

PEDRO PAULO PEREIRA

BIODIESEL E AGRICULTURA FAMILIAR: ESTUDOS DO NABO
FORRAGEIRO

Pato Branco – PR
2012

Catálogo na Fonte por Elda Lopes Lira CRB9/1295

P436b Pereira, Pedro Paulo

Biodiesel e agricultura familiar: estudos do nabo forrageiro / Pedro Paulo Pereira – 2012.

107f. : il.; 30 cm.

Orientador: Márcio Barreto Rodrigues

Coorientador: Edilson da Silva Ferreira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Pato Branco / PR, 2012.

Bibliografia: f. 84-89

1.Biodiesel. 2.Nabo forrageiro. 3.Agricultura familiar I.Rodrigues, Márcio Barreto, orient. II.Ferreira, Edilson da Silva, coorient. III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. IV.Título.

CDD(22. ed.) 330



TERMO DE APROVAÇÃO Nº 16

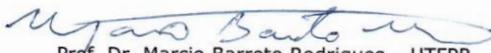
Título da Dissertação

Biodiesel e Agricultura Familiar: Estudo de Viabilidade de Uso do Nabo Forrageiro

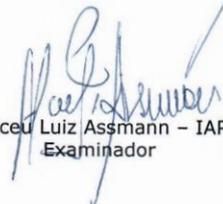
Autor

Pedro Paulo Pereira

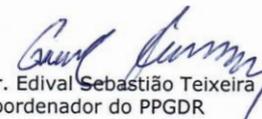
Esta dissertação foi apresentada às 14 horas do dia 27 de abril de 2012, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL – Linha de Pesquisa Ambiente e Sustentabilidade – no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O autor foi arguido pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.


Prof. Dr. Marcio Barreto Rodrigues – UTFPR
Orientador


Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay – UTFPR
Examinador


Dr. Alceu Luiz Assmann – IAPAR
Examinador

Visto da Coordenação


Prof. Dr. Edival Sebastião Teixeira
Coordenador do PPGDR

PEDRO PAULO PEREIRA

Biodiesel e Agricultura Familiar: Estudos do Nabo Forrageiro

Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

Orientador: Dr. Marcio Barreto Rodrigues
Co-orientador: M sc. Edilson da Silva Ferreira

Pato Branco – PR
2012

À minha família
Aliete, Paulo Henrique e Gabriela,
pela compreensão, incentivo, apoio,
colaboração e.....paciência.

AGRADECIMENTOS

- Ao Orientador, Dr. Marcio Barreto Rodrigues, pelo auxílio na condução do projeto de pesquisas, bem como no incentivo e constante contribuição para minha formação profissional e pessoal.
- Ao Co-Orientador M sc. Edilson da Silva Ferreira, pela orientação na parte de pesquisa de laboratório para produção do biodiesel.
- À Daniele Reineri, que muito auxiliou na parte prática participando dos experimentos de bancada de toda a pesquisa.
- Aos professores do PPGDR – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional pela oportunidade de adquirir conhecimentos em uma área tão vasta.
- Aos funcionários do Laqua – Laboratório de Qualidade Agroindustrial, da UTFPR, pela realização de algumas análises necessárias ao projeto.
- Ao Iapar – Londrina, por ceder amostra de óleo de nabo forrageiro para pesquisas.
- Ao Sr. José Antonio Casarin Junior, de Santana de Itararé PR, por ceder amostras de grãos de nabo forrageiro para o projeto.
- A Empresa Silofértil – Dério Rost & Cia. Ltda., Pato Branco PR., por ceder ao projeto, grãos de nabo forrageiro e proporcionar a prensagem dos mesmos para obtenção de óleo para nossas pesquisas.
- Aos agricultores do município de Pato Branco e Vitorino que aceitaram participar da Pesquisa Socioeconômica sobre biodiesel e nabo forrageiro e aos alunos do Colégio Estadual Agostinho Pereira, que colaboraram na pesquisa.
- Aos funcionários do Laboratório de Química da UTFPR de Pato Branco PR, que gentilmente nos auxiliaram nas tarefas de laboratório.

*Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
“Esses são os imprescindíveis.”*

Bertolt Brecht.

PEREIRA, Pedro Paulo. **Biodiesel e Agricultura Familiar: Estudos do Nabo Forrageiro, 2012, Dissertação de Mestrado** – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

RESUMO

A presente dissertação teve por objetivo estudar o processo de obtenção de biodiesel derivado do óleo de nabo forrageiro e analisar seu efeito sobre a sustentabilidade da agricultura familiar. Neste contexto, um planejamento experimental que avaliou o efeito das variáveis experimentais concentração de catalisador e tempo reacional foi utilizado para a seleção das condições ótimas para transesterificação etílica tendo sido possível a obtenção de 80% de rendimento. A caracterização do biodiesel obtido nestas condições revelou que alguns parâmetros se apresentaram fora dos padrões da ANP, provavelmente em função de deficiências na etapa de lavagem. Embora haja falta de conhecimento por parte dos agricultores familiares sobre o PNPB e sobre as potencialidades do nabo forrageiro em termos bioenergéticos há indícios de que a implementação da cadeia do biodiesel é sustentável. Finalmente, como meio para melhor avaliar este processo foi proposto um conjunto de indicadores para estimar a sustentabilidade da cadeia do biodiesel de nabo forrageiro (*Raphanus sativus L*)

Palavras-chave: biodiesel, nabo forrageiro, agricultura familiar.

PEREIRA, Pedro Paulo. **Biodiesel and Family Agriculture: Studies of the wild radish, 2012. Dissertação de Mestrado.** Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

ABSTRACT

This work aimed to study the process of obtaining biodiesel from oil radish and analyze its effect on the sustainability of family farming. In this context, an experimental design that evaluated the effect of variables on catalyst concentration and reaction time was used to select optimal conditions for transesterification of ethyl was possible to obtain 80% yield. The characterization of biodiesel obtained under these conditions revealed that some parameters are presented outside the standards of the ANP, probably due to deficiencies in the washing step. Although there is lack of knowledge by farmers about the PNPB and on the potential of bioenergy in terms turnip there is evidence that the implementation of the biodiesel chain is sustainable. Finally, as a means to better evaluate this process was proposed a set of indicators to estimate the sustainability of the biodiesel chain of wild radish (*Raphanus sativus L.*).

Keywords: biodiesel, wild radish, family farming, pilot plant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Transesterificação pelo etanol	42
Figura 2 Hidrólise e saponificação de um éster.....	43
Figura 3 Reação de água com alcóxido e saponificação.	44
Figura 4 Mecanismo da reação de transesterificação proposto porSchuchardt et.al.(1998)	45
Figura 5 Mecanismo da reação de transesterificação proposto por Meher et. al.(2006)	46
Figura 6 Ciclo de vida de produtos obtidos através de fontes renováveis.....	47
Figura 7 Grãos, flores e folhas de nabo forrageiro.	53
Figura 8 Esquema metodológico conduzido para avaliação da sustentabilidade da cadeia de biodiesel de nabo forrageiro	56
Figura 9 Grãos e filtro prensa utilizados para obtenção do óleo de nabo forrageiro.	58
Figura 10 Óleo de nabo forrageiro (a) após prensagem; (b) após repouso 24 horas.	58
Figura 11 Protótipo para produção de biodiesel em escala piloto.	60
Figura 12 Determinação da massa molar média.....	62
Figura 13 Resultados dos experimentos com catalisador NaOH e KOH.	64
Figura 14(a) Gráfico padronizado Pareto para rendimento com catalisador NaOH: as colunas que excedem a linha vertical são significativas a um nível de confiança de 95% com 4 graus de liberdade; (b) Efeitos das variações dos níveis sobre o rendimento de biodiesel.	66
Figura 15(a) Superfície de resposta para catalisador NaOH e tempo de reação; (b) Superfície de contorno.	66
Figura 16(a) Gráfico padronizado Pareto para rendimento com catalisador KOH: as colunas que excedem a linha vertical são significativas a um nível de confiança de 95% com 4 graus de liberdade; (b) Efeitos das variações dos níveis sobre o rendimento de biodiesel.	67
Figura 17(a) Superfície de resposta para catalisador KOH e tempo de reação; (b) Superfície de contorno.	67
Figura 18 Reação de transesterificação etílica com KOH em escala piloto:(a) início da reação e (b) reação em equilíbrio.....	69
Figura 19 Prensa mecânica, para extração de óleo de nabo forrageiro.	72

Figura 20 Reator para produção de biodiesel e recuperação de álcool.	73
Figura 21 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 01 (<i>Você sabe qual a diferença entre biodiesel e óleo vegetal?</i>); (b) Pergunta 02 (<i>Você conhece ou já ouviu falar de alguma aplicação de biodiesel na sua cidade ou região?</i>).....	74
Figura 22 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 03 (<i>Você concordaria em utilizar biodiesel em seu veículo?</i>); (b) Pergunta 04 (<i>Você sabe o que é o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB?</i>) do Questionário Socioeconômico.	74
Figura 23 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 05(<i>Você conhece as consequências de uso “in natura” de óleo vegetal como combustível?</i>) (b) Pergunta 06(<i>Você sabe qual a diferença em relação ao uso de combustíveis fósseis (gasolina, diesel) e os biocombustíveis (biodiesel, álcool, etc.) para o meio ambiente?</i>).....	75
Figura 24 Representação gráfica para as respostas da pergunta 7 do questionário socioeconômico (<i>Você saberia dizer quais das oleaginosas abaixo são plantadas no Sudoeste do Paraná?</i>).	76
Figura 25 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 08(<i>Você sabia que é possível obter-se biodiesel a partir de culturas de nabo forrageiro?</i>) (b) Pergunta 09(<i>Você saberia dizer se o uso de nabo forrageiro traz benefícios na agricultura quanto à reposição de nutrientes no solo?</i>).	76
Figura 26 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 10(<i>Você sabia que a produção de nabo forrageiro pode ser uma oportunidade para aumento de renda?</i>) (b) Pergunta 11(<i>Você sabe da existência do Pronaf-Biodiesel?</i>).....	77
Figura 27 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 12(<i>Você sabia que o biodiesel pode ser produzido em pequenos grupos de agricultores?</i>) (b) Pergunta 13(<i>Você sabia que o óleo de nabo forrageiro pode ser extraído por prensagem a frio?</i>).....	77
Figura 28 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 14(<i>Você tem noção dos equipamentos utilizados para produzir biodiesel?</i>) (b) Pergunta 15(<i>Você sabe o que são “commodities”?</i>).....	78

Figura 29 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 16(Você sabe o que é “Selo Combustível Social”?) (b) Pergunta 17(Você sabe o que é Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL?)..78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Número de famílias inseridas no PNPB	31
Tabela 2– Evolução da aquisição da agricultura familiar no PNPB (em milhões de R\$)	32
Tabela 3– Diversificação dos produtos adquiridos da agricultura familiar no PNPB.(em %).	33
Tabela 4– Distribuição percentual do nº de famílias participantes do PNPB por região (2009).	33
Tabela 5– Composição dos óleos de soja, girassol e nabo forrageiro	52
Tabela 6– Propriedades físico-químicas de alguns óleos vegetais	54
Tabela 7– Desenho experimental para o planejamento fatorial 2 ² completo para NaOH e KOH.	57
Tabela 8– Localidades que tiveram agricultores entrevistados.	63
Tabela 9– Rendimentos obtidos com os catalisadores NaOH e KOH.	65
Tabela 10– Características físico-químicas dos grãos e do óleo de nabo forrageiro	70
Tabela 11– Características do biodiesel produzido e parâmetros estabelecidos pela ANP	71
Tabela 12– Indicadores de sustentabilidade para cadeia de biodiesel de nabo forrageiro	79

LISTA DE SÍMBOLOS

AGL	Ácidos graxos livres
AND	Autoridade Nacional Designada
ANP	Agência Nacional de Petróleo
B2	Mistura de 2% de biodiesel e 98% de óleo diesel.
B5	Mistura de 5% de biodiesel e 95% de óleo diesel.
B100	Biodiesel 100%
BASA	Banco da Amazônia S.A.
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio
CEI	Comissão Executiva Interministerial
CEIB	Comissão Executiva Interministerial de Biodiesel.
CERBIO	Centro Brasileiro de Referência em Biodiesel.
CO ₂	Gás Carbônico
COFINS	Contribuição para o Funcionamento da Seguridade Social
CQNUC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima
DAP	Declaração de Aptidão ao PRONAF
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura.
GEE	Gases de efeito estufa.
GG	Grupo Gestor
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IC	Índice de cetonas
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
KOH	Hidróxido de sódio
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério das Minas e Energia
MMONF	Massa molar do óleo de nabo forrageiro.

N ₂ O	Óxido Nitroso
NaOH	Hidróxido de sódio
OECD	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico.
ONU	Organização das Nações Unidas
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PIS	Programa de Integridade Social
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PROALCOOL	Programa Brasileiro do Álcool
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SEAB	Secretaria Estadual de Abastecimento
SETI	Secretaria Estadual da Ciência e Tecnologia e Ensino Superior
SRF	Secretaria da Receita Federal
TECPAR	Instituto de Tecnologia do Paraná
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFFRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UTE	Unidade Técnica Estadual
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1. AGRICULTURA FAMILIAR E DIVERSIFICAÇÃO.....	20
3.2 GENERALIDADES SOBRE AGROBIOCOMBUSTÍVEIS E SUSTENTABILIDADE	25
3.2.1. Agrobiocombustíveis.	25
3.2.2. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB.	29
3.2.3 Selo Combustível Social.....	34
3.2.4. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).	35
3.2.5 Indicadores de Sustentabilidade da Cadeia de biodiesel de Nabo Forrageiro .	37
3.3 BIODIESEL	39
3.3.1 Histórico	39
3.3.2 Características técnicas do biodiesel.	47
3.3.3. Vantagens e desvantagens do biodiesel	48
3.3.4. Matérias primas.	50
3.3.4.1 Óleo de nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus L.</i>).....	52
3.3.4.2 Álcool etílico (etanol)	55
3.3.4.3 Catalisadores	55
4. MATERIAIS E MÉTODOS	56
4.1 RENDIMENTO MÁSSICO EM CONDIÇÕES OTIMIZADAS	56
4.1.1 Procedimento experimental.....	57
4.1.1.1 Processamento dos grãos de nabo forrageiro.....	57
4.1.1.2 Procedimento para obtenção do biodiesel	59
4.1.1.3 Cálculo do rendimento dos experimentos.	60
4.2 QUALIDADES TÉCNICAS DO BIODIESEL PRODUZIDO.....	61
4.2.1 Determinação da massa molar média	61
4.2.2 Determinação do teor de ácidos graxos livres.....	62
4.2.3 Determinação da razão molar óleo: álcool	62
4.3 CUSTOS RELATIVOS DA PRODUÇÃO LOCAL	63

4.4 QUESTIONÁRIOS SOCIOECONÔMICOS	63
5.1 RENDIMENTOS MÁSSICOS	64
5.1.1 Efeitos da [NaOH] e do tempo reacional sobre o rendimento mássico	65
5.1.2 Efeitos da [KOH] e do tempo reacional sobre o rendimento mássico	66
5.1.3 Rendimento mássico em escala piloto	69
5.2 QUALIDADES TÉCNICAS DA MATÉRIA PRIMA E DO BIODIESEL PRODUZIDO.....	70
5.3 CUSTOS RELATIVOS DE PRODUÇÃO LOCAL	72
5.4 ANÁLISES DA ACEITABILIDADE DO AGRICULTOR FAMILIAR	73
5.5 ANÁLISES DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE BIODIESEL DE NABO FORRAGEIRO ATRAVÉS DE INDICADORES.....	79
6. CONCLUSÕES.....	82
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.	83
8. REFERÊNCIAS.....	84
ANEXO 1.....	90
ANEXO 2.....	93
ANEXO 3.....	98
ANEXO 4.....	99
ANEXO 5.....	101
ANEXO 6.....	102
ANEXO 7.....	104

1. INTRODUÇÃO

Quando se fala em desenvolvimento sustentável, emissão de gases de efeito estufa ou energias alternativas, a primeira ideia que nos vem à mente é a matriz energética, ou seja, quais os tipos de energias usadas por determinado país e a quantidade de emissão de gases poluentes emitidos, parâmetros úteis para dimensionar o grau de poluição.

O Brasil apresenta uma matriz energética constituída por 52,8% de energia não renovável (petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio) e 47,2% de energia renovável (hidráulica e eletricidade, lenha e carvão vegetal, derivados de cana de açúcar e outras).

De todas as energias não renováveis utilizadas no Brasil, o problema maior encontra-se com o petróleo (37,9%), considerado um combustível fóssil, gerador de muitos gases poluentes como óxidos de enxofre, de nitrogênio e dióxido de carbono, esses dois últimos responsáveis pelo efeito estufa. (RESENHA ENERGÉTICA, 2009)

A dependência mundial da fonte energética não renovável (petróleo) teve diversos fatores, dentre eles, dois merecem destaque: a diversidade de usos do referido combustível, usado para gerar energia e também como matéria prima para diversos produtos químicos, desde sua extração comercial em 1859; e a sua significativa disponibilidade, explicada por alguns cientistas, pela teoria da “origem abiótica”, conforme Mac Donald (2010).

No Brasil, a necessidade do uso de fontes energéticas alternativas e menos agressoras ao meio ambiente abre espaço à utilização dos agrobiocombustíveis, como o etanol, implementado no Pró-Álcool em 1975, e em 2005 surge uma nova matriz energética, o biodiesel, fomentado pelo PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, que além de substituírem os derivados de petróleo, teriam a função de incluir na sua produção a atividade agrícola, propiciando um desenvolvimento rural.

Os agrobiocombustíveis diminuem em 80% a emissão de gás carbônico, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, porém devido ao uso de fertilizantes e através de nitrobactérias do solo que transformam o nitrogênio em óxido nitroso, aumentam a emissão desse gás em 13%, sendo o óxido nitroso 300 vezes mais poluente que o gás carbônico. (Weid, 2009).

