para a fase de terminação[36].

Os antioxidantes secundários, que têm como produtos químicos mais representativos ditiocarbamatos, fosfitos, sulfetos, sulfóxidos, tioéteres, ditiofosfato de zinco, reagem com os hidroperóxidos por um mecanismo iônico que proporciona a formação de produtos estáveis (não radicais)[1].

2.4.5 Inibidores de Corrosão

Inibidores de corrosão ou anticorrosivos são aditivos que protegem as superfícies metálicas não ferrosas; para a proteção de superfícies metálicas ferrosas são usados os inibidores de ferrugem. A necessidade dessa proteção é devida a ataques de ácidos e do oxigênio. Cabe lembrar que a velocidade de ataque aumenta na presença de água e impurezas polares, substâncias encontradas com muita frequência em motores a combustão[1].

2.4.6 Melhoradores do Índice de Viscosidade

Compreende uma classe de produtos que modificam as propriedades reológicas do óleo básico melhorando suas características de viscosidade em relação à temperatura[1]. Quando aumenta a temperatura a tendência é o óleo se tornar mais fino; para evitar que diminua muito a viscosidade do óleo, este aditivo se expande aumentando a viscosidade com o aumento da temperatura, consequentemente melhorando o seu índice de viscosidade.

A medida de desempenho deste tipo de aditivo é feita por meio da análise do índice de viscosidade e a norma ASTM D2270 fornece uma metodologia para determinação desse índice[37].

2.4.7 Depressores do Ponto de Fluidez

Depressores de ponto de fluidez evitam o congelamento do óleo a baixas temperaturas – fenômeno associado à cristalização de parafinas presentes nas frações de óleos minerais. Esses depressores, pela formação de uma película protetora na superfície dos cristais de parafina, alteram o tamanho destes, assim inibindo o crescimento lateral e mantendo o óleo em estado líquido[1].

Os depressores do ponto de fluidez também podem ser amplamente utilizados como modificadores do índice de viscosidade; são exemplos deste tipo de aditivo o alquilnaftaleno e o alquilfenol[35].

2.4.8 Agentes de Extrema Pressão

Os lubrificantes de extrema pressão (EP), cujo grande desenvolvimento foi motivado pelo emprego das engrenagens, são um dos mais instigantes campos de pesquisa e aplicações de aditivos[1].

São compostos que reagem com a superfície metálica formando novos compostos que atuam como uma barreira ou uma espécie de película, impedindo o contato destrutivo de metal contra metal. O uso destes aditivos implica o aumento de capacidade de carga do sistema, a redução do desgaste das partes metálicas envolvidas e, consequentemente, a diminuição do consumo de energia e do lubrificante[38].

3 PANORAMA INTERNACIONAL DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

3.1 MERCADO MUNDIAL DE ÓLEO LUBRIFICANTE

Em 2000, a empresa de lubrificantes alemã FUCHS estimou que a demanda de lubrificantes mundial iria aumentar, no período de 2001 a 2010, em até 41 milhões de toneladas por ano, pela crescente demanda dos mercados emergentes[14]. No entanto, em 2010, a demanda de lubrificantes mundial esteve em cerca de 34.5 milhões de tonelada ao ano[39], 16% menor do que o esperado, como iremos verificar mais adiante no capítulo.

Contrariamente a essa estimativa, a demanda mundial de lubrificantes tem se mantido em torno de 35 milhões de toneladas por ano de 1991 até o ano de 2011[14]. A Tabela 5 apresenta os dados da demanda mundial de lubrificantes de 1996 a 2011[39, 40].

Tabela 5. Demanda mundial de óleos lubrificantes [39, 40]

Ano	Demanda de lubrificantes (milhões de toneladas)
1996	36,7
1997	36,6
1998	36,2
1999	35,8
2000	36,4
2001	35,6
2002	35,7
2003	35,4
2004	36,1
2005	36,5
2006	36,9
2007	37,1
2008	36,0
2009	32,2
2010	34,5
2011	35,1

Em 2009, como resultado da crise mundial, foi observado o menor valor em milhões de toneladas se comparado aos outros anos, como apresentado na Figura 9.

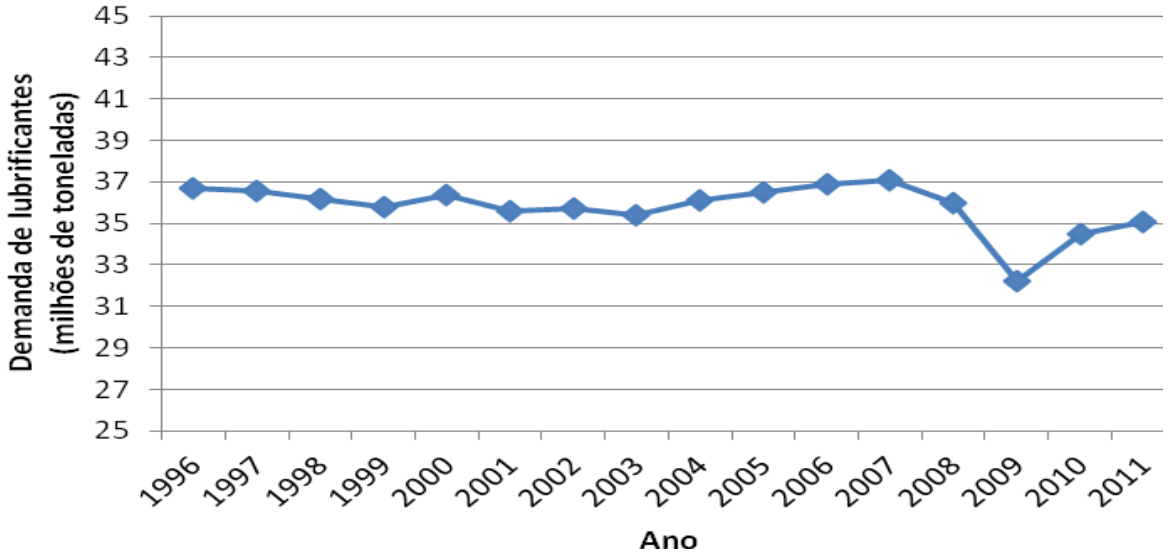

Figura 9. Elaboração própria da demanda mundial de óleos lubrificantes[39, 40]

Quanto à distribuição pelas regiões, verificamos que, dos aproximadamente 35.1 milhões de toneladas de óleo lubrificante comercializados em 2011, 41% concentraram-se no continente asiático, 9% na Europa Central, 11% na Europa Ocidental, 20% na América do Norte, 8% na América Latina, 5% na África, 6% no Oriente Médio, conforme ilustrado na Figura 10[41].

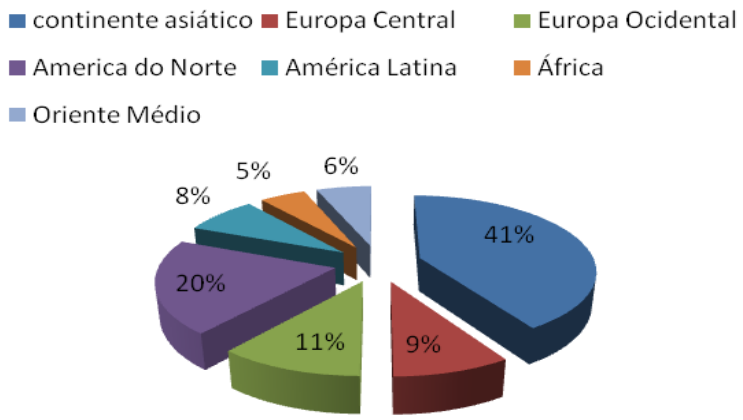

Figura 10. Distribuição da demanda global de lubrificantes em 2011[41]

A evolução da demanda global de lubrificantes das 3 principais regiões, Américas, Europa, Ásia e restante do mundo, para diversos anos, a partir de 1997 até 2011, e uma tendência para o ano 2017 são apresentadas na Figura 11.

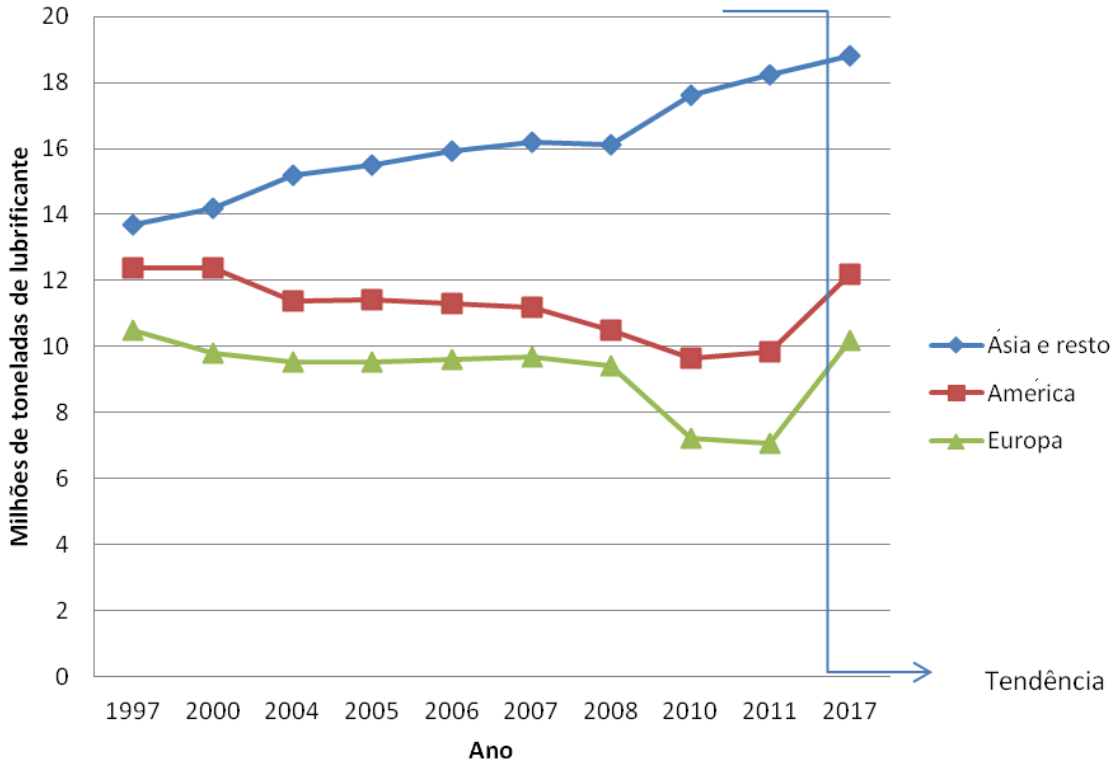

Figura 11. Elaboração própria da evolução do Mercado Mundial de lubrificantes nas grandes regiões do mundo a partir de 1997 até 2011 e uma estimativa para 2017[40, 41, 42, 43, 44]

Conforme pode ser observado através da Figura 11, a demanda de lubrificantes no mercado Europeu e Americano de 2004 até meados de 2007 era estável, uma vez que são mercados já maduros, de baixo crescimento industrial, tendo sido compensado o aumento de sua frota de veículos pelos maiores intervalos entre as trocas de óleos proporcionados por óleos de melhor qualidade. A partir de 2008, o impacto da crise econômica mundial, iniciada nos Estados Unidos, fez com que esses mercados sofressem uma queda acentuada de demanda, até o início da retomada do crescimento em 2011.

Com o desenvolvimento contínuo da China, o mercado asiático não foi abalado com a crise mundial e continuou seu crescimento acelerado, mantendo essa tendência em 2017, enquanto os mercados americano e europeu devem inicialmente apresentar uma taxa de recuperação maior a partir de 2012, porém significando apenas uma retomada do mercado perdido durante a crise. A

estimativa para o ano de 2017 é que os mercados europeu e americano de lubrificantes estejam no mesmo patamar do ano de 1997.

A Figura 12 apresenta os dados de consumo de óleos lubrificantes nas principais regiões do mundo em milhões de toneladas de lubrificante para diversos anos, a partir de 1997 até 2011, e uma tendência para o ano de 2017. Pode ser observado que o bloco asiático lidera e cresce a cada ano.

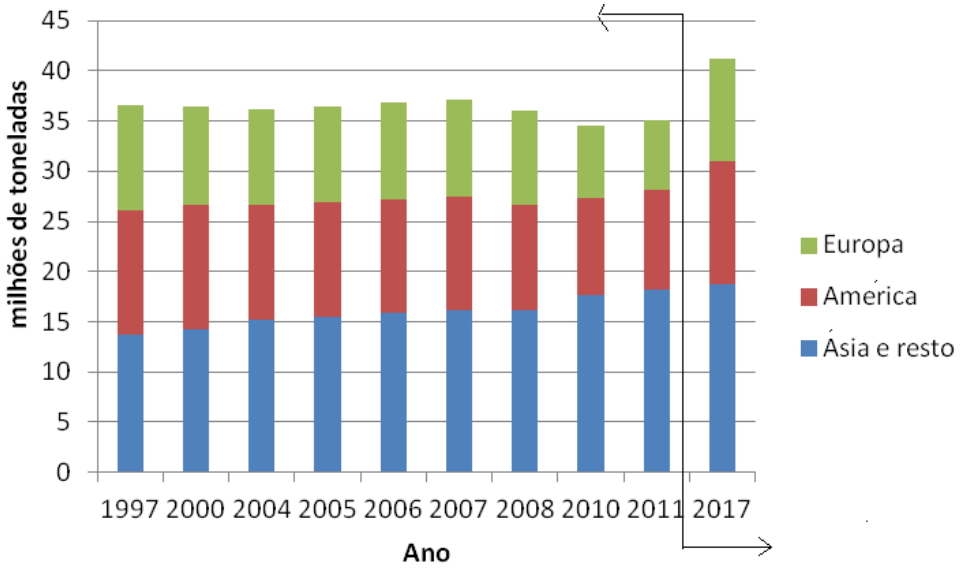

Figura 12. Elaboração própria da evolução do Mercado Mundial de lubrificantes em milhões de toneladas a partir de 1997 até 2011 e uma estimativa para 2017[40, 41, 42, 43, 44]

Embora não tenham sido encontrados dados referentes ao faturamento global de óleos lubrificantes convencionais, é possível inferir que este mercado tenha ficado em torno de 56 bilhões de dólares em 2011 e com um preço médio de 1.600 dólares/tonelada. Esta estimativa foi baseada na premissa de que o faturamento total de óleos lubrificantes nos Estados Unidos tenha ficado em torno de 9,5 bilhões de dólares e considerando-se que o mercado americano represente 17% do mercado global, conforme explicado a seguir.

Com relação ao faturamento total dos óleos lubrificantes nos Estados Unidos em 2011, ele foi estimado tomando como base o faturamento de 5,3 bilhões de dólares no ano de 2011[45] referente aos óleos lubrificantes para o setor automotivo; supõe-se, nessa estimativa, que a parcela americana de consumo de óleos lubrificantes para o setor automotivo seja a mesma que a encontrada globalmente em 2011 (56%)[39], conforme a Figura 14, o que aponta para o total estimado de faturamento em óleos lubrificantes de 9,5 bilhões de dólares.

Por outro lado, confrontando-se os dados de demanda mundial apresentados na Figura 13 (que para os Estados Unidos fica em torno de 6 milhões de toneladas) e com a Tabela 5 da presente dissertação (que demonstra que a demanda global representa 35,1 milhões de toneladas), podemos afirmar que os Estados Unidos representam 17% do mercado e, relacionando o faturamento total dos Estados Unidos encontrado anteriormente, pode ser estimado o faturamento mundial de óleos lubrificantes em 56 bilhões de dólares.

Em 2011 a China e os Estados Unidos lideraram o *ranking* mundial do mercado de lubrificantes, com a demanda de aproximadamente 6 milhões de toneladas cada, seguidos por Japão com aproximadamente 1,6 milhões e Índia com 1,5 milhões de toneladas, conforme mostra a Figura 13[39].

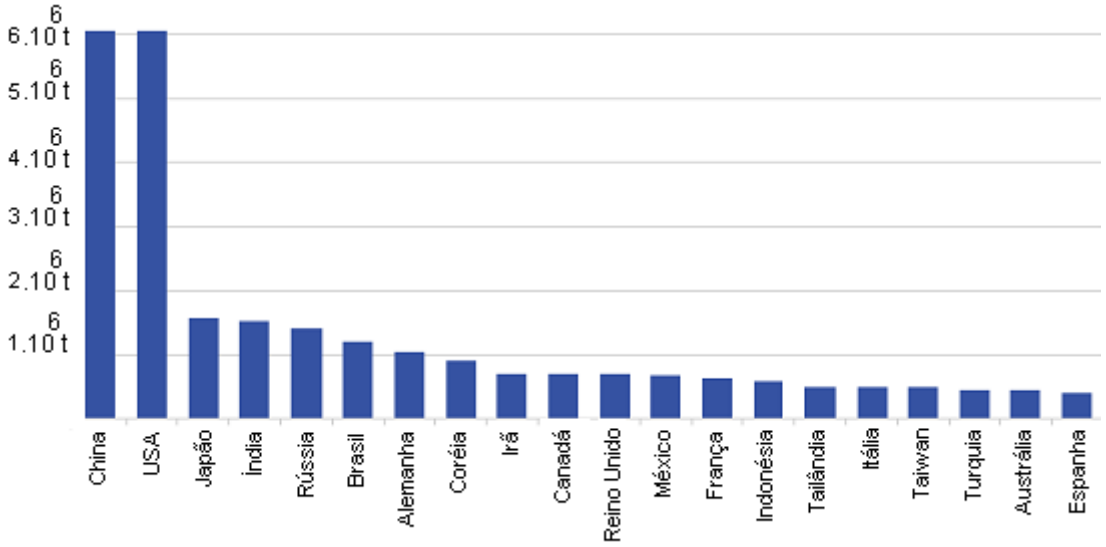

Figura 13. *Ranking* dos 20 maiores países em demanda de lubrificantes no ano de 2011[39]

Apesar de a figura anterior apontar o Brasil como o sexto em demanda de lubrificantes no mundo, durante o encontro do Mercado – América do Sul em julho de 2013 nosso país foi destacado na quinta posição no *ranking* mundial em demanda de lubrificantes[46].

Deve-se observar que no terceiro Congresso do Sindicato Interestadual das Empresas Misturadoras e Envasadoras de Produtos de Derivados de Petróleo (SIMEPETRO), em 2010, foi mostrado o Brasil como o quinto maior mercado de lubrificantes no mundo e o maior em crescimento[47]. O Sindicato Nacional de Lubrificante (SINDILUB), no ano de 2011[48], apontava também o Brasil como quinto

no *ranking*. Por fim, o Relatório da Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), apresentado em 2012, indicava o Brasil em quinto lugar em demanda de lubrificantes no mundo[49], consolidando esta posição no mercado de lubrificantes e, por consequência, de quinto maior gerador mundial de óleo usado.

A Figura 14 apresenta a distribuição do mercado de óleo lubrificante acabado nos setores automotivos e industriais nos anos de 2004, 2007 e 2011. Verifica-se que houve um aumento na demanda de óleos lubrificantes automotivos de 2004 para o ano de 2007 e, por outro lado, uma diminuição na demanda de óleos lubrificantes industriais no mesmo período[14, 40, 39].

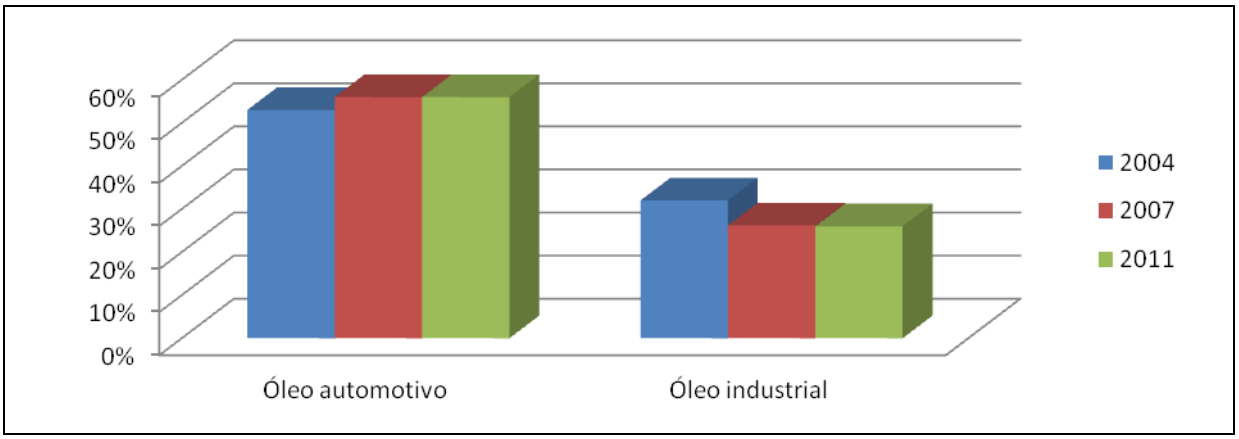

Figura 14. Elaboração própria da distribuição do Mercado Mundial de lubrificantes nos setores automotivos e industrial[14, 39, 40]

Segundo Nagendramma[14], os 32% do consumo de óleos lubrificantes industriais no mundo, durante o ano de 2004, distribuíam-se em 37% de óleos hidráulicos, 7% de óleos de transmissão, 16% em óleos de usinagem, 9% de graxas e 31% de outros óleos, conforme é apresentado na Figura 15.

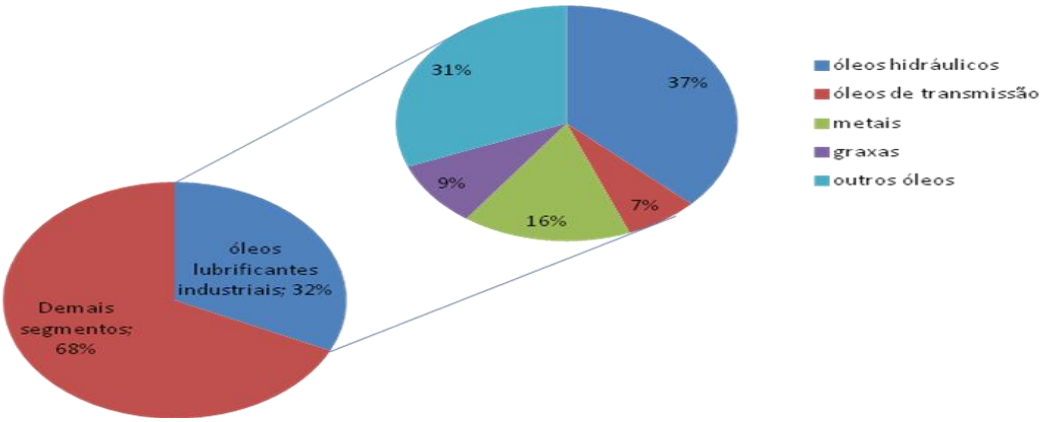

Figura 15. Elaboração própria da distribuição do percentual de óleos lubrificantes industriais no mundo no ano de 2004 em seus respectivos óleos[14]

Em 2011, sob a perspectiva global, são apresentados os 15 maiores fabricantes de lubrificantes na Tabela 6.

Tabela 6. Ranking global das empresas de lubrificantes[39]

Shell	Grã-Bretanha/Holanda
Exxon Mobil	Estados Unidos
BP	Reino Unido
Chevron	Estados Unidos
Total	França
Petro China	China
Sinopec	China
Idemitsu	Japão
Fuchs	Alemanha
Nippon Oil	Japão
Lukoil	Rússia
Valvoline	Estados Unidos
Petronas	Malásia
Pertamina	Indonésia
India Oil	Índia

3.1.1 Mercado Americano

Segundo Gill, consultor da Kline & Company Inc., foi estimado para o ano de 2011 que o faturamento de óleos lubrificantes no setor automotivo dos Estados Unidos seria de aproximadamente 5,3 bilhões de dólares com consumo de 2 bilhões de litros. No entanto, no ano de 2008, por questões de preços menores comparados ao ano de 2011, o faturamento foi de 4,4 bilhões de dólares e o consumo, de 2,2 bilhões de litros. Para o Canadá, foi estimado o faturamento de óleos lubrificantes no setor automotivo em aproximadamente 563 milhões de dólares e consumo de 244 milhões de litros no ano de 2011 com uma expectativa de crescimento da ordem de 10,5% para o ano de 2016, alcançando um consumo de 270 milhões de litros[45].

A Figura 16 mostra o percentual de demanda de lubrificantes no ano de 2012 para os Estados Unidos e Canadá e ilustra as aplicações dos óleos lubrificantes para o Canadá. Pode ser observado que o setor de óleos lubrificantes automotivos é

o mais representativo, com 55%[50]. Será visto adiante no mercado asiático que em 2011 a China teve para o setor de óleos lubrificantes automotivos uma demanda de 54%, o que consolida esta informação referente ao Canadá.