É relevante salientar que no âmbito estadual, também há um programa dedicado ao biodiesel. Criado em 2003, o Programa Paranaense de Bioenergia, coordenado pela SEAB/SETI, tem buscado através dos órgãos responsáveis (IAPAR, EMATER e TECPAR) parcerias para a consolidação do programa, com melhoramentos genéticos, orientação e assistência técnica aos agricultores. (SOUZA, MAURINA & COSTA, 2006).

Com a proposta de produção de oleaginosas para produção de biodiesel atrelado aos programas supracitados, há uma expectativa real que surjam para a agricultura familiar, novas oportunidades de geração de rendas, colaborando com a redução na dependência de combustíveis fósseis, diminuindo as emissões de gases poluidores e causadores do efeito estufa e em alguns casos ainda utilizando áreas degradadas ou inúteis para produção de algumas oleaginosas que não requerem terras especiais.

Dentre os gargalos ou barreiras para a evolução deste processo no âmbito da agricultura familiar, significativa ênfase pode ser dada a dois aspectos principais: a *dificuldade técnica* para a obtenção de um produto com características compatíveis às exigências da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e, portanto competitivo o suficiente para se integrar ao mercado; a *aceitabilidade e o envolvimento do agricultor familiar*, uma vez que, segundo os objetivos dos programas antes citados, ele é o ator de todo o processo.

Neste contexto, o presente trabalho de dissertação explorou em seu estudo a hipótese de que a sustentabilidade da cadeia de biodiesel para a agricultura familiar no âmbito da região Sudoeste do Paraná dependeria, dentre outros fatores, do cultivo de uma oleaginosa com potencial agrônomo, de fácil cultivo e que, idealmente fosse de fácil aceitabilidade pelo agricultor e ainda, que seu processamento simplificado fosse capaz de obter um produto de qualidade.

Nabo forrageiro uma planta cultivada na região, sem uso de fertilizantes, donde se extrai o óleo por simples prensagem a frio, pode produzir via etanólise alcalina, biodiesel e outros subprodutos, adicionando ao agricultor um rendimento extra e mais uma opção para substituir os combustíveis derivado de petróleo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o processo de obtenção de biodiesel derivado do óleo de nabo forrageiro e análise de seu efeito sobre a sustentabilidade da agricultura familiar.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o processo de obtenção de biodiesel a partir de óleo de nabo forrageiro, considerando o efeito dos fatores experimentais: temperatura do meio, tempo reacional, tipo e concentração de catalisador; determinar e ajustar as condições reacionais em nível de escala piloto (reator); caracterizar o biodiesel produzido quanto aos parâmetros físico-químicos do produto obtido e comparar com os padrões da ANP.
- Realizar análise crítica das relações entre uma possível implementação da cadeia de biodiesel de nabo forrageiro e sua sustentabilidade com foco na agricultura familiar com base em questionários socioeconômicos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. AGRICULTURA FAMILIAR E DIVERSIFICAÇÃO.

Na legislação brasileira, propriedade familiar é definida no inciso II do artigo 4º do Estatuto da Terra, estabelecido pela Lei nº 4.504 de 30 de novembro de 1964, com a seguinte redação: “imóvel que, direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda a força de trabalho, garantindo-lhes a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, e eventualmente trabalhado com a ajuda de terceiros” e na definição da área máxima, a lei nº 8629, de 25 de fevereiro de 1993, estabelece como pequena os imóveis rurais com até 4 módulos fiscais, e como média propriedade, aqueles entre 4 e 15 módulos fiscais. (GONÇALVES E SOUZA, 2005)

A chamada agricultura familiar constituída por pequenos e médios produtores representa a imensa maioria de produtores rurais no Brasil. São cerca de 4,5 milhões de estabelecimentos dos quais 50% estão no Nordeste. O segmento detém 20% das terras e responde por 30% da produção global. Os agricultores familiares são responsáveis por aproximadamente 40% do valor bruto de produção agropecuária, 80% das ocupações produtivas agropecuárias e parcela significativa dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros, como o feijão (70%); a mandioca (84%); carne de suíno (58%); de leite (54%); de milho (49%); e de aves e ovos (40%) (SANTOS, 2010). O Nordeste é a região brasileira que detém a maior parcela dos estabelecimentos agrícolas familiares do país (50%), comparado com as demais regiões. Esses estabelecimentos detêm também a maior fração da área (31,6%), mas não há uma participação correspondente no valor bruto da produção (apenas 16,7%). O Nordeste é ainda a Região que apresenta a menor área média por estabelecimento na agricultura familiar (17 ha) e a segunda menor na agricultura patronal (269 ha), com valores bastante inferiores às medias do país (26 e 433 ha, respectivamente). Em geral, são agricultores com baixo nível de escolaridade e diversificam os produtos cultivados para diluir custos, aumentar a renda e aproveitar as oportunidades de oferta ambiental e disponibilidade de mão-de-obra. (SANTOS, 2010) Ainda, segundo Santos (2010), o Brasil possui quase 5000 municípios com menos de 50 mil habitantes e destes, mais de 4000 tem menos de 20 mil habitantes. Esses produtores e seus familiares são responsáveis por inúmeros empregos no

comércio e nos serviços prestados nas pequenas cidades. A melhoria de renda deste segmento por meio de sua inserção no mercado tem impacto importante no interior do país e por consequência nas grandes metrópoles.

Agricultura familiar não é uma categoria social recente, também não representa uma categoria analítica nova na sociologia rural, porém, nos últimos anos em função da utilização de seu significado e abrangência que lhe tem sido atribuído, ela assume ares de novidade e renovação. (WANDERLEY, 2001)

Segundo a FAO/INCRA (1994), os estabelecimentos agropecuários dividem-se em “patronal” e “familiar”, sendo que o patronal tem como característica a completa separação entre gestão e trabalho, a organização descentralizada e ênfase na especialização, o modelo familiar tem como característica a relação íntima entre trabalho e gestão, a direção do processo produtivo conduzido pelos proprietários, a ênfase na diversificação produtiva, na durabilidade dos recursos e na qualidade de vida, a utilização do trabalho assalariado em caráter complementar e a tomada de decisões imediatas, ligadas ao alto grau de imprevisibilidade do processo produtivo.

Agricultura familiar no interior das sociedades capitalistas mais desenvolvidas é completamente diferente do campesinato clássico. Enquanto os camponeses podiam ser entendidos como “sociedades parciais com uma cultura parcial, integrados de modo incompleto a mercados imperfeitos”, representando um modo de vida caracterizado pela personalização dos vínculos sociais e pela ausência de uma contabilidade nas operações produtivas, a agricultura familiar é altamente integrada ao mercado, capaz de incorporar os principais avanços técnicos e de responder as políticas governamentais. Aquilo que era antes de tudo um modo de vida converteu-se numa profissão, numa forma de trabalho.

Se quisermos combater a pobreza, precisamos, em primeiro lugar, permitir a elevação da capacidade de investimento dos mais pobres, é necessário melhorar sua inserção em mercados cada vez mais dinâmicos e competitivos, uma visão de que o agricultor familiar está inserido no mercado e a procura de novas tecnologias. (ABRAMOVAY, 2007)

Baseados nos conceitos de Alexander Chayanov, há uma corrente denominada como “neo-populismo-ecológico”, que destaca a autonomia relativa do pequeno produtor, enfatizando a utilização de recursos locais, a diversificação da produção e outros atributos que apontam para a sustentabilidade dos sistemas de

produção tradicionais, esse enfoque é conhecido como agroecologia, cujos objetivos para o desenvolvimento rural seriam: Segurança alimentar com valorização de produtos tradicionais e conservação de germoplasma de variedades cultivadas locais; Resgatar e reavaliar o conhecimento das tecnologias camponesas; Promover o uso eficiente dos recursos locais; Aumentar a diversidade vegetal e animal de modo a diminuir os riscos; Reduzir o uso de insumos externos; Busca de novas relações de mercado e organização social.(ALTIERI, 2002)

Segundo Schneider (2003), esse desenvolvimento rural representa uma tentativa de ir além da modernização técnico-produtiva, apresentando-se como uma estratégia de sobrevivência das unidades familiares que buscam sua reprodução. O modelo não é mais o do agricultor-empresário, mas o do agricultor camponês que domina tecnologias e toma decisões sobre o modo de produzir e trabalhar.

A agricultura familiar (Gasson & Errington, 1993) tem seis características básicas que na tradição da sociologia chama-se “tipo ideal”:

1. A gestão é feita pelo proprietário.
2. Os responsáveis pelo empreendimento estão ligados entre si pelos laços de parentesco.
3. O trabalho é fundamentalmente familiar.
4. O capital pertence à família.
5. O patrimônio e os ativos são objetos de transferência intergeracional no interior da família.
6. Os membros da família vivem na unidade produtiva.

A partir dos anos 90, o Ministério do Desenvolvimento Agrário, criou o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. O Pronaf financia projetos individuais ou coletivos, que geram renda aos agricultores familiares e assentados da reforma agrária. O programa possui as mais baixas taxas de juros dos financiamentos rurais, além das menores taxas de inadimplência entre os sistemas de crédito do País. O acesso pode ser para custeio de safra, atividade agroindustrial, investimento em máquinas, equipamentos ou infraestrutura de produção e serviços agropecuários ou não agropecuários. Para recebimento de crédito, o agricultor deve procurar o sindicato rural ou a EMATER para a obtenção da Declaração de Aptidão ao Pronaf, emitida em função da renda anual e atividades exploradas. Os beneficiários da reforma agrária e do crédito fundiário, o agricultor

deve procurar o INCRA ou a Unidade Técnica Estadual. As condições de acesso ao Crédito Pronaf, formas de pagamento e taxas de juros correspondentes a cada linha são definidas, anualmente, a cada Plano Safra da Agricultura Familiar, divulgado entre os meses de junho e julho. (PORTAL MDA, 2011)

A agricultura sempre teve papel importante na economia nacional, porém, com os novos processos tecnológicos e a moderna industrialização, ela passou a ser coadjuvante, não sendo mais a principal fonte no processo de desenvolvimento capitalista, a fonte de renda das famílias que vivem no espaço rural passou a ser instável.

Surge então a diversificação rural/agrícola, como alternativa para diminuir os riscos de se ter apenas uma atividade como principal fonte de renda e manutenção familiar, uma opção estratégica na política do desenvolvimento rural, em particular nas regiões mais afetadas pelo declínio das atividades agrícolas.

Para se aplicar as diretrizes de políticas de apoio à diversificação, é preciso: direcionar as políticas para determinados grupos sociais respeitando sua especificidade; proporcionar políticas que procuram reduzir os riscos das atividades das pessoas pobres; disponibilizar o microcrédito; alavancar as possibilidades de trabalho no setor de serviços no meio rural; estimular os empreendimentos não agrícolas no meio rural; fortalecer as vilas rurais e infraestruturas das pequenas cidades e, investir em educação. (ELLIS,1998)

A atenção não deve se limitar ao interior da unidade produtiva agrícola e, menos ainda, a algum produto agrícola específico. É indispensável o estudo dos sistemas de produção, cadeias produtivas, oportunidades de mercado, observar as dinâmicas familiares, respeitando as experiências dos agricultores, apoiando a organização comunitária e valorizando a educação para a cidadania. (DENARDI, 2004)

A Agricultura familiar pode apresentar a diversificação dividida em: a) Subsistência; e b) Pluriatividade. A produção de subsistência é aquela que produz alimentos para as necessidades dos componentes da família, apresentam grande diversidade de qualidade, satisfazem os gostos e representam a cultura dos componentes da família. A produção não serve apenas para o autoconsumo, ela cumpre funções sociais de produção e trabalho, mantém interna a unidade produtiva fazendo com que dependa cada vez menos das condições externas à unidade de produção. Essa produção também interfere na sociabilidade do agricultor e na

maneira como os grupos sociais se relacionam material e simbolicamente, ocorre durante as visitas entre as famílias, ocasião em que trocam valores, produtos, sementes, saberes para aprimorar técnicas de subsistência, ao mesmo tempo em que a subsistência proporciona a sociabilização. (GAZOLLA, 2004)

A pluriatividade é caracterizada por indivíduos da família com domicílio rural que passam a dedicar-se ao exercício de um conjunto variado de atividades econômicas e produtivas, não necessariamente ligadas à agricultura e ao cultivo da terra. Membros da família optam pelo exercício de diferentes atividades, ou mais rigorosamente, optam pelo exercício de atividades não agrícolas, mantendo a moradia no campo e uma ligação, inclusive produtiva, com a agricultura e a vida no espaço rural. (SCHNEIDER, 2003)

A pluriatividade pode ocasionar duas situações distintas, ou seja, a possibilidade de incorporação desse segmento importante da população rural na dinâmica local, e a outra é um caminho para a proletarização total e abandono da atividade agrícola. (CARNEIRO, 2006)

Quando se fala em diversificação, é preciso que se faça a diferença entre diversificação agrícola e diversificação rural.

A diversificação agrícola refere-se à implantação de duas ou mais atividades agrícolas ou pecuárias em uma propriedade rural. Uma propriedade que produza milho, café, leite e crie suínos, é considerada uma propriedade diversificada.

A diversificação rural refere-se à implantação simultânea de atividades agrícolas e não agrícolas em uma propriedade, configurando-se por meio de um mercado relativamente indiferenciado, que combina desde prestação de serviços manuais até o emprego temporário nas indústrias tradicionais (agroindústria, têxtil) ou, pela combinação de atividades urbanas do setor terciário como a gestão das atividades agropecuárias.

Segundo Graziano (1992), a diversificação rural pode ser considerada como pluriatividade, uma nova base da agricultura moderna, uma vez que considera fundamental a criação de um novo conjunto de políticas não agrícolas para impulsionar o desenvolvimento de áreas rurais, proporcionando condições para que se possa alcançar a cidadania no meio rural sem a necessidade de migrar para as cidades, diversificar apenas a produção agrícola de uma região não resolve. As famílias agrícolas pobres que dependem do mercado local de trabalho têm poucas melhorias em suas rendas.

Segundo Balsadi (2001), é preciso que as políticas assumam um enfoque integrador das atividades agrícolas e não agrícolas, ao mesmo tempo em que utilizem diferentes instrumentos de política econômica e social para promover um modelo de desenvolvimento rural que permita aos seus habitantes melhorarem suas condições de emprego, renda e qualidade de vida.

Richetti (2006) destaca que a diversificação pode ser tanto horizontal (com a produção de um maior número de culturas na propriedade) como, também, vertical (com a realização de várias etapas de produção de um mesmo produto). No caso de uma agricultura agroecológica, qualquer tipo de diversificação pode possibilitar uma maior sustentação da produção, com a reintegração de uma gama maior de produtos dentro da própria propriedade.

3.2 GENERALIDADES SOBRE AGROBIOCOMBUSTÍVEIS E SUSTENTABILIDADE

3.2.1. Agrobiocombustíveis.

Entre as inúmeras alternativas aos combustíveis fósseis existentes hoje, como energia eólica, solar, das marés, também temos uma alternativa baseada na biomassa denominada de agrobiocombustíveis, com a finalidade de diminuir a emissão dos gases de efeito estufa. Porém, a ideia não é de consenso entre os estudiosos, pois o uso da terra para produção de combustíveis pode colocar em risco a sustentabilidade das populações e ambiente nos países produtores, essa alternativa tem provocado inúmeros debates acerca das vantagens e desvantagens da utilização da biomassa para produzir combustíveis. (ABRAMOVAY & MAGALHÃES, 2007)

Entre os agrobiocombustíveis encontramos os de primeira geração e como exemplo principal, temos a cana-de-açúcar, o milho, a soja e a palma, além de alguns menos utilizados como girassol, dendê, colza, mamona etc.; encontramos também outra categoria ainda em estudos que é o agrobiocombustível de segunda geração representado pelo etanol celulósico, e há ainda uma terceira geração, reconhecida recentemente e denominada de “revolução azul”, a chamada maricultura, com estudos na Ásia, Pacífico. Na Costa Rica e Japão a cultura de algas marinhas já está progredindo para fins energéticos. (SACHS, 2009).

A utilização do termo agro energia ou bioenergia é explicada por motivos sociopolíticos. A opção pelo termo agro energia ou agrocombustível referem-se aos processos agrários e sua interferência histórica sobre determinados espaços sociais e territoriais. Relacionam os modelos dos agrobiocombustíveis às estruturas agrárias e fundiárias, no Brasil o exemplo da cana-de-açúcar, principal matéria prima do etanol, baseada na grande lavoura, monocultura e concentração fundiária, exemplificada por Caio Prado Jr. (1999), em sua obra “Formação do Brasil Contemporâneo”.

O termo bioenergia ou biocombustível tende a utilizar outro enfoque que nos remete à condição de renovável, em substituição à energia dos combustíveis fósseis, sendo os combustíveis fabricados a partir da cana-de-açúcar, milho, soja e outras plantas, como sendo um passo seguro na “transição vitoriosa” da civilização dos combustíveis fósseis para outra economia ou civilização renovável ainda a ser definida. (REBRIP, 2008)

Segundo Weid (2009), o etanol produzido apresenta balanço energético levemente positivo se for utilizado o bagaço e folhas da planta como fonte de energia, como o restolho (bagaço e folhas) não é utilizado, o balanço energético fica negativo. No caso do milho o etanol produzido apresenta balanço energético negativo, pois seria preciso 1,29 unidades de energia fóssil para produzir uma unidade de etanol.

O balanço energético da soja é negativo entre 32% e 8% e o da colza ainda é pior, no óleo de palma a expectativa é de balanço positivo. As emissões de gases de efeito estufa produzida pelos veículos representa 14% do total das emissões mundiais, o mesmo da agricultura, porém, pelo desmatamento e substituição da cobertura vegetal natural por plantações voltadas para os agrobiocombustíveis, essas emissões chegariam a 30%. (WEID, 2009).

A segurança alimentar é outro fator de preocupação, em função da diminuição de espaços para o plantio dos alimentos e conseqüentemente aumento de preços. Weid (2009) apresenta um estudo que não existem mais do que 250 a 300 milhões de hectares de terra cultivável no mundo, e para suprir 10% da demanda mundial de agrobiocombustíveis até 2030 seriam necessários 290 milhões de hectares, enquanto a demanda mundial por alimentos demandaria mais 200 milhões. Então só restaria como opção para produção de agrobiocombustíveis, a destruição das florestas.