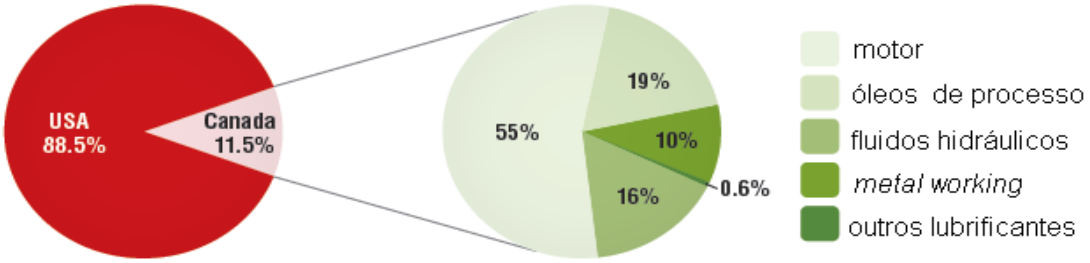

Figura 16. Demanda de óleos lubrificantes em 2012 nos Estados Unidos e Canadá. Distribuição % em várias aplicações no Canadá[50]

Foram estimados para o México, no ano de 2011, um faturamento de 502,5 milhões de dólares e uma demanda de 246 milhões de litros de óleos lubrificantes no setor automotivo, com uma expectativa de crescimento de 16,9% para o ano de 2016, alcançando um consumo de 287 milhões de litros[45].

Já na América do Sul, embora esteja a indústria em geral voltada em especial para o beneficiamento de produtos agrícolas e a produção de bens de consumo, a indústria automobilística tem um papel de destaque nos dois principais países do território, Brasil e Argentina. O Brasil lidera o mercado de consumo de óleos lubrificantes na América do Sul, conforme apresentado na Figura 17[51].

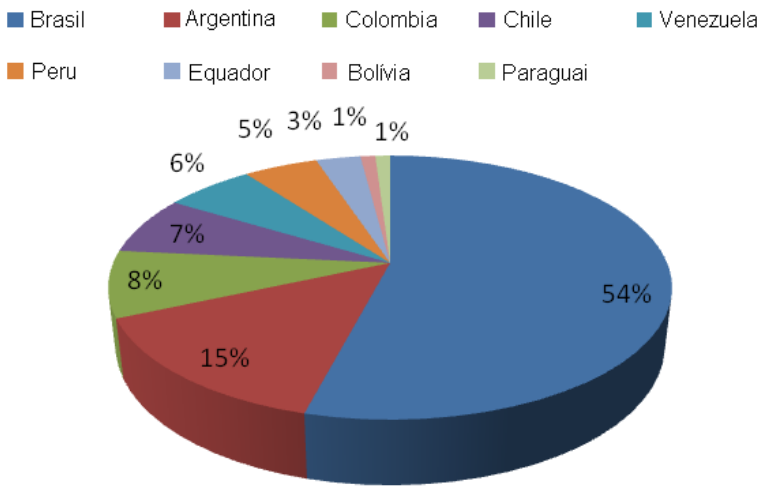

Figura 17. Demanda de lubrificantes dos países da América do Sul em 2011[51]

3.1.2 Mercado asiático

O mercado asiático lidera a demanda de lubrificantes no mundo e países como a Índia e China têm se destacado neste segmento.

O faturamento da Índia no ano de 2009 foi de aproximadamente 2,8 bilhões de dolares e no *ranking* mundial este país ocupa o terceiro lugar em demanda de lubrificantes no mundo, com 1,8 milhões de toneladas, ficando atrás apenas de Estados Unidos e China, o que aponta para a crescente importância desse mercado consumidor em nível mundial[52].

A China está se tornando um mercado consumidor muito importante devido ao aumento da demanda de óleos lubrificantes nos setores automotivos e industriais, principalmente pelo fato de que entre os anos de 2000 a 2010 a produção de automóveis aumentou 20% ao ano, tornando a China o maior fabricante de automóveis no mundo. Em 2010, o segmento de óleos lubrificantes foi distribuído aproximadamente da seguinte forma: 50% no setor automotivo, 25% para indústria de processamento, incluindo trabalho com metais (*metal working*), 18% para a indústria de máquinas e 7% em outros óleos para transporte. No ano de 2011 o setor de lubrificantes automotivos aumentou para 54%[53]. Em relação a vendas de veículos leves durante o ano de 2000 a China representava 3%; por outro lado os países do grupo Brasil, Rússia e Índia (BRI) representavam 6% nas vendas. No ano de 2010 a China aumentou esse percentual para 22% devido ao grande desenvolvimento deste país no mercado asiático, atingindo no mesmo ano o dobro quando comparado ao BRI, que representava 11%. Há uma tendência de crescimento nas vendas de veículos tanto na China como para os países do BRI para o ano de 2025, devendo a China atingir 31% nas vendas[54].

3.1.3 África e Oriente Médio

A demanda de lubrificantes acabados na África e no Oriente Médio apresenta uma expectativa de crescimento em torno de 2,5% ao ano para o período de 2009 a 2019. O fator principal para o aumento do consumo dos lubrificantes acabados é o crescimento da população e do poder aquisitivo, que estimula o aumento da utilização de transportes públicos e a compra de carros.

Foi estimado que a demanda de lubrificantes acabados na África e no Oriente Médio alcançou 3,5 milhões de toneladas no ano de 2009, que estavam distribuídos da seguinte forma: Irã (20%), Emirados Árabes Unidos (16%), Egito (11%), Arábia Saudita (9%) e África do Sul (8%). Esses países são os principais consumidores no mercado de óleos lubrificantes e neles o setor automotivo representa 75% do mercado total[55].

3.1.4 Expectativas da indústria de 2012 a 2017

Nos países asiáticos como a China e a Índia os investimentos serão mais acentuados devido ao desenvolvimento contínuo e à rápida industrialização, principalmente nos setores automotivos. Estas tendências, além de estimularem o mercado na região, também vão contribuir para o crescimento na África/Oriente Médio e América Latina[14].

3.2 MERCADO MUNDIAL DE ÓLEOS LUBRIFICANTES VEGETAIS

3.2.1 Introdução

Os óleos de base vegetal podem ser usados na produção de biolubrificantes, desde que tenham a composição de ácidos graxos apropriados somada ao uso de aditivos que possam conferir as propriedades requeridas para o biolubrificante[56].

Os biolubrificantes podem ser utilizados onde há possibilidade de vazamentos que comprometam o meio ambiente e ser aplicados em *metalworking*, óleos hidráulicos, óleos para engrenagens, motosserras etc[57]. O mercado mundial de lubrificantes acabados é da ordem de 35.000.000 toneladas por ano[58], com os biolubrificantes representando cerca de 1% deste total em 2005[59]. No entanto, enquanto o mercado de lubrificantes acabados se encontra estável, os biolubrificantes vieram apresentando um crescimento médio de 10% ao ano entre 1998 e 2007[29].

A demanda de biolubrificantes no mundo em 2011 foi de 505.600 toneladas (Figura 18), correspondente a uma participação de 1,4% do mercado global, estimado em 35 milhões de toneladas (Tabela 5), com a expectativa de atingir, no ano de 2018, uma demanda de 785.000 toneladas, o que representaria um crescimento de 6,6% durante os anos de 2013 a 2018 conforme ilustrado na Figura 18[60].

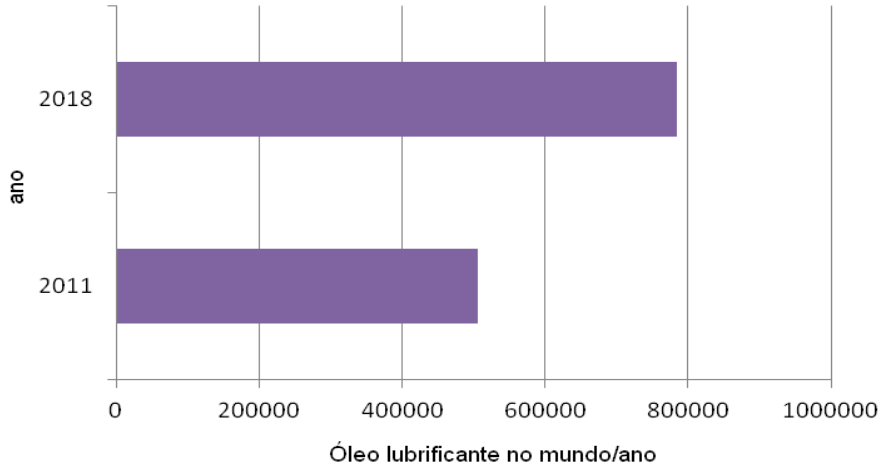

Figura 18. Elaboração própria do consumo em toneladas de biolubrificantes no mundo em 2011 e da expectativa em 2018[60]

Em 2011 o faturamento global de biolubrificantes foi de US$ 1,7 bilhões, correspondente a 3% do mercado mundial, estimado em US$ 56 bilhões. A estimativa de faturamento global desse mercado para 2017 é de 2,3 bilhões de dólares, conforme ilustrado na Figura 19. A América do Norte será o maior mercado em 2018 para esses produtos de base vegetal, com uma fatia de mercado global de 38,1%, seguida da Europa[61].

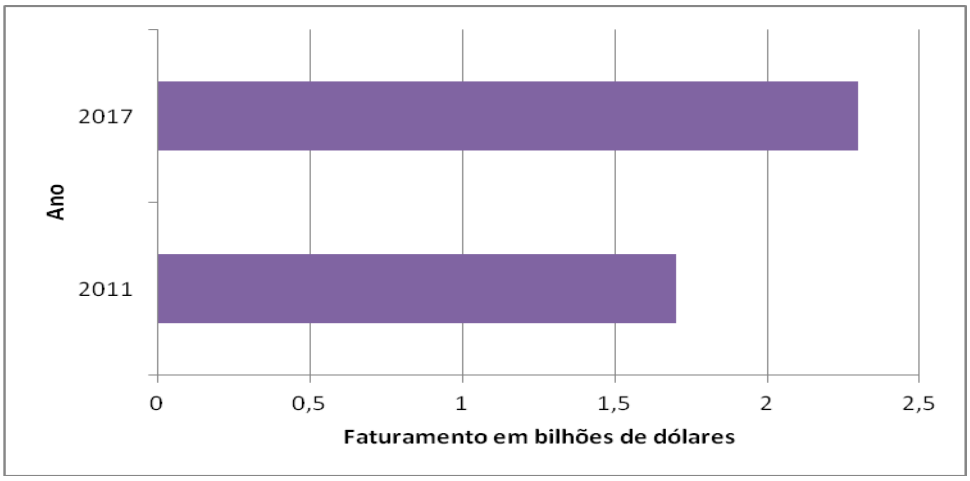

Figura 19. Elaboração própria do faturamento em bilhões de dólares de biolubrificantes no mundo em 2011 da expectativa em 2017[61]

Foi encontrado para o ano de 2011 um preço médio de 3.362 dólares/tonelada do biolubrificante através dos dados apresentados de faturamento e demanda destes produtos[60]. Os biolubrificantes representam uma pequena parcela do mercado de lubrificantes em geral e a sua utilização está presente, predominantemente, no Estado Norte-Americano e na Europa[62], que são os dois maiores mercados de biolubrificantes no mundo.

Na Figura 20 são ilustrados o faturamento de biolubrificantes mundial e europeu no ano de 2011 e as expectativas para o ano de 2017. Os dados referentes à Europa no ano de 2011 e de 2017 foram retirados da Figura 22[63] que será mostrada mais adiante.

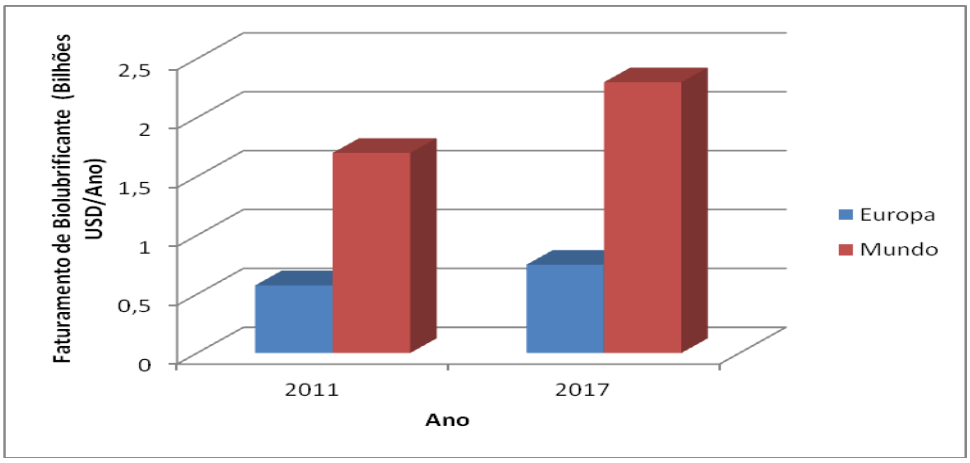

Figura 20. Elaboração própria da comparação de faturamento na Europa com mercado mundial de biolubrificantes nos anos de 2011 e da expectativa em 2017[60,63]

No ano de 2002, o mercado total de lubrificantes da Europa Ocidental era de 5.020.000 t/ano, das quais 50.000 t/ano eram de óleos vegetais. Por outro lado, em 2002 o mercado norte americano de lubrificantes mineral era de 8.250.000 t/ano e apenas 25.000 t/ano eram de óleos vegetais[64], demonstrando que a Europa neste ano consumia um volume maior em biolubrificantes se comparada com os Estados Unidos.

Os biolubrificantes apresentam maior custo que os produtos convencionais, o que constitui o principal obstáculo no mercado principalmente durante uma recessão econômica. Entretanto, o custo mais alto pode ser compensado pela maior durabilidade dos biolubrificantes em uso[65].

É observado na Tabela 7 o quanto os biolubrificantes são mais caros que os óleos minerais em determinados tipos de aplicação[66]. Os biolubrificantes mais caros são aplicados em óleo hidráulico para tratores, lubrificantes de engrenagem e óleo hidráulico industrial.

Tabela 7. Comparação de preços dos produtos biodegradáveis com os produtos convencionais[66]

Aplicações	Preço
Óleo hidráulico de tratores	1,5 – 2x
Óleo hidráulico no setor de alimentos	1 – 1,5x
Óleo hidráulico industrial	1 – 2x
Graxas com base de soja e algodão	1 – 1,5x
Graxas de uso ferroviário	0,9 – 1,2x
Óleo para metalurgia	1 – 1,5x
Lubrificantes de engrenagem	1,5 – 2x

3.2.2 Mercado Europeu

A Europa Ocidental é o maior consumidor de biolubrificantes com um consumo anual de aproximadamente 130.000 toneladas em 2010. Estes correspondem de 3% a 4% do consumo total de lubrificantes na Europa, enquanto que para o cenário global esse consumo é de aproximadamente 1,5% no ano de 2011[63].

A partir de fontes diferentes, apresentamos a seguir na Figura 21 dados de demanda de óleos lubrificantes vegetais na Europa durante os anos de 2006, 2008 e uma tendência para 2020, sendo esperado um crescimento do mercado de biolubrificantes, atingindo 230.000 toneladas[65, 67].

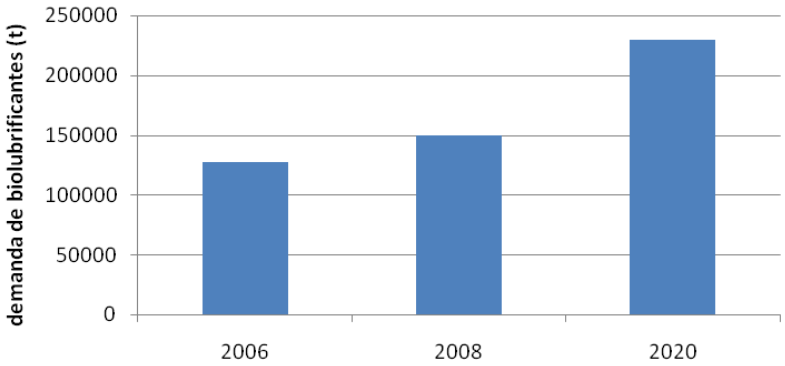

Figura 21. Elaboração própria da evolução do consumo do mercado de biolubrificantes na Europa e uma expectativa em 2020[65, 67]

De acordo com a Figura 22, durante os anos de 2010 a 2012 o preço médio do biolubrificante na Europa foi da ordem de 3.467 dólares/tonelada, resultado este

encontrado através de uma média dos preços verificados para os três primeiros anos reportados na figura. Para os anos de 2013 a 2018 o preço médio do biolubrificante será da ordem de 3.331 dólares/tonelada, resultado encontrado através de uma média dos preços apresentados para os últimos 6 anos da Figura 22. Na Europa há uma tendência de crescimento no segmento de biolubrificantes conforme ilustrado na figura, sendo observado um aumento no consumo e no faturamento deste mercado. Esse estudo mostra a evolução a partir de 2010 e a expectativa do mercado até o ano de 2018[63].

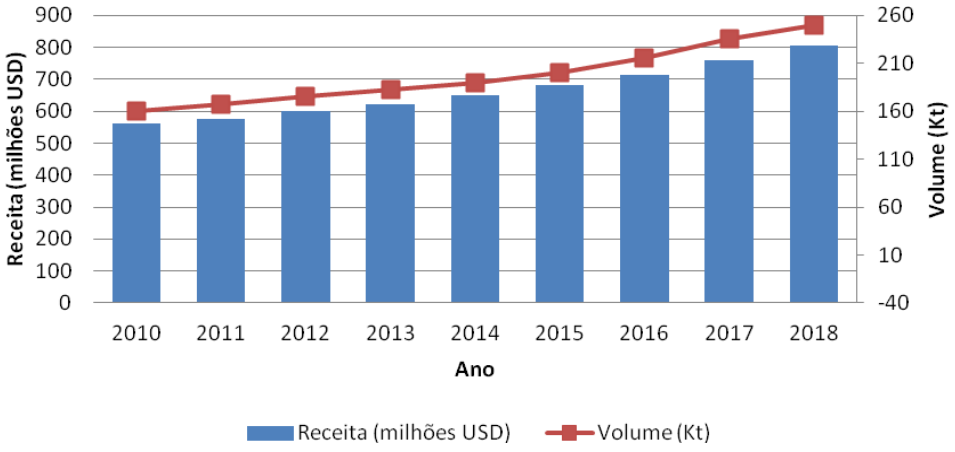

Figura 22. Expectativa de consumo e faturamento de biolubrificantes na Europa nos anos de 2010 a 2018[63]

O setor de óleos hidráulicos está crescendo rapidamente, com estimativas variando entre 25% a 75% do mercado[21]. A fim de aumentar este número no mercado, fatores como desempenho técnico, preço e, principalmente, biodegradabilidade são adequados para empresas que se inscrevam na vertente dos cuidados socioambientais.

Nesse sentido, a partir de um estudo relativo ao mercado europeu, é observado que os biolubrificantes já estão disponíveis para a maioria das aplicações e que o desempenho técnico é comparável e às vezes até superior ao do lubrificante convencional[21].

Por causa do biolubrificante ser uma alternativa de aplicação favorável ao meio ambiente, as pesquisas sobre sua utilização têm se expandido e, por exemplo, na Espanha (Universidade de Huelva) foram realizados testes de laboratório e verificada a eficiência do óleo de girassol aplicado como biolubrificante na indústria

em relação a fatores como volatilidade e biodegradabilidade. Em comparação com os lubrificantes minerais, o biolubrificante de girassol apresentou resultados similares em desempenho, portanto demonstrando que os componentes encontrados nos óleos vegetais são uma alternativa viável para o desenvolvimento de uma nova classe de lubrificantes. O óleo de girassol, misturado com componentes como o copolímero etileno vinilacetato, pode ser apresentado como um bom produto quando comparado com óleos minerais[68].

3.2.2.1 Mercado alemão

A fim de impulsionar o mercado de lubrificantes biodegradáveis, o governo alemão tem incentivado a utlização de óleos lubrificantes vegetais em equipamentos onde eram usados os óleos minerais principalmente no segmento hidráulico[69].

Também com o intuito de promover o crescente uso de lubrificantes vegetais e em especial óleos hidráulicos, o governo alemão introduziu um programa no qual uma grande parte do custo inicial para a substituição do óleo mineral pelo óleo lubrificante vegetal é financiada pelo governo. O programa financia as despesas com o óleo e o custo de trabalho para a substituição do óleo lubrificante mineral pelo óleo lubrificante de base vegetal e é denominado de Market Introduction Programme (MIP) – foi muito bem aceito no país e logo no primeiro ano cerca de 1.000 toneladas de óleos lubrificantes minerais utilizados em 4.000 máquinas foram substituídas pelos biolubrificantes[21].

Apesar de os biolubrificantes serem mais caros que os óleos lubrificantes convencionais, os óleos hidráulicos são aplicações de destaque no mercado de biolubrificantes. Com boa manutenção do equipamento, a troca de óleo hidráulico pode ser adiada por muito tempo e o custo com a utilização do óleo por hora de funcionamento do equipamento diminui, como é mostrado na Figura 23, onde são comparados o óleo mineral e o óleo lubrificante de base vegetal no segmento hidráulico. Quanto maior o intervalo de troca do óleo menor será a diferença do custo operacional entre os dois tipos de óleo por exemplo na operação de uma escavadeira de médio porte[69].

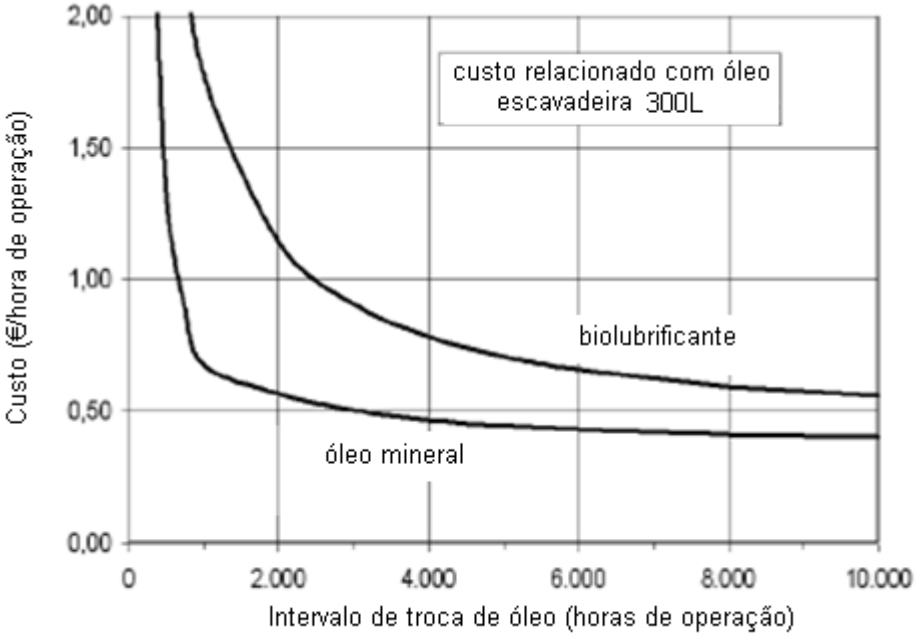

Figura 23. Comparação de custo na Alemanha dos óleos lubrificantes minerais e biolubrificantes no segmento hidráulico[69]

O sucesso do mercado na Alemanha mostrou uma forte tendência geográfica para os estados do sul do país. Baviera e Baden-Wuerttemberg são estados com apenas 25% da população do país mas representam no mercado uma cifra de 60% das vendas de produtos biodegradáveis, como pode ser visto na Figura 24[69].

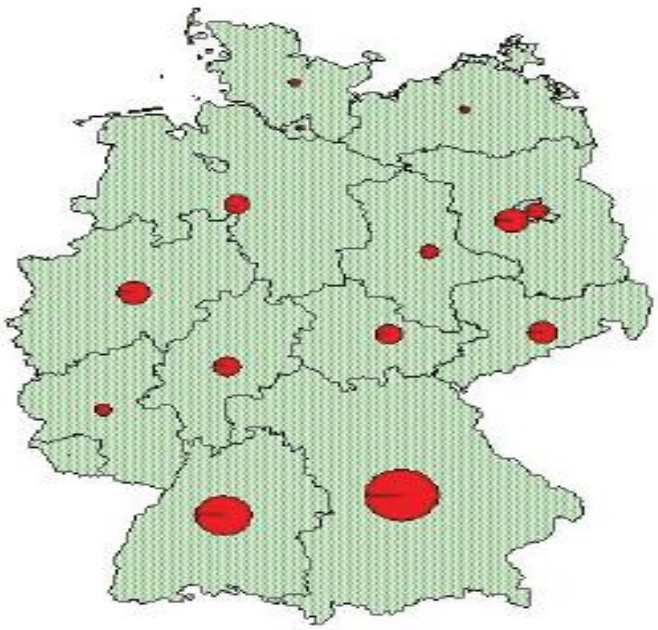

Figura 24. Distribuição geográfica na Alemanha em demanda de biolubrificantes[69]

3.2.3 Tendências dos Biolubrificantes para o Mercado Europeu

Em países como a Áustria, o uso de óleos lubrificantes vegetais para aplicação em motosserras é obrigatório pelo Regulamento Federal. Contudo, em todos os outros países não existem medidas legislativas obrigatórias no que se refere ao uso de lubrificantes para aplicações especiais. Existem apenas vários regulamentos de Estado ou comunidade que solicitam às empresas que utilizem óleos lubrificantes hidráulicos ambientalmente aceitáveis[21].

A Figura 25 apresenta o consumo estimado no ano de 2010 de 137.000 toneladas e uma expectativa de consumo de biolubrificantes no mercado europeu no ano de 2020 de 277.000 toneladas sem a implementação da norma ambiental (EN 13432), e com a norma ambiental implementada, situação em que se estima um consumo de 420.000 toneladas[70]. Esta norma EN 13432 se baseia na política que cria exigências para o descarte de produtos e estímula o uso dos biolubrificantes[71].

Os resultados mostram que para o ano de 2020, com a norma ambiental implementada, há uma expectativa de aumento de 52% no consumo de biolubrificantes se comparado ao consumo do ano de 2020 sem essa política.

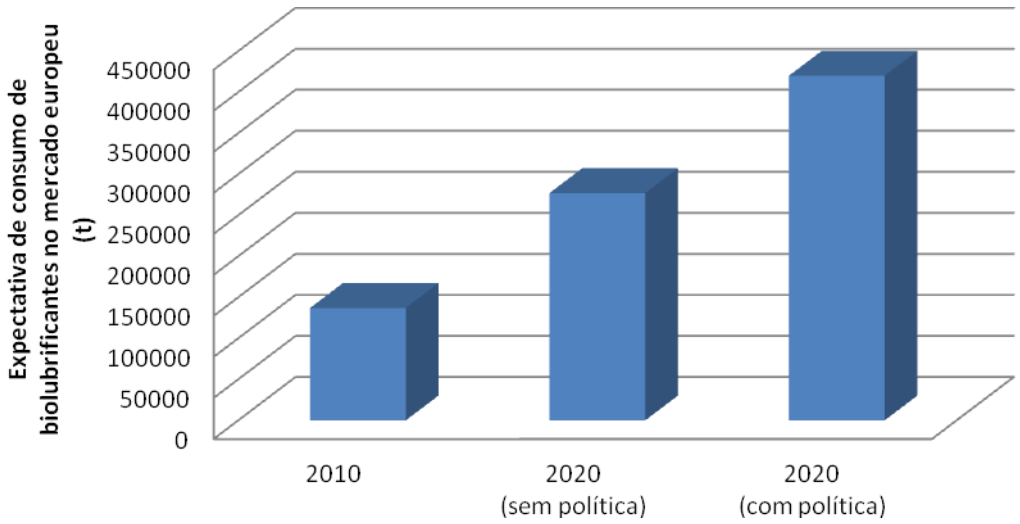

Figura 25. Elaboração própria do consumo de biolubrificantes na Europa em 2010 e uma expectativa para os anos de 2020[70]

3.3 MERCADO NORTE-AMERICANO

A América do Norte será líder no mercado de biolubrificantes, crescendo a uma taxa anual média de 5,6% em faturamento e de 7,4% em demanda, referente ao período estimado (2013-2018)[72].

Seguindo a tendência já presente na Europa de respeito às regulações ambientais, nos anos 90 várias companhias americanas começaram a entrar mais efetivamente no mercado dos produtos de origem vegetal. A Lubrizol Co, de Ohio, por exemplo, investiu em pesquisa e desenvolvimento para a criação de aditivos eficazes obtidos a partir de óleo de girassol com alto teor de ácido oleico. Nesta mesma época foi criado o National Ag-Based Lubricants Center (NABL), centro de pesquisas especializado em biolubrificantes da *University of Northern Iowa*, que obteve resultados importantes como o desenvolvimento e patente do primeiro fluido hidráulico de trator com base em óleo de soja[59].

Há lubrificantes de base vegetal sendo aplicados em transformadores, na construção de elevadores e em equipamentos utilizados em terrenos agrícolas e áreas fluviais. O sistema do elevador da Estátua da Liberdade é um exemplo significativo de tecnologia bem-sucedida de utilização do óleo hidráulico à base de soja nos Estados Unidos[14].

É importante mencionar que foram desenvolvidos no centro de pesquisa da NABL, no período de 5 anos (1996 a 2001), 30 produtos de biolubrificantes distribuídos em categorias, como apresentado na Tabela 8[66].

Tabela 8. Aplicações de produtos biolubrificantes no período de 1996-2001[66]

Categoria	Quantidade
Fluido de usinagem	7 produtos
Graxas	7 produtos
Fluido hidráulico	5 produtos
Esteiras e correntes em linhas de produção	2 produtos
Óleos para transformadores	1 produto
Lubrificantes sólidos	1 produto
Óleos protetivos em madeiras	1 produto
Outros óleos	6 produtos

O Departamento de Agricultura do Governo Norte-Americano (USDA) criou uma lista de produtos, que pode ser acessada a partir de 2008, onde há aproximadamente 200 produtos de biolubrificantes. Na Tabela 9 são apresentadas as quantidades relacionadas com as categorias[65]. É observado pelos números que os óleos hidráulicos representam aproximadamente 63% desse catálogo criado, o maior na América do Norte.

Tabela 9. Quantidade de biolubrificantes no ano de 2008 por categoria[65]

Categoria	Quantidade
Fluidos hidráulicos	127produtos
Óleos desengripantes	20 produtos
Fluidos de usinagem	20 produtos
Graxas	18 produtos
Agentes desmoldantes em concreto	11 produtos
Óleos para motor de dois tempos	4 produtos
Óleos para arma de fogo	2 produtos

A Tabela 8 registra que nos anos de 1996 a 2001 dentre os produtos de biolubrificantes o setor de usinagem lidera, já em 2008 a aplicação que lidera com destaque é o óleo hidráulico. A Figura 26 compara esses dois períodos de 1996-2001 e 2008 no que se refere à quantidade de produtos de biolubrificantes como fluido de usinagem e óleos hidráulicos no mercado norte-americano.

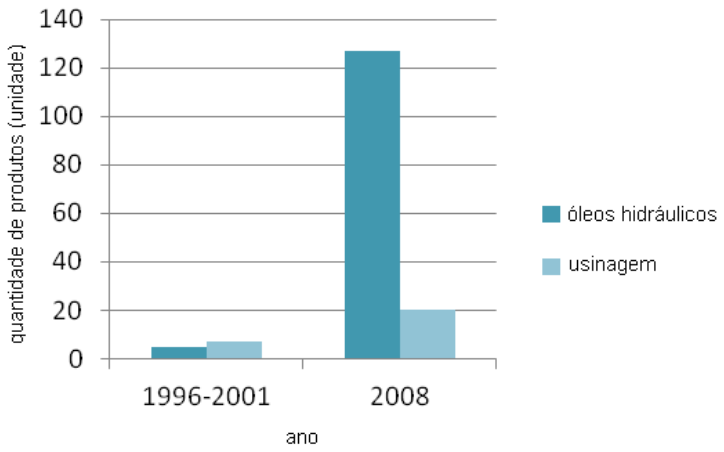

Figura 26. Elaboração própria da comparação dos períodos de 1996-2001 e em 2008 para biolubrificantes em setores hidráulicos e usinagem no mercado norte-americano[65, 66]

O USDA sugeriu a implementação de um conjunto de regulamentações para as agências federais nas quais era exigido que fossem aplicados preferencialmente bioprodutos, inclusive na área de lubrificantes. Essas medidas favorecem a independência dos Estados Unidos em relação à importação de óleos lubrificantes e, ao mesmo tempo, estimulam o uso de produtos alinhados com a conservação do meio ambiente, o que caminha no sentido do crescimento do mercado de biolubrificantes e, consequentemente, de sua maior viabilidade econômica[59].

3.3.1 Tendências dos Biolubrificantes para o Mercado Americano

O continente americano será o maior consumidor de biolubrificantes no mundo em 2017. O mercado norte-americano de biolubrificantes deverá mostrar uma demanda de 243.327 toneladas em 2017, estimulada por legislações ambientais, pela demanda sustentada do mercado de óleos hidráulicos e pelo potencial de crescimento de diversos produtos. Atualmente, o maior uso de biolubrificantes ocorre nos mercados desenvolvidos da América do Norte e da Europa, pois a falta de consciência ambiental e os preços elevados dificultam sua utilização em outras partes do mundo[62].

3.3.2 Considerações Parciais sobre os Biolubrificantes no Mundo

Já apresentamos, nesta dissertação, muitas vantagens da utilização de óleos vegetais, mas é preciso assinalar que esses óleos apresentam, ainda, algumas desvantagens para sua aplicação em setores automotivos. A oxidação destes óleos provoca um aumento de viscosidade que reduz os intervalos de troca e há limitações em baixas temperaturas para algumas formulações[59].

Pode-se concluir neste capítulo que os fabricantes de equipamentos, consumidores e reguladores de agências continuarão a fazer cada vez mais exigências quanto ao desempenho dos lubrificantes[14]. Vários países estão estimulando selos ambientais, que são rótulos de produtos favoráveis ao meio ambiente. O primeiro selo foi concedido pela Alemanha com o nome “Blue Angel”. Da mesma forma “Cisne Branco”, “Cruz Verde” e “Ecomark” são os rótulos

ambientais da Escandinávia, Estados Unidos e Japão, respectivamente. Cabe lembrar que estes programas de rotulagem ecológica incluem requisitos como teste de ecotoxicidade[14].

Por sua vez, os órgãos ambientais estão mais exigentes e, sendo assim, a tendência quanto aos óleos lubrificantes é apresentar biodegradabilidade, preservando o meio ambiente. Esse fator tem um impacto direto nos consumidores de lubrificantes. A previsão da presença no mercado de lubrificantes biodegradáveis, feita a partir de 2012, para os próximos 10-15 anos, será de 15% do mercado global de lubrificantes, podendo, em algumas regiões do mundo, chegar a um valor de até 30%. A área de lubrificantes continua sendo promissora e este mercado passará por uma série de transformações nos próximos 5-10 anos[14].

4 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

4.1 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS BÁSICOS

Em 2011, no mercado brasileiro o volume de óleo básico contabilizado alcançou a marca de 1.431.266 m^3, sendo 862.520 m^3 de produção local, o que inclui refinarias + rerrefino, e 584.583 m^3 provenientes somente de importação, conforme a Figura 27 – a exportação de óleo básico foi de 15.837 m^3. As refinarias brasileiras produziram 602.520 m^3, praticamente o mesmo patamar do ano de 2010. Em contrapartida, a indústria do rerrefino superou números históricos com uma produção de aproximadamente 260.000 m^3 de óleos básicos[73].

No ano de 2011, o volume contabilizado de óleo básico foi maior do que o volume total de lubrificantes acabados, uma vez que houve um excesso deste óleo básico em estoque devido a números elevados de importação, o que será visto mais adiante no capítulo.

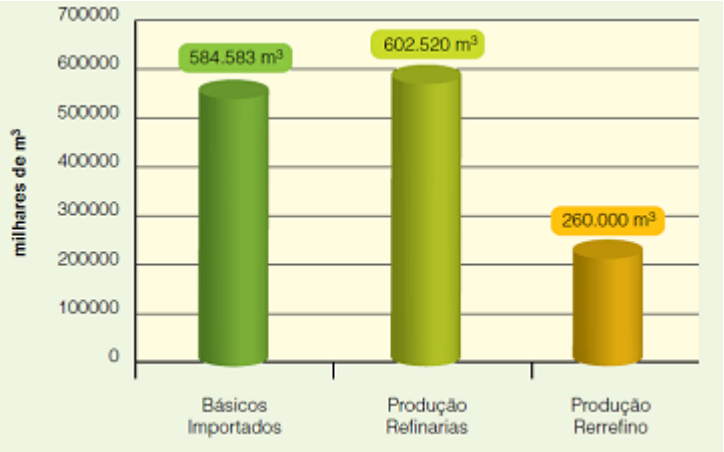

Figura 27. Mercado de óleos básicos em 2011[73]

O volume importado em 2010 foi maior do que em 2011 em quase todas as categorias, exceto no óleo para isolamento elétrico, que teve um aumento em torno de 14% em 2011. Essa queda da importação dos óleos básicos foi em torno dos 8,4%: o volume total no ano de 2010 foi de 638.048 m^3, enquanto no ano de 2011 foi de 584.583 m^3 [73].

Há razões para que a expansão do mercado de óleos lubrificantes no Brasil não tenha acarretado um aumento na produção nacional de óleos básicos; a principal delas é a falta de investimentos no setor. Ao mesmo tempo, esse cenário incentiva a importação de óleos lubrificantes de bases minerais e sintéticos[3].

A Figura 28 ilustra a evolução do mercado brasileiro de óleos básicos referente à produção nacional (refinarias + rerrefino), importação e exportação durante os anos de 2008 a 2012.

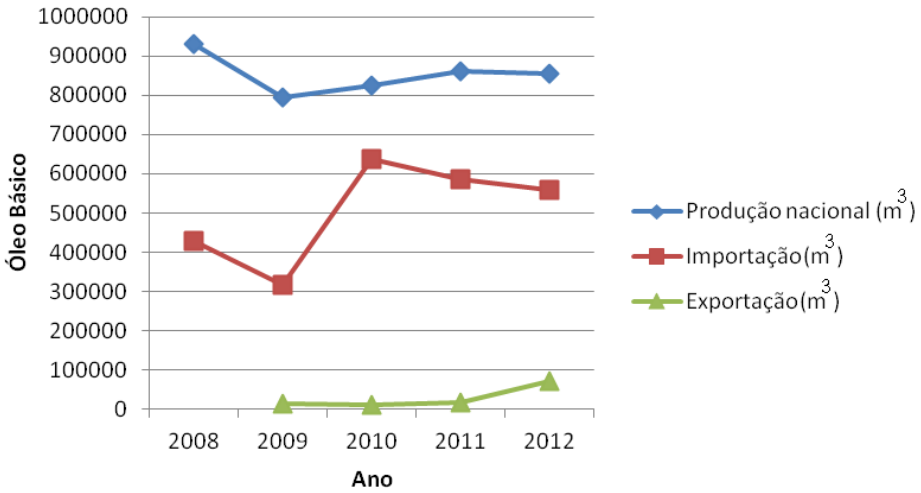

Figura 28. Elaboração própria da evolução do mercado brasileiro de óleos básicos durante 2008 a 2012 [73, 74, 75, 76, 77]

Analisando os valores de produção e importação dos óleos básicos para esses anos (2008 a 2012) temos: no período de 2008 a 2009, tanto a produção quanto a importação diminuíram em consequência da crise mundial ocorrida no final de 2008, o que afetou a demanda de lubrificantes.

No período de 2009 a 2010, a produção de óleo básico em refinarias diminuiu no início de 2010, o que estimulou um grande aumento no volume das importações para que fosse atendida a demanda de lubrificantes no país. No final do ano de 2010 as refinarias aumentaram a sua produção. Em geral, houve um pequeno aumento na produção e um grande aumento na importação.

Durante o período de 2010 a 2011 houve um pequeno aumento da produção e uma diminuição da importação. Durante o período de 2011 e 2012 houve uma pequena diminuição na produção e na importação.

A Tabela 10 destaca a produção de óleo básico de todas as refinarias desde 2000 até 2012 conforme apresentado pela ANP. Durante o ano de 2010, houve uma

diminuição da produção de óleo básico no início do ano nas refinarias; principalmente no mês de março, por exemplo, foi produzido um volume de 29.660 m^3. Durante o mês de setembro, foi produzido um volume de 33.590 m^3 de óleo básico.

Tabela 10. Produção Nacional de óleos básicos entre 2000 e 2012 (m^3) [78]

	Ano												
Dados	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Janeiro	83.540	67.930	66.354	69.934	61.704	58.997	74.689	36.248	51.641	61.766	57.280	35.712	45.977
Fevereiro	78.861	63.841	50.998	62.442	55.393	61.260	49.277	69.112	57.581	48.305	48.628	55.072	35.092
Março	68.270	80.636	57.473	71.109	66.744	42.425	67.936	67.418	72.982	49.341	29.660	52.890	45.002
Abril	89.345	76.576	71.935	54.043	60.941	74.600	71.092	56.088	59.751	56.049	51.181	44.159	51.894
Maio	83.752	66.228	73.814	84.169	71.002	70.270	51.961	41.672	69.414	53.367	57.255	59.327	48563
Junho	80.656	81.353	72.163	63.150	48.732	59.461	52.609	37.046	60.244	50.129	46.534	57.375	56694
Julho	76.855	99.022	73.756	64.470	67.664	70.124	68.822	58.775	64.508	54.064	49.924	42.003	60438
Agosto	63.847	70.128	64.113	67.312	75.010	69.335	82.005	77.459	70.476	60.999	49.607	55.793	60168
Setembro	74.275	63.910	69.149	60.664	53.511	80.293	71.644	62.429	66.475	47.406	33.590	50.139	59898
Outubro	85.159	58.046	72.556	84.523	65.695	74.560	54.390	50.755	64.970	49.210	55.282	42.723	59162
Novembro	61.633	42.477	63.897	62.549	62.193	66.881	69.021	45.074	46.267	29.354	63.708	50.953	42984
Dezembro	69.420	67.329	67.777	62.721	71.528	73.535	72.358	42.977	71.891	33.804	60.505	56.014	42107
Total do Ano	**915.612**	**837.476**	**803.985**	**807.086**	**759.667**	**801.741**	**785.804**	**645.053**	**756.200**	**593.794**	**603.154**	**602.520**	**607.979**

4.2 MERCADO DE RERREFINO

A importância da indústria do rerrefino no Brasil tem sido evidenciada tanto no suprimento de óleos básicos ao mercado de lubrificantes como também na diminuição do impacto dos descartes no meio ambiente[79].

O processo de reciclagem é uma alternativa de desenvolvimento sustentável para o reaproveitamento do óleo lubrificante. A resolução nº CONAMA 362/2005, a Portaria Interministerial nº 464/2007 e a recente Portaria Interministerial do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério de Minas e Energia (MME) 59 de 2012 estabelecem como fundamentais a coleta de óleos usados e o seu rerrefino. A resolução do CONAMA estabelece como percentual mínimo de coleta 30% (nível Brasil), mas essa meta foi aumentada e distribuída em diferentes regiões do país em percentuais distintos a serem atingidos pelos produtores de lubrificantes da região em questão pela Portaria Interministerial nº 464/2007[79].

A Figura 29 mostra os valores da produção de óleo básico rerrefinado durante os anos de 2008 a 2012. Observa-se que nos anos de 2008 e 2009 os dados não se alteraram. Houve uma queda na produção de óleos lubrificantes acabados em 2009 devido à crise mundial, mas mesmo assim esse valor de produção de óleo básico rerrefinado se manteve inalterado, pois a demanda de lubrificantes não é o único fator que interfere nessa evolução, já que a coleta é um fator fundamental na produção de óleo básico rerrefinado.

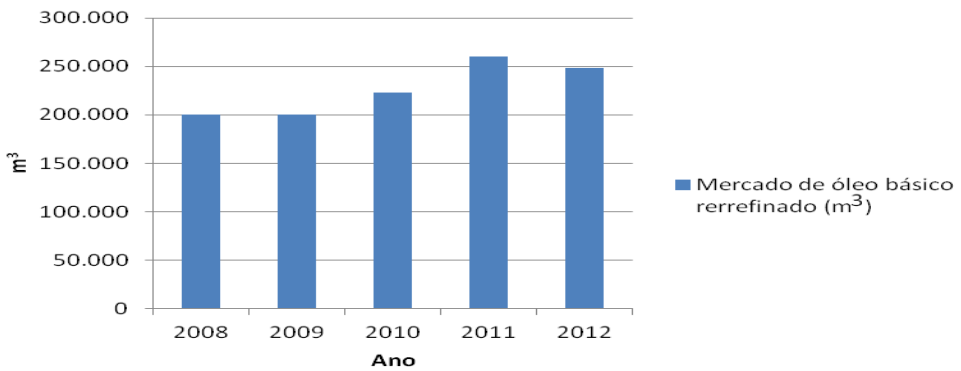

Figura 29. Elaboração própria da produção de óleo básico rerrefinado no Brasil durante 2008 a 2012[73,74,75,76,77]

Aproximadamente 400.000 m^3 de Óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC), foram coletados e destinados à reciclagem, ou seja, à indústria do rerrefino no ano de 2011, o que representa um crescimento de 4,9 % em relação a 2010. A totalidade desse resíduo foi encaminhada às unidades de rerrefino visando à sua utilização, como insumo, no ciclo produtivo[80].

A Figura 30 mostra uma evolução, desde 1995 até 2012, da coleta do óleo usado ou contaminado que será matéria-prima para a produção de óleos básicos rerrefinados. Podemos observar que no ano de 2011 o volume coletado de óleo lubrificante usado é 35% maior quando comparado com o óleo básico rerrefinado de 260.000 m^3, conforme mostrado na Figura 29, pois existem perdas inerentes ao processo de obtenção de óleo básico rerrefinado.

De acordo com a Figura 30, a quantidade de coleta do óleo lubrificante usado em 2009 diminuiu pouco comparada com o ano de 2008, ou seja, a indústria do rerrefino se manteve estável e a tendência nos outros anos foi de crescimento da coleta. Dados do Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de óleos Minerais (SINDIRREFINO) para o ano de 2012 indicam que foram coletados 416.607 m^3 de óleo usado[46].

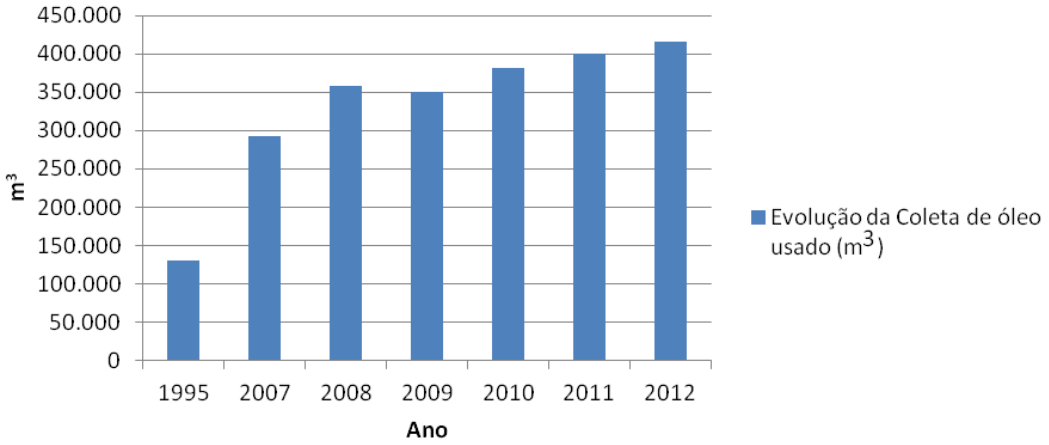

Figura 30. Evolução da coleta de óleo usado ou contaminado em m^3 pelo Sindicom de 1995 até 2011[80] e Sindirrefino em 2012[46]

De acordo com os dados da Tabela 11 que será vista adiante e através de dados de volume de óleo básico rerrefinado conforme mostrado na Figura 29 foi ilustrada na Figura 31 a evolução do % de óleo básico rerrefinado no total dos óleos lubrificantes acabados no mercado brasileiro durante os anos de 2008 a 2012.

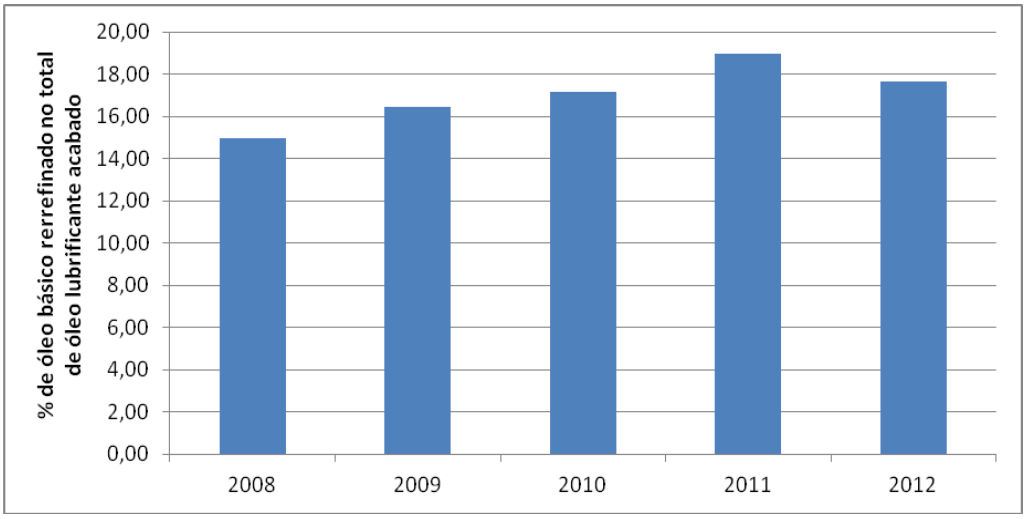

Figura 31. Elaboração própria do percentual do óleo básico rerrefinado no mercado total de óleo lubrificante acabado durante 2008 a 2012[73,74,75,76,77]

4.3 MERCADO BRASILEIRO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES ACABADOS

O mercado brasileiro de óleos lubrificantes continua em seu crescimento iniciado após a crise econômica no final de 2008 (que afetou consideravelmente os números de 2009), atingindo em 2012 o patamar de 1.404.000 m^3 [73].