Outro ponto da análise cética é a concentração fundiária e de renda, conforme Assis & Zucarelli (2007), a expansão dos plantios de cana nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, alterou a dinâmica de ocupação territorial, com relação à concentração de rendas, alguns setores como o automobilístico envolvem-se no setor de agrobiocombustíveis, pois as metas de substituição dos combustíveis fósseis por agro energia desviam as restrições das emissões de gás carbônico por veículos, evitando a redução na venda de carros.

Outro argumento defendido pela corrente cética é o aparecimento do novo colonialismo, o colonialismo energético, ideia defendida por Houtart (2008), onde as grandes corporações internacionais interessadas na exploração de áreas agrícolas do sul e pela inserção de camadas desprivilegiadas ao processo produtivo da agro energia, mas fundamentalmente por estratégias de ganhos e realização da “mais valia” a partir dessa produção.

Calvário (2008), também aponta alguns pontos negativos dos agrobiocombustíveis como: desmatamento florestal, perda de biodiversidade, substituição na produção agrícola alimentar, contribuição para o aumento nos preços e esgotamento das reservas alimentares, disputa de terras, trabalho escravo ou crescimento de empregos informais, aumento da pobreza e exclusão social, enfatizando que no encontro da Primavera entre o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional, em 11 de abril de 2008, os presidentes dessas instituições tacharam os biocombustíveis de principais culpados pelo aumento nos preços dos alimentos, responsáveis por grave crise alimentar e sérios distúrbios sociais.

Para mostrar que as metas de produção de biocombustíveis são inatingíveis e que os danos que serão causados à natureza serão maiores que os benefícios obtidos, além de concentrar a renda nas mãos de grandes corporações, com redução na oferta de empregos, Holt-Giménez (2011), diretor executivo da “Food-First”, de Oakland, Califórnia, publicou um artigo intitulado “Os Cinco Mitos da Transição dos Agrocombustíveis”, onde são citados cinco mitos com relação aos biocombustíveis, sendo cada um deles justificadas as consequências da transformação industrial do nosso sistema alimentar e de combustíveis. São eles: 1) Agrocombustíveis são limpos e verdes; 2) Não irão causar desmatamento; 3) Irão gerar desenvolvimento rural; 4) Não causarão fome e 5) Uma segunda geração aperfeiçoada já está a caminho.

De outro lado, embora a antes citada corrente integralista não desprezem as implicações negativas dos agrobiocombustíveis, defendem a soberania alimentar e energética, são contra os modelos hegemônicos da monocultura de cana-de-açúcar, soja e milho, mecanização, uso de defensivos, más condições de trabalho, concentração fundiária etc.

Como contribuir com a redução das emissões de carbono, na atual diversidade de situações estruturais, ambientais, políticas, econômicas e sociais? Uma das respostas dos integralistas esta na produção de alimentos e energia numa base diversificada, em escalas menores e num sistema direcionado para produtores da agricultura familiar.

Ignacy Sachs pode ser citado com um dos defensores da abordagem integralista, por ser contrário ao padrão tecnológico que se baseia no sistema de produção dos agrobiocombustíveis utilizado hoje, que está estruturado no sistema de commodities com produção em monoculturas, preocupadas com a eficiência econômica do processo.

A corrente integralista defende a ideia do estímulo a biodiversidade e no emprego de biotecnologias capazes de incentivar sistemas integrados de produção de agros energia e alimentos, (cadeia produtiva), utilizar plantas que possam ser cultivadas em terrenos degradados, não exijam graus elevados de insumos nem terras férteis e a diversidade dessas plantas aumenta a capacidade de estocagem de carbono, quando comparado aos sistemas homogêneos.

Ainda, com relação ao otimismo dos integralistas, a produção do agro biocombustível pode ter seu lado positivo quando implementada com política pública de inclusão social, programa já implementado no Brasil, com a instituição do PNPB, que já tem o pioneirismo de integrar no processo produtivo, agentes historicamente conflitantes e indiferentes no cenário nacional – as empresas e os agricultores familiares. (ABRAMOVAY & MAGALHÃES, 2007) Neste mesmo contexto, Sachs (2009) afirma que o êxito dos biocombustíveis pode ser conseguido pela integração com a pecuária, citando como exemplo as tortas das oleaginosas e as pontas da cana utilizadas como ração para o gado bovino, nos diz também que a superação da competição entre biocombustíveis e alimentos será dada com a entrada das bioenergias de segunda geração (a partir de resíduos agrícolas).

3.2.2. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB.

Com o objetivo de promover o desenvolvimento do país, sem deixar de lado a preservação dos recursos naturais e buscando a inclusão socioeconômica de uma parcela da população que se encontra, por algum motivo, excluída enquanto agente social, o Governo Federal desenvolveu um projeto que se adequasse à realidade global, denominado Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. Tal programa teve início em 02 de julho de 2003, quando a Presidência da República instituiu por meio de Decreto um Grupo de Trabalho Interministerial, encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização do biodiesel como fonte alternativa de Energia. Com o resultado do projeto, foi estabelecida por meio de Decreto de 23 de dezembro de 2003 a estrutura gestora do programa com a instituição da Comissão Executiva Interministerial, possuindo como unidade executiva, um Grupo Gestor. Aprovado pela Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel em 31 de março de 2004, culminou com o lançamento oficial em 06 de dezembro de 2004 pelo Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, na mesma ocasião houve lançamento do Marco Regulatório que estabelece as condições legais para a introdução do biodiesel na Matriz Energética Brasileira de combustíveis líquidos.

Em 13 de janeiro de 2005 foi publicada a Lei 11.097 que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, altera Leis afins e dá outras providências. (BIODIESEL, 2011).

Dentre as diretrizes do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, destacam-se três:

- Implantar um programa sustentável, promovendo a inclusão social;
- Garantir preços competitivos, qualidade e suprimentos;
- Produzir o biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em regiões diversas.

Através de Instrução Normativa nº 01 de 05 de julho de 2005, o programa criou o Selo Combustível Social, uma certificação importante pois é uma conquista pública no sentido de orientar os arranjos produtivos regionais para um crescimento baseado em valores substantivos, com justiça, equidade e preservação ambiental. (ABRAMOVAY & MAGALHÃES, 2007)

A maioria dos trabalhos que vêm sendo realizados sobre o tema, os de conteúdo mais local e empírico como aqueles que buscam uma apreciação mais

geral da atuação do PNPB, mostra que o fortalecimento da agricultura familiar e a inserção dos produtores que não tinham lugar no mercado não vêm ocorrendo de maneira prevista no momento da elaboração do programa. Existe dificuldade no que se refere à participação equilibrada dos agentes heterogêneos envolvidos no processo, e o peso das relações de poder desiguais entre esses agentes parece continuar dando a tônica na instituição dos arranjos produtivos de matéria prima para o PNPB. (ABRAMOVAY, 2008; BUAINAIM & GARCIA, 2008; SACHS, 2009)

Acredita-se que o programa esteja passando por uma fase de maturação, uma curva de aprendizagem, cujos objetivos serão conseguidos em médio prazo. Aliar a instalação de grandes complexos industriais à produção agrícola familiar é inviável, pois a estrutura produtiva da agricultura familiar não está preparada para atender a demanda industrial da maneira proposta, também se falam em inércia dos mercados locais dificultando a introdução de nova forma de governança produtiva prevista pelo PNPB e também, outros autores defendem a ideia que o problema chave é a existência de falhas institucionais no próprio desenho do programa, que impediriam a realização de seus objetivos sociais e que permitiram que a soja viesse a se tornar a principal matéria prima para o biodiesel, contrariando o planejamento do PNPB, concorrendo para uma participação da agricultura familiar limitada aos seus estratos mais estruturados. (ABRAMOVAY, 2008; BUAINAIM & GARCIA, 2008; SACHS, 2009)

A agricultura familiar possui como incentivo financeiro a possibilidade de acessar ao Pronaf, cujo objetivo é financiar as atividades agropecuárias e não agropecuárias exploradas mediante emprego direto da força de trabalho do produtor rural e de sua família, entendendo-se por atividades não agropecuárias os serviços relacionados com turismo rural, produção artesanal, agronegócio familiar e outras prestações de serviço no meio rural, que sejam compatíveis com a natureza da exploração rural e com o melhor emprego da mão-de-obra familiar. Podem ser clientes, agricultores familiares que comprovem seu enquadramento mediante apresentação da Declaração de Aptidão ao Pronaf válida, emitida por entidades cadastradas junto à Secretaria da Agricultura Familiar, podendo ser sindicato de trabalhadores, órgãos de extensão ou sindicatos patronais. (ABRAMOVAY & MAGALHÃES, 2007)

Como incentivo financeiro, o PNPB, apresenta um mecanismo inovador, que é a criação do Pronaf-Biodiesel, que segundo o manual de crédito rural, é mais uma operação de custeio Pronaf, concedida pelo Banco Central, uma vez ao ano.

O Pronaf-Biodiesel é uma operação paralela ao Pronaf já existente e é destinado aos agricultores que cultivam oleaginosas destinadas a servir como matéria prima para a produção de biodiesel. Esse crédito é utilizado para financiar o plantio de parte da produção de matéria prima para o óleo vegetal, fazendo o cultivo na safrinha ou em uma porção da propriedade não utilizada para a plantação de outra cultura financiada. (PNPB, 2011; MDA, 2011)

Após seis anos do lançamento do PNPB, (dezembro de 2004), o cenário teve algumas mudanças positivas e outras nem tanto. O número de famílias envolvidas no PNPB apresenta a seguinte forma, conforme a tabela 1, a seguir:

Tabela 1– Número de famílias inseridas no PNPB

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010
No. Famílias	16.328	40.595	36.746	27.858	51.047	109.000

Fonte: SAF/MDA (2011)

Em 2008, os leilões de compra de biodiesel organizados pelo governo movimentaram R\$ 2,45 bilhões, enquanto as aquisições de produtos da agricultura familiar alcançaram R\$ 276 milhões – 11,2% do total, em 2009 os leilões movimentaram R\$ 3,6 bilhões as aquisições passaram a R\$ 677 milhões – 18,8%, significa uma maior participação da agricultura familiar, conforme desejo do PNPB.

Se no lado social o PNPB traz resultados frágeis, a produtividade se comporta de maneira contrária, em menos de seis anos existe um parque industrial de 62 usinas em 15 Estados, com capacidade de produção de 14,4 mil m³ do combustível por dia. Com isso, a meta do B5 prevista para 2013 foi antecipada para 2010, alguns setores já defendem o B10, possível em capacidade produtiva, com isso a economia de divisas com importação de biodiesel poderia dobrar, com o B5 a ANP estima em US\$ 1,4 bilhão por ano.

Durante os anos de 2007 e 2008 algumas empresas não cumpriram os acordos do PNPB, diminuindo em aproximadamente 30% o número de agricultores familiares inseridos no PNPB, esse desacordo fez com que algumas empresas perdessem o Selo Combustível Social, o que foi fundamental para que o PNPB

adquirisse credibilidade e o número de famílias aumentou em quase 100% em 2009 e em 2010 seu número mais que dobrou. Outro fator que colaborou com o aumento de credibilidade, foi a entrada da Petrobrás Biocombustível – Petrobio. Outro fator positivo é a aquisição dos produtos da agricultura familiar que saltaram 145% de 2008 a 2009 e 334% entre 2008 e 2010, chegando a R\$ 1.200 000,00, conforme tabela 2, projetada pelo MDA/SAF.

Tabela 2– Evolução da aquisição da agricultura familiar no PNPB (em milhões de R\$)

Ano	2006	2007	2008	2009	2010
R\$ (milhões)	68,57	117,50	276,54	677,34	1.200,00

Fonte: MDA/SAF (2011)

O fortalecimento do PNPB, não se deve somente à entrada da Petrobras aos leilões, a própria burocracia do MDA ganhou corpo para gerir o programa, já existem mais de 100 profissionais cuidando das gestões das cadeias produtivas e outros 20 atuando dentro do ministério, as usinas que possuem Selo Combustível Social utilizam programas de computador para registrar fluxos dos produtos oriundos da agricultura familiar, com isso o MDA controla o produto, sabe quanto foi pago e se houve ou não prestação de assistência técnica, como exige a lei. Parece paradoxal, mas a realização de leilões presenciais e não mais eletrônicos, foi um avanço para o PNPB, pois evitava a competição predatória entre as empresas, uma vez que elas estavam pouco estruturadas diante do estágio embrionário do setor. (REPORTER BRASIL, 2011)

Em 2010, novamente o leilão passou a ser eletrônico, entretanto, como argumentou o economista da UFRRJ Georges Flexor: “o ajuste promovido no momento de maior incerteza quanto ao futuro da oferta de biodiesel revelou-se estratégico para o sucesso produtivo do programa”.

O programa ainda sente dificuldades de ajuste quanto à diversificação das matérias-primas, conforme nos mostra a tabela 3, onde notamos a enorme diferença entre a soja utilizada para produção de biodiesel e as outras oleaginosas. (REPORTER BRASIL, 2011)

Tabela 3– Diversificação dos produtos adquiridos da agricultura familiar no PNPB.(em %)

	Soja	Mamona	Dendê	Outros
2007	99,09	0,04	0,87	0,00
2008	96,00	2,00	1,00	1,00
2009	95,20	4,00	0,40	0,44

Fonte: MDA/SAF (2011)

Outro fator a ser salientado é a porcentagem das famílias dos agricultores que participam do PNPB por região do Brasil, conforme Tabela 4, a seguir:

Tabela 4– Distribuição percentual do nº de famílias participantes do PNPB por região (2009).

Sul	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Norte
57,1%	34,7	5,0	2,9	0,4

Fonte: MDA/SAF (2011)

No Paraná, foi criado pelo Governo Estadual através do decreto lei nº2101, de 10/11/2003, o Programa Paranaense de Bioenergia – PR BIOENERGIA, com a finalidade de fomentar ações de pesquisa, desenvolvimento, aplicações e uso de biomassa no Paraná, com a intenção de incentivar a produção e uso do biodiesel. Visando a colaboração com o PNPB, o Governo do Estado implantou o programa BIOENERGIA em função de dois aspectos importantes: O desenvolvimento de tecnologias de produção de biodiesel e organizar um sistema sustentado na produção de oleaginosas de modo a se obter uma maior eficiência econômica nas propriedades agrícolas familiares do Paraná. (SOUZA, 2006)

A pesquisa é baseada na produção de biodiesel com a utilização de álcool etílico e garantir o fornecimento de matéria prima em uma agricultura familiar eficiente economicamente, trabalho em pesquisa coordenado pela SEAB, tem a indispensável participação do IAPAR, EMATER-PR, EMBRAPA-Soja, TECPAR, produtores rurais, Cooperativas e Universidades.

Numa segunda etapa o programa visa motivar as cooperativas estaduais e outros investidores na instalação de unidades de produção de biodiesel no Paraná. O programa está definido em cinco importantes princípios: sustentabilidade, estímulo à pesquisa, domínio de tecnologias, parcerias e incentivos. (SOUZA, 2006)

Os objetivos do programa buscam oferecer ao produtor agrícola familiar um sistema sustentado de produção que permita um aproveitamento melhor da

propriedade, com geração de empregos e melhorias na renda reduzindo o consumo de combustíveis fósseis, minimizando os danos ambientais, sendo que as atividades desenvolvidas englobam pesquisas de comportamento de motores frente ao uso de biodiesel puro ou em misturas; identificar óleos de origem vegetal propícios à produção de biodiesel; avaliar e selecionar genótipos de plantas adaptadas às condições edafoclimáticas do Paraná para a produção de grãos com alto teor de óleo; introduzir novas plantas oleaginosas; avaliar e adaptar máquinas e implementos agrícolas para plantio, tratos culturais e colheita de espécies não convencionais; identificar mecanismos de extração a frio; caracterizar os óleos extraídos; caracterizar as tortas produzidas após extração do óleo e definição de seu aproveitamento como alimentação de animais ou adubo orgânico. (SOUZA, 2006)

Segundo Souza (2006), dentre as oleaginosas mais comuns no Paraná, temos a soja e o algodão com tecnologia definida, o girassol, nabo forrageiro, amendoim, mamona, canola e colza tem cultivo esporádico e tecnologia parcialmente definida; e ainda outras espécies potenciais como cártamo, linho, tungue, tremoço, palmáceas, pinhão manso entre outras.

Conclui-se que no Brasil e no Paraná, apesar de muitas variedades de oleaginosas serem fontes de óleo para a produção de biodiesel, por enquanto, o foco ainda é com a soja, que por ser uma commodities, estará sempre dependendo de seu valor na bolsa de alimentos, sendo uma incógnita seu uso para produção de biocombustível, talvez esse o maior motivo de desenvolvermos a cultura de outras oleaginosas menos nobres e que não interfiram na função primordial alimentícia como é a soja, por isso defendemos a ideia de fomentar a produção do nabo forrageiro, um grão sem função alimentícia, cultivável em terras degradadas, com alto teor de óleo e excelente repositor de nutrientes e descompactador dos solos.

3.2.3 Selo Combustível Social.

Selo Combustível Social, um conjunto de medidas específicas visando estimular a inclusão social da agricultura, nessa importante cadeia produtiva que é o biodiesel, foi implantado pelo Governo Federal através de Instrução Normativa nº 01 de 05 de julho de 2005. Em 30 de setembro de 2005, o MDA publicou a Instrução Normativa nº 02, para projetos de biodiesel com perspectivas de consolidarem-se como empreendimentos ao selo combustível social. (MME, 2001)

O Selo Combustível Social é um certificado, fornecido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário, para o produtor industrial de biodiesel que cumpre os requisitos sociais básicos, como adquirir parte da matéria prima da agricultura familiar e comprometem-se em dar assistência técnica aos agricultores. Para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul, o percentual agora é de pelo menos 30% (antes era 50%). Já para as regiões Norte e Centro Oeste, era valor é de 10% até a safra 2009/2010. Na safra 2010/2011, o percentual subiu para 15%. (CAMPOS & CARMÉLIO, 2009, PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2011)

Por meio do Selo Combustível Social, o produtor de biodiesel tem acesso a alíquotas de PIS/PASEP e COFINS com coeficientes de redução diferenciados; além de poder usufruir de melhores condições de financiamento junto ao BNDES e suas instituições financeiras credenciadas, ao Banco da Amazônia S/A, ao Banco do Nordeste do Brasil, ao Banco do Brasil S/A ou outras instituições financeiras que possuam condições especiais de financiamento para projetos com Selo Combustível Social.