A Tabela 11 mostra em valores o mercado brasileiro de lubrificantes referente aos anos de 2008 a 2012. A produção local representa o que é produzido internamente no país enquanto o consumo aparente representa o volume total comercializado de óleos lubrificantes no país, sendo o consumo aparente o volume produzido no país (produção local) somado ao volume importado do produto acabado e diminuído do volume exportado do produto acabado.

A quantidade de óleos básicos descrita na Tabela 11 é o volume comercializado pelas empresas distribuidoras diretamente no mercado seja para utilização como extensor de borracha, óleos de processo, ou outra aplicação.

Tabela 11. Mercado, importação e exportação de óleos lubrificantes no Brasil[73,74,75,76,77]

Mercado Aparente (m^3)	2008	2009	2010	2011	2012
Consumo aparente de óleos lubrificantes	1.334.000	1.217.000	1.298.200	1.370.000	1.404.000
Produção Local	1.305.000	1.204.000	1.277.000	1.336.000	1.385.000
Automotivos	780.000	737.000	754.000	801.600	847.000
Industriais	490.000	434.000	500.000	505.400	503.500
Venda de óleos básicos	35.000	33.000	23.000	29.000	34.500
Importação do produto acabado	60.500	43.000	57.800	89.100	56.460
Exportação do produto acabado	31.500	30.000	36.600	55.100	37.460

A atuação e a presença do mercado de lubrificantes na economia brasileira registrou mudanças expressivas na última década. Observa-se que a evolução ocorrida no período, na qual o volume comercializado pelas empresas associadas ao Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e Lubrificantes (SINDICOM) cresceu, aproximadamente, 19% nos últimos cinco anos reflete as tendências gerais da economia verificadas no período[81].

A importação de lubrificantes, ela apresentou, no mercado brasileiro, a seguinte evolução no período 2009-2010: em 2009, os efeitos da crise econômica mundial se fizeram perceber por uma forte diminuição do consumo interno. Neste cenário, a importação de lubrificantes sofreu uma queda em relação ao ano de 2008. Já em 2010, a recuperação do mercado de lubrificantes acabados, motivada principalmente pelo segmento industrial, ocorreu em um momento de redução na produção de óleos básicos nas refinarias no início do ano de 2010, como já foi citado no capítulo. O efeito combinado desses eventos teve como consequência um aumento da importação de modo a complementar a oferta interna[80].

A Figura 32 ilustra uma evolução do consumo aparente dos óleos lubrificantes acabados no Brasil desde 1996 até 2012, com os valores retirados da ANP e da Tabela 11. É observado que o mercado de lubrificantes se apresentou estável durante os anos de 2000 a 2004, já que neste período a economia do país se apresentava estável, o que indica que a demanda de lubrificantes está relacionada

ao crescimento econômico do país. É nítida a queda em demanda em 2009 provocada pela crise mundial iniciada em 2008, já comentada nesta dissertação.

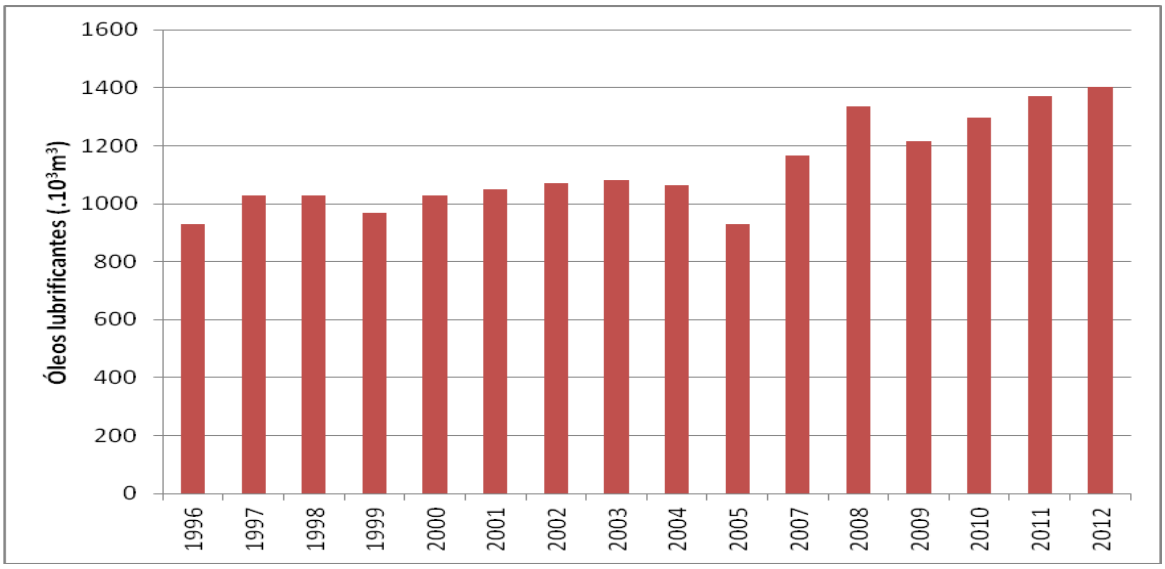

Figura 32. Elaboração própria da Evolução do Consumo Aparente de óleos lubrificantes acabados durante 1996 a 2012[73,74,75,76,77,82]

Na Figura 33 foram destacadas as principais empresas do mercado de óleo lubrificante acabado no ano de 2012. Podem ser observadas algumas empresas que se destacam, como a BR Distribuidora, que mantém sua posição de líder com 20,3%, seguida pela Ipiranga, que detém 14%, a Cosan/Mobil, que representa 13,1%, e a Shell, que se coloca na quarta posição com 11,9%. Em seguida vêm a Texaco/Chevron com 10,8%, a Petronas com 7,1%, a Castrol com 3%, a Total com 2%, a YPF – Repsol com 1,8% e as outras empresas do mercado são responsáveis por 16% do mercado[83].

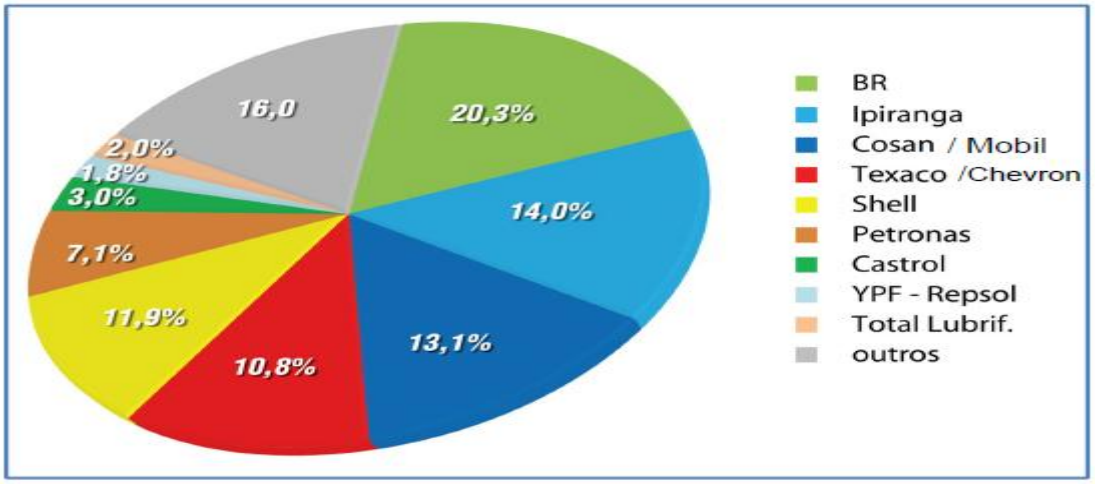

Figura 33. Participação do mercado de óleos lubrificantes acabados em 2012[83]

4.3.1 Mercado Brasileiro de Óleos Lubrificantes nos Segmentos Industriais e Automotivos

A análise por segmento do mercado feita pelo SINDICOM no ano de 2012 apresenta diferenças marcantes entre os setores de óleos lubrificantes industriais e automotivos, conforme ilustrado na Figura 34. Os lubrificantes automotivos tiveram um crescimento de 4,2%, mas os óleos industriais sofreram uma diminuição de 0,4%, quando comparados ao ano de 2011[84].

No segmento automotivo, o crescimento das vendas de óleos lubrificantes no mercado é consequência do aumento do poder aquisitivo, somado à disponibilidade de crédito à população brasileira e à diminuição de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI): estes fatores provocaram o aumento da venda de carros no país, gerando maior consumo de óleos lubrificantes.

As vendas de lubrificantes no setor industrial tiveram redução de 0,4% em 2012 devido à influência negativa do desempenho geral da indústria brasileira, que diminuiu em 2,6%[84].

A Figura 34 mostra esse crescimento do óleo lubrificante no setor automotivo e a diminuição no setor industrial nos anos de 2011 e 2012 no mercado SINDICOM. Se compararmos esses dados com a Tabela 11 da Lubes para o ano de 2012, poderemos observar que os valores referentes aos óleos lubrificantes industriais são menores devido a dois fatores: pelo fato de o SINDICOM representar aproximadamente 83% do mercado e por os óleos lubrificantes de transmissão e engrenagens serem incluídos nos setores automotivos nos dados disponibilizados pelo SINDICOM. Para o ano de 2012 o mercado total de óleos lubrificantes nos setores automotivos e industriais pelo SINDICOM foi de 1.128.501 m^3, conforme mostra a Figura 34. Na Tabela 11 da Lubes foi encontrado um valor de 1.350.500 m^3, o que é coerente, pois o SINDICOM representa uma parte do mercado, não o mercado total.

O mercado de óleos lubrificantes pelo SINDICOM no ano de 2012, não incluindo graxas, foi de 1.163.012 m^3. Se compararmos esse dado com o da Tabela 11, de 1.404.000 m^3, da Lubes, para o mesmo ano, poderemos observar uma coerência nos dados, à medida que, como já dissemos, o SINDICOM representa aproximadamente 83% do mercado de óleos lubrificantes.

* inclui óleos lubrificantes de transmissão e engrenagem
** inclui lubrificantes marítimos

Figura 34. Comparação nos anos de 2011 e 2012 de óleos lubrificantes acabados em segmentos industriais, automotivos, graxas e outros óleos pelo Sindicom[84]

Na comparação dos óleos lubrificantes automotivos e industriais do ano de 2008 até 2011 da Tabela 11, verifica-se que tem sido muito pequena a diferença de percentuais, pois em média há um resultado de 60% de consumo de óleos lubrificantes no setor automotivo e 40% no setor industrial. No ano de 2012 verifica-se que essa relação se modificou devido ao maior consumo de óleos lubrificantes nos setores automotivos[77].

Utilizando os valores da Tabela 11 referentes ao mercado local de lubrificantes, mostra-se como se comportaram os segmentos industriais e automotivos no ano de 2012 através da Figura 35.

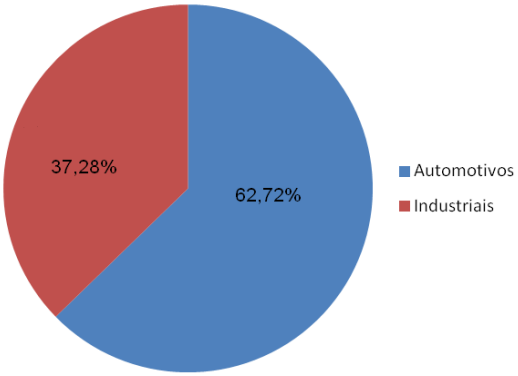

Figura 35. Elaboração própria da utilização dos óleos nos segmentos: industriais x automotivos no ano de 2012[77]

4.4 MERCADO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NAS REGIÕES BRASILEIRAS

A distribuição do percentual de vendas de óleo lubrificante acabado no Brasil em 2012 está diretamente associada ao parque industrial do país. De acordo com a Figura 36 a região Sudeste lidera as vendas do produto com 51,2% (nessa região está localizado um grande número de indústrias de lubrificantes), seguida pela região Sul com 18,4%, Nordeste com 13,5%, Centro-Oeste com 9,6% e Norte com 7,2%[83].

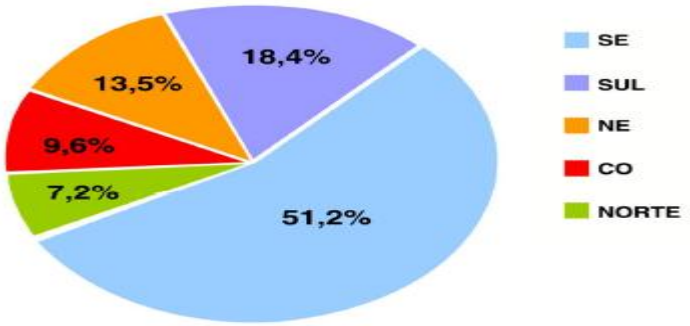

Figura 36. Distribuição percentual das vendas de lubrificante acabado nas regiões brasileiras em 2012[83]

Em todas as regiões do país a comercialização de lubrificantes produzidos pelas empresas associadas ao SINDICOM cresceu, principalmente em função da maior demanda do setor automotivo, o que compensava em 2012 a redução da atividade industrial que levou à diminuição das vendas nesse segmento. Na Figura 37 é ilustrada a distribuição dos óleos lubrificantes acabados mais graxas e outros óleos nas regiões brasileiras e é observado o maior aumento para a região Nordeste, de 6,6%, comparando os anos de 2011 e 2012[84].

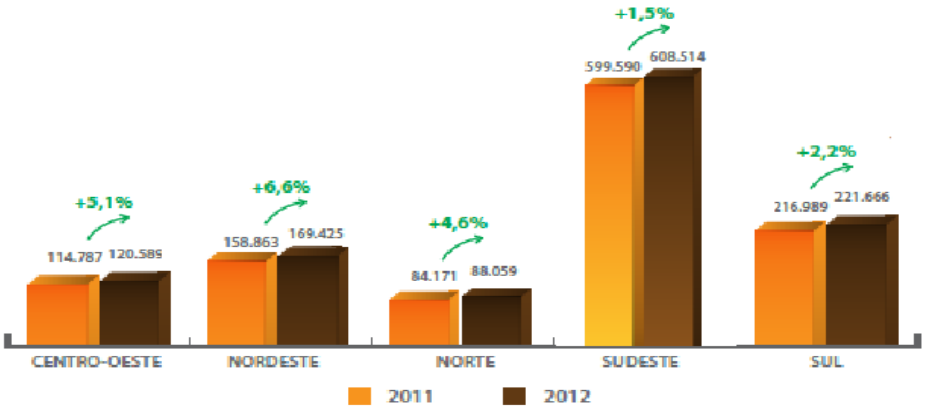

Figura 37. Mercado de óleos lubrificantes acabados mais graxas e outros óleos nas regiões brasileiras em 2011 e 2012 pelo Sindicom[84]

A venda de lubrificantes nos setores automotivos registraram crescimento maior no Centro-Oeste, Nordeste e Norte, na medida em que a economia vem apresentando nos últimos anos, nessas regiões, expansão superior à média brasileira[84]. Na Figura 38 é ilustrada a distribuição dos óleos lubrificantes acabados nos setores automotivos nas regiões brasileiras.

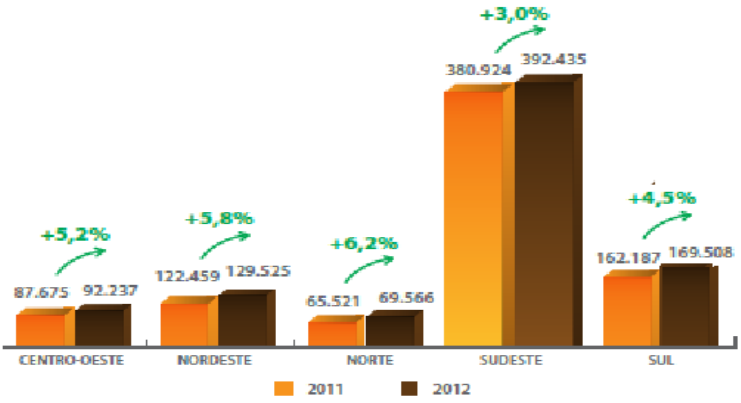

Figura 38. Mercado de óleos lubrificantes acabados nos setores automotivos nas regiões brasileiras entre 2011 e 2012 pelo Sindicom [84]

As vendas de lubrificantes industriais refletiram a estagnação da produção industrial brasileira em 2012. Principalmente em razão do crescimento na demanda por óleos hidráulicos e engrenagens industriais, a região que se destacou em crescimento foi a do Centro-Oeste[84]. Na Figura 39 é ilustrada a distribuição dos óleos lubrificantes acabados nos setores industriais nas regiões brasileiras.

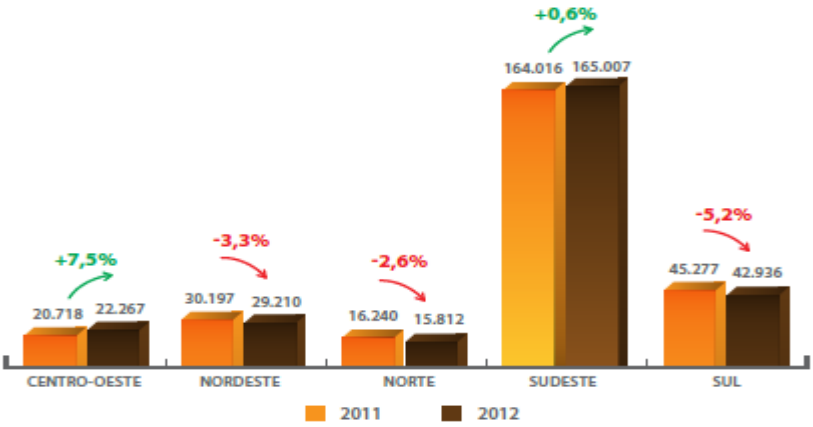

Figura 39. Mercado de óleos lubrificantes acabados nos setores industriais nas regiões brasileiras entre 2011 e 2012 pelo Sindicom [84]

5 DISPONIBILIDADE DO MERCADO BRASILEIRO E MUNDIAL DOS ÓLEOS VEGETAIS

Dentre vários óleos vegetais existentes no Brasil, iremos destacar neste trabalho a mamona, a soja e a canola, comentando suas características e dados gerais de mercado interno e externo**,** já que estes óleos estão sendo usados cada vez mais na fabricação de óleos lubrificantes vegetais.

5.1 MAMONA

O óleo de mamona é utilizado em indústria química como lubrificantes.É o único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de sua composição ser predominante um único ácido graxo, ricinoleico, que lhe confere as propriedades químicas atípicas[85]. A estrutura do ácido ricinoleico está apresentada na Figura 40.

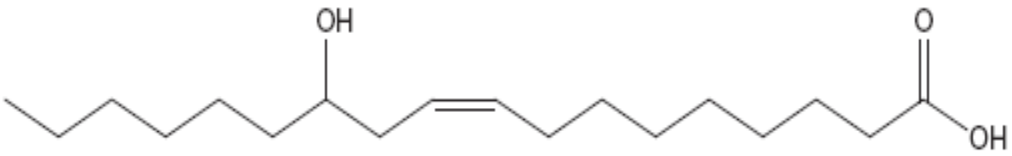

Figura 40. Ácido ricinoleico usado como matéria-prima para novos compostos: ácido oleico[22].

5.1.1 Características

Embora o óleo de rícino seja um lubrificante muito bom, ele tem a desvantagem principal de sua baixa estabilidade à oxidação, assim como os óleos vegetais de uma maneira geral. No entanto, tem alta viscosidade e baixo coeficiente de atrito e é o único dos óleos comuns graxos que apresenta solubilidade em álcool mas não em óleos minerais, devido à presença do grupamento hidroxila em sua estrutura. Algumas propriedades físico-químicas são apresentadas na Tabela 12[86].

Tabela 12. Características típicas de óleo de mamona[86]

%Ácidos graxos			Propriedades físico-químicas	Valor
Saturados	C12	-	Viscosidade cinemática a 40 °C (cSt)	252
	C14	-	Viscosidade cinemática a 100° C (cSt)	19
	C16	-	Índice de Viscosidade	90
	C18	0.3	Valor de Iodo	83
Insaturados	C18:1	8.2	Índice de saponificação, (mg/KOH)	178
	C18:2	3.6	Índice de Acidez, (mg/KOH)	<4
	C18:3	-	Ponto de Fluidez, (°C)	-10
Ácido Ricinoleico	C18:1-OH	87.6	Ponto de Fulgor, (°C)	>300

A história mercadológica mostra que o preço das oleaginosas varia muito, como em todo produto submetido às leis de mercado, ou seja, às leis de oferta e de demanda: mesmo que a demanda de oleaginosas por parte das indústrias seja praticamente constante, quando a produção diminui o preço aumenta muito e, ao inverso, quando a produção é maior, o preço diminui acentuadamente. Tentando evitar essas variações acentuadas dos preços, o Governo Federal, através da CONAB, estipula um preço mínimo de comercialização para garantir ao menos os custos de produção do agricultor[87].

A CONAB é uma empresa pública vinculada ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), criada em 1990, que iniciou suas atividades em 1º de janeiro de 1991. Empresa oficial do Governo Federal, é responsável por gerir as políticas agrícolas e de abastecimento, tendo como objetivo proporcionar o atendimento das necessidades básicas da sociedade, preservando e estimulando os mecanismos de mercado[88].

5.1.2 Mercado nacional da mamona

Na Tabela 13 são apresentados os valores recebidos pelo produtores da região de Irecê/BA. Os preços são referentes a R$/60kg[89].

Tabela 13. Evolução dos preços reais recebidos pelos produtores – Irecê/BA[89],[90]

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2006	27,00	33,00	31,00	29,38	29,00	19,91	31,00	35,60	37,00	36,00	38,20	39,00
2007	40,40	42,25	42,00	42,50	46,86	47,29	49,41	60,13	68,00	74,78	70,91	72,00
2008	72,75	76,25	72,75	74,40	77,75	83,75	67,20	59,75	68,75	72,20	59,75	61,50
2009	63,50	49,50	50,00	51,40	55,00	52,25	52,40	69,50	72,20	74,50	69,50	69,20
2010	70,00	70,00	71,40	70,75	72,75	73,80	74,25	77,00	80,00	69,75	60,25	62,60
2011	62,60	68,75	82,00	93,60	96,25	109,00	103,00	95,50	86,60	93,63	84,75	81,40
2012	97,50	97,60	101,67	108,38	114,54	117,84	118,67	123,22	116,94	104,64	95,50	99,75
2013	99,75	114,43	116,88	121,88	120,75	114,70	121,60	-	-	-	-	-

A produção de mamona no Brasil tem destaque no estado da Bahia, que lidera com 68,4 % conforme mostra a Figura 41.

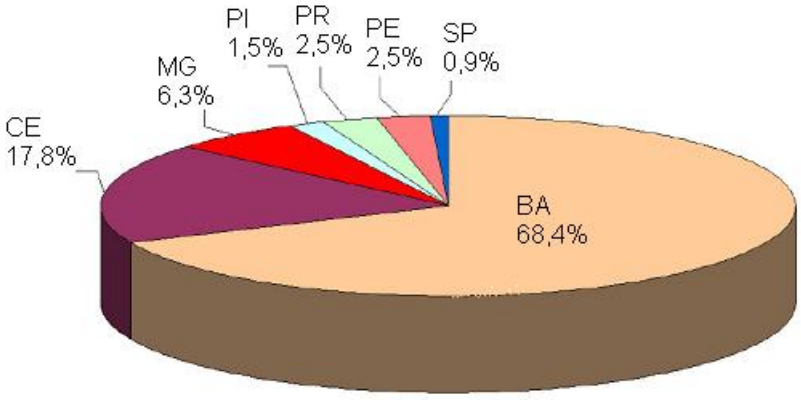

Figura 41. Produção brasileira de mamona em Bagas - Participação % (média) por UF – Safra 2011/12[90]

5.1.3 Mercado externo da mamona

O maior produtor mundial de mamona é a Índia, com mais de 2.300.000 toneladas em 2011, de acordo com dados da Food and Agriculture Organization (FAO), ou seja, bem superior à produção chinesa de 180 mil toneladas, e à produção brasileira que cresceu mais de 25%, entre 2010 e 2011, atingindo mais de 120 mil toneladas, e à moçambicana, com 57 mil toneladas, como apresentado na Figura 42[89].