Os leilões públicos para comercialização de biodiesel reservam 80% dos lotes para oferta exclusiva daqueles produtores que possuam o Selo Combustível Social, uma oportunidade fundamental para conferir segurança na comercialização da produção.

As indústrias produtoras também deverão garantir preços pré-estabelecidos, oferecendo segurança aos agricultores familiares. Há ainda a possibilidade dos agricultores familiares participarem como sócios ou quotistas das indústrias extratoras de óleo ou de produção de biodiesel, seja de forma direta, seja por meio de associações ou cooperativas de produtores, ainda haverá novas linhas de crédito do Pronaf-biodiesel, linha adicional à já existente do Pronaf. (MME, 2011)

3.2.4. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Nasceu de uma proposta brasileira à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Trata-se do comércio de créditos de carbono baseados em projetos de sequestro de carbono ou mitigação. O MDL é um instrumento de flexibilização que permite a participação no mercado dos países em desenvolvimento, ou nações sem compromissos de redução como o Brasil. Nasceu em dezembro de 1997 com a assinatura do Protocolo de Kyoto, que determina que

seus signatários países desenvolvidos, também chamados países do Anexo I, reduzam suas emissões de gases de efeito estufa em 5,2%, em média, relativas ao ano de 1990, essa redução deverá ocorrer entre os anos de 2008 e 2012. (BIODIESEL, 2011)

Para não comprometerem as economias desses países, o protocolo estabeleceu que, caso seja impossível atingir as metas estabelecidas por meio da redução das emissões dos gases, os países poderão comprar créditos de outras nações que possuam projetos de MDL. Essa compra será em toneladas de CO₂ (gás carbônico) equivalente, de países em desenvolvimento responsáveis por tais projetos. Há uma série de critérios para reconhecimento desses projetos, como estarem alinhados às premissas de desenvolvimento sustentável no país hospedeiro, definidos por uma Autoridade Nacional Designada, no Brasil, a Comissão Interministerial de Mudança de Clima, após a aprovação pela Comissão, é que o projeto pode ser submetido à ONU, para avaliação e registro. (BIODIESEL, 2011)

O uso da biomassa para sequestro de carbono é ponto pacífico, sendo que o IPCC estima que entre 60 e 87 bilhões de toneladas de carbono poderão ser estocadas em florestas, entre 1990 e 2050, equivalendo a 12-15% das emissões por combustíveis fósseis, no mesmo período. Para que a biomassa possa, efetivamente, atender as expectativas de mitigar os impactos dos combustíveis fósseis no ambiente, algumas condições necessitam ser preenchidas como:

- a. Produção sustentável de matéria prima e uso dos recursos energéticos de forma a resultar em uma produção neutra de CO₂;
- b. Sequestro e fixação do carbono por longos períodos, inclusive após a vida útil do vegetal. (ex. produção de móveis de madeira);
- c. Substituição direta de combustíveis fósseis, como é o caso do etanol e dos biocombustíveis derivados de óleos vegetais.

É sempre importante ter em mente o conceito de gases de efeito estufa, do qual o CO₂ é apenas o paradigma do índice de medição das emissões. Outros gases, como o metano, o anidrido sulfuroso e os óxidos de nitrogênio são extremamente perniciosos, enquanto poluidores atmosféricos, constituindo-se em uma das vantagens do uso de biomassa a emissão baixa ou nula desses gases.

Comparando as duas estratégias de redução do impacto das emissões de GEE, o uso energético da biomassa é mais vantajoso que o sequestro e fixação, pois:

1. Biocombustíveis e a biomassa energética em geral podem substituir diretamente os combustíveis fósseis;
2. Há menos incerteza nas medições das contribuições da biomassa energética que no sequestro de carbono.
3. O custo de investimento é menor, pois o sequestro de carbono significa que, de alguma forma, a energia para a sociedade necessitará ser suprida;
4. A redução de emissões pela biomassa energética é definitiva, enquanto as florestas de sequestro, quando utilizadas para fins não permanentes, devolvem o CO₂ à atmosfera;
5. Os estudos disponíveis demonstram que, em longo prazo, o uso de biomassa energética é mais eficiente no uso da terra que as florestas para o sequestro de carbono. (BIODIESEL, 2011)

3.2.5 Indicadores de Sustentabilidade da Cadeia de biodiesel de Nabo Forrageiro

O conceito de desenvolvimento sustentável que foi difundido internacionalmente pelo Relatório *Brundtland* tornou-se a definição mais utilizada na literatura especializada e pode ser entendido, de maneira geral, como o desenvolvimento que contempla as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Esta definição foi assumida como princípio pelo caput do art. 225 da Constituição Brasileira, que impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para as gerações futuras. A consagração do meio ambiente como bem jurídico constitucional estabelece o problema de sua harmonização com outros valores e direitos também reconhecidos pela norma máxima, como o são o desenvolvimento econômico. (BRASIL, 2011). Segundo Costanza (1994), sustentabilidade é a relação entre sistemas econômicos e ecológicos maiores, sendo ambos dinâmicos. Segundo a UNEP (2003), o desenvolvimento sustentável é normalmente dividido em três aspectos fundamentais, correntemente denominados de dimensões: ambiental, social e econômico. Mais recentemente (2010), o IBGE publicou uma série de indicadores de Desenvolvimento Sustentável classificados em dimensões ambiental, social,

econômica e institucional. De uma forma geral, se qualquer um desses componentes ou dimensões não for sustentável, o desenvolvimento geral também não será.

O uso de indicadores para avaliar a sustentabilidade ocorre desde a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92, conforme registra o documento final (Agenda 21, capítulo 40), o qual enuncia que “...os indicadores comumente utilizados (para Desenvolvimento Crescimento), como o Produto Nacional Bruto (PNB) ou as medições das correntes individuais de contaminação ou de recursos, não dão indicações precisas de sustentabilidade”. Considerou-se, a partir de então, que os métodos de avaliação da interação entre os diversos parâmetros setoriais do meio ambiente e o desenvolvimento são imperfeitos ou se aplicam com deficiência. Portanto, é preciso elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável que utilizem base sólida para adotar as decisões de todos os níveis que contribuíam para a sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados do meio ambiente e do desenvolvimento (UNITED NATIONS, 1992).

A Comissão de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, originada da Comissão Brundtland, destaca indicadores de sustentabilidade temáticos relativos a fatores de impacto social como: a) Combate à pobreza; b) Dinâmica demográfica e sustentabilidade; c) Promoção do ensino, da conscientização e do treinamento; d) Proteção e promoção das condições de saúde humana; e) Promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos. Propõe, ainda, outros indicadores de sustentabilidade ambiental utilizando os princípios temáticos: a) Combate ao desflorestamento; b) Conservação da diversidade biológica; c) Manejo ambientalmente saudável da biotecnologia; d) Proteção da atmosfera; e) Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos; f) Manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas; g) Manejo ambientalmente saudável dos resíduos perigosos; h) Manejo seguro e ambientalmente saudável dos resíduos radioativos; i) Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos; j) Proteção dos oceanos e de todas as classes de mar e áreas costeiras; l) Abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento dos recursos da Terra; m) Gerenciamento de ecossistemas frágeis: combatendo a desertificação e a seca; n) Gerenciamento de ecossistemas frágeis: desenvolvimento sustentável de montanhas; o) Promoção do desenvolvimento rural e agrícola sustentável.

Em função da variabilidade e especificidade dos diversos indicadores existentes é comum o uso de algum tipo de agregação para possibilitar a avaliação conjunta de cada dimensão e finalmente a contribuição de cada dimensão para a sustentabilidade. Na busca de um melhor caminho para atingir o melhor desempenho, essas informações são utilizadas por governos, instituições e organizações de nível local e regional, para medir e avaliar sua condição frente a sustentabilidade. Em função da importância e abrangência desta ferramenta, muitos trabalhos têm sido publicados em diversos níveis de aplicação. Por exemplo, Kronemberger et al., (2008) discute os resultados da aplicação da metodologia Barometer of Sustainability aplicada à avaliação da sustentabilidade de toda uma nação (Brasil). O Barômetro é um método de análise bidimensional, que inclui o bem estar humano e o bem-estar ecológico para mensurar o progresso das nações em direção ao desenvolvimento sustentável através da agregação de indicadores em índices temáticos e dimensionais para avaliar a sustentabilidade do país. Neste mesmo contexto, Granda et al., (2006) utilizaram o Índice Global de Sustentabilidade, para avaliar a sustentabilidade da exploração de Coquina na Península de Santa Elena. Nesta avaliação os autores agregaram indicadores pertencentes às dimensões sócio-cultural, econômica e ambiental. Em um contexto mais local, Kellner et al., (2008) aplicaram um modelo de indicadores agregados para avaliar a sustentabilidade de lagoas de estabilização dos municípios de Jacuti, Jacupiranga e Pariquera-Açú no estado de São Paulo. Finalmente, alguns autores já reportaram o uso de indicadores do tipo: a) social = suficiência alimentar, processo decisório coletivo e fixação no campo. b) ambiental = funcionalidade no cultivo, rotação de culturas e conservação do solo. c) econômico = geração de renda, mercado regional e continuidade de produção, para avaliar a sustentabilidade da produção de biodiesel. (Moret, 2009)

3.3 BIODIESEL

3.3.1 Histórico

A introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, foi estabelecida em janeiro de 2005, Lei 11.097, segue abaixo um breve histórico do surgimento desse agrobiocombustível utilizado para fins energéticos no mundo:

- 1900: Primeiro ensaio por Rudolf Diesel, em Paris de um motor movido a óleos vegetais (óleo de amendoim).
- 1937: Concessão da primeira patente a combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais (óleo de palma), a G. Chavane, em Bruxelas/Bélgica. Patente 422.877
- 1938: Primeiro registro do uso de combustível de óleo vegetal para fins comerciais: ônibus de passageiros da linha Bruxelas-Lovaina/BEL.
- 1939-1945: Inúmeros registros de uso comercial na “frota de guerra” de combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais.
- 1975: Lançamento do PROÁLCOOL, objetivando diminuir progressivamente a importação de petróleo.
- 1980: Depósito da 1ª Patente de Biodiesel no Brasil – Dr. Expedito Parente (Fortaleza - CE).
- 1988: Início da produção de biodiesel na Áustria e na França; também o primeiro registro do uso da palavra “biodiesel” na literatura.
- 1997: EUA aprovam biodiesel como combustível alternativo.
- 1997: Protocolo de Kyoto cria o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)
- 1998: Setores no Brasil retomam os projetos para o uso do biodiesel.
- 2002: Alemanha ultrapassa a marca de 1 milhão ton./ano de produção.
- 2003: Mês 8, Portaria ANP (Agência Nacional do Petróleo) 240 estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não especificados no País.
- 2003: Mês 12: Decreto do Governo Federal institui a Comissão Executiva Interministerial (CEI) e o Grupo Gestor (GG), encarregados da implantação das ações para a produção e uso do biodiesel.
- 2004: 24.11, Publicadas as resoluções 41 e 42 da ANP, que instituem obrigatoriamente de autorização deste órgão para a produção de biodiesel, e que poderá ser adicionado ao óleo diesel, na proporção de 2% em volume.
- 2004: 06.12, Lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) pelo Governo Federal
- 2005: 13.01, Publicação da Lei 11.097 que autoriza a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira.

- 2005: 22.02, Instrução Normativa da SRF nº 516, a qual dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e importadores de biodiesel, e dá outras providências.
- 2005: 24.03, Inauguração da primeira usina e posto revendedor de biodiesel do Brasil (Belo Horizonte, MG)
- 2005: 19.04, A medida provisória foi à sanção do Presidente.
- 2005: 05.07, Governo lança o Selo Combustível Social.
- 2006: 02.08, Petrobrás prevê produzir 85% de todo o biodiesel brasileiro.
- 2006: 03.10, Agência Nacional de Petróleo e Empresa de Pesquisa Energética, firmam acordo para troca de informações sobre matriz energética. (SOUZA, 2006)

Quando um óleo vegetal ou gordura animal reage quimicamente com um álcool anidro (sem água, como o utilizado como combustível), ocorre a produção de ésteres mais glicerol. Esses ésteres metílicos ou etílicos levam o nome de biodiesel. O biodiesel é um combustível derivado de fontes naturais e renováveis como os vegetais. O biodiesel também pode ser obtido a partir de gorduras animal e de óleos vegetais já utilizados em frituras.

De acordo com a Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, mencionada na Resolução ANP nº7 de 19 de março de 2008, da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, o biodiesel é definido como um combustível para motores a combustão interna, com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil. A Resolução ANP nº7 define B100 como combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou gorduras animais, conforme especificação contida em Regulamento Técnico integrante da Resolução. (ANP, 2008)

Devido aos problemas associados ao uso direto dos óleos vegetais em motores do tipo diesel, Srivastava e Prasad (2000) e Knothe et. al. (2006), mostram que os processos empregados para modificação dessas propriedades indesejáveis dos óleos vegetais, quando usado como combustíveis, são quatro: misturas binárias com óleo diesel ou diluição; micro emulsificação ou mistura co-solvente; pirólise e

transesterificação. Porém, segundo os autores, o termo biodiesel só se aplica ao último processo, segundo os autores.

Segundo Shivastava & Prasad (2000), os produtos da diluição (que pode ser com diesel, álcool ou outro solvente apropriado), e a micro emulsão (dispersão isotrópica, clara ou translúcida e termodinamicamente estável, que pode ser obtida a partir da mistura óleo vegetal, éster e um co-solvente), apresentam problemas com o uso prolongado nos motores diesel. A pirólise, além de exigir temperaturas superiores a 550°C, produz hidrocarbonetos de cadeias curtas em maior quantidade, assemelhando-se mais à gasolina do que ao diesel.

O processo de transesterificação é o processo mais amplamente empregado no mundo, pelas razões anteriores, sendo que a transesterificação utilizando um álcool de cadeia curta, principalmente o metanol ou etanol é a rota mais comum. No Brasil, pela grande disponibilidade, utiliza-se o etanol.

A transesterificação é uma importante classe de reações orgânicas, por meio da qual um éster é transformado em outro, com a troca entre dois grupamentos alcóxidos. Se um dos reagentes for álcool, o processo de transesterificação poderá ser chamado de alcoólise. (SCHUCHARDT e colaboradores, 1998)

Em condições amenas de pressão e temperatura, a reação de transesterificação exige a presença de um catalisador, que pode ser de natureza ácida ou básica. A figura 1 mostra um exemplo de transesterificação etílica.

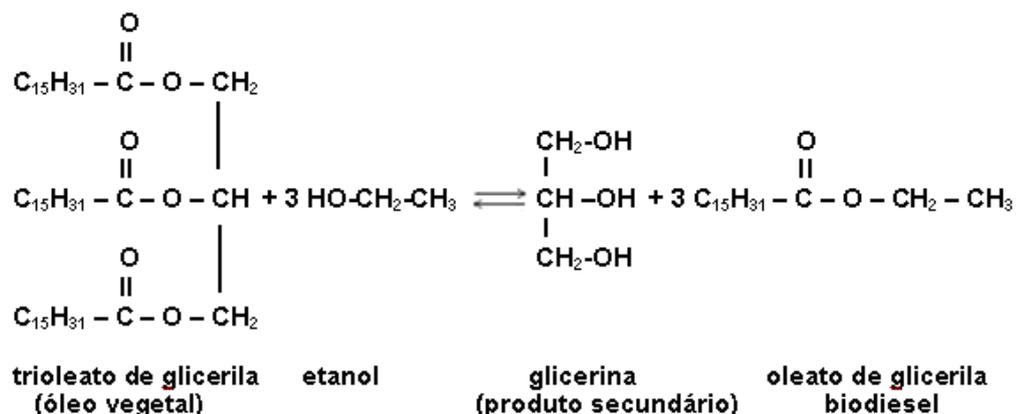


Figura 1 Transesterificação pelo etanol
Fonte: Própria

De acordo com Knothe e colaboradores (2006), a transesterificação alcalina com catálise homogênea em hidróxido de sódio ou potássio ou os alcóxidos correspondentes, apresentam velocidades de reações superiores a aquelas

decorrentes de catalisadores ácidos. Teixeira (2005b) afirma que a maioria das empresas utiliza o hidróxido de potássio que tem a vantagem de poder ser reutilizado em processo de compostagem ou introduzido em biodigestores como nutriente para auxiliar na produção de biogás. Para melhorar o rendimento do processo pode-se também usar os alcóxidos (etóxido de sódio ou potássio), dependendo do custo da operação. A transesterificação com catalisadores heterogêneos também são utilizados, principalmente na transesterificação ácida.

A transesterificação realizada em condições supercríticas (pressão e temperatura em condições muito elevadas), também pode ser realizada, com a vantagem de se usar álcool hidratado, salientando que a presença de água favorece a reação inversa da esterificação, produzindo ácidos graxos mais glicerol, os ácidos graxos livres serão saponificados em presença de alcalinos, o que reduz o rendimento do processo.

Os melhores rendimentos nas reações de transesterificação alcalina são obtidos quando se utiliza álcool livre de umidade (anidro) e o conteúdo de AGL (ácidos graxos livres) não ultrapassar 0,5%. (KNOTHE e colaboradores, 2006). A figura 2 mostra a hidrólise de um éster e saponificação.

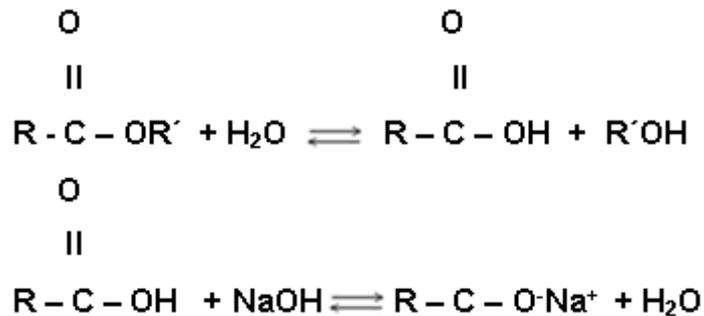


Figura 2 Hidrólise e saponificação de um éster.

Fonte: Própria

Em Teixeira (2005b), mostra-se outra reação de água na reação com o alcóxido e formação de sabões, figura 3.

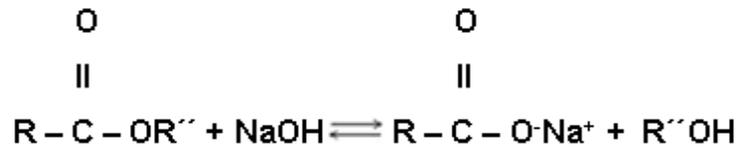


Figura 3 Reação de água com alcóxido e saponificação.

Fonte: Teixeira (2005b)

Segundo Knothe e colaboradores (2006), a transesterificação alcalina com NaOH ou NaOMe (metóxido de sódio), atinge 99% de rendimento em 4 horas com temperatura de 32°C e proporção molar álcool óleo de 6:1 acima de 60°C as reações podem se completar em 1 hora.

Alguns estudos sobre transesterificação metílica e etílica do óleo de nabo forrageiro, que é o objeto desse projeto já foram feitos no Brasil, como exemplo: Biodiesel de óleo de *Raphanus Sativus L.* (Ferrari, d'Arce & Ribeiro, 2005), Síntese de biodiesel de óleo de nabo forrageiro empregando metanol supercrítico (DAMBISKI, 2007), a otimização da etanolise de óleo de *Raphanus Sativus L.* e avaliação de sua estabilidade à oxidação. (DOMINGOS, 2005) e Produção de biodiesel via transesterificação do óleo de nabo forrageiro. (VALLE, 2009)

O processo de produção de biodiesel deve reduzir ao máximo a presença de contaminações no produto, como glicerina livre e ligada, sabões ou água. No caso da glicerina, reações de desidratação que ocorrem durante a combustão podem gerar acroleína (acrilaldeído ou propenal), um poluente atmosférico muito perigoso que pode, devido a sua reatividade, envolver-se em reações de condensação, que acarretam um aumento na formação de depósitos de carbono no motor. (MITTELBAACH et.al., 1985) Sabões e ácidos graxos livres também acarretam a degradação de componentes do motor, e a umidade, desde que acima de um limite tolerável, pode interferir na acidez do éster por motivar a sua hidrólise sob condições não ideais de estocagem. Sendo assim, é imprescindível que sejam definidas especificações rígidas para o biodiesel, de forma que o produto resultante esteja dentro das normas exigidas pela ANP.

No Brasil, a maioria das iniciativas de produção de biodiesel faz uso da catálise alcalina, pois esta rota tecnológica apresenta maior rapidez, simplicidade e

eficiência. (RAMOS et. al., 2003) Os processos de alcoólise alcalina são muito parecidos, diferindo-se basicamente no tipo de matérias primas empregadas.

As reações de transesterificação seguem mecanismos próprios que dependem do catalisador, temperatura, pressão etc. Schuchardt e Meher propuseram mecanismos para a transesterificação alcalina, conforme figuras 4 e 5.

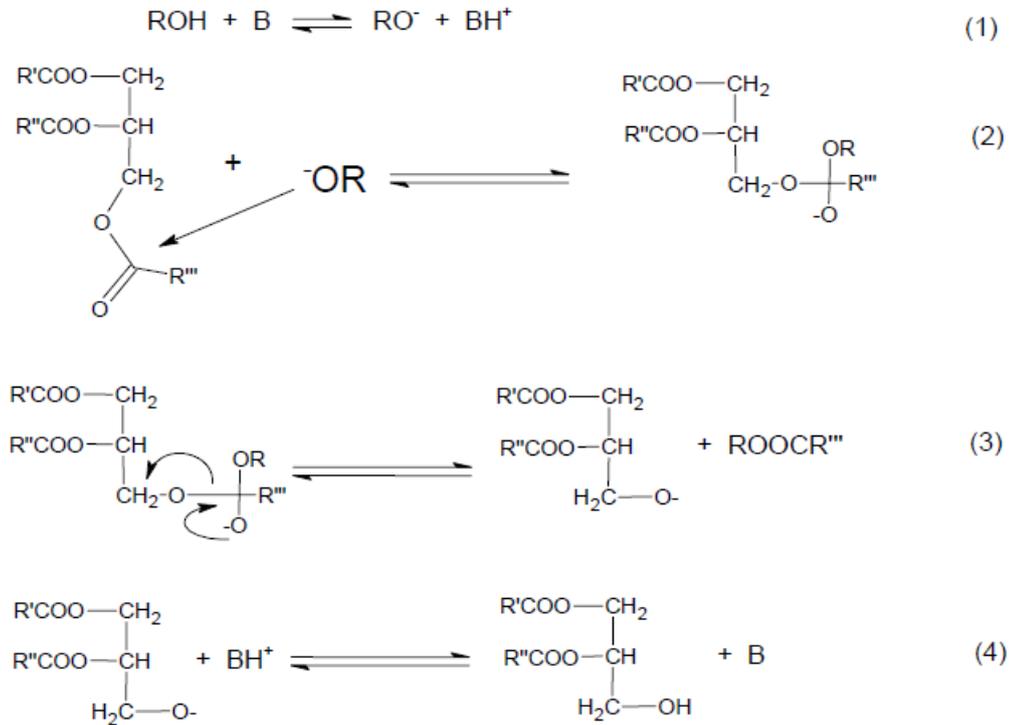


Figura 4 Mecanismo da reação de transesterificação proposto por Schuchardt et.al.(1998)
Fonte: Schuchardt et.al.(1998)

Em ambos os casos a reação tem início com o ataque do íon alcóxido, formado pela reação da base com um álcool, ao carbono da carbonila da molécula do triacilglicerídeo originando um intermediário tetraédrico.

No mecanismo proposto por Schuchardt et. at. (1998), as etapas subsequentes envolvem um rearranjo intramolecular que forma um éster alquílico e o correspondente ânion diacilglicerídico (etapa 3, Figura 4). A partir daí, estes últimos desprotonam o catalisador, regenerando-o a uma espécie ativa novamente, que pode reagir com uma nova molécula de álcool e, dando início a um novo ciclo catalítico (etapa 4, Figura 4). Di e monoacilglicerídeos reagem pelo mesmo mecanismo produzindo uma mistura composta predominantemente de ésteres alquílicos e glicerol.

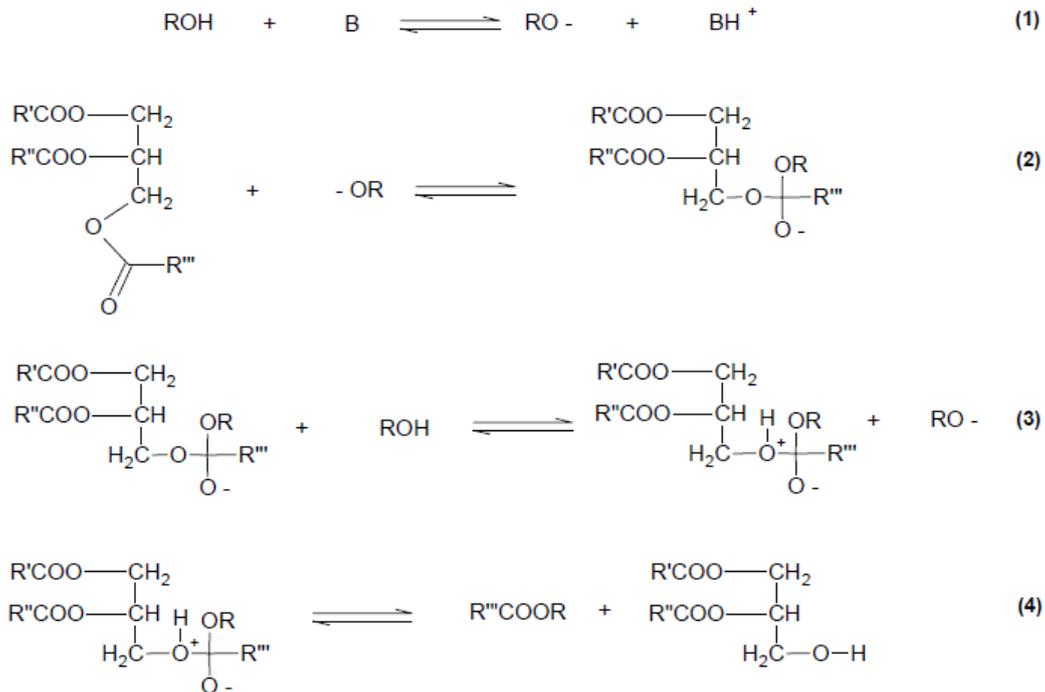


Figura 5 Mecanismo da reação de transesterificação proposto por Meher et. al.(2006)
Fonte: Meher et. al.(2006)

Comparando os mecanismos representados através das figuras 4 e 5, pode-se observar que o mecanismo proposto por Meher et. al. (2006) começa a se distinguir da proposta de Schuchardt a partir da terceira etapa, onde o intermediário gerado na etapa 2 (Figuras 4 ou 5), reage com um álcool gerando um íon alcóxido (etapa 3, Figura 5). Através desse mecanismo, este intermediário pode sofrer um rearranjo produzindo um éster alquílico e o correspondente diacilglicerídeo (etapa 4, Figura 5). Tal como no mecanismo de Schuchardt, di e monoacilglicerídeos reagem pelo mesmo mecanismo produzindo ésteres alquílicos e glicerol.

Um dos maiores problemas da transesterificação alcalina é a inevitável formação de sabões, pela neutralização de AGL ou saponificação dos triglicerídeos. Essas reações secundárias além de consumirem catalisador, diminuindo o rendimento da reação, dificultam a separação do glicerol e a purificação do biodiesel. (KUCEK, 2005) Segundo Van Gerpen (2005), matéria prima que apresentam elevados teores de ácidos graxos livres tais como óleos de fritura (2-7%) e gorduras animais (1-30%), são transesterificadas em alcoólises ácidas como o ácido sulfúrico, produzindo o biodiesel.

O biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, no qual o dióxido de carbono (CO_2) é absorvido quando a planta cresce e é liberado quando o

biodiesel é queimado na combustão do motor. A figura 6 apresenta o ciclo do gás carbônico (CO_2), no esquema de produção e consumo de biodiesel, originado de fontes renováveis. (CORDEIRO et. al., 2003)

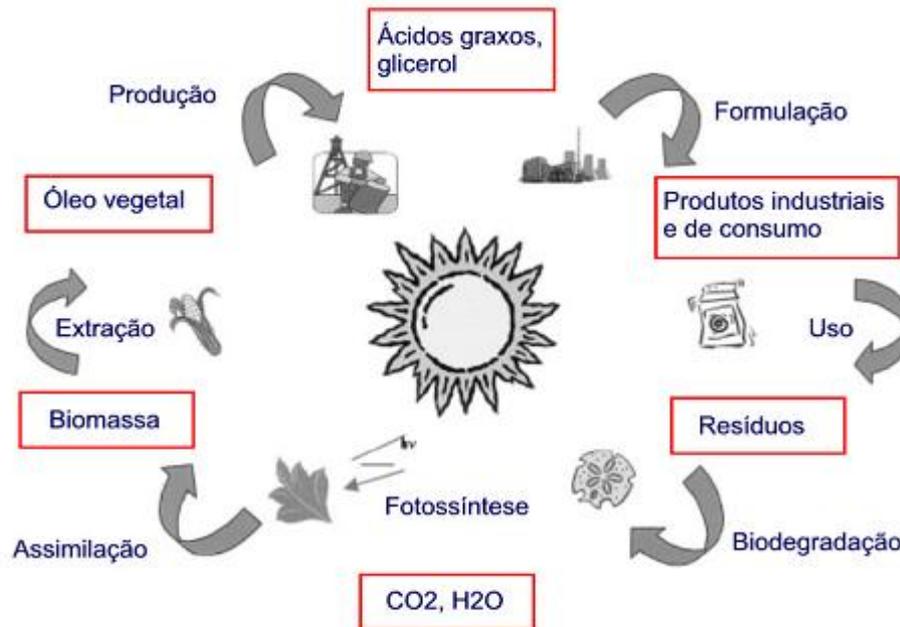


Figura 6 Ciclo de vida de produtos obtidos através de fontes renováveis.
Fonte: Cordeiro et. al.(2003)

3.3.2 Características técnicas do biodiesel.

Conforme resolução nº 42 da ANP, as especificações técnicas do biodiesel devem ser: aspecto límpido e isento de impurezas, densidade e viscosidade semelhante ao óleo diesel, teor de água máximo 0,05%, ponto de fulgor mínimo de 100°C , resíduo de carbono máximo de 0,1%, índice de cetanos em média 55.

Índice de acidez máximo 0,80mg KOH/g, glicerina livre (máximo) 0,02% em massa, glicerina total (máximo) 0,38%, metanol ou etanol (máximo) 0,50% em massa (ANP, 2005), corrosividade ao cobre máx. 1., conforme Anexo 1.

Sendo os parâmetros:

- Densidade = relação entre massa e volume, unidade em g/mL.
- Viscosidade = resistência da vazão de um líquido associada à fricção ou atrito interno de uma parte do fluido que escoar sobre a outra, afeta a atomização do combustível, unidade mm^2/s .

- c) Ponto de fulgor = é um parâmetro de substâncias voláteis, com liberação de vapores da fase líquida, sendo dado pela temperatura, na qual o combustível estaria bastante vaporizado, a ponto de formar uma mistura que se torna inflamável em presença de ar.
- d) Índice de cetanos = compara a tendência de autoignição de uma amostra de combustível com misturas formadas por dois combustíveis padrões de referência, o cetano (hexadecano) e o heptametilnonano. Combustíveis com altos IC (índice de cetanos) terão pequenos retardamentos de ignição e pequenas quantidades de combustíveis estarão presentes na fase de combustão em pré mistura, devido ao pequeno tempo para o preparo do combustível para combustão. O hexadecano tem IC= 100 e heptametilnonano possui IC = 0 e outro padrão o alfa metil naftaleno tem IC =15. Biodiesel possui IC aproximadamente 50.
- e) Índice de acidez = indica quantidade em miligramas de KOH (hidróxido de potássio) para neutralizar um grama de ácidos graxos livres. (KNOTHE e colaboradores, 2006)
- f) Corrosividade ao cobre = o ensaio de corrosividade ao cobre é um parâmetro para determinar a capacidade potencial do combustível em causar corrosão em peças metálicas, que podem ser do motor ou do tanque de armazenamento.
- g) Índice de Saponificação - indica a quantidade em miligramas de KOH (hidróxido de potássio) necessária para saponificar um grama de gordura, diferente do índice de acidez que só neutraliza ácidos graxos livres (AGL),esse parâmetro é utilizado para caracterizar a massa molar média do triglicerídeo que origina o biodiesel. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985)

3.3.3. Vantagens e desvantagens do biodiesel

O biodiesel, uma nova energia obtida a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou reaproveitamento de óleos de frituras, traz muitas vantagens e algumas desvantagens ambientais, técnicas, econômicas e sociais, quando comparados ao óleo diesel, conforme elencamos a seguir, obtidos a partir de (COSTA NETO et.al., 2000, PARENTE et. al., 2003 e BIODIESEL, 2010):

- É energia renovável. No Brasil há muitas terras cultiváveis que podem produzir uma enorme variedade de oleaginosas, principalmente em solos menos produtivos, com um baixo custo de produção.
- O biodiesel é um ótimo lubrificante e pode aumentar a vida útil do motor.
- O biodiesel tem um risco de explosão baixo, ele precisa de calor acima de 150°C para explodir.
- É fácil de ser transportado e armazenado devido ao seu menor risco de explosão.
- Por ter seu CO₂ emitido na combustão, reabsorvido pelas plantas, diminui a poluição e o efeito estufa.
- Pode ser usado puro nos motores diesel.
- Não precisa de nenhuma adaptação em caminhões, tratores ou máquinas.
- É um combustível renovável e biodegradável.
- Possibilita ao agricultor produzir seu próprio combustível.
- Redução de custos na propriedade.
- Possibilita ao agricultor, produzir seu próprio combustível ou entregar a oleaginosa para outras empresas e fazer permuta por outros produtos.
- O plantio das oleaginosas promove rotação de culturas, incorporando nutrientes ao solo.
- É miscível em qualquer proporção com o óleo diesel.
- O calor de combustão é quase igual ao diesel.
- Tem combustão com melhor rendimento que o diesel, pois sua molécula já possui dois oxigênios.
- Contribui para geração de empregos, segura o agricultor no campo.
- Beneficia os agricultores e contribui para o crescimento econômico dos municípios.
- Permite utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis.
- Possibilidade de utilização de créditos de carbono vinculados ao MDL, decorrentes do protocolo de Kyoto.
- Sedimentação da tecnologia de produção agrícola e industrial.
- Possui alta lubricidade.
- Número de cetanos mínimo 51

- Não possui compostos aromáticos nem produz óxidos de enxofre.
- Ajuda na eficiência dos catalisadores.
- Baixos teores de enxofre, possibilitando sua exportação.
- Seus produtos secundários (glicerina, torta dos grãos) podem ser industrializados ou comercializados.
- Reduzem a poluição ambiental ao ser utilizado óleos de frituras reaproveitados.
- Possui alto número de cetanos.
- Reduz a dependência de óleo diesel importado.
- Fortalece o agronegócio.
- Forte incremento para o desenvolvimento regional sustentado
- Através de políticas do PNPB, possibilitando a obtenção de Selo Combustível Social e obrigação das empresas em dar assistência técnica aos agricultores.
- No caso do nabo forrageiro, os grãos têm custo muito baixo, pois a oleaginosa tem função principal de descompactação de solos e reposição de nutrientes.
- Como desvantagem do biodiesel, podemos citar o grande volume de glicerina produzido, podendo afetar todo o mercado de óleo-química, devido ao seu baixo preço.
- Outra desvantagem é o desmatamento em alguns países asiáticos e também no Brasil, com invasão de florestas e bolsões de biodiversidade.