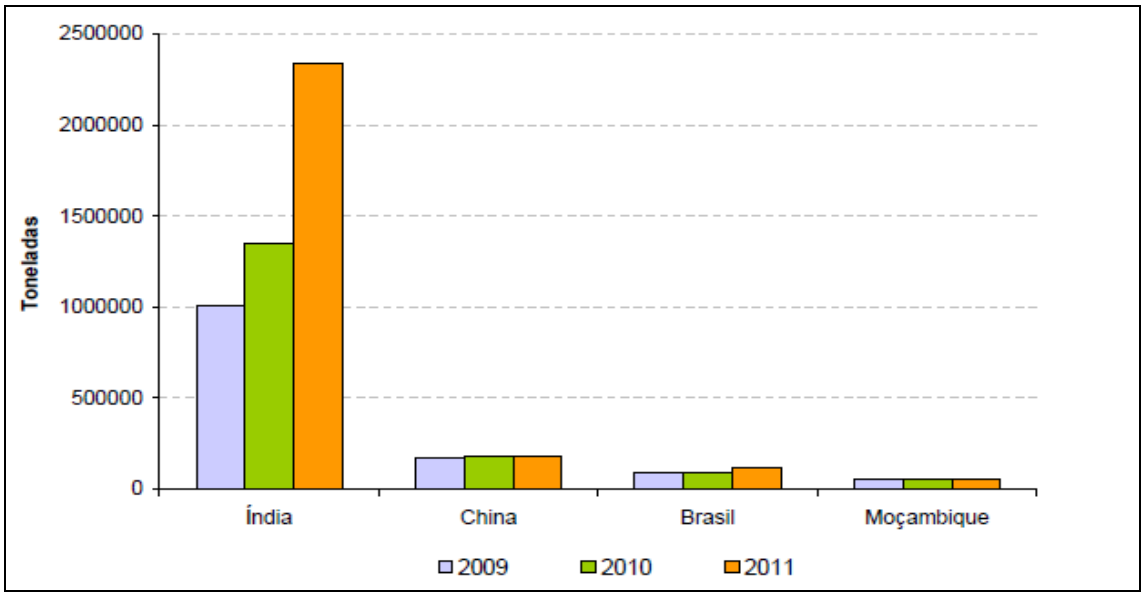

Figura 42. Produção de mamona nos maiores produtores mundiais, entre 2009 e 2011 [89]

5.2 SOJA

A soja é uma planta leguminosa (*glycine max (l.) merrill*) cujo uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir de óleo bruto. Também muito usada na indústria alimentícia, foi introduzida no Brasil com os imigrantes japoneses no começo do século passado no estado de São Paulo. A partir da década de 60, os agricultores do sul do Brasil começaram a plantá-la de forma extensiva. Nos últimos anos, está sendo estudada para a produção de novas tecnologias, principalmente no campo dos biocombustíveis e produção de biodiesel[91].

A utilização desse tipo de insumo tem grande apelo ambiental por ser de fonte renovável, ter um ciclo de uso e ser sustentável como pode ser visto na Figura 43[92].

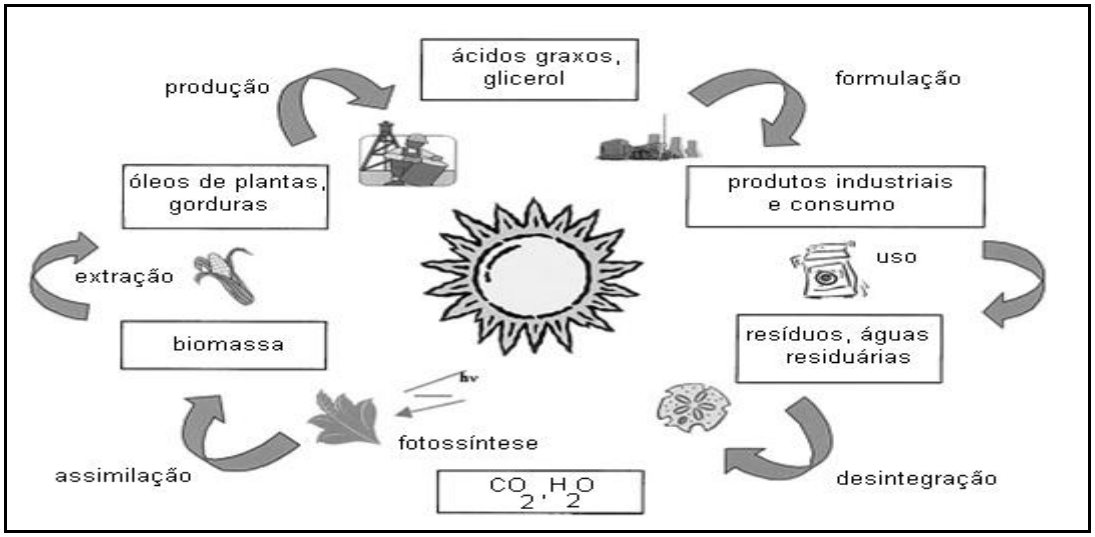

Figura 43. Ciclo de vida de produtos químicos à base de fontes renováveis [92]

5.2.1 Características

O óleo de soja é rico nos ácidos oleico e linoleico, conforme pode ser visto na Tabela 14.

Tabela 14. Composição do óleo de soja[93]

Ácido graxo	Estrutura	Percentual (wt.%)
Palmítico	C16:0	12,7
Esteárico	C18:0	3,9
Oleico	C18:1	23,6
Linolênico	C18:3	4,5
Linoleico	C18:2	55,3

Segundo Legarand (1998), o óleo de soja apresenta boas qualidades de viscosidade e eficiência de trabalho frente a outros óleos sintéticos comerciais. Essas qualidades podem ser resumidas nos itens a seguir: é um material biodegradável, renovável e ambientalmente mais limpo; possui alto ponto de fulgor, oferecendo um menor risco de explosão; o índice de viscosidade em relação aos outros lubrificantes é maior; apresenta baixa perda por evaporação; melhor lubricidade; menor preço em relação a outros lubrificantes industriais[94].

Por outro lado o elevado teor de ácido linoleico confere uma menor estabilidade oxidativa ao óleo de soja, quando comparado ao óleo de mamona[59].

5.2.2 Mercado nacional da soja

Hoje o agronegócio representa praticamente 40% das exportações brasileiras e o complexo soja representa 14% das exportações nacionais[95]. Devido aos problemas climáticos ocorridos em dezembro de 2011, secas e altas temperaturas, principalmente nos estados do Sul do Brasil, a safra brasileira 2011/12 foi estimada pela CONAB em 66,39 milhões de toneladas, uma diminuição de 11,8% em relação à safra anterior – 2010/11, que foi de 75,32 milhões de toneladas. A produção esperada para a próxima safra deve ser por volta de 80,25 milhões de toneladas e dessa forma o Brasil passará a ser o maior produtor de soja mundial[95].

Portanto, além das expectativas de safra recorde, a grande quantidade de demanda internacional, principalmente pela China, deverá confirmar que as exportações brasileiras, para a safra 2012/13, serão próximas de 35,14 milhões de toneladas conforme a Tabela 15.

Tabela 15. Soja em grãos – em mil toneladas – Agosto/12[95]

Descrição/Safra	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13(*)
Estoque Inicial	2.734,7	2.469,7	3.675,6	4.540,1	674,4	2.607,2	3.016,5	961,4
Produção	55.027,1	58.391,8	60.017,7	57.161,6	68.668,2	75.324,3	66.398,9	80.250,0
Importação	48,8	97,9	96,3	99,4	117,8	41,0	50,0	50,0
Suprimento	57.810,6	60.959,4	63.789,6	61.801,1	69.480,4	77.972,5	69.465,4	81.261,4
Esmagamento	23.100,0	31.100,0	32.100,0	30.114,0	34.700,0	38.050,0	34.300,0	38.250,0
Semente e outros	2.283,0	2.450,0	2.650,0	2.450,0	3.100,0	3.920,0	2.954,0	3.805,0
Consumo total	30.383,0	33.550,0	34.750,0	32.564,0	37.800,0	41.970,0	37.254,0	42.055,0
Exportação	24.957,9	23.733,8	24.499,5	28.562,7	29.073,2	32.986,0	31.250,0	35.140,0
Estoque final	2.469,7	3.675,6	4.540,1	674,4	2.607,2	3.016,5	961,4	4.066,4

(*) – Estimativa

5.2.3 Mercado Externo da Soja

O consumo mundial de soja vem aumentando gradativamente nos últimos anos. Este consumo está associado ao crescimento da população mundial e ao aumento do poder aquisitivo das pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento como China, Índia e Brasil[95].

A China, que é responsável por 64% da demanda mundial até 2012, vem incrementando consideravelmente suas importações, aumentando de 37,81 milhões de toneladas, na safra 2007/2008, para 57,50 milhões de toneladas na safra 2011/2012 – e mesmo com a desaceleração econômica ocorrida no país deve continuar com suas importações aquecidas. Sendo assim, o USDA estima que na safra 2012/13 os chineses devem importar cerca de 59,50 milhões de toneladas, um incremento de 3% em relação à safra 2011/12[95].

É de se considerar que no quadro geral de oferta e demanda divulgado pelo USDA em agosto de 2012 foi estimado que o mundo produziria cerca de 260,46 milhões de toneladas na safra 2012/13, ou seja, um aumento de aproximadamente 10,34% em comparação à safra 2011/12[95].

Em maio de 2012, segundo o USDA, a safra 2012/13 americana estava estimada em 87,22 milhões de toneladas, conforme mostrado na Tabela 16. Em agosto de 2012, o USDA estimou que a safra americana seria de 73,27 milhões de toneladas, ou seja, uma redução de aproximadamente 16% em relação à estimativa no mês de maio, ficando este país em segundo lugar no *ranking* mundial dessa oleaginosa (devido ao clima quente e seco desta região) [95].

Tabela 16. Produção Soja Mundo - Milhões de toneladas[95]

País/Safra	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13 Maio*	2012/13 Agosto*
Estados Unidos	72.859	80.749	91.417	90.605	83.172	87.226	73.265
Brasil	61.000	57.800	69.000	75.500	65.500	78.000	81.000
Argentina	46.200	32.000	54.500	49.000	41.000	55.000	55.000
China	13.400	15.540	14.980	15.100	13.500	13.100	12.600
Índia	9.470	9.100	9.700	9.800	11.000	11.400	11.400
Paraguai	5.969	3.647	7.377	8.373	4.000	7.800	8.100
Canadá	2.696	3.336	3.507	4.345	4.246	4.300	4.500
Outros	7.961	9.464	10.605	12.016	13.609	14.595	14.594
Total	**219.555**	**211.636**	**261.086**	**264.739**	**236.027**	**271.421**	**260.459**

(*) – Estimativa

5.3 CANOLA

Canola é um termo genérico internacional, não uma marca registrada industrial – como antes de 1986 – cuja descrição oficial é: um óleo com menos de 2% de ácido erúcico[96].

A canola (*Brassica napus L. var oleífera*), cujos grãos atualmente produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 40% de óleo, é uma oleaginosa pertencente à família das crucíferas (como o repolho e a couve) e ao gênero *Brassica*[96].

5.3.1 Características

A composição dos ácidos graxos do óleo de canola foi determinada e mostrada de acordo com a Tabela 17. Podemos observar na tabela que a cadeia oleica apresenta o maior percentual dos ácidos graxos com um valor de 56,8%.

Tabela 17. Composição do óleo de canola[20]

Ácido graxo	Estrutura	Posição da dupla	Percentual (wt.%)
Palmítico	C16:0	-	4.8
Esteárico	C18:0	-	1.5
Oleico	C18:1	9	56.8
	C18:1	10	3.9
Linoleico	C18:2	9,12	21.2
Linolênico	C18:3	9,12,15	11.8

5.3.2 Mercado Nacional da Canola

Os preços do grão de canola relativos ao mês de julho/12, pagos aos produtores na região Centro-Sul do Brasil, apresentaram, em média, R$ 63,26/60 kg, ou seja, aumento de 12,1% comparados ao mês de junho/12[97].

O mercado interno de grãos sofreu um período de grandes alterações: os preços em julho de 2012 subiram nas principais regiões produtoras, as regiões do Paraná e Rio Grande do Sul. O preço mínimo para a safra 2012/13 para o grão de

canola a partir de 01 de julho de 2012 e até 30/06/2013 registrou um aumento de 12,7% em relação aos preços mínimos durante a safra de 2010/11 conforme mostra a Tabela 18[97].

Tabela 18. Preços mínimos para grãos de canola – Safra 2012/13[97]

Produto	Regiões amparadas	Unidade	tipo	Preços mínimos R$/unidade		
				Safra 2010/11	Aprovado safra 2012/13	Var %
Canola	Sul,SE, CO	60kg	único	28,26	31,86	12,74

O plantio de canola no Brasil se localiza, principalmente, nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, mas também há algumas lavouras no Mato Grosso do Sul e em Santa Catarina. Devido à falta de estímulo para o setor produtivo aliada às péssimas condições climáticas no período do plantio, essa cultura vem apresentando considerável diminuição de área de produção no país, tendo a área diminuído num percentual em torno de 9,2%, comparado com a safra passada[97].

A Figura 44 mostra a participação dos estados produtores para a safra 2012/13, com destaque para o Rio Grande do Sul, com participação na produção de 63,7% e na área plantada de 68,1%, seguido do Paraná com participação na produção de 31,2% e de 24,9% na área plantada no país. Em função do clima mais favorável para a cultura, o Sul também se destaca com uma produtividade média em torno de 1.395 Kg/ha. No Paraná, é esperada uma produtividade média em torno de 1.720 Kg/ha: é a maior produtividade do Brasil para a safra 2012/13[97].

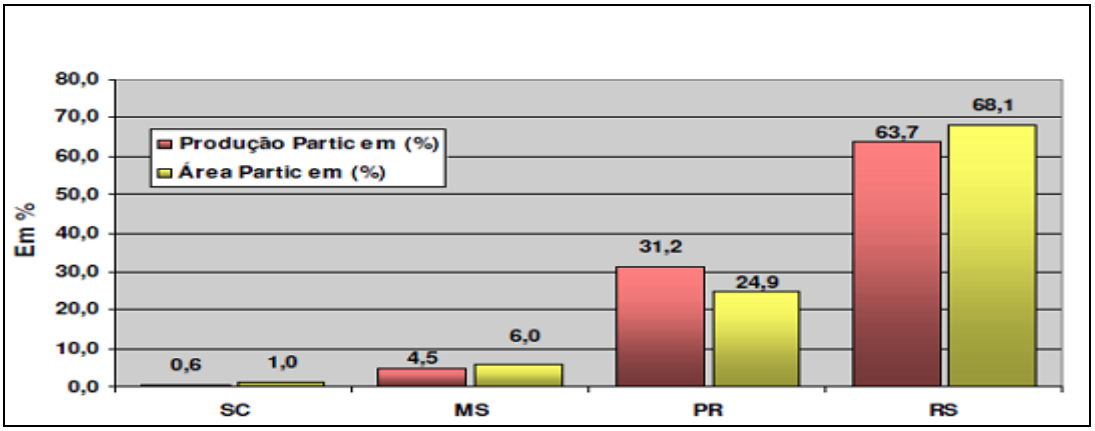

Figura 44. Participação em percentuais em área e produção nos principais estados brasileiros referente ao grão de canola[97]

5.3.3 Mercado externo da canola

A Figura 45 mostra a produção e o consumo dos principais países do mundo, evidenciando que os maiores produtores e consumidores mundiais do grão de canola estão localizados na União Europeia, composta por 27 países e com uma produção prevista para a próxima safra de 2012/13, segundo o USDA, referente ao mês de julho/12, de 18,0 milhões de toneladas e um consumo da ordem de 21,7 milhões de toneladas. O segundo maior consumidor desse grão é a China, com uma previsão de 15,7 milhões de toneladas[97].

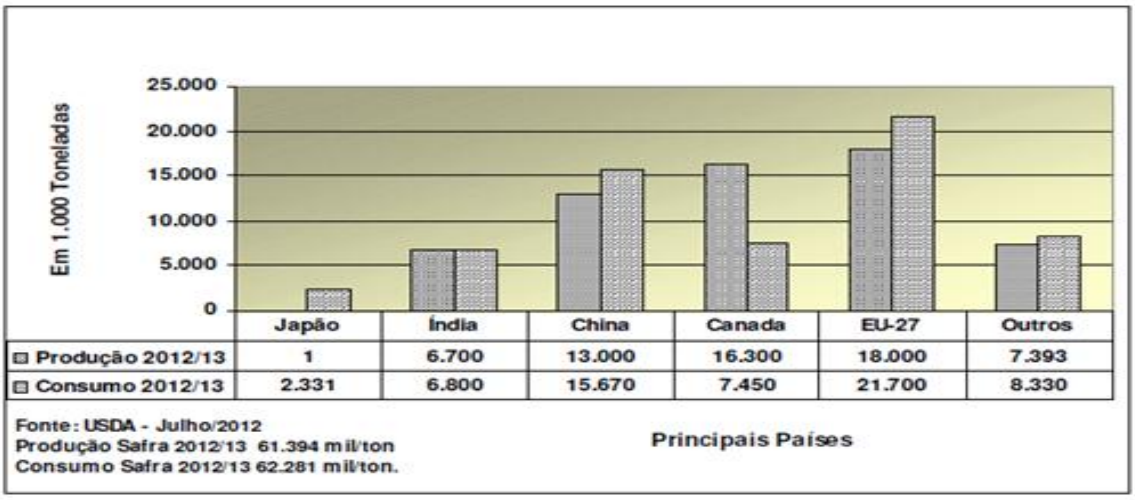

Figura 45. Produção e consumo mundial do grão de canola[97]

Pela Figura 46, constatamos que a previsão de produção do óleo de canola para a safra 2012/13 é em torno de 23,7 milhões de toneladas, ou seja, uma diminuição de 0,4% em relação à safra 2011/12, que apresentava um consumo mundial em torno de 23,8 milhões de toneladas[97].

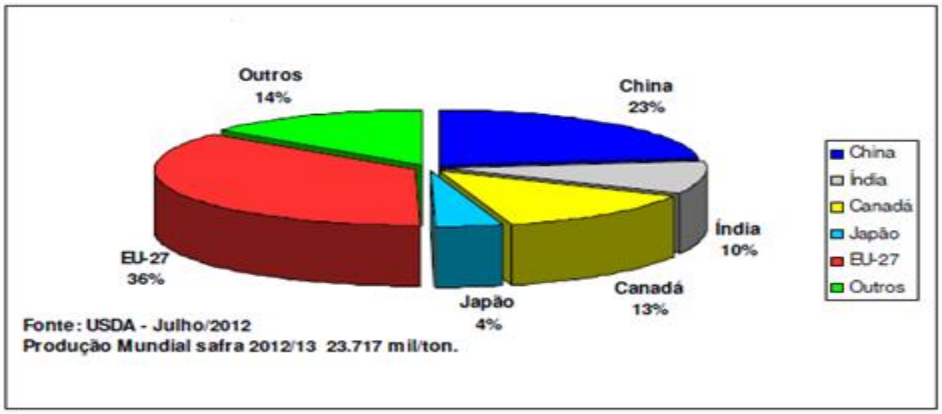

Figura 46. Produção mundial do óleo de canola[97]

No Japão, é baixa a produção de grãos e de óleo de canola, o que torna o país um grande importador, pois produz, inclusive, quantidade de óleo insuficiente para o consumo interno do país.

Foram apresentados os mercados nacional e internacional dos óleos vegetais que são as matérias-primas para a produção de óleos biolubrificantes. Cabe lembrar que, embora óleos como o de canola e soja sejam muito conhecidos por atenderem à indústria alimentícia, esses óleos contêm os ácidos graxos principais em suas estruturas e, portanto, podem ser utilizados com a finalidade lubrificante; como já foi indicado nesta tese, existem empresas de biolubrificantes que já os utilizam nessa aplicação.

6 TENDÊNCIAS ATUAIS DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES DE BASE VEGETAL NO BRASIL

6.1 DESCRIÇÃO GERAL DO MERCADO DE BIOLUBRIFICANTES

Os biolubrificantes estão disponíveis tanto no Brasil quanto no mercado internacional. Embora seu consumo seja pequeno se comparado ao dos óleos minerais, os biolubrificantes apresentam inúmeras aplicações: estão presentes em óleos para motor de dois tempos, para motor náutico, para motosserra, em óleos para equipamentos agrícolas, como fluidos de corte e hidráulicos etc. Esse consumo pequeno se expressa, no ano de 2010, pelo fato de que os biolubrificantes corresponderam a 1% do total de lubrificantes consumidos mundialmente, sendo que no Brasil representaram uma parcela pequena, que é de apenas 0,1%[98].

Os óleos lubrificantes minerais são, em geral, contaminantes para o meio ambiente devido ao potencial poluidor de seus componentes químicos e sua extração a partir do petróleo, que não é renovável. Existem também no mercado organizações ecologicamente favoráveis ao meio ambiente: no ano de 2012, na cidade de Campinas, a empresa VGBIO (VGBIO lubrificantes) iniciou a fabricação de lubrificantes de base vegetal[99].

Pesquisas que monitoram testes com óleos hidráulicos baseados em óleo de canola utilizados em equipamentos agrícolas e que acompanham fatores tais como desempenho, biodegradabilidade e ecotoxidade como a de Remmele e Widmann, realizada no decorrer de 6 anos, dão sustentação a essa iniciativa da VGBIO, instalada no início do ano de 2012 e que tem uma capacidade de produção de 170 mil litros de biolubrificantes e 10 mil quilos de graxa de origem vegetal ano[99]. Nesta pesquisa, as máquinas agrícolas foram operadas por mais de 35.000 horas e percorridos mais de 21.000 km. Os resultados mostraram que esses óleos baseados em canola foram adequados para o uso nessas máquinas. Além disso, baixa ecotoxicidade e alta biodegradabilidade também foram observadas neste estudo[100].

6.2 APLICAÇÕES DOS ÓLEOS VEGETAIS EM *METAL WORKING*

Os fluidos de *metal working* (MWFs), são um tipo de lubrificante bastante utilizado em operações de usinagem. A maior parte dos MWFs é baseada em óleos minerais que aumentam a produtividade e a qualidade das operações através da lubrificação durante os processos de corte[101]. Existem vários tipos de MWFs que podem ser utilizados para usinagem: óleos integrais, que são derivados do petróleo, fluidos sintéticos e emulsões, denominados óleos solúveis. Há no mercado vários tipos de fluido de corte, cada um com características próprias e indicados para diferentes processos mecânicos. Existem fluidos de corte que são agressivos ao meio ambiente como, por exemplo, o óleo integral, que é imiscível em água e não é biodegradável[102].

Por outro lado, a ampla utilização de fluidos de corte apresenta riscos à saúde humana e ao meio ambiente durante o período em que são aplicados nos equipamentos. Aproximadamente 80% de todas as doenças causadas nos operadores em operações de usinagem são devidas ao contato da pele com esses fluidos. Estudos mostram que nos Estados Unidos cerca de 700.000 a 1.000.000 de trabalhadores estão expostos ao fluido de corte e podem sofrer irritação ou alergia.

Nota-se atualmente no mercado a demanda crescente por materiais biodegradáveis, menos tóxicos e de menor volatilidade, o que faz aumentar a utilização de óleos vegetais em substituição aos óleos minerais, principalmente em operações de usinagem[101].

6.2.1 Usinagem

A usinagem é um dos processos mais utilizados na manufatura: o fluido de corte aumenta a vida útil da ferramenta, minimiza a geração de calor durante a operação, auxilia na remoção dos cavacos e geralmente melhora a eficiência do sistema produtivo. Por outro lado, em função da multiplicidade de efeitos negativos gerados pela utilização dos fluidos de corte de origem mineral, como os danos ao meio ambiente e a agressão à saúde do operador, os fluidos de corte de origem vegetal estão sendo cada vez mais estudados e valorizados[103].

A tendência mundial hoje, principalmente nos países europeus, é a redução de utilização de fluidos de corte integral: os riscos que podem causar à saúde humana são o fator preponderante nessa restrição. Exemplificando, o uso de cloro em fluido de corte vem encontrando restrições em alguns países, como na Alemanha, em virtude dos danos que os compostos clorados podem causar quando do descarte incorreto[102].

O processo de usinagem das peças metálicas impõe a utilização de um líquido de arrefecimento a fim de preservar tanto a ferramenta como o produto trabalhado dos danos causados pelo calor gerado na operação. Se o óleo evaporar, cria-se uma névoa tóxica que pode atacar a pele, as mucosas e o sistema respiratório do operador da máquina no processo de usinagem[104].

Quanto à utilização de óleos biolubrificantes em usinagem, pode-se citar a empresa NOTOX – Indústria e Comércio de Biolubrificantes, que se encontra localizada em Piracicaba, no interior de São Paulo. Pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias são conduzidas pela NOTOX com o objetivo de desenvolver novos produtos que atendam o mercado de biolubrificantes[105].

Os óleos vegetais de mamona, principais produtos desenvolvidos por essa empresa, apresentam solubilidade em água e em aditivos naturais, sendo 100% biodegradáveis. A utilização de produtos deste tipo apresenta, conforme já indicado, algumas vantagens como: aumento na vida útil das ferramentas em operação de usinagem, isenção de odores desagradáveis, melhores propriedades de proteção aos metais não ferrosos, redução nos custos do descarte do óleo lubrificante e atoxidade para os operadores envolvidos na operação[105].

Alves desenvolveu um fluido de corte vegetal à base de óleo de mamona, o qual não apresentava em sua formulação nenhum constituinte destrutivo ao meio ambiente e à saúde do operador. Além de ser biodegradável, este produto obteve bons resultados quando utilizado no processo de retificação, semelhantes aos resultados obtidos quando usado o óleo lubrificante mineral[104].

Na Figura 47 é ilustrado o fluido de corte de origem vegetal de mamona que está sendo utilizado em retífica.