3.3.4. Matérias primas.

Biodiesel pode ser obtido a partir de óleos vegetais, mas nem todo óleo vegetal pode (ou deve) ser utilizado como matéria prima para a produção de biodiesel. Isso porque alguns óleos vegetais apresentam propriedades não ideais, como alta viscosidade ou alto número de iodo, que são transferidas para o biocombustível e que o tornam inadequado para uso direto em motores. Portanto, a viabilidade de cada matéria prima dependerá de sua respectiva competitividade: técnica, econômica ou socioambiental. (DOMINGOS, 2005)

Além da soja, algumas fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. Embora algumas plantas nativas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. Isso levaria certo tempo, uma vez que a pesquisa agropecuária nacional ainda não desenvolveu pesquisas com foco no domínio dos ciclos botânico e agrônomico dessas espécies. (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2010)

Os óleos vegetais, gorduras animais e gorduras reaproveitados de frituras, são utilizados para a produção de biodiesel. A composição da matéria-prima é basicamente formada por triglicerídeos, ésteres de glicerina e ácidos graxos, sendo que a nomenclatura mono, di ou triglicerídeo, refere-se ao número de ácidos graxos na cadeia.

Entre algumas oleaginosas possíveis de serem utilizadas para produção de biodiesel, mostramos a seguir um quadro comparativo com as porcentagens dos principais ácidos graxos e uma demonstração das vantagens e desvantagens de cada um dos três óleos. (tabela 5)

O ácido graxo predominante na composição do óleo de nabo forrageiro é o oléico (C 18:1), que contém somente uma dupla ligação em sua cadeia carbônica, já o ácido graxo predominante na composição do óleo de soja e do óleo de girassol é o linoleico (C 18:2), que contém duas ligações duplas em sua cadeia carbônica. O óleo linoleico com 16,3% no óleo de nabo forrageiro é bem menor que no óleo de soja (55,3%) e girassol (63%), fazendo com que o óleo de nabo forrageiro seja mais estável. Logo, em comparação com óleo de soja e o óleo de girassol, o óleo de nabo forrageiro é menos suscetível a oxidações, degradação e polimerização do biodiesel ocasionando um menor número de cetano ou resíduos sólidos, se inadequadamente armazenado ou transportado. (KNOTHE e colaboradores, 2006)

Tabela 5– Composição dos óleos de soja, girassol e nabo forrageiro

Ácidos graxos (%)	Soja	Girassol	Nabo forrageiro
Mirístico (C 14:0)	-	0,1	6,0
Palmitico (C 16:0)	10,8	6,2	7,9
Esteárico (C 18:0)	3,2	4,1	3,1
Vacênico (C 18:1 cis 9)	-	-	1,4
Oléico (C 18:1)	23,7	23,5	29,1
Linoléico (C 18:2)	55,3	63,0	16,3
Linolênico (C 18:3)	7,0	0,5	12,7
Araquídico (C 20:0)	-	-	8,2
Behênico (C 22:0)	-	-	14,1
Erúxico (C 22:1)	-	-	1,2

Fonte: Cerbio (2007)

Outro fato que chama a atenção é a presença de ácido erúxico, segundo Martin & Nogueira (1993), a presença desse ácido na alimentação pode causar lesões no coração pelo acúmulo de gordura no músculo cardíaco. Em 1970, no *Rapessed Congress Meeting*, em Quebec, foi anunciado que o alto teor de ácido erúxico era suspeito de causar lesões no coração e formar uma camada de gordura ao redor do coração (CARR,1990), conclui-se que os óleos vegetais com altos índices de ácido erúxico, como colza e nabo forrageiro não são indicados para uso em alimentos.

3.3.4.1 Óleo de nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*)

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*) é uma planta bastante resistente a doenças e pragas e não requer muito preparo do solo para seu cultivo, podendo ser cultivado em clima temperado, continental e tropical, sendo também resistente à geadas. (ZANELLA et. al., 2005). Na figura 7, amostra de grãos derivados da oleaginosa do nabo forrageiro, folhas e flores.



Figura 7 Grãos, flores e folhas de nabo forrageiro.
Fonte: Própria

O nabo forrageiro apresenta crescimento inicial extremamente rápido, sendo que aos 60 dias promove cobertura de 70% do solo. (CALEGARI et.al., 1990)

A massa foliar do nabo forrageiro é geralmente utilizada para adubação verde, pois apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes do solo, como o nitrogênio e o fósforo. É indicada para a rotação de culturas, como cobertura do solo durante o inverno, e eventualmente, para a alimentação animal. Durante seu período de floração, auxilia a produção apícola. Embora o teor de óleo extraído registre uma média de 35% em relação ao peso da semente (inferior ao de outras culturas), o nabo forrageiro possui a vantagem de não ser commodities da indústria alimentícia. Adicionalmente, sua produtividade chega a 1500 kg de grãos por hectare com ciclo de produção curto entre 150 e 180 dias e altura média menor que 1 metro o que facilita a mecanização. Por ser um óleo de viscosidade baixa, sua extração por prensagem atinge em média 284 L/ha. (ZANELLA et.al.,2005 e IAPAR, 2010)

A tabela 6 apresenta algumas propriedades físico-químicas de alguns óleos (soja, girassol e nabo forrageiro), ressaltando que o índice de iodo do óleo de nabo forrageiro é menor o que representa um menor número de insaturações, portanto, menos passível a oxidações, também o ponto de fulgor é maior que os demais óleos, o que indica que esse óleo se torna inflamável em temperaturas mais elevadas, portanto mais seguro para o transporte, armazenagem e manuseio.

Tabela 6– Propriedades físico-químicas de alguns óleos vegetais

Parâmetros	Soja	Girassol	Nabo forrageiro
Ponto de fulgor (°C)	254,0	274,0	288,0
Visc. Cinemática a 40°C(mm ² /s)	32,6	37,1	38,1
Massa específica a 20°C (kg/m ³)	919,0	918,0	918,0
Enxofre total (% massa)	ND*	ND*	ND*
Índice de iodo	129,2	130,0	104,0
Estabilidade à oxidação (h)	5,5	4,5	5,2
Poder calorífico superior (MJ/kg)	39,5	39,4	39,9
Ponto de névoa (°C)	-3,9	7,2	0
Ponto de fluidez	-12,2	-15,0	-15,0

*ND – não detectado. Fonte: Cerbio (2007)

Entre os parâmetros acima, o ponto de fulgor é a temperatura mínima onde é observada a liberação de vapores de um líquido, em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar. A baixa temperatura, o biodiesel tende a solidificar-se parcialmente ou a perder sua fluidez, levando à interrupção do fluxo do combustível e entupimento do sistema de filtração, ocasionando problemas na partida do motor. A partir deste comportamento, são elaborados três ensaios de laboratório: ponto de névoa (*cloud point* - CP), que é a temperatura do combustível em um processo de resfriamento, onde se observa formação dos primeiros cristais (método ASTM D2500); ponto de entupimento de filtro a frio (*cold-filter plugging point* - CFPP), que é a temperatura em que o combustível perde a filtrabilidade quando resfriado (método EN ISO 116/método similar americano: LTFT – *low temperature flow test* - ASTM D 4539); ponto de fluidez (*pour point* - PP), que é a temperatura em que o combustível perde sua fluidez quando sujeito a resfriamento, sob determinadas condições de teste. (método EN ISO 3016). (DUNN, 2006)

O índice de iodo indica o grau de insaturações na cadeia carbônica, a viscosidade relaciona o poder de escoamento do óleo e o poder calorífico nos informa a quantidade de energia obtida por kg de óleo. (KNOTHE, 2006)

Segundo Knothe (2006), quanto maior o índice de iodo, maior a quantidade de insaturações na molécula e maior probabilidade do óleo ser oxidado, gerando aldeídos, ácidos e também polímeros, aumentando a viscosidade do óleo, diminuindo

o calor de combustão, nos principais parâmetros, o óleo de nabo forrageiro é sempre mais eficaz que os outros óleos.

Óleos como os de soja, possuem em sua composição, fosfolipídeos (lecitina, gomas), na produção de biodiesel, é preciso uma etapa de degomagem, pois as gomas podem complicar a lavagem do biodiesel bruto que é produzido por esterificação, levando a um aumento no custo de processamento. (HASS & FOGLIA, 2006)

3.3.4.2 Álcool etílico (etanol)

A utilização do etanol (C_2H_5OH , 46 g.mol^{-1}), como matéria-prima para a reação de transesterificação, se deve ao fato de ser obtido de fonte renovável (cana de açúcar) e menos tóxico que o metanol, obtido da destilação da madeira ou de gás de petróleo, além de facilmente obtido.

O etanol deve ser anidro, pois o álcool hidratado (96%) diminui o rendimento da reação, favorecendo a hidrólise do éster levando a formação de ácido graxo e álcool, propiciando a formação de sabão, também dificulta a separação da glicerina do biodiesel no processo produtivo, o que pode ser resolvido, pela adição de glicerina ou água após o término da reação de transesterificação. (FREEDMAN et.al., 1986; SCHUCHARDT et.al.,1998; RAMOS,1999)

3.3.4.3 Catalisadores

Catalisador é uma substância que acelera uma reação, mas não sofre, no processo, modificação de natureza química. A sua função é diminuir a energia de ativação da reação, fornecendo uma via reacional que evita a etapa lenta, a etapa determinante da velocidade da reação sem catalisador. (ATKINS, 2008) Dentre os catalisadores mais utilizados para a produção de biodiesel estão o KOH (hidróxido de potássio), o $Ca(OH)_2$ (hidróxido de cálcio) e o NaOH (hidróxido de sódio) sendo este último o mais utilizado em função do seu custo relativo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A condução da parte experimental da presente dissertação seguiu o esquema metodológico ilustrado pela figura 8. Como antes comentado a estimativa da sustentabilidade da cadeia produtiva, foi baseada na avaliação da viabilidade técnica para produção local (itens 4.1, 4.2 e 4.3) e na aceitabilidade e envolvimento do agricultor familiar neste processo.

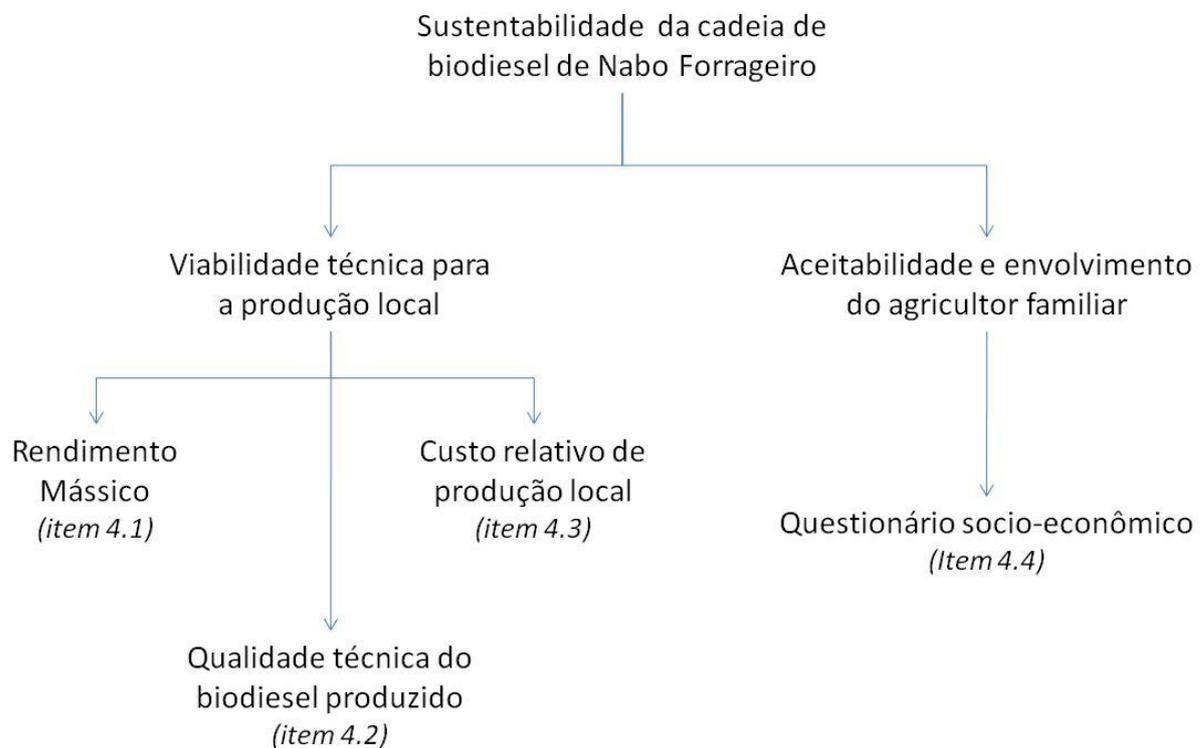


Figura 8 Esquema metodológico conduzido para avaliação da sustentabilidade da cadeia de biodiesel de nabo forrageiro

Fonte: Própria

4.1 RENDIMENTO MÁSSICO EM CONDIÇÕES OTIMIZADAS

Para obtenção do rendimento mássico em condições otimizadas foi conduzido um estudo multivariado fundamentado em planejamento fatorial de experimentos considerando o efeito dos fatores experimentais: (1) concentração de catalisador e (2) tempo reacional mantendo-se constante e ajustada a razão molar óleo:álcool em 1:18. A base experimental do planejamento foi dividido em dois desenhos experimentais associados aos catalisadores NaOH e KOH conforme pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7– Desenho experimental para o planejamento fatorial 2^2 completo para NaOH e KOH.

Variáveis ou fatores independentes	Níveis experimentais	
	-1	+1
(1) concentração de catalisador (%)	1,0	2,0
(2) Tempo de reação (minutos)	15	30

Fonte: Própria

O desenho experimental da tabela 7 correspondeu a condução 4 ensaios realizados em duplicata para aferir a variabilidade experimental útil no cálculo de erro experimental necessária para a interpretação da significância estatística dos efeitos para obtenção do rendimento mássico em condições otimizadas.

O cálculo dos efeitos principais e de interação bem como sua interpretação considerando um nível de confiança de 95% para 4 graus de liberdade foi realizado com o auxílio do programa STATGRAPHICS Plus 5.1 (Statpoint, Orlean,VA,USA).

4.1.1 Procedimento experimental

As amostras de grãos e óleo foram cedidas pela Empresa Silofértil – Dério Rost & Cia. Ltda. Situada no Parque Industrial de Pato Branco Pr. O etanol (álcool etílico 99), o hidróxido de sódio (NaOH) e o hidróxido de potássio (KOH), foram cedidos pela empresa Enerquímica – Produtos Químicos Energia Ltda., situada em Pato Branco/PR. A vidraria, balança digital, agitador magnético e outros materiais de laboratórios necessários para os experimentos, foram cedidos pelo Laboratório de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

4.1.1.1 Processamento dos grãos de nabo forrageiro

A operação de prensagem para obtenção do óleo foi realizada na própria empresa Silofértil em equipamento que processa 85kg grãos/h. O processo de extração consiste em prensagem a frio por simples cisalhamento sendo que a amostra chega a 130°C, para a retirada do óleo a ser utilizado nos experimentos.

A partir de 50 kg de grãos de nabo forrageiro foram obtidos 14 kg de óleo (15,2 litros com $d = 0,92 \text{ g/mL}$), ou seja, 28,0% (m/m), estando resultado de acordo com as especificações encontradas na literatura. (MITTELBAACH, 1996) A figura

ilustra o aspecto dos grãos processados e um perfil do filtro prensa utilizado na obtenção do óleo.

O óleo obtido por prensagem a frio, foi posteriormente deixado em repouso, e separado uma alíquota para análises físico-químicas do produto extraído bem como da composição centesimal dos grãos de nabo forrageiro. (ANEXO 4) A figura 10 ilustra o aspecto do óleo produzido imediatamente após a prensagem (a) e após um repouso de 24 horas (b).



Figura 9 Grãos e filtro prensa utilizados para obtenção do óleo de nabo forrageiro.
Fonte: Própria



Figura 10 Óleo de nabo forrageiro (a) após prensagem; (b) após repouso 24 horas.
Fonte: Própria

4.1.1.2 Procedimento para obtenção do biodiesel

Numa primeira etapa foram feitos os experimentos com óleo de nabo forrageiro cedido pelo Iapar – Londrina, sendo que as amostras saponificavam não resultando biodiesel, analisando o índice de acidez encontramos o resultado de 9,0mg de KOH/g amostra, ou seja, um índice muito alto para utilização para fins de transesterificação, um cuidado que deve ser tomado ao escolher o óleo.

Conforme literatura, o índice de acidez apropriado para realização de reação de transesterificação alcalina não deve ultrapassar 2,0 mgKOH/g amostra, pois valores acima deste propiciam a formação de sabão, que é um produto indesejável no processo.

Após os experimentos feitos com o óleo com óleo cedido pelo Iapar, foram efetuados os experimentos com óleo obtido por prensagem da empresa Silofértil, onde o índice de acidez acusou 6,49 mgKOH/g amostra.

Uma amostra de 100 gramas de óleo de nabo forrageiro foi pesada e colocada em um erlenmeyer onde foi aquecido até a temperatura de 50°C. Em outro erlenmeyer foi adicionado 120 mL de etanol anidro, mais a quantidade de catalisador (NaOH ou KOH), na proporção variável de 1,0% a 2,0% conforme tabela 7, incluindo agitação de aproximadamente 50 rpm e aquecimento até 50°C. Após essa preparação, o etóxido formado foi adicionado sobre o óleo, sempre com agitação, durante o tempo de 15 ou 30 minutos, de acordo com o desenho experimental. Quando a reação atingiu seu equilíbrio, o produto formado foi deixado em repouso por 24 horas, para separação da glicerina e excesso de álcool, os quais foram separados em um funil de decantação, sendo realizada em seguida, a lavagem com água, do biodiesel para retirar o excesso de álcool, glicerina e outras impurezas, sempre por processo de decantação. Finalmente, o produto formado foi aquecido a 105°C para evaporação do álcool e água restante e pesado para obtenção dos cálculos de rendimento mássico.