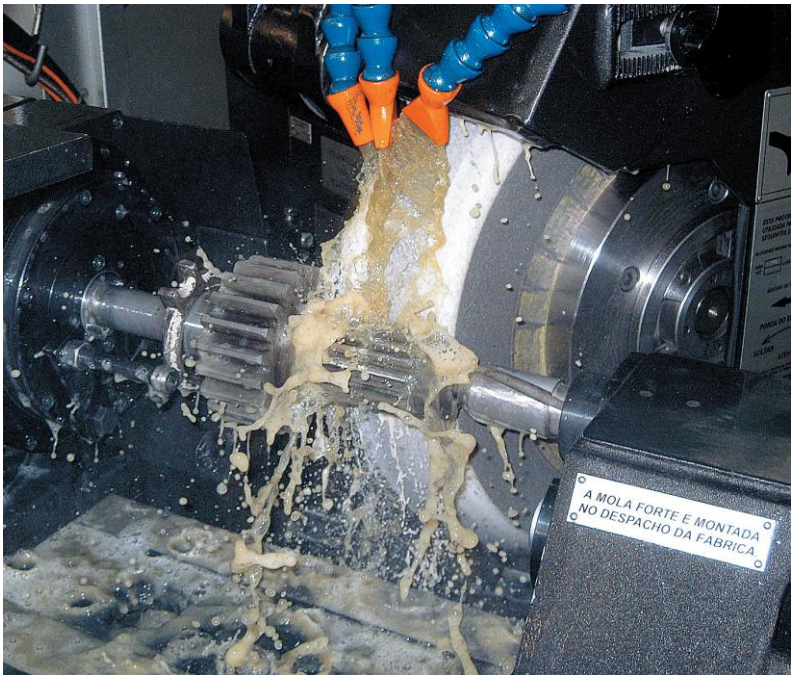

Figura 47. Óleo lubrificante de mamona em retífica como fluido de usinagem[104]

Nesse sentido, foi realizado um trabalho na Universidade de São Paulo no qual a invenção ilustrada acima refere-se a um fluido de corte para o processo de retificação que tem como constituinte básico óleo de mamona sulfonado, com formulação composta por três aditivos que será apresentada no decorrer desse capítulo.

Esse trabalho se baseia em um fluido de corte emulsionável cuja composição possui alta concentração de óleo de mamona sulfonado (40%), totalmente emulgado (emulsionado) em água. Tal solução concede ao fluido um poder lubrificante similar ao encontrado no óleo integral; desempenho mecânico comparável ao do óleo integral, que tem menores impactos ambientais[102].

A utilização de fluido de corte de base de óleo mamona sulfonado (Liovac 80) e água contém alguns aditivos como bactericida-Bakzid (composto derivado de triazina), anticorrosivo-Liovac 3147 (compostos de ésteres sintéticos) e agente emulgador-Liovac 4260 (ésteres sintéticos de poliglicol) que é um tensoativo[102].

A Tabela 19 apresenta a formulação final do fluido de corte de base de mamona.

Tabela 19. Formulação do fluido de corte de mamona para usinagem[102]

Reagente	Composição(%)
Bakzid	5
Liovac 4260	5
Liovac 3147	15
Liovac 80	40
Água	35

Foram realizados testes para avaliar a qualidade do produto final e garantir que o mesmo estivesse dentro das especificações exigidas para o processo de retificação.

A Tabela 20 indica as características físico-químicas medidas, tanto as quantitativas quanto as qualitativas.

Tabela 20. Características físico-químicas do fluido de corte de mamona para usinagem[102]

Característica	Valor
pH	10,19
Viscosidade Dinâmica	129,41 MPa.s
Grau de corrosão	0
Formação de espumas	Pouca
Estabilidade	Estável

Este produto difere dos existentes no mercado em algumas características: possui alta porcentagem de óleo de mamona sulfonado; utiliza pequena quantidade de aditivos, a maioria dos óleos comerciais apresenta em torno de 10 aditivos; é biodegradável e, além disso, contém água podendo atingir um percentual de até 45%, formando uma emulsão que proporciona excelentes resultados, se comparados com outros fluidos de corte cujo teor de água chega a 3-6%[102].

6.3 LUBRIFICAÇÃO EM MOENDAS

6.3.1 Lubrificação em Usina de Açúcar

Conjuntos de rodas dentadas destinadas à transmissão de movimento e potência é a definição das engrenagens, que têm como finalidade transmitir o movimento de rotação de um eixo para o outro.

Grande parte das engrenagens abertas não possui cobertura, enquanto outras são parcialmente cobertas para protegê-las contra pó e as impurezas. Neste último caso, as engrenagens só podem ser lubrificadas intermitentemente e muitas vezes somente em intervalos regulares[1].

Nessas engrenagens abertas, a seleção do lubrificante deve levar em consideração as condições de funcionamento das mesmas[1], ou seja, temperatura, método de aplicação, condições ambientais e material da engrenagem.

A temperatura a que as engrenagens são submetidas deve necessariamente ser observada para que seja possível a conservação do filme lubrificante. O calor diminui a viscosidade do óleo lubrificante e, consequentemente, a película de óleo lubrificante torna-se mais delgada. Em face disto, temperaturas mais elevadas de aplicação podem demandar óleos mais viscosos na aplicação. É desejável que, durante a aplicação, o lubrificante tenha a viscosidade apropriada para ela. Ambientes limpos são fundamentais para que a lubrificação seja eficiente: se as engrenagens estiverem expostas a impurezas, o lubrificante se contaminará e poderá haver abrasão dos dentes ou depósitos na raiz dos dentes, o que pode desalinhar os mancais do equipamento e, dessa forma, comprometer a vida útil do mesmo. Também é importante conhecer o tipo de material de engrenagem para verificar o tipo do óleo lubrificante a ser utilizado no equipamento[1].

Com o aumento significativo do mercado para a cana-de-açúcar assim como o consequente crescimento da produção nas usinas decorrente do processamento de quantidades cada vez maiores de matéria-prima, além dos períodos de safra estarem se tornando cada vez mais extensos, tem sido exigida das usinas a utilização de lubrificantes que otimizem a produção e reduzam os impactos ambientais. A atuação dos lubrificantes se dá na etapa de moagem, quando a cana é desfibrada e esmagada sucessivamente. Os óleos asfálticos, lubrificantes

historicamente utilizados para esta aplicação, apresentam como principais desvantagens serem derivados do petróleo e não serem certificados para o contato com alimentos. Como a matéria-prima que é a cana se tornará um produto final para o consumo humano, o açúcar, empresas químicas como a DOW estão utilizando lubrificantes à base de polialquileno biodegradável. Esses produtos, além de serem caracteristicamente sustentáveis, proporcionam maior proteção aos equipamentos uma vez que evitam desgaste dos seus componentes e possuem certificação alimentícia[106].

Há alguns anos, por causa das sucessivas crises financeiras pelas quais passou este setor, os critérios determinantes na escolha dos lubrificantes a serem utilizados em destilarias de álcool e usinas de açúcar eram quase que unicamente o preço e o prazo de faturamento[107].

Assim, apesar do preço do lubrificante de base asfáltica ser baixo, mesmo sendo o sistema de lubrificação dos mancais de moenda por perda total, as dificuldades no descarte dos óleos de base asfáltica e as restrições por parte dos compradores de açúcar ao uso desses produtos estimularam o desenvolvimento de óleos sintéticos com bases não asfálticas. Estes novos lubrificantes apresentam uma melhor lubrificação dos mancais de moenda, possuem maiores Índices de Viscosidade e menores pontos de fluidez, evitando a obstrução das tubulações de lubrificação durante a estação do inverno. Além do mais, são produtos muito mais favoráveis ao meio ambiente devido à sua melhor biodegradabilidade[108].

Atualmente, a lubrificação do conjunto de engrenagens bi-helicoidais e de dentes retos passou a ser feita com lubrificantes de base sintética, de elevados IV, ótima adesividade e altas cargas de extrema pressão. Entre as vantagens da utilização destes lubrificantes estão o aumento da vida útil das ferramentas e sua atuação mais favorável em relação ao meio ambiente que a dos produtos de base asfáltica. A Figura 48 apresenta a foto de uma moenda utilizada em indústria de cana-de açúcar [107].

Figura 48. Moenda utilizada em indústria de cana-de-açúcar[107]

Algumas empresas como a Brasil Química e Tecnologia (BRQ), produzem bases de lubrificantes vegetais de alto desempenho, como BRQ VG – 480/4000/20000**,** que oferecem baixa taxa de cisalhamento, alta adesividade, baixo ponto de fluidez e alto índice de viscosidade. Podem ser aditivados com os mais diversos aditivos de extrema pressão e antidesgaste[109].

Esses produtos de origem vegetal são recomendados principalmente para formulação de lubrificantes de mancais, rodas dentadas, engrenagens industriais e em usinas de açúcar e álcool. Devido ao seu alto peso molecular, os lubrificantes desenvolvidos com o BRQ VG -480/4000/20000 proporcionam maior aderência na peça lubrificada[109].

As moendas das usinas de cana-de-açúcar compostas por rolos de entrada, de saída e de superior são equipamentos mecânicos submetidos a esforços elevados e trabalham sob condições extremamente adversas. O eixo das moendas é apoiado em mancais de deslizamento ou planos. A introdução do óleo lubrificante nos mancais de moenda é realizada por sistema de lubrificação pressurizada e com temporização[108].

Paradas não programadas durante a safra provocam elevadas perdas às destilarias de álcool e usinas de açúcar. Essa é uma das razões para que os óleos lubrificantes de base asfáltica para uso em mancais de moenda estejam sendo rapidamente substituídos por óleos lubrificantes sintéticos ou de base sintética. A

tendência é que os óleos lubrificantes de base asfáltica tenham seu consumo bastante reduzido, sendo utilizados somente em destilarias de álcool mais antigas[108].

6.4 EMPRESAS COM ATUAÇÃO NA ÁREA DE BIOLUBRIFICANTES

A empresa VGBIO tem previsão de investimentos de aproximadamente R$ 13 milhões para o ano de 2013; estão incluídos nesse orçamento a construção de uma nova unidade fabril e laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, além de certificações e patentes. A VGBIO estima um faturamento em torno de R$ 25 milhões em 2012 e um crescimento de aproximadamente 20% ao ano para os próximos cinco anos[110].

A tecnologia da fabricação de lubrificantes e graxas biodegradáveis à base de óleos de grãos como soja, girassol, linhaça, nabo forrageiro, mamona e pinhão manso, entre outros óleos, foi desenvolvida pela empresa VGBIO. A empresa introduziu no mercado, ainda com o nome de Biosynt, um óleo solúvel para corte em usinagem e óleos hidráulicos para a indústria de transformação mecânica de metais[110].

Além do mercado já existente no setor de mineração, equipamentos e esteiras transportadoras de minério, como por exemplo na Vale do Rio Doce, os biolubrificantes têm mercado em potencial no agronegócio: vêm sendo demandados para a utilização em implementos agrícolas como tratores, colheitadeiras e plantadeiras. Outra aplicação se dá em trilhos de trem para diminuir o atrito. Na empresa América Latina Logística (ALL), concessionária da maior rede de malha ferroviária do Brasil, as graxas de base vegetal e biodegradáveis produzidas pela VGBIO começam a ser usadas nos trilhos em trajetos nos quais é necessária a redução do atrito com as rodas do trem. Nesse caso, há uma vantagem ambiental específica na utilização dos biolubrificantes, pois a utilização das graxas convencionais, de origem mineral, contamina o solo, podendo inclusive ser atingido o solo de reservas ambientais por onde passam essas linhas[99].

Um dos produtos da VGBIO, o óleo protetivo, já está sendo exportado para a *Oxifree Metal Protection*, empresa norte-americana localizada no Texas. A empresa

também está concretizando parcerias com empresas nos mercados norte-americano, europeu e asiático[110].

Uma outra empresa, a Aboíssa, especializada em óleos vegetais e animais, comercializa diversos tipos de produtos para óleos lubrificantes e graxas, como o óleo de mamona e seus derivados, sebo e ácidos graxos, tendo cada óleo suas propriedades. Como exemplo dessas diferentes propriedades podem ser citados o óleo de mamona, que tem ótima aderência a superfícies úmidas e grande resistência a baixas temperaturas, e o ácido graxo de soja, que tem boa fluidez.

Por sua vez, a Cargill, na sua unidade de Óleos Industriais e Lubrificantes, oferece um portfólio extenso de produtos: uma completa linha de óleos vegetais, ácidos graxos, glicerinas e poligliceróis, ésteres sintéticos e naturais, óleos modificados como os polimerizados e hidrogenados dentre outros.

Os principais óleos vegetais são os de base de soja, canola, girassol, girassol alto oleico, milho, algodão, coco, palma, oleína de palma e outros. A Cargill ressalta os de maior estabilidade oxidativa como os alto oleicos Agri-Pure 60 (canola) e Agri-pure 80 (girassol). Estes produtos da empresa já tem sido aplicados na área de *Metal Working*, fluidos hidráulicos e lubrificação para correntes e graxas[5].

7 ANÁLISE CRÍTICA DE CONTATOS COM ESPECIALISTAS E EMPRESAS

Neste capítulo, são apresentados os resultados da dissertação na seguinte ordem: a) comentários dos especialistas de óleos lubrificantes vegetais e análise crítica; b) analise das respostas dos questionários enviados às empresas; c) estudo de caso da visita técnica a uma empresa.

7.1 ANÁLISE DO MERCADO DE LUBRIFICANTES VEGETAIS

Nesse item, os dados foram obtidos em contatos com especialistas do mercado e, por causa disso, é importante assinalar que todos os dados daqui por diante não terão suas fontes identificadas por questões éticas.

“A tendência de aplicação dos biolubrificantes aponta para seu uso em ciclos abertos, onde há o contato do produto com o solo e água. Como exemplo tem-se as moendas de usinas de cana–de-açúcar, motosserras e trilhos ferroviários. Nas linhas de trem se justifica também o uso do biolubrificante, pelo fato de essas aplicações estarem próximas ao solo e, no caso de chuvas, esses óleos poderem ser arrastados para o meio ambiente, inclusive em regiões de preservação ambiental. Outra tendência de aplicação é em guindastes de plataformas marítimas a fim de evitar contaminação da água pelo óleo mineral.

Devido à baixa inflamabilidade dos biolubrificantes, estes são utilizados em elevadores públicos, escadas rolantes, parques temáticos, lugares onde a aplicação de óleo lubrificante inflamável é perigosa e questionável.

O lubrificante de base vegetal não substitui integralmente o óleo derivado do petróleo, pois existem situações em que o uso dos derivados do petróleo ainda é relevante, como sua utilização em motores automotivos. Depois da sua utilização estes derivados são reaproveitados através do mercado de rerrefino e têm pouco impacto no meio ambiente. O óleo vegetal não tem sido utilizado em motores de carro ainda por causa da baixa estabilidade oxidativa e de seu preço de produção, que o torna inviável. Como as condições de trabalho são de alta temperatura e pressão, mesmo com aditivação de antioxidantes esse tipo de óleo não será tão

eficiente; além do mais, o processo é de lubrificação de circulação, ou seja, o tempo de armazenamento do óleo lubrificante é maior.

a) Usinagem

Os biolubrificantes estão sendo aplicados para suprir o mercado e já em algumas áreas concorrem com o óleo lubrificante mineral, como é o caso de *Metal Working*.

Como a usinagem ocorre em processos que envolvem altas temperaturas, para não danificar a ferramenta esse calor tem que ser extraído, porque senão há uma redução na velocidade de corte e a produtividade diminui; neste campo, os biolubrificantes encontram um bom mercado. Atualmente já existem fluidos de usinagem que têm água na sua formulação e, portanto, atuam, além de lubrificantes, como refrigerantes, senão, como vimos, o sistema esquenta e pode até ser perdida a formação do metal, além de ficar comprometida a vida útil da ferramenta.

Portanto, uma das vantagens do biolubrificante, comparado com o óleo mineral em usinagem, seria a excelente lubricidade, pois aumenta o tempo de vida útil da ferramenta, e existem metais de extrema dureza e difíceis de cortar. O custo do óleo não deve levar em conta somente seu preço no mercado e sim o processo como um todo, incluindo a parte ferramental.

b) Moendas

O biolubrificante que é aplicado nas engrenagens e nos mancais do equipamento das moendas nas usinas de cana-de-açúcar tem grandes chances de entrar em contato com o caldo durante a sua extração e, por o açúcar ser de consumo humano, a indicação do mercado externo é que seja utilizado um produto com característica alimentícia: no futuro essa exigência constará dos requisitos de aceitabilidade de produtos biodegradáveis no ramo alimentício. Estudos estão sendo realizados no sentido de encontrar um produto que seja biodegradável e alimentício e que atenda aos desempenhos desejados também para lubrificação de equipamentos”.

7.1.1 Análise crítica dos comentários dos especialistas no mercado de óleos lubrificantes vegetais

a) Aplicações de biolubrificantes

Os biolubrificantes têm um grande potencial em aplicações onde há possibilidade de contato com o solo. É importante ressaltar que a contaminação do meio ambiente numa área de preservação ambiental pode ocasionar a multa da empresa por órgãos competentes de legislação como o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA). Outra área promissora seria em equipamentos como os guindastes numa plataforma marítima, na qual estes equipamentos chegam a funcionar durante 24 horas, com o risco de contaminação da água do mar.

A utilização desses óleos em lugares públicos é bastante pertinente, pois existe uma preservação da segurança pública, como por exemplo a aplicação em *shoppings centers*, elevadores, aplicação esta abordada no capítulo 3 desta dissertação; um exemplo é o óleo lubrificante hidráulico à base de soja utilizado no elevador da Estátua da Liberdade nos Estados Unidos.

Mesmo sendo promissor, o uso de biolubrificante em áreas de perda, ou seja, onde não há recuperação do mesmo, deixa implícito que neste caso há nichos de mercado nos quais há um grande potencial de venda de produto, pois, se uma parte do biolubrificante não for recuperado para reposição do mesmo, as empresas terão que produzir mais.

b) Setor automotivo

O óleo mineral oriundo do petróleo já existe no mercado, seu uso está consolidado em várias áreas e ele tem a sua importância na sociedade. Por sua vez, os biolubrificantes apresentam um grande potencial de crescimento devido a vários fatores como a biodegradabilidade, a boa lubricidade, ao alto ponto de fulgor e ao índice de viscosidade, além de o seu uso ser favorável para o meio ambiente. No entanto, existem áreas onde a aplicação do biolubrificante para substituir o óleo mineral requer ainda pesquisas, e este é um dos grandes desafios para as empresas do setor automotivo, já que o maior uso dos óleos lubrificantes minerais no mundo e no Brasil é no motor dos carros, assim como foi visto nos capítulos 3 e 4

deste trabalho. Foi verificado no capítulo 2 que o grande problema dos óleos vegetais é a sua baixa estabilidade oxidativa devido as suas cadeias insaturadas: essa é a principal desvantagem do óleo lubrificante vegetal no caso de utilização no motor, já que, mesmo que sejam usados aditivos antioxidantes, esse óleo não será tão eficiente devido às condições de temperatura no motor. Sendo assim, a solução desse problema é um grande desafio nesse nicho de mercado para as grandes empresas que trabalham diretamente com lubrificantes de base vegetal.

c) Tendências de biolubrificantes

– Usinagem

Conforme visto anteriormente, em usinagem o biolubrificante já compete com os óleos lubrificantes minerais porque possibilita a formação de uma emulsão com a água na sua formulação, o que implica sua atuação como refrigerante, diminuindo a temperatura dos equipamentos envolvidos na operação e aumentando a vida útil da ferramenta. Outro fator que contribui para sua competitividade é o fato de o óleo vegetal apresentar uma boa aderência nas superfícies metálicas, o que lhe confere, dessa forma, uma boa lubricidade; isso tem como consequência uma maior produtividade.

– Moendas

A aplicação dos biolubrificantes em moenda de cana–de-açúcar é de extrema importância, até porque a demanda nas usinas sucro-alcooleiras está crescendo e, desta forma, é necessária a substituição do óleo mineral pelo óleo vegetal a fim de promover um ambiente mais limpo durante a operação e evitar uma contaminação do caldo com o óleo mineral, que é tóxico. No capítulo 6, explica-se que um dos critérios de seleção de lubrificantes de engrenagens abertas seriam as condições ambientais e isso justifica o uso dos biolubrificantes nas aplicações de moendas nas usinas de cana-de-açúcar; essa é uma tendência e exigência, já que o produto final, o açúcar, é de consumo humano. Nas entrevistas, é verificado que o próprio mercado externo para onde é exportado o açúcar exige que o produto utilizado nas moendas seja biodegradável e de grau alimentício.

7.2 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS ENVIADOS A EMPRESAS

Neste item, primeiramente é feito um breve histórico das empresas que foram entrevistadas. Os resultados apresentados a seguir foram obtidos utilizando os contatos realizados com as organizações que estão atuando no mercado de óleos vegetais e biolubrificantes e através de questionários (ver anexo) respondidos por funcionários de 3 empresas, denominadas A, B e C, que aceitaram participar da pesquisa. As perguntas foram particularizadas, isto é, definidas de acordo com a organização em questão; em consequência, foram diferentes em função do histórico da empresa. Em seguida foi realizada uma análise crítica dessas respostas.

7.2.1 Dados das empresas

A seguir são mostrados de uma maneira simplificada o histórico e alguns dados das empresas que participaram desses questionários. Também são apresentados alguns itens enfatizados pelos funcionários que responderam aos mesmos.

A primeira empresa participante do trabalho, denominada “Empresa A”, é especializada em lubrificação e lubrificantes vegetais e em sistema de filtração. Tem como linhas de lubrificantes vegetais graxas de alto desempenho, engrenagens abertas, redutores e sistemas hidráulicos.

A segunda participante, denominada “Empresa B”, é uma empresa de óleos vegetais que vem mostrando um trabalho junto ao mercado de óleos, gorduras e derivados. A companhia comercializa também todos os óleos vegetais e gorduras animais, bem como todos os óleos vegetais brutos e refinados.

A terceira empresa estudada, “Empresa C”, é uma empresa do ramo da indústria de biotecnologia, ligada à área da tecnologia de lubrificação industrial, que visa à substituição dos derivados de petróleo hoje utilizados pelo mercado. A empresa pretende substituir, por completo, os lubrificantes industriais utilizados por produtos não tóxicos aos operadores e ao meio ambiente, sem perder a eficiência. Adicionalmente, pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias e matérias-primas são conduzidos pela organização com o intuito de oferecer novos produtos que atendam o mercado da indústria de biolubrificantes.

7.2.2 Respostas dos questionários

EMPRESA A:

"O mercado brasileiro, de óleos lubrificantes de base mineral movimenta aproximadamente 1.300.000.000 de litros/ano, já o mercado de graxas minerais movimenta aproximadamente 56.200.000 kg/ano. A empresa tem como estratégia iniciar a substituição dos óleos lubrificantes minerais pelos óleos vegetais primeiramente com as graxas e depois com a produção dos biolubrificantes; a expectativa é converter 4% do mercado de graxas minerais para vegetais no primeiro ano de trabalho. Cabe lembrar que, no Brasil, existem 12 fabricantes, sendo 5 empresas multinacionais, que trabalham com óleos lubrificantes vegetais.

No momento, a empresa trabalha para nacionalizar a produção, e o foco da companhia é o óleo de soja esterificado. As vantagens do óleo vegetal comparado com o óleo mineral seriam a renovabilidade, por ser biodegradável, atóxico, apresentar boa lubricidade e alto ponto de fulgor, e a desvantagem seria a baixa estabilidade à oxidação.

A graxa vegetal que foi produzida pela empresa teve um desempenho superior comparado com o das graxas minerais e não precisou ser utilizado nenhum tipo de aditivo; isto foi possível porque o éster vegetal desenvolvido possui lubricidade superior ao do óleo mineral.

Outro aspecto importante é que, como os óleos minerais são poluentes e prejudiciais ao meio ambiente, os resíduos devem ser destinados ao rerrefino; já o resíduo vegetal, por ser biodegradável e atóxico, apenas eventualmente é reprocessado e transformado em biocombustível.

A expectativa da empresa é a de, a médio e longo prazo, substituir por óleos vegetais todos os lubrificantes industriais e automotivos. Os testes realizados na companhia atualmente geram produtos com resistência à oxidação e, se continuar dessa forma, a empresa não vê desvantagens nos produtos com base vegetal".

EMPRESA B:

“A companhia é apenas um representante comercial, ou seja, não compra e nem vende óleos vegetais, faz a intermediação entre o comprador e o vendedor. Os principais clientes são empresas que trabalham com corte de peças metálicas, ou que tenham esteiras e usinas de moagem.

Comparando os preços de óleos vegetais e minerais temos que o preço indicativo do óleo mineral atualmente é de R$ 4,95/l, com 18% de Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviço (ICMS) incluso, pagamento com trinta dias (CIF-São Paulo); já o preço dos óleos vegetais como o óleo de mamona está a R$ 6,90/kg, nas mesmas condições, e do óleo de soja refinado a R$ 3,38/kg.

A grande dificuldade presente nos óleos vegetais é a variação de preço devida a safras, problemas climáticos, dólar, etc. Os óleos vegetais mais vendidos pela empresa são: óleo de soja, mamona, linhaça e os derivados hidrogenados, sulfuricinados, polimerizados, oxidados.

Todos os fornecedores enviam o laudo de análise junto com o produto a cada lote, o que permite comprovar que os óleos estão dentro dos padrões estabelecidos de garantia, ou seja, certificados. O Centro de Tratamento e Saneamento Ambiental (CETESB) é o órgão ambiental comprometido com a fiscalização dos produtos na fábrica.

A Bahia é o maior produtor de mamona do Brasil e a seca que está ocorrendo é a pior dos últimos 40 anos, provavelmente a safra terá grande declínio e, em consequência, os preços dos derivados de mamona estarão em alta constante, desde o começo de 2012.

Segundo o entrevistado, existe uma empresa que utiliza óleos vegetais no setor automotivo. No setor da usinagem, os óleos mais vendidos são: óleos de soja e mamona polimerizados, oxidados, ou apenas refinados. Vale ressaltar que a venda destes produtos não é direta, pois antes estes materiais passam por um processo de industrialização em alguma fábrica de lubrificantes”.

EMPRESA C:

“Os setores como alimentício, florestal, mineração e as geradoras de energia em áreas de risco ambiental são os segmentos que mais buscam a Empresa C.

De uma maneira geral, os óleos vegetais mais utilizados no exterior são os ésteres de base vegetal de soja, girassol e canola modificados geneticamente; já no Brasil, são os ésteres de soja e oleína animal, para uso como lubrificante, mas a empresa tem procurado desenvolver pesquisas com o óleo de mamona que, atualmente, é a principal matéria-prima da empresa.

Mesmo os óleos lubrificantes vegetais de uma maneira geral sendo mais caros comparados com o óleo mineral, a empresa lucra com a venda dos produtos no momento em que ocorre o desgaste das ferramentas, com consequências deteriorantes para o acabamento das peças. Outro ponto rentável é que, por serem atóxicos, os biolubrificantes não geram insalubridade para os funcionários.

Embora o produto da empresa usado na operação de usinagem não gere insalubridade, por se tratar de seu emprego na área industrial continuam a existir fatores deletérios à saúde do trabalhador, tais como ruído, calor, etc.

No que se refere à proteção do meio ambiente, deve-se pontuar que os biolubrificantes são biodegradáveis, portanto não exigem o reaproveitamento (como o rerrefino, por exemplo).

No momento, a empresa não exporta seus produtos e ainda não os utiliza como lubrificantes internos de motor a combustão no setor automotivo, mas sim como periféricos, mas existe uma tendência de utilização nesse setor.

Além da questão ambiental, os pontos fortes na utilização dos biolubrificantes em substituição ao mineral tradicional estão na estratégia como fonte alternativa e na disponibilidade da matéria-prima no Brasil. São fatores fundamentais: a lubricidade, por ser maior e melhor, se comparada com os básicos de origem mineral, e a grande afinidade com superfícies metálicas dos óleos vegetais e animais.

A expectativa é grande e muito promissora no mercado de lubrificantes pelo fato de o Brasil ser portador de fontes alternativas aos derivados do petróleo. Os óleos utilizados pela companhia são do Brasil, apenas alguns aditivos são importados.

O órgão ambiental que fiscaliza todo o processo industrial é a CETESB e os certificados dos produtos são atestados de biodegradabilidade de acordo com o IBAMA; toxicidade; registro do National Sanitary Foundation (NSF)/(H1) fornecido pela USDA dos Estados Unidos; a Ficha de Segurança de Produto Químico (FISPQ) e a Ficha Técnica de Utilização. A empresa apresenta uma boa carteira de clientes e parcerias estratégicas para desenvolver um bom trabalho".

7.2.3 Analise crítica das respostas

A seguir são apresentados comentários sobre as respostas das empresas.

a) Sigilo industrial

O sigilo industrial, já mencionado no capítulo 1 desta dissertação, parece ser um componente poderoso nas relações entre as empresas. Algumas respostas, tanto nos questionários, quanto na visita técnica, pareceram influenciadas por esse chamado "sigilo industrial", mesmo que não declaradamente. Exemplo: perguntou-se à empresa C para qual companhia são vendidos os produtos e a resposta foi que a companhia apresenta uma boa carteira de clientes e parcerias estratégicas (sem nomeação). Também foi perguntado às empresas A e B quais clientes utilizam óleos vegetais nessa área, mas nas respostas não foi citado nenhum nome de empresa. O mercado de biolubrificantes representa uma parcela bem pequena e, como consequência disso, talvez, algumas informações de produtos, nome de clientes, dados mercadológicos em geral não sejam divulgadas.

b) Utilização de óleos vegetais no setor automotivo

A empresa B citou que já há pelo menos uma empresa que utiliza o óleo vegetal em automotivos. Devem existir empresas pesquisando biolubrificantes para serem usados no setor automotivo, mas em aplicação direta do lubrificante em motores de carros ainda não foi encontrado registro no mercado. Em relação ao setor automotivo, a empresa C não utiliza os seus produtos em motores de carros: são utilizados apenas em periféricos, ou seja, no mercado de autopeças.

c) Clientela

A empresa B revela que os principais clientes são companhias que trabalham com corte de peças metálicas e usinas de moendas. De acordo com o que foi apresentado anteriormente (particularmente no capítulo 6), confirma-se que a tendência é a utilização dos óleos lubrificantes vegetais em usinagem e em usinas de cana-de-açúcar.

d) Presença no mercado

Em uma das respostas da empresa A é comentado que no Brasil existem 12 fabricantes que trabalham com óleos lubrificantes vegetais, entre eles 5 empresas multinacionais. Nesta dissertação, foi obtido resultado de duas empresas de biolubrificantes e uma de óleo vegetal, ou seja, 25% do total. De qualquer forma, tal resposta justifica-se por limitações de trabalho, tendo em vista que o número de questionários obtidos foi relativamente baixo devido ao fato de o mercado ainda ser pequeno no Brasil.

e) Demanda de matérias-primas e de biolubrificantes

A demanda de biolubrificantes no mundo é muito pequena comparada com a de óleo mineral, mas a cada ano vem crescendo a utilização de biolubrificantes, que está em torno de 1,4% do mercado global, conforme visto no capítulo 3. No Brasil esse número em 2010 era de 0,1% em demanda, conforme mostrado no capítulo 6, mas a participação desse tipo de óleo lubrificante no mercado tem aumentado, já que ele tem encontrado várias aplicações. As empresas A, B e C comentam que, dentre os óleos vegetais utilizados no Brasil, o óleo de soja está com uma boa demanda. Essa matéria-prima apresenta aplicação também como óleo lubrificante vegetal e não só como biodiesel, e isso é coerente na medida em que o Brasil na atualidade é o maior produtor de soja, como foi descrito no capítulo 5. Além disso, devido à sua alta demanda, o óleo de soja apresenta um preço favorável para aplicações em lubrificantes comparado aos demais, o que estimula o desenvolvimento deste óleo neste segmento, apesar da baixa estabilidade oxidativa comparado aos outros óleos.

A empresa C comenta a utilização do óleo de canola. Conforme visto no capítulo 5 e no capítulo 2, o óleo de canola apresenta um maior percentual em ácido oleico e este é o mais estável por apresentar uma cadeia monoinsaturada, sendo

muito interessante para a indústria de lubrificantes de base vegetal, já que a estabilidade oxidativa é um dos grandes problemas dos biolubrificantes, o que justifica a utilização de um óleo de consumo humano como o canola na indústria de lubrificantes.

f) Rentabilidade/Usinagem

No caso da usinagem, a utilização de um óleo vegetal que apresente solubilidade em água permite o uso desta na formulação, formando uma emulsão estável; como a operação trabalha com altas temperaturas, o biolubrificante vai atuar como lubrificante e também como um refrigerante, extraindo, por consequência, esse calor gerado na operação, aumentando a produtividade.

A empresa C relata que um dos pontos que produzem maior rentabilidade é que o biolubrificante, por ser atóxico, não gera insalubridade ao funcionário em operação de usinagem, mas deixa claro que, devido à operação ser em uma área industrial, existem outros fatores que tornam a produção insalubre. Analisando criticamente, verifica-se que essa rentabilidade citada pelo entrevistado está associada à diminuição em afastamentos de trabalho de funcionários em função da redução de indenizações, o que, consequentemente, gera uma maior produtividade se comparada à do óleo mineral, visto que nas operações de usinagem os funcionários terão menos riscos de adquirir doenças quando trabalhando com os biolubrificantes devido a aspectos técnicos dos óleos vegetais como seu alto ponto de fulgor (não há formação de névoas geradas no ambiente de trabalho pelos compostos orgânicos voláteis), como já foi visto nos capítulos 1, 2 e 6 desta dissertação.

Como lembrado no capítulo 6, um estudo mostrou que quase 1.000.000 pessoas estão expostas ao fluido de corte integral, podendo apresentar doenças de pele, o que comprova a urgência da substituição do óleo mineral pelo vegetal nessa aplicação.

g) Vantagens e desvantagens dos óleos vegetais e minerais

A empresa A relata que a graxa vegetal teve desempenho superior comparado com as graxas minerais em lubricidade e estabilidade e não precisou do uso de aditivo. Em uma análise crítica, a principal desvantagem em geral dos óleos vegetais é a sua baixa estabilidade à oxidação, mas a utilização de aditivo

antioxidante depende de qual óleo é utilizado para cada aplicação. Em relação à lubricidade do óleo vegetal ser maior do que a do óleo mineral, isso está associado a polaridade da cadeia do vegetal, já que ela proporciona uma maior aderência ao metal, melhorando dessa forma a superfície de contato do lubrificante com a peça metálica.

h) Disponibilidade dos óleos vegetais

A empresa C ressalta que, além da questão ambiental, um dos pontos fortes do óleo vegetal é a sua disponibilidade. O capítulo 5 mostrou o mercado brasileiro de alguns óleos, sendo o Brasil um país com grande potencial devido à alta produção agrícola; o que falta acontecer é um aumento no incentivo do Governo Federal para que seja estimulado ainda mais esse setor, valorizando dessa forma as matérias-primas dos óleos lubrificantes. Esse incentivo diminuiria o êxodo rural, gerando mais empregos e vida digna para mais brasileiros que moram nessas regiões.

i) Reaproveitamento dos óleos lubrificantes

As empresas A e C citam que o óleo lubrificante vegetal pode ser reprocessado para biocombustíveis, enquanto o óleo mineral é direcionado para processamento na indústria de rerrefino. Para o meio ambiente, o biolubrificante apresenta vantagens por ser um produto biodegradável e atóxico e, em caso de perda, por exemplo, para o solo, não ser tóxico como o óleo mineral, já que este, no caso de vazamentos, gera, entre outros prejuízos, uma alta contaminação em lençóis freáticos. O rerrefino tem sido cada vez mais exigido para a proteção do meio ambiente.

7.3 ESTUDO DE CASO

Um estudo de caso se destina, no âmbito de uma dissertação, a verificar possíveis concordâncias/discordâncias entre teoria e prática – tão próximo quanto possível da realidade efetiva – e, além disso, a identificar possíveis fatores desconsiderados até então no estudo do tema em questão.

Assim, na terceira parte deste capítulo serão discutidos os resultados obtidos através da visita *in loco* em uma empresa que utiliza óleos vegetais para produção de óleos lubrificantes, denominada empresa Y, realizada com o objetivo de adquirir o maior número de informações possíveis, ou pelo menos uma noção de como uma empresa privada está conduzindo os negócios de lubrificantes em geral e, em especial, como se posiciona no mercado de óleos lubrificantes vegetais.

7.3.1 EMPRESA Y

"A empresa está presente em mais de 40 países no mundo como Índia, África do Sul, Argentina, Canadá, Estados Unidos, onde existem processos de manufatura há mais de 90 anos. Na América Latina ela atua há mais de 40 anos. A companhia fornece óleos lubrificantes para as principais indústrias de metal-mecânica e de siderurgia mundiais.

A companhia tem utilizado os óleos vegetais com o objetivo não só de melhorar o desempenho dos produtos como também de manter a biodegradabilidade. Esses óleos em forma de ácidos graxos são utilizados como bases também para produtos sintéticos, tendo como aplicação os segmentos industriais de siderurgia (fluidos hidráulicos e óleos de laminação) e automotivo (fluidos em usinagem, corte e retífica).

O armazenamento dos óleos vegetais na companhia varia de acordo com seu uso. São acondicionados desde em tambores de 200 litros até tanques de armazenamento com capacidade de 30.000 litros. Quanto aos resíduos, um dos seus destinos é a reutilização como matéria-prima no mercado de fertilizantes. Na organização, os óleos vegetais são matérias-primas do produto acabado e este tem

outros componentes na formulação, como seus aditivos específicos que não são vegetais”.

Durante a visita técnica, foi realizada uma entrevista englobando alguns aspectos relacionados na Tabela 21.

Tabela 21. Resultados do estudo de caso com a empresa Y

Empresa Y		
Inovação/Aspectos positivos	Produto	Óleos lubrificantes
	Investimentos em P&D	Globalizado
	Parcerias	Sim, com Universidades como o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
	Tipo de Inovação	Desenvolver soluções próprias e específicas
	Existem Fichas de Segurança de produtos?	SIM
	Existe assistência Técnica com Cliente	SIM
	Tem Certificações das Normas Ambientais?	SIM
	Aumentou os produtos?	SIM-CONTÍNUO
	Cresceu no mercado?	SIM-CONTÍNUO
	Teve abertura de novos mercados?	SIM-CONTÍNUO
	Aumentou o número de patentes?	NÃO
	Aumentou a capacidade e flexibilidade da produção?	SIM-CONTÍNUO
	Reduziu o consumo de matérias-primas?	NÃO

A empresa Y é uma empresa produtora de óleos lubrificantes em geral e trabalha também com os óleos lubrificantes vegetais, apresentando um setor de pesquisa e desenvolvimento. Nesse sentido, a empresa tem buscado parcerias com universidades como o ITA em São Paulo.

Um diferencial da empresa é a relação estreita com o cliente através de assistência técnica, como durante a aplicação do produto nas operações em que este é utilizado (os clientes podem relatar e solicitar solução para problemas técnicos).

A empresa mostrou ser muito séria em relação à segurança e ao meio ambiente, já que utiliza estritamente as certificações ambientais referentes aos padrões de qualidade. São apresentadas as fichas de segurança dos produtos como foi mostrado também na resposta da empresa C nos questionários, vista anteriormente nesse capítulo. Observe-se ainda que, em relação à segurança, durante a visita técnica foram usados os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) necessários para acessar a área industrial.

8 CONCLUSÕES

O faturamento aproximado dos óleos lubrificantes mundial é de 56 bilhões de dólares, para uma demanda de 35 milhões de toneladas no ano de 2011. No entanto, apesar dos óleos lubrificantes convencionais estarem disponíveis em maior quantidade, como foi demonstrado através dos dados mercadológicos, e por serem muito úteis tanto no setor automobilístico quanto no industrial, eles geram um impacto negativo no meio ambiente; por isso em algumas aplicações como em motosserras, linhas de trem, *metal working* tem ocorrido a substituição de óleos minerais pelos vegetais.

A crise mundial ocorrida no final de 2008 teve impacto na demanda de óleos lubrificantes principalmente em 2009, com uma nítida queda no consumo do mesmo, mas por outro lado a crise não afetou o mercado asiático em demanda de lubrificantes, que aumentou nesse período de recessão mundial, mostrando força no seu desenvolvimento interno. Foi verificado que em 2011 três países do mercado asiático se encontravam até a quarta colocação em termos de demanda de óleos lubrificantes minerais: a China, o Japão e a Índia; o que é comprovado pelo número marcante de 41% do mercado asiático em demanda de lubrificantes global neste ano como apresentado no capítulo 3.

No que concerne à posição do Brasil no cenário internacional, dados do mercado brasileiro em 2012 mostraram que é o quinto mercado do mundo em demanda de lubrificantes. O crescimento do país está relacionado ao crescimento industrial como um todo: existindo mais máquinas, há mais consumo de lubrificantes.

Entre os anos de 2011 a 2017 estima-se uma tendência de crescimento em demanda de óleos lubrificantes nos três blocos, sendo que tanto a Europa quanto a América apresentam uma perspectiva de retomada de mercado no nível do ano 2000, ou seja, uma perspectiva normal de recuperação de mercado de dois continentes que foram bastante afetados durante a crise mundial, o que não é muito significativo, pois o mercado para esses blocos regionais em 2017, ou seja, 17 anos depois, deverá ser o mesmo que no ano 2000.

Dos nove países da América do Sul apresentados em termos de demanda de óleos lubrificantes minerais, dois países detêm 69% dessa demanda, destacando-se a posição de líder para o Brasil com 54% e a Argentina com 15%.

A tendência de crescimento mundial de biolubrificante é comprovada pelos dados que mostravam que em 2005 os biolubrificantes representavam cerca de 1% dos lubrificantes no Mundo. Enquanto o mercado de lubrificantes acabados se encontra estável, os biolubrificantes apresentaram um crescimento médio de 10% ao ano entre 1998 e 2007. No ano de 2011 a demanda foi de 505.600 toneladas (cerca de 1,4% do mercado total de óleos lubrificantes) e com uma expectativa de crescimento com uma demanda de 785.000 toneladas para o ano de 2018. O faturamento dos biolubrificantes estava em torno de 1,7 bilhões de dólares no ano de 2011 (3% comparado ao faturamento dos óleos lubrificantes convencionais) e com uma previsão de faturamento de 2,3 bilhões de dólares para o ano de 2018. Por outro lado, o incremento do consumo de lubrificantes de base vegetal reforça a tendência de crescimento, nesse mercado, de biolubrificantes, requeridos cada vez mais por questões ambientais, desempenho técnico, renovabilidade e biodegradabilidade.

No Brasil no ano de 2010 os biolubrificantes representavam 0,1% do mercado, um número pouco significativo, mas, como mostrado nas entrevistas apresentadas nesta dissertação, esse é um mercado promissor. Existe empresa no Brasil (a VGBIO) que prevê investimento em biolubrificantes de 13 milhões de reais em 2013 e um crescimento de 20% ao ano até 2017.

Foi encontrado no mundo para o ano de 2011 um preço médio de 3.362 dólares/t para os biolubrificantes e para os lubrificantes convencionais foi de 1.600 dólares/t, como verificado através dos dados de faturamento e demanda, o que mostra uma relação aproximada de duas vezes mais caros os biolubrificantes quando comparados aos lubrificantes convencionais.

Os dois maiores mercados de biolubrificantes no mundo são o europeu e o norte-americano, impulsionados pelas legislações ambientais rígidas, já que o impacto ambiental tem sido muito valorizado pelo mercado externo e há um incentivo do próprio governo dessas regiões para o uso desses produtos de base vegetal. Há uma expectativa de a América do Norte ser o maior mercado em 2018 para esses produtos de base vegetal, com uma fatia de mercado global de 38,1%, seguida da Europa. O mercado norte-americano de biolubrificantes deverá mostrar

como tendência uma demanda de 243.327 toneladas em 2017. E no período de 2013 a 2018 crescerá a uma taxa anual média de 5,6% em faturamento e 7,4% em demanda. Nestes lugares a grande aplicação de biolubrificantes é em óleos hidráulicos.

Foi criada pelo USDA a partir de 2008 uma lista na qual havia aproximadamente 200 produtos de biolubrificantes, sendo que 127 produtos eram de óleos hidráulicos (64% dos produtos). Na Europa, o setor de óleos hidráulicos está crescendo rapidamente, com estimativas variando entre 25% a 75% do mercado.

Na Europa é esperado para o ano de 2020 que o mercado de biolubrificantes atinja 230.000 toneladas, o que indica que provavelmente a Europa ficará atrás do mercado norte-americano. Foi encontrado na Europa um preço médio 2010 a 2012 de biolubrificante da ordem de 3.467 dólares/t. Para os anos de 2013 a 2018 o preço médio do biolubrificante deverá ser da ordem de 3.331 dólares/t.

Mesmo com a crise mundial que afetou a demanda global de óleos lubrificantes, os valores de óleo básico rerrefinado se mantiveram inalterados nos anos de 2008 e 2009 no Brasil. Isso deixa claro que não é a demanda de lubrificantes o único fator que interfere na evolução de óleo básico rerrefinado, pois a coleta é fator fundamental nessa evolução; a coleta do óleo usado fornece matéria-prima para a indústria do rerrefino.

O mercado brasileiro de lubrificantes acabados também foi afetado em 2009 pela crise ocorrida no ano de 2008, mas já no ano de 2010 a economia apresentou um crescimento significativo comparado com o ano de 2009, o que impactou diretamente as vendas de lubrificantes e resultou num crescimento do mercado aparente de quase 7%. O mercado de óleos lubrificantes pelo SINDICOM no ano de 2012 foi de 1.163.012 m^3; a comparação deste dado com a Tabela 11, de 1.404.000 m^3, da Lubes para o mesmo ano, mostra uma coerência nos dados, à medida que o SINDICOM representa aproximadamente 83% do mercado de óleos lubrificantes.

Universidades como o ITA, em parceria com algumas empresas, vêm estudando os óleos lubrificantes de base vegetal buscando um desempenho técnico equiparado ao óleo lubrificante mineral. A biodegradabilidade e o fato de serem uma fonte renovável são fatores fundamentais no estímulo ao uso desses lubrificantes nas indústrias. Embora o mercado mundial de biolubrificantes ainda seja muito pequeno comparado com o mercado de óleo lubrificante mineral, a tendência global

em longo prazo será a substituição dos óleos lubrificantes minerais por óleos lubrificantes de base vegetal em várias linhas industriais.

Uma tendência mais consolidada é a utilização de biolubrificantes em operações como usinagem, na qual, além de atuarem como lubrificantes, os produtos de base vegetal atuam como refrigerantes, já que existem atualmente emulsões mais estáveis, aumentando dessa forma a produtividade. O biolubrificante, por apresentar alto ponto de fulgor em operações como usinagem, não acarreta a formação de névoas geradas no ambiente de trabalho pelos compostos orgânicos voláteis. O aspecto social em relação ao benefício deste produto na questão da saúde do trabalhador é levado em conta.

Existem várias vantagens técnicas dos biolubrificantes como o alto índice de viscosidade e alto ponto de fulgor e uma das grandes vantagens do biolubrificante está em relação a boas características de lubricidade do óleo vegetal; isso está associado à polaridade da cadeia do vegetal, já que ela proporciona uma maior aderência ao metal, melhorando a superfície de contato do lubrificante com a peça nas operações de retífica, aumentando dessa forma a produtividade. Esse é um dos motivos pelos quais não se pode considerar a utilização do óleo vegetal apenas pelo preço unitário; o que se deve levar em consideração é o custo total do processo em que está inserido o biolubrificante, principalmente a parte ferramental. Uma produtividade boa deixa implícito que o custo com os equipamentos serão menores, e este é um dos motivos que estão fazendo as empresas empregarem o lubrificante de base vegetal.

Outra tendência é a utilização de biolubrificantes em ciclos abertos, nos quais há risco de contaminação do solo; por isso estão sendo aplicados em motosserras, em trilhos ferroviários e na água, neste último caso já sendo usados em guindastes nas plataformas marítimas. Custa muito caro atualmente a uma empresa ser penalizada por multa por estar prejudicando o meio ambiente e não tem sentido usar o lubrificante mineral em aplicações com perda para o solo, desfavorecendo o meio ambiente, se já existem biolubrificantes para serem utilizados nessas aplicações.

A substituição dos óleos lubrificantes minerais pelo biolubrificante em usinas de cana-de-açúcar é muito importante, já que nessa área, por ser o produto final de consumo humano, a tendência será a utilização de lubrificante de grau alimentício e que seja biodegradável; o mercado externo já está exigindo dessa forma, incentivando as empresas a substituírem os lubrificantes de base asfáltica, que não

se enquadram nessa exigência e não são favoráveis ao meio ambiente, pois são de origem mineral.

Devido à baixa inflamabilidade dos óleos biolubrificantes, estes, por questões de segurança, já são utilizados em elevadores públicos, escadas rolantes, parques temáticos, lugares onde a aplicação de óleo lubrificante inflamável é perigosa, portanto sendo mais pertinente o uso do óleo vegetal. O bom senso vai prevalecendo nas empresas e no governo e com certeza as mudanças já estão acontecendo para que possamos desfrutar de um ambiente mais limpo e seguro.

Cabe lembrar que, além de levar em consideração a questão ambiental, as empresas precisam também de lucro e aproveitam os nichos de mercado nos quais há um grande potencial de venda de produto, o que acontece particularmente no caso de lubrificantes utilizados em áreas de perda, ou seja, onde não há recuperação do mesmo.

9 REFERÊNCIAS

[1] CARRETEIRO, R. P; BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

[2] ZAMBONI, G. E. Óleos básicos. **Lubes em Foco**, n. 5, p. 12-18, 2008. Disponível em: < http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao05/index.html >. Acesso em: 10 mar. 2013.

[3] MATOS, P. R. R.; POLITI, J. R. S. Óleos vegetais – Utilização de óleos vegetais como bases lubrificantes. **Lubes em Foco**, n. 20, p. 24-26, 2010. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao20/index.html>. Acesso em: 10 mar. 2013.

[4] Ecological Oil & Grease. Disponível em: <http://www.riototal.com.br/biolubrificantes/>. Acesso em: 20 ago. 2012.