Com a finalidade de produção de biodiesel, a partir do ponto otimizado, mas em maior escala e com posteriores objetivos instrucionais, construiu-se um reator protótipo para produção em escala piloto.

Em função do nosso objetivo, foi projetado e construído um reator em escala piloto para a realização dos experimentos, com três compartimentos, sendo a parte

central onde ocorre a reação, com volume de 10 litros e as partes laterais cada uma com volume de 5 litros.

Na parte central existe um agitador mecânico de teflon com rotação variável e uma resistência elétrica para controle de temperatura que nessas reações não ultrapassa 70°C.

Os reagentes da parte lateral são adicionados à parte central através de uma ligação por registro, após o término da reação e separação do biodiesel dos outros produtos, as partes são separadas por decantação pela parte do fundo do reator com saída cônica, conforme figura 11.

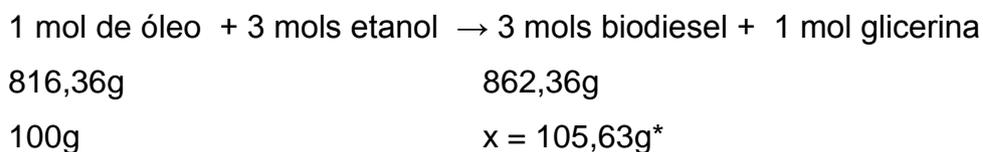


Figura 11 Protótipo para produção de biodiesel em escala piloto.

Fonte: Própria

4.1.1.3 Cálculo do rendimento dos experimentos.

Baseando-se no índice de saponificação, pela reação estequiométrica, obtemos a massa molar média do biodiesel como sendo igual a 287,45g, então:



**ou seja, a massa teórica obtida estequiometricamente terá uma relação $R = (\text{massa de biodiesel}/\text{massa de óleo}) \cdot 100 = 105,63$.*

Então, no cálculo do rendimento teremos como referência o valor 105,63 (utilizando 100 gramas de óleo), como sendo 100% do produto a ser obtido, e a

massa obtida nos experimentos representarão x%, que é o valor utilizado para se encontrar o ponto otimizado do processo.

4.2 QUALIDADES TÉCNICAS DO BIODIESEL PRODUZIDO

Visando a avaliação da qualidade técnica do biodiesel de óleo de nabo forrageiro produzido, os seguintes parâmetros ANP foram analisados: ponto de fulgor, teor de água, teor de éster, viscosidade cinemática a 40°C, glicerina livre, monossacarídeos, diglicerídeos, triglicerídeos e glicerina livre.

Partindo do pressuposto que as características da matéria prima influenciam significativamente a qualidade do produto final, os grãos de nabo forrageiro e o seu óleo obtido por processamento a frio também foram convenientemente caracterizados quanto aos seguintes parâmetros: umidade, cinzas, lipídios e proteína bruta para os grãos, utilizando a Metodologia LANARA, 1981, 1ª edição. (ANEXO 4); umidade, índice de saponificação e índice de acidez para o óleo de nabo forrageiro, conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (ANEXO 4). Com os parâmetros encontrados, foi possível avaliar a massa molar média bem como o teor de ácidos graxos livres (AGL) do óleo de nabo forrageiro.

4.2.1 Determinação da massa molar média

Com a determinação do índice de saponificação, e partindo do princípio dos cálculos estequiométricos de que cada mol de óleo reage com 3 mols de hidróxido de potássio, que é a referência do índice de saponificação, conseguimos determinar a massa molar média da oleaginosa nabo forrageiro, sendo esse passo importante para se determinar a razão molar óleo:álcool. (Figura 12)

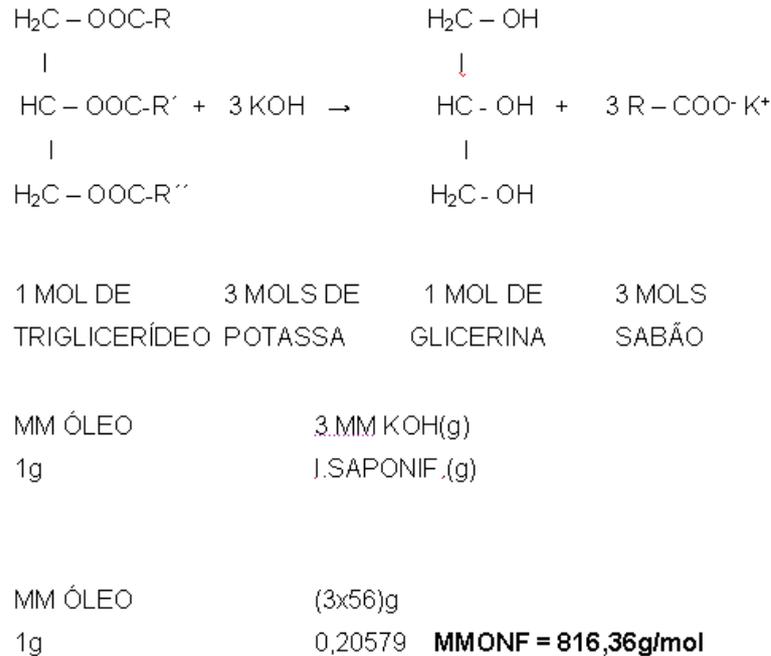


Figura 12 Determinação da massa molar média
Fonte: Própria

4.2.2 Determinação do teor de ácidos graxos livres.

Considerando-se que o índice de saponificação é a massa de KOH em miligramas para saponificar um grama de amostra (100%), e que o índice de acidez é a massa de KOH em miligramas necessária para neutralizar apenas os ácidos graxos livres (x %), então teremos:

205,79	100%	
6,49	x%	Teor de AGL = 3,15%

4.2.3 Determinação da razão molar óleo: álcool

1 mol óleo nabo forrageiro	+	3 mols etanol	→	3 mols biodiesel	+	1 mol glicerina
816,36g		3x46g		862,36g		92g
100g		x = 16,90g				

Como a razão molar foi fixada em 1:18, a massa de etanol utilizada será de 101,4g ou 128,35mL (densidade do etanol absoluto a 20° C = 0,79 g/mL).

4.3 CUSTOS RELATIVOS DA PRODUÇÃO LOCAL

Com a finalidade de estimar a produção de biodiesel em escala foi realizada uma pesquisa econômica em relação aos custos relativos de uma unidade de produção de biodiesel.

Tal abordagem foi conduzida partindo do pressuposto que tais custos se fundamentariam principalmente na unidade de processamento de óleo e produção (reator) do biodiesel, sem levar em consideração os custos com a produção da cultura de nabo forrageiro em campo.

4.4 QUESTIONÁRIOS SOCIOECONÔMICOS

Com o objetivo de verificar o conhecimento e aceitabilidade de agricultores familiares (possuem até 72 ha. de terra) da região, com referência ao cultivo de nabo forrageiro, produção de óleo via prensagem e produção de biodiesel, bem como suas implicações sociais e econômicas, foi aplicado um questionário sobre o tema para 51 (cinquenta e um) agricultores do município de Pato Branco e Vitorino.

As entrevistas foram feitas através de alunos do Colégio Estadual Prof. Agostinho Pereira, que após orientação da aplicação dos questionários, levavam os mesmos até agricultores de suas famílias ou famílias vizinhas para serem respondidos os quesitos, conforme tabela 8.

Tabela 8– Localidades que tiveram agricultores entrevistados.

Localidade	Município	Nº de famílias
Passo da Ilha	Pato Branco	15
Linha Damasceno	Pato Branco	11
São João Batista	Pato Branco	07
Fazenda da Barra	Pato Branco	06
Independência	Pato Branco	04
Teolândia	Pato Branco	03
Brasmek	Pato Branco	01
São Miguel	Pato Branco	01
Bela Vista	Pato Branco	01
Parque do Som	Pato Branco	01
Vitorino	Vitorino	01

Fonte: Própria

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme formalizado nos objetivos da presente dissertação e descrito na seção de materiais e métodos a estimativa da sustentabilidade da implantação da produção de nabo forrageiro com foco na agricultura familiar foi fundamentada na investigação da viabilidade técnica para a produção local e na aceitabilidade e eventual envolvimento do agricultor familiar neste processo. A seguir são apresentados e discutidos os resultados encontrados.

5.1 RENDIMENTOS MÁSSICOS

Para a obtenção do rendimento mássico em condições otimizadas foram conduzidos experimentos orientados segundo dois planejamentos fatoriais 2^2 (dois níveis e dois fatores experimentais), para os catalisadores NaOH e KOH, sendo fixada a razão molar óleo:álcool em 1:18, ou seja, para cada 100 gramas de óleo utilizado foi adicionado 120 mL de etanol anidro totalizando 16 ensaios cujos produtos da reação de transesterificação e rendimentos obtidos estão ilustrados na figura 13 e tabela 9.



Figura 13 Resultados dos experimentos com catalisador NaOH e KOH.
Fonte: Própria

Tabela 9– Rendimentos obtidos com os catalisadores NaOH e KOH

Experimento	A (%)	B(min)	Rendimento ¹ (%)	Rendimento ² (%)
1	2	15	62,39	74,44
2	2	30	54,38	80,01
3	1	15	70,03	72,05
4	1	30	82,24	70,03

A = catalisador; B = tempo reacional; ¹Rendimento médio utilizando NaOH; ²Rendimento médio utilizando KOH.

Fonte: Anexo 5

Com o auxílio do programa *Statgraphics Plus 5.1* (Statpoint, Orleans, VA, USA), foi possível a avaliação dos efeitos principais e de interação, sendo utilizados os gráficos de *Pareto* e de superfície para interpretação do nível de influência e significância das variáveis experimentais sobre o rendimento da produção de biodiesel, conforme descrito a seguir.

5.1.1 Efeitos da [NaOH] e do tempo reacional sobre o rendimento mássico

Para os estudos utilizando NaOH como catalisador, os dados em rendimento mássico obtidos para cada ensaio, como ilustrado na tabela 9 foram utilizados para gerar os seguintes efeitos principais e de interação: A(concentração de catalisador) = -15,6; B(tempo de reação) = +0,96; AB(interação catalisador x tempo) = -6,7 $E_p = \pm 3$. Os valores absolutos destes efeitos significam que quando a concentração NaOH é elevada de 1 para 2% (m/m) o rendimento decresce 15,6%, ao passo que quando o tempo reacional é elevado de 15 para 30 minutos o rendimento eleva-se em aproximadamente 1%. Como o erro padrão do planejamento é de $\pm 3\%$ podemos afirmar que a variável tempo reacional (B) não influencia significativamente o rendimento mássico de biodiesel. Como pode ser observado no gráfico de *Pareto* na figura 14(a), quando consideramos a estimativa do erro padrão em um nível de confiança de 95% com 4 graus de liberdade, apenas a concentração do catalisador gera influências sobre a produtividade de biodiesel.

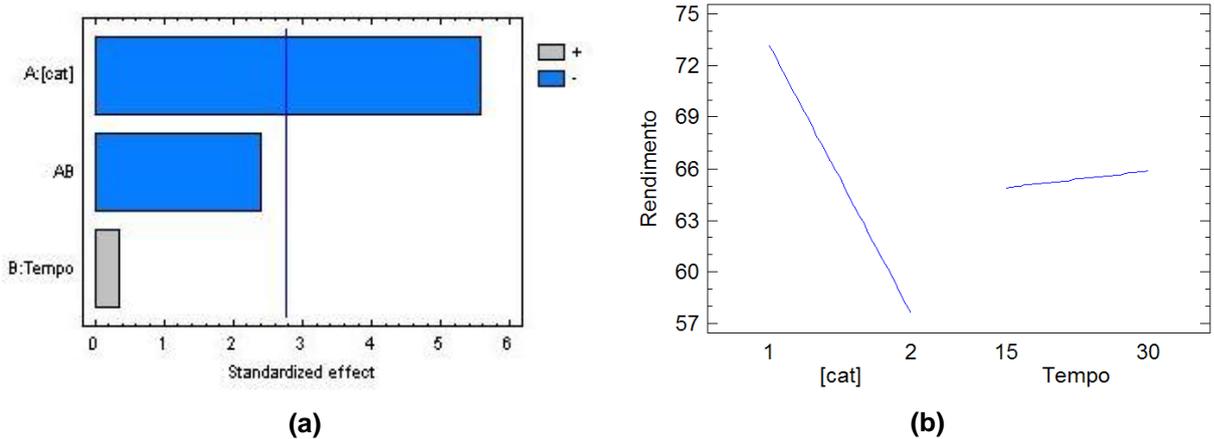


Figura 14(a) Gráfico padronizado Pareto para rendimento com catalisador NaOH: as colunas que excedem a linha vertical são significativas a um nível de confiança de 95% com 4 graus de liberdade; (b) Efeitos das variações dos níveis sobre o rendimento de biodiesel.

Fonte: Statgraphics Plus 5.1 (Statpoint, Orleans, VA, USA)

O comportamento também pode ser observado na figura 14(b) pela inclinação acentuada e decrescente da linha acima da variável concentração de catalisador. De maneira análoga a superfície de resposta da figura 15(a) e a superfície de contorno da figura 15(b) também demonstram em linhas gerais, que a concentração maior de NaOH em qualquer tempo reacional (15 ou 30 minutos) geram as maiores influências sobre a produtividade de biodiesel.

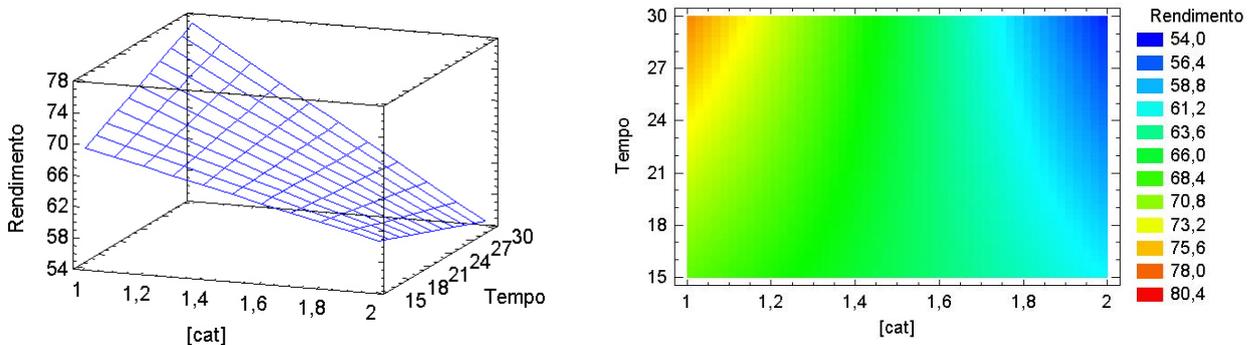


Figura 15(a) Superfície de resposta para catalisador NaOH e tempo de reação; (b) Superfície de contorno.

Fonte: Statgraphics Plus 5.1 (Statpoint, Orleans, VA, USA)

5.1.2 Efeitos da [KOH] e do tempo reacional sobre o rendimento mássico

Para os estudos de obtenção de rendimento mássico utilizando KOH como catalisador, os dados ilustrados na tabela 9 geraram os seguintes efeitos principais e de interação: A(concentração do catalisador) =+33,5; B(tempo de reação) =+5,8;

AB(interação catalisador x tempo) = -2,8 $E_p = \pm 1,8$. De maneira equivalente aos estudos com NaOH, a concentração do catalisador KOH foi a variável que mais influenciou a elevação do rendimento sendo que neste caso a variável tempo teve relativamente aos estudos com NaOH, maior influência, uma vez que o valor absoluto de efeito foi superior ao erro padrão, como também pode ser observado no gráfico de Pareto da figura 16(a). A figura 16(b) mostra também que neste estudo ambas as variáveis em seus níveis superiores promovem os maiores incrementos em rendimento.

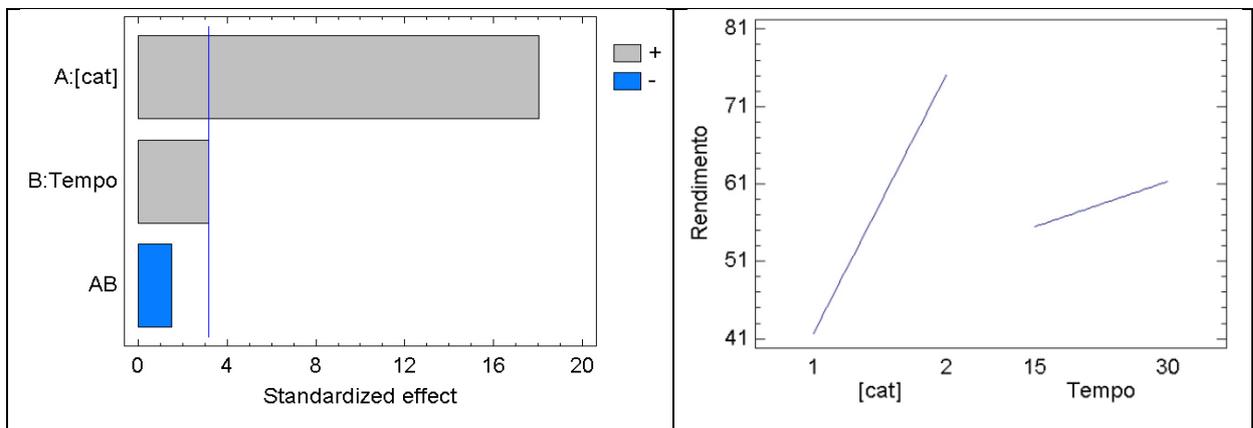


Figura 16(a) Gráfico padronizado Pareto para rendimento com catalisador KOH: as colunas que excedem a linha vertical são significativas a um nível de confiança de 95% com 4 graus de liberdade; (b) Efeitos das variações dos níveis sobre o rendimento de biodiesel.