[5] RIZZO, M. Óleos vegetais e animais – Custo desmitificado. **Lubgrax**, n. 19, p. 50-57, 2012. Disponível em: <http://www.lubgrax.com.br/revistas/19/>. Acesso em: 30 nov. 2012.

[6] SALIMON, J.; SALIH, N.; YOUSIF, E. Review Article – Biolubricants: Raw materials, chemical modifications and environmental benefits, **Eur. J. Lipid Sci. Technol.**, v. 112, p. 519-530, 2010.

[7] NOTOX – NON TOXIC TECHNOLOGIES. **Empresas investem em produtos ecológicos** 19/03/2010. Esalqtec - incubadora tecnológica - esalq/USP. Disponível em <http://www.notox.com.br/english/noticia-190310-produtosecologicos.php>. Acesso em: 20 ago. 2012.

[8] OLIVEIRA, S. L. **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira, 1997.

[9] FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva, 2001.

[10] YIN, R. K. **Applications of case study research**. Thousand Oaks, California: Sage Publications, 1993.

[11] YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2ª ed., 2001.

[12] ERHAN, S. Z. **Industrial Uses of Vegetable Oils**. Champaign, IL, USA: AOCS Press, 2005.

[13] MOLL, N. What makes oil different from others, and does it really matter to your engine. **Flying**, v. 119, p. 70-93, 1992.

[14] NAGENDRAMMA, P.; KAUL, S. Development of ecofriendly/biodegradable lubricants: An overview, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 764-774, 2012.

[15] VANDER WAAL G, KENBEEK D. Testing application and future development of environmentally friendly ester base fluids. **Journal of Synthetic Lubrication**, v. 10, p. 67-83, 1993.

[16] KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHL, J. **Oxidative stability of biodiesel. The biodiesel handbook.** Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press, 2005.

[17] STACHOWIAK, G. W.; FOX, N. J. Vegetable oil-based lubricants – A review of oxidation, **Tribology International**, v. 40, p. 1035-1046, 2007.

[18] BELMIRO, P. N. A. Antioxidantes e radicais livres. **Lubes em Foco**, n. 12, p. 22-25, 2009. Disponível em: < http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao12/index.html >. Acesso em: 30 mai. 2013.

[19] LAZARO, L. M. S. M. Óleos vegetais da cozinha para as máquinas. **Lubes em Foco**, n. 15, p. 20-21, 2009. Disponível em < http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao15/index.html >. Acesso em 31 mai. 2013.

[20] DUPAIN, X.; COSTA, D. J.; SCHAVERIEN, C. J.; MAKKEE, M.; MOULIJN, J. A. Cracking of a rapeseed vegetable oil under realistic FCC conditions, Applied Catalysis B. **Environmental**, v. 72, p. 44-61, 2007.

[21] SCHNEIDER, M. P. Review Plant-oil-based lubricants and hydraulic fluids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 1769-1780, 2006.

[22] SALIMON, J.; SALIH, N.; YOUSIF, E. Biolubricant basestocks from chemically modified ricinoleic acid. **Journal of King Saud University – Science**, v. 24, p. 11-17, 2012.

[23] BARALDI, V.; DIOGO, L.; COELHO, A. Tecnologia e aplicação: matérias-primas vegetais para lubrificantes. **Segundo Encontro com o Mercado Lubes em Foco** – Julho 2012.

[24] KODALI, D. R. Biobased lubricants: chemical modification of vegetable oils. **Inform (AOCS)**, v. 14, p. 121-123, 2003.

[25] BIROVA, A.; PAVLOVICOVA, A.; CVEGROS, J. Lubricating oils based on chemically modified vegetable oil. **J Synth Lubr**, v. 18, p. 291-299, 2002.

[26] CANTER, N. It isn't easy being green. **Lubr World**, v. 9, p. 15-21, 2001.

[27] MURUGESAN, A.; UMARANI, C.; SUBRAMANIAN, R.; NEDUNCHEZHIAN, N. Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 653-662, 2009.

[28] KITAMURA, N. Biodegradable Lubricants. **Journal Japanese Tribol**, v. 38, n. 5, p. 639-648, 1993.

[29] ERHAN, S. M.; KLEIMAN, R. Biodegradation of Estolides from Monounsaturated Fatty Acids. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 74, n. 5, p. 605-607, 1997.

[30] LUCHETI LUBRIFICANTES. Lubrificantes. Disponível em <http://www.lucheti.com.br/artigos/lubrificantes.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2012.

[31] BELMIRO, P. N. A.. Índice de viscosidade. **Lubes em Foco**, n. 7, p. 16-19, 2008. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao07/index.html>. Acesso em: 21 abr. 2013.

[32] BELMIRO, P. N. A. O grau de viscosidade SAE. **Lubes em Foco**, n. 15, p. 18-19, 2009. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao15/index.html>. Acesso em: 21 abr. 2013.

[33] ANP, **PORTARIA ANP Nº 129, DE 30.7.1999 – DOU 2.8.1999** – REPUBLICADA DOU 30.9.1999. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/folder_portarias_anp/portarias_anp_tec/1999/julho/panp%20129%20-%201999.xml>. Acesso em: 21 abr. 2013.

[34] MARÇON, L. Aditivos na dosagem certa. **Lubes em Foco**, n. 15, p. 10-12, 2009.

[35] MOTOR OIL GUIDE. Guia de óleos de Motor. Rio de Janeiro: Texaco Brasil S.A., 1996.

[36] CARVALHO, M. Tecnologia dos aditivos antioxidantes. **Lubgrax**, n. 10, p. 22-23, 2011.

[37] MAZZI, M. Aditivos polivalentes. **Lubgrax**, n. 9, p. 18-22, 2011.

[38] MAZZI, M. Aditivos de extrema pressão para lubrificações severas. **Lubgrax**, n. 8, p. 24-27, 2011.

[39] GOSALIA, A. Sustainability Global Lubricants Industry. Londres. **The 16th ICIS World Base Oils & Lubricants Conference**, 2012. Disponível em: <http://www.fuchs-oil.com/fileadmin/fuchs_upload/pdf_addons/finanzpraesentation/ICIS%20London_2012.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2013.

[40] GOSALIA, A. Another BRIC(K) in the Wall. The next eleven (N-11) Challenge – Emerging Trends and Opportunities for the Base Oil and Lubricant Industry. Dubai. **5th ICIS Middle Eastern Base Oils & Lubricants Conference**, 2008. Disponível em: <http://www.fuchs-oil.de/fileadmin/fuchs_upload/pdf_addons/finanzpraesentation/Base%20oils%20and%20lubricants%20conference.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2013.

[41] GOSALIA, A. The Sustaintability of the European Lubricants Industry. Lisboa. **Annual Congress of the European Lubricants Industry**, oct, 2012. Disponível em: <http://www.fuchs-oil.de/fileadmin/fuchs_upload/pdf_addons/Unternehmensinfos/ueil%20final%20presentation.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2013.

[42] GOSALIA, A. Head of strategic marketing department. Londres. **10th icis-lor world base oils conference**, 2006. Disponível em: <http://www.fuchs-oil.de/fileadmin/fuchs_upload/pdf_addons/finanzpraesentation/Pr_s._Gosalia.pdf> Acesso em: 30 mar. 2013.

[43] STÄRK, A. S. H, **The leading independent lubricants manufacturer of the world FUCHS PETROLUB AG**, Janeiro 2012. Disponível em: <http://www.fuchs-oil.de/fileadmin/fuchs_upload/pdf_addons/finanzpraesentation/Roadshow_Zuerich_Internet_180112.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2013.

[44] SCHMIDT, A. S. R, **The leading independent lubricants manufacturer of the world FUCHS PETROLUB AG**, Setembro 2009. Disponível em: <http://www.fuchs-oil.com/fileadmin/fuchs_upload/pdf_addons/finanzpraesentation/240909_Pr%C3%A4sentation%20Uni%20Credit.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2013.

[45] GILL, G. Kline: U.S. Commercial Lubes Revenue Up. **J. Lube Report**, v. 12, n. 37, 2012. Disponível em: < http://www.imakenews.com/lng/e_article002516630.cfm?x=blwgPfR,bd1Rfpn,w >. Acesso em: 10 fev. 2013.

[46] FRANÇOLIM, W. Dê ao óleo usado o destino previsto em lei. Sindirrefino. Lubes em Foco 2013: 6 anos encontro com o mercado – América do Sul julho 2013 – Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.

[47] OLIVA FILHO, S. Visão da Petrobrás sobre o Mercado Nacional de óleos lubrificantes básicos – Terceiro Congresso Simepetro agosto 2010. Disponível em: <http://www.simepetro.com.br/wp-content/uploads/Mercado-oleos-basicos_Congresso-Simepetro.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2013.

[48] SINDILUB. **Mercado brasileiro de óleo lubrificante. Política pública aplicada ao setor mercado produção – distribuição & destinação do lubrificante usado ou contaminado**. Disponível em: <http://anamma.com.br/imagens_conteudo/userfiles/Ruy(1).pdf>. Acesso em: 22 jul. 2013.

[49] MMA – Ministério do Meio Ambiente. Relatório do Ministério do Meio Ambiente para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado Em atendimento ao Artigo 9◦ da Resolução CONAMA N 362/2005, 2012. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1530/apresentacao_conama.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2013.

[50] SOY 20/20. **Factsheet: Soybean Oil-Based Lubricants**, Setembro 2012. Disponível em: <http://soy2020.ca/pdfs/Biobased-Lubricant.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2013.

[51] ZAMBONI, G. E. As aparências enganam: o mercado de lubrificantes da América do Sul. **Lubes em Foco**, V, n. 32, p. 15-18, agosto/setembro 2012.

[52] GILL, G. Fuchs Thinks Big in India. **J. Lube Report**. 15 de dezembro 2010. Disponível em: <http://www.imakenews.com/eletra/mod_print_view.cfm?this_id=1964044&u=lng&show_issue_date=F&issue_id=000486536&lid=b11&uid=0>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[53] KAMCHEV B. China Lubes Boom on. **J Lube Report**, v. 12, n. 19, 2012. Disponível em: < http://www.imakenews.com/lng/e_article002425644.cfm >. Acesso em: 11 fev. 2013.

[54] KEESE, S. Sales and production are further shifting to BRIC countries –
China will be a major sales and production hub in 2025. Lubes em Foco 2013: 6 anos encontro com o mercado – América do Sul julho 2013 – Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.

[55] GILL, G. Africa & Mid East: Bright Outlook. **J. Lube Report**, v. 10, n. 48, 2010. Disponível em: <http://www.imakenews.com/lng/e_article001948822.cfm?x=bhMR7SB,bb3qHGP3,w>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[56] GARCÉS, R.; FORECE, E. M.; SALAS, J. Vegetable oil basestocks for lubricants. **J. grasas y aceite**, v. 62, n. 1, p. 21-28, 2011.

[57] MAZZI, M. Ambientalmente corretos e potencialmente superiores. **Lubgrax**, n. 8, p. 16-23, 2011.

[58] LINDEMANN, L.; GOSALIA, A. The Impact of the Global Raw Material Landscape on the Worldwide Lubricants Market or Vice-Versa, 18th. In: **Proceedings of the 18th TAE International Colloquium Tribology**, Ostfildern, Alemanha, v.1, p. 2, 2012.

[59] SILVA, J. A. C. Obtenção de um lubrificante biodegradável a partir de ésteres do biodiesel da mamona via catálise enzimática e estudos de estabilidades oxidativa e térmica. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ [tese de doutorado], 2012. 188 p.

[60] PR NEWSWIRE. Albany, New York, January 23, 2013. Disponível em: <http://www.prnewswire.com/news-releases/synthetic-lubricant-market-is-expected-to-reach-usd-628056-million-in-2018-while-bio-based-lubricants-market-is-expected-to-reach-usd-23775-million-in-2018-transparency-market-research-188010571.html>. Acesso em: 12 fev. 2013.

[61] F+L WEEKLY. **Global biolubricants market projected to reach US$2.3 billion by 2017**, Volume 4 Issue 50 / . Disponível em: < http://fuelsandlubes.com/flw/global-biolubricants-market-projected-to-reach-us2-3-billion-by-2017/>. Acesso em: 10 jan. 2013.

[62] TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. **Biolubricants Market – Global Scenario, Trends, Industry Analysis, Size, Share And Forecast, 2010-2018**. USA, 2012. 12/12/2012. Disponível em: <http://www.transparencymarketresearch.com/biolubricants-market.html>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[63] TRANSPARENCY MARKET RESEARCH. **Synthetic & Bio-Based Lubricants Market – Global Industry Analysis, Market Size, Share, Trends, Analysis, Growth And Forecast, 2012-2018**. 23/01/2013. Disponível em: < http://www.transparencymarketresearch.com/global-synthetic-and-bio-based-lubricants-market.html >. Acesso em: 02 fev. 2013.

[64] HONARY, L. A. T. Biolubricants: A global Overview. **AOCS Inform,** v. 20, n. 4, p. 256-259, 2009.

[65] OMNI TECH INTERNATIONAL, LTD. **Bio-based lubricants, A Market Opportunity Study Update**, 2008. Disponível em: <http://soynewuses.org/wp-content/uploads/pdf/BioBasedLubricantsMarketStudy.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2013.

[66] HONARY, L. A. T. **Biobased Lubricants: Challenges, Risks & Opportunities From Research to Commercialization**, outubro de 2006. Disponível em: <http://www.uni.edu/nabl/Multimedia/LouHonaryPresentationAtILMA2006.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[67] EUROPE INNOVA. **D2.3 - Report on the "Assessment of the Bio-based Products Market Potential for Innovation",** setembro, 2010. Disponível em: <http://www.biochem-project.eu/download/toolbox/innovation/06/Bio-based%20product%20market%20potential.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[68] INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Biolubrificante de óleo de girassol equipara-se a óleo mineral.** 04/01/2010. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=biolubrificante-oleo-girassol-oleo-mineral&id=010170100104>. Acesso em: 12 jun. 2012.

[69] THEISSEN, H. The German Market Introduction Program for Biobased Lubricants. **Tribology Online**, v. 5, n. 5, p. 225-229, 2010.

[70] INNOCENTI, F. D. A Public Private Coorperation for bio-based products. **J. Novamont**. Set 2011. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=a%20public%20private%20cooperation%20for%20bio-based%20products%0Bnovamont&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fenterprise%2Fsectors%2Fchemicals%2Ffiles%2Fhlg%2Ffrancesco_degli_innocenti_en.ppt&ei=ZAA4UeRdkrj2BKqSgbgO&usg=AFQjCNGm9gY8mq9TAZUBJaidaPdkafVN0w&bvm=bv.43287494,d.eWU>. Acesso em: 02 fev. 2013.

[71] VINCOTTE. <http://www.okcompost.be/data/pdf-document/Doc-09e-a-Requirements-of-norm-EN-13432.pdf>. Requirements of the EN 13432 standard. Acesso em: 24 mai. 2013.

[72] CULTURAV. **Global Biolubricants Market – Transparency Market Research**. Albany, NY, April 23, 2013. Disponível em: <http://www.culrav.org/pr/global-biolubricants-market-will-reach-usd-2377-5-million-in-2018-transparency-market-research.php>. Acesso em: 28 jul. 2013.

[73] BELMIRO, P. N. A. De olho no mercado brasileiro. **Lubes em Foco**, n. 29, p. 10-14, 2012. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao29/index.html>. Acesso em: 25 mai. 2013.

[74] LUBES EM FOCO. O Mercado em Foco. Uma visão geral do Mercado em 2008. **Lubes em Foco**, n. 11, p. 28, 2009. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao11/index.html>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[75] LUBES EM FOCO. O Mercado em Foco. Uma visão geral do Mercado em 2009. **Lubes em Foco**, n. 16, p. 28, 2010. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao16/index.html>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[76] LUBES EM FOCO. O Mercado em Foco. Uma estimativa do mercado relativa ao ano de 2010. **Lubes em Foco**, n. 22, p. 28, 2011. Disponível em: <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao22/index.html>. Acesso em: 10 fev. 2013.

[77] LUBES EM FOCO. O Mercado em Foco. Uma estimativa do mercado relativa ao ano de 2012. **Lubes em Foco**, n. 34, p. 28, 2013. Disponível em: < http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao34/index.html >. Acesso em 23 mar 2013.

[78] ANP – Agencia Nacional de Petróleo. Dados estatísticos mensais. Produção Nacional de derivados de petróleo. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=64555&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1363464583915>. Acesso em: 15 mar. 2013.

[79] FONTENELLE, T. Da coleta ao rerrefino de óleos usados: uma visão mercadológica. **Lubes em Foco**, n. 29, p. 06-09, 2012.

[80] SINDICOM – Sindicato Nacional das empresas distribuidoras de combustíveis e lubrificantes. **Levantamentos de dados de mercado 2011.** Disponível em: <http://www.sindicom.com.br/download/sindicom_anuario_2012_final.pdf>. Acesso em: 24/ jan. 2013.

[81] SINDICOM – Sindicato Nacional das empresas distribuidoras de combustíveis e lubrificantes. **Levantamentos de dados de mercado 2010.** Disponível em: <http://www.sindicom.com.br/download/sindicom_anuario_2011_final.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2013.

[82] PETRICORENA, T. Evolução do Mercado Brasileiro de Lubrificantes – Impacto da Regulação no Setor. **3˚ Fórum de lubrificantes do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP)**. 11 de dezembro de 2006. Sede do IBP no Rio de Janeiro.

[83] BELMIRO, P. N. A. O Mercado Brasileiro de Lubrificantes. **Lubes em Foco 2013: 6 anos encontro com o mercado – América do Sul**, julho 2013 – Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.

[84] SINDICOM – Sindicato Nacional das empresas distribuidoras de combustíveis e lubrificantes. **Levantamentos de dados de mercado 2012.** Disponível em: <http://www.sindicom.com.br/download/anuario_sindicom_2013_FINAL_revisado.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2013.

[85] EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/index.html>. Acesso em: 10 jun. 2012.

[86] SINGH, A. K. Castor oil-based lubricant reduces smoke emission in two-stroke engines. **Journal Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 287-295, 2011.

[87] Embrapa Algodão – Comercialização. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/comercializacao.html>. Acesso em: 30/08/2012.

[88] CONAB**,** Companhia Nacional do Abastecimento, 2011. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1066&t=1 Acesso em: 24/01/2013.

[89] CONAB companhia nacional de abastecimento . Conjuntura mensal Mamona julho de 2013. Disponivel em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_07_16_53_22_mamonajulho2013.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2013

[90] CONAB**,** Companhia Nacional do Abastecimento, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_10_31_12_03_59_mamonaouturbro2011.pdf>. Acesso em: 24/01/2013

[91] EMBRAPA. **Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande, PB. 2008. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276836/1/DOC201.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2013.

[92] WILLING, A. Lubricants based on renewable resources ± an environmentally compatible alternative to mineral oil products**. Journal Chemosphere**, v. 43, p. 89-98, 2001.

[93] SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM, K.; YEW-AI, T. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Journal Progress in Lipid Research**, v. 39, p. 507-558, 2000.

[94] LEGARAND, J.; DÜRR, K. High-performing lubricants based on renewable resources, **Food Ind. Hi-Tech**, v. 9, p.16-18, 1998.

[95] CONAB**,** Companhia Nacional do Abastecimento, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2013.

[96] EMBRAPA. **Definição e Histórico de Canola**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/definicao.htm>. Acesso em: 30 jan. 2013.

[97] CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_16_16_41_16_canolajulho2012.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2013.

[98] SAMPAIO, C. C. Biolubrificantes – Eficientes e amigáveis. **Sindilub Press**, p. 5, 2010.

[99] GRUPO RAC. Empresa da região aposta forte nos biolubrificantes, agosto 2012. Disponível em: <http://portal.rac.com.br/institucionais/responsabilidade-ambiental/2012/08/23/142131/empresa-da-regiao-aposta-forte-nos-biolubrificantes>. Acesso em: 24 jan. 2013.

[100] REMMELE, E.; WIDEMANN, B. Suitability and Environmental Compatibility of Rapeseed Oil Based Hydraulic Fluids for Agricultural Machinery. **J. Synth. Lubr.**, v. 16, p. 129-145, 1999.

[101] LAWAL, S. A.; CHOUDHURY, I. A.; NUKMAN, Y. Application of vegetable oil-based metal working fluids in machining ferrous metals – A review. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 52, p. 1-12, 2012.

[102] OLIVEIRA, J. F. G.; ALVES, S. M. **Fluido de corte para retificação à base de óleo de mamona**. PI 0405554-3 A. 2006.

[103] OLIVEIRA, J. F. G.; ALVES, S. M. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando produção mais limpa como estratégia de gestão ambiental. **Jornal Produção**, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

[104] REYNOL, F. USP São Carlos desenvolve o primeiro óleo vegetal de corte **Conhecimento & Inovação,** v. 5, n. 3, Campinas jul./set. 2009. Disponível em: <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-43952009000300010&lng=pt&nrm=is>. Acesso em: 30 mai. 2012.

[105] NOTOX, 2012. Disponível em: < http://www.notox.com.br/produtos.php >. Acesso em: 24 jan. 2013.

[106] Fatos em Focos, Lubrificante Biodegradável. **Lubgrax**, n. 19, p. 45, 2012. Disponível em: <http://www.lubgrax.com.br/revistas/19/>. Acesso em: 30 mar. 2012.

[107] LOBO, M. T. G. Modernização da Lubrificação em destilarias de álcool e usinas de açúcar – parte 1. **Lubes em Foco**, n. 29, p. 24-27, 2012.

[108] LOBO, M. T. G. Modernização da Lubrificação em destilarias de álcool e usinas de açúcar - parte 2. **Lubes em Foco**, n. 30, p. 24-27, 2012.

[109] BRASIL QUÍMICA E TECNOLOGIA. **Boletim técnico**: BRQ VG-480/4000/20000. Rio de Janeiro: Xerém, [s.d.].

[110] PORTAL FATOR BRASIL. Grandes empresas optam pelos lubrificantes vegetais, colaborando com a cadeia sustentável, setembro, 2012. Disponível em: <http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=216045>. Acesso em: 24 jan. 2013.

10 ANEXOS

QUESTIONÁRIOS APLICADOS A EMPRESAS

EMPRESA A – 2011

- Como está o mercado de óleo lubrificante vegetal e mineral no Brasil?
- Quais empresas atuam nessa área no Brasil e no mundo?
- Quais os óleos vegetais utilizados pela empresa? Como são obtidos?
- Quais características diferenciam os óleos vegetais dos minerais nas diversas aplicações?
- Quais são os aditivos utilizados nos óleos vegetais de acordo com a aplicação do produto?
- Que órgão ambiental fiscaliza todo o processo industrial?
- O que é feito com os resíduos dos óleos, tanto os minerais quanto os vegetais? Qual é o custo da geração de resíduos?
- Para quem são vendidos os produtos (óleos lubrificantes vegetais)?
- Qual a expectativa de crescimento da utilização dos óleos lubrificantes vegetais aqui no Brasil?
- Qual a maior desvantagem do óleo vegetal em relação ao mineral?

EMPRESA B – 2012

- Quais são os clientes da empresa para óleos vegetais como lubrificantes?
- Qual a diferença de preço entre o óleo vegetal e o óleo mineral?
- Quais os óleos vegetais mais vendidos pela empresa para fins de lubrificantes?
- Qual o custo médio da produção dos óleos vegetais? E quais os fatores principais a serem levados em conta nessa etapa?
- Existe algum certificado de garantia destes óleos? O que é fornecido para os clientes?
- Existe algum órgão ambiental que fiscaliza todo o processo industrial da empresa?
- Como está a disponibilidade do óleo de mamona no Brasil para lubrificante?
- Há alguma empresa que já utilize os óleos vegetais no setor automotivo?
- Quais óleos vegetais são os mais vendidos para Usinagem?

EMPRESA C – 2012

- Em qual segmento são mais utilizados os biolubrificantes produzidos pela empresa?
- Quais os óleos vegetais mais utilizados para biolubrificantes aqui no Brasil e no exterior?
- Os aditivos usados nos biolubrificantes são de caráter vegetal ou mineral?
- Em qual ponto a empresa lucra usando óleo vegetal, que é mais caro que o mineral em relação ao processo de usinagem?
- Já ouvi dizer que na Usinagem que usa biolubrificante os adicionais de insalubridade não são pagos. Isso procede na empresa?
- Há algum reaproveitamento de biolubrificante?
- A empresa exporta biolubrificantes? Para quais países? Onde a empresa mais lucra nesse segmento?
- Já é utilizado lubrificante vegetal para setor de automotivo pela empresa? Como está a aplicação deste nesse ramo no Brasil e no mundo?
- Do seu ponto de vista, qual é o ponto forte em relação à substituição do óleo mineral pelo óleo vegetal, além da questão ambiental?
- Como avalia o mercado brasileiro em termos de potencial nesse ramo que ainda é muito pequeno?
- Os óleos vegetais que a empresa utiliza são aqui do Brasil?
- Quais os certificados do produto final? O que é fornecido para os clientes?
- Qual órgão ambiental fiscaliza todo o processo industrial?
- Para quem são vendidos os produtos (óleos lubrificantes vegetais)?