Fonte: Statgraphics Plus 5.1 (Statpoint, Orleans, VA, USA)

Analogamente, a inclinação da superfície da figura 17(a) e a escala do contorno da figura 17(b) corroboram para a seleção das condições máximas para o níveis experimentais de ambas as variáveis.

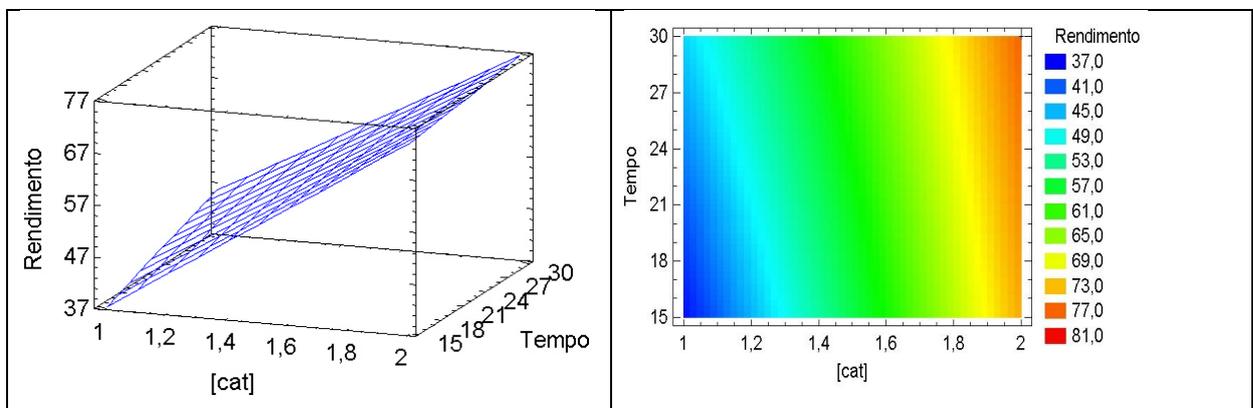


Figura 17(a) Superfície de resposta para catalisador KOH e tempo de reação; (b) Superfície de contorno.

Fonte: Statgraphics Plus 5.1 (Statpoint, Orleans, VA, USA)

Em geral, os resultados gráficos apresentados pelo programa *Statgraphics5.1*, para o catalisador KOH, apresenta resultados ligeiramente diferenciados para o NaOH, senão vejamos, a figura 16(b), que apresenta a relação entre a concentração de catalisador e tempo *versus* rendimento, a qual nos mostra que o catalisador tem seu maior rendimento próximo de 2% enquanto que no tempo a variação de rendimento é mais acentuada do que no caso do NaOH.

De uma maneira geral, o melhor rendimento foi obtido com catalisador KOH (80%) na concentração de 2,0% sendo que o tempo de reação variou entre 15 e 30 minutos. É importante salientar ainda, que em outros trabalhos como Dambiski (2007), foi possível a obtenção de rendimentos superiores (da ordem de 86,3%), porém, através de transesterificação metílica em condições supercríticas (pressão de 150 atm. e temperatura de 400°C), a qual não proporciona a produção de sabões, e em função do uso do catalisador metanol, com cadeia menor que o etanol, propicia melhores condições reacionais de transesterificação.

O catalisador NaOH apresentou rendimentos menores e o tempo para início da reação foi superior. Para algumas amostras o uso deste catalisador produziu reações relativamente mais instáveis, com pequenas porcentagens de saponificação, sugerindo a necessidade de que a lavagem do biodiesel deve deixar o produto totalmente isento de sódio. O fato de este processo não ocorrer durante o uso do KOH pode estar relacionado com a diferença de raios atômicos, pois sendo este menor no caso do sódio, poderia o mesmo estar alterando o equilíbrio do processo de transesterificação do biodiesel formado proporcionando a formação de sabão, que é um subproduto indesejável.

Com a conclusão dos ensaios e sua análise estatística foi possível selecionar as seguintes condições para rendimento mássico de biodiesel de nabo forrageiro: Catalisador (KOH), Concentração de catalisador (2,0% m/m), tempo reacional (15 minutos), razão molar (óleo:álcool 1:18), com controle de temperatura (50°C) e agitação de 50 rpm.

5.1.3 Rendimento mássico em escala piloto

Para os resultados selecionados em fase de bancada após a interpretação estatística do planejamento fatorial conduzido (catalisador KOH, concentração 2,0%, tempo de 15 minutos e razão molar óleo:álcool 1:18) foi conduzido um experimento em escala piloto para obtenção de 5 litros de biodiesel conforme ilustrado pela figura 18. A figura 18(a) mostra o início da reação de transesterificação e a figura 18(b) mostra seu término.

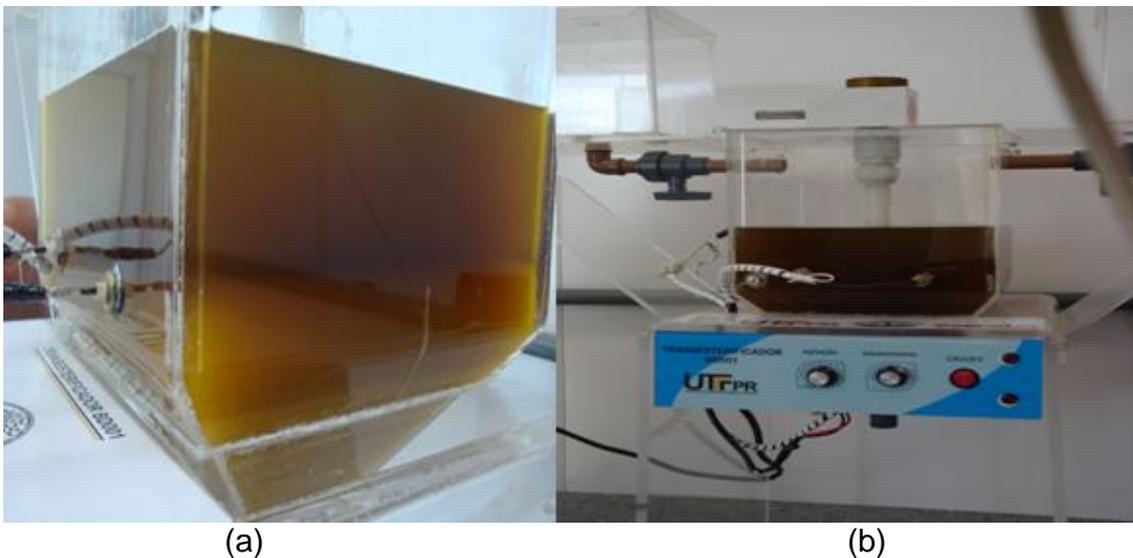


Figura 18 Reação de transesterificação etílica com KOH em escala piloto:(a) início da reação e (b) reação em equilíbrio.

Fonte: Própria

O protótipo apresentou resultados equivalentes aos testes em escala de bancada para a reação de transesterificação, porém, durante os ensaios foi possível observar que os reservatórios laterais onde estava o depósito de álcool e catalisador para produção de etóxido deveria ter uma resistência interna para prévio aquecimento do reagente antes de ser adicionado ao óleo o qual também deveria ser pré-aquecido.

5.2 QUALIDADES TÉCNICAS DA MATÉRIA PRIMA E DO BIODIESEL PRODUZIDO

Como a qualidade do produto final está intimamente ligada com as características da matéria-prima, foram analisadas e estão apresentados na tabela 9 alguns parâmetros físico-químicos dos grãos e do óleo de nabo forrageiro. Dentre os parâmetros de maior relevância estão a umidade e índice de acidez. Quando estes são muito elevados, exigem mais insumos e maior tempo reacional, reduzindo a qualidade do biodiesel produzido. Segundo KNOTHE (2006), quando se utiliza álcool livre de umidade (anidro), óleo com baixo teor de água e conteúdo de AGL (ácidos graxos livres) abaixo de 0,5%, melhores rendimentos mássicos podem ser alcançados. Com o índice de saponificação (100% dos ácidos) e o índice de acidez (6,49), calculamos o teor de AGL = 3,15%. Como pode ser observada na tabela 10, a umidade apresentou-se baixa e o teor de ácidos graxos livres superou os valores ideais, foram feitas duas análises em laboratório credenciado.

Para os demais parâmetros, embora a maioria corrobore com os padrões reportados na literatura recente (Ferrari, 2010), é importante o seu acompanhamento no sentido da manutenção de um padrão de qualidade para o produto, uma vez que suas características podem sofrer influências diversas como o tipo de solo, condições ambientais e variações no processamento, para a obtenção do óleo.

Tabela 10– Características físico-químicas dos grãos e do óleo de nabo forrageiro

Caracterização dos grãos		Caracterização do óleo	
Umidade a 105°C (%)	8,90	Umidade a 105°C (%)	0,1
Cinzas (%)	4,96	Índice de Sap.(mgKOH.g ⁻¹)	205,79
Lipídios (%)	25,45	Índice de acidez (mgKOH.g ⁻¹)	6,49
Proteína Bruta (%)	26,57	Densidade (g.mL ⁻¹)	0,92

Fonte: Laqua – Laboratório de Qualidade Industrial

Para o biodiesel produzido nas condições otimizadas do item 5.1, foram realizadas no Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR) análises de caracterização para posterior comparação com as especificações da Resolução ANP nº 4, os resultados estão apresentados na tabela 11 e no Anexo 5.

Tabela 11– Características do biodiesel produzido e parâmetros estabelecidos pela ANP

Características do biodiesel de nabo forrageiro Padrões de qualidade estabelecidos pela ANP		
Ponto de fulgor	30 ⁰ C	mínimo 100,0 ⁰ C
Teor de água Karl Fisher	2951 mg/Kg	máximo 500 mg/Kg
Teor de Éster	87,7%	mínimo 96,5%
Viscosidade cinemática a 40 C	4,766 mm/s ²	3,0 a 6,0 mm/s ²
Glicerina Livre	0,512%	máximo 0,02%
Monoglicerídeos	2,856%	anotar
Diglicerídeos	0,118%	anotar
Triglicerídeos	0,000%	anotar
Glicerina total	1,270%	máximo 0,25%

Fonte: TECPAR e resolução ANP

Embora os parâmetros ponto de fulgor, teor de éster e de glicerina não tenham se enquadrado no perfil ANP, existe um forte indicio de esses resultados terem sido influenciados por problemas na etapa de lavagem e secagem do produto, ou seja, a separação por decantação não foi perfeita e a secagem foi feita em tempo menor que o ideal. Outro detalhe que corrobora com esta hipótese é o elevado índice de água (2951 mg/kg) apresentado, sugerindo que etapas adicionais de lavagem do produto e secagem, sejam necessárias para adequá-lo aos padrões da ANP.

Os resultados das análises efetuadas mostraram alguns resultados fora dos padrões da ANP nº4, provavelmente por não terem sido lavados corretamente as amostras de biodiesel, resultando num alto teor de álcool, diminuindo o ponto de fulgor; a umidade também demonstra que o processo de laboratório ainda precisa ser aperfeiçoado. O teor de ésteres apresenta-se um pouco abaixo do esperado, devido ao alto teor de umidade, o ponto de fulgor sendo baixo, indica que temos também um teor de álcool acima do normal, ocasionando uma porcentagem de biodiesel abaixo do padrão da ANP; os teores de mono, di e triglicerídeos mostram que a transesterificação apresentou altos valores de eficiência; o alto teor de glicerina, também evidencia uma lavagem ineficiente do biodiesel em escala de laboratório; a viscosidade cinemática está de acordo com a ANP nº4. A densidade foi determinada nos Laboratórios de Química da UTFPR, em quatro amostras dos ensaios de bancada, apresentando resultado 0,87 g/mL, resultado satisfatório (padrão ANP 0,85 a 0,90 g/mL).

5.3 CUSTOS RELATIVOS DE PRODUÇÃO LOCAL

Com a finalidade de estimar a produção de biodiesel em escala real foi feito um levantamento de custos de uma unidade de produção de biodiesel, junto à Empresa Silofértil – Dério Rost & Cia. Ltda., Pato Branco PR.

A empresa Silofértil é especializada em projetar, implantar equipamentos para extração de óleo vegetal e produção de biodiesel, bem como a recuperação de álcool utilizado em excesso no processo de transesterificação. Essa unidade é composta de uma prensa e um reator para produção do biodiesel, bem como uma unidade recuperadora de álcool, conforme figuras 19 e 20, sendo a prensa com capacidade para moer 85 kg/h de grãos e o reator com capacidade de 150 litros dia, orçados respectivamente em R\$ 88.000,00 a prensa e R\$ 92.000,00 o conjunto para produção de biodiesel e recuperação de álcool, conforme Anexo 7.



Figura 19 Prensa mecânica, para extração de óleo de nabo forrageiro.
Fonte: Própria.

Os resultados dos experimentos, não dependem do tipo de prensa utilizado, sendo o fator mais importante, o teor de ácidos graxos livres (AGL), uma vez que os óleos obtidos por prensagem são filtrados para separação de resíduos e o teor de ésteres de ácidos graxos não são alterados pelo tipo de extração.



Figura 20 Reator para produção de biodiesel e recuperação de álcool.
Fonte: Própria.

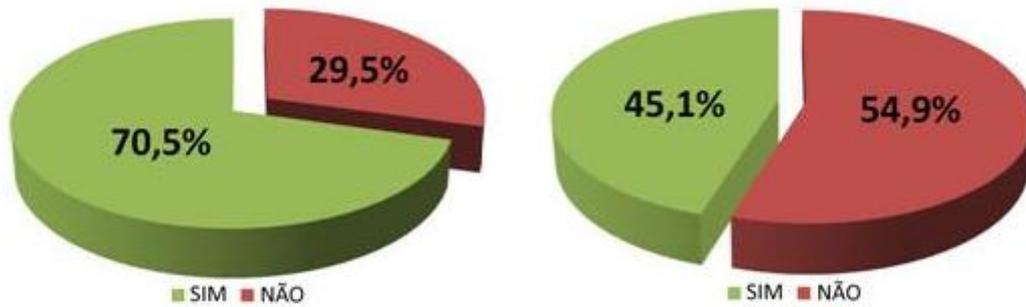
Em função dos custos relativos desta planta representar um investimento significativo para um agricultor familiar, sugere-se sua aquisição através de associações ou unidade cooperadas ou ainda através dos subsídios governamentais vinculados ao PRONAF.

5.4 ANÁLISES DA ACEITABILIDADE DO AGRICULTOR FAMILIAR

Como antes descrito na seção de materiais e métodos, a aplicação do questionário socioeconômico, junto a 51 agricultores da Região de Pato Branco e Vitorino teve como objetivo dimensionar o conhecimento bem como a aceitabilidade e receptividade desses agricultores, classificados como agricultura familiar, quanto à possibilidade de aceitar a ideia de utilizar a cultura do nabo forrageiro como repositor de nutrientes do solo e também como fonte extra de renda, a partir do uso dos grãos com extração de óleo para comercializar ou produzir biodiesel. Obtivemos resultados em forma percentual, com exceção da questão 7, que questiona o conhecimento das oleaginosas cultivadas no Sudoeste do Paraná, onde as respostas são dadas conforme o conhecimento do agricultor\.(ANEXO 3). O tamanho da amostra e

localização foi escolhido em função da facilidade de realizar a pesquisa, ou seja, pais de alunos de uma determinada escola.

A figura 21(a) mostra que a maioria respondeu que sabe a diferença entre biodiesel e óleo vegetal o que demonstra que esse biocombustível já é de conhecimento dos mesmos. Na figura 21(b) mostra que mais da metade não tem conhecimento do biodiesel e de sua aplicação na região.



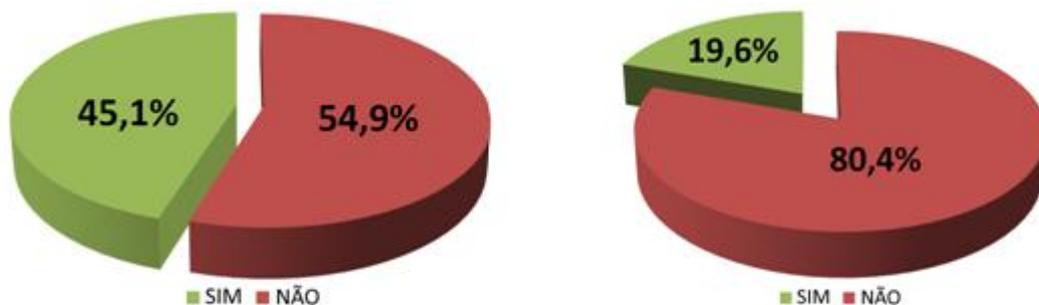
(Figura a)

(Figura b)

Figura 21 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 01 (Você sabe qual a diferença entre biodiesel e óleo vegetal?); (b) Pergunta 02 (Você conhece ou já ouviu falar de alguma aplicação de biodiesel na sua cidade ou região?).

Fonte: Própria

A figura 22(a) mostra que mais da metade dos entrevistados não concordaria em utilizar biodiesel em seus veículos, mostrando que essa alternativa ainda não está sendo aceita de maneira confiável na substituição do óleo diesel. A figura 22(b) indica que grande parte dos entrevistados não tem conhecimento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.



(Figura a)

(Figura b)

Figura 22 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 03 (Você concordaria em utilizar biodiesel em seu veículo?); (b) Pergunta 04 (Você sabe o que é o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB?) do Questionário Socioeconômico.

A figura 23(a), sobre as consequências do uso “in natura” de óleo vegetal como combustível, também mostra que a maioria tem noção da diferença entre óleo vegetal e combustível, 41,1% respondem que não tem elementos para responder, provavelmente porque não sabem dos efeitos dos subprodutos do óleo no motor. A figura 23(b) mostra com grande evidência a noção de poluição ambiental causada por combustíveis fósseis e os combustíveis verdes, com certeza em função da mídia em televisão, rádio etc.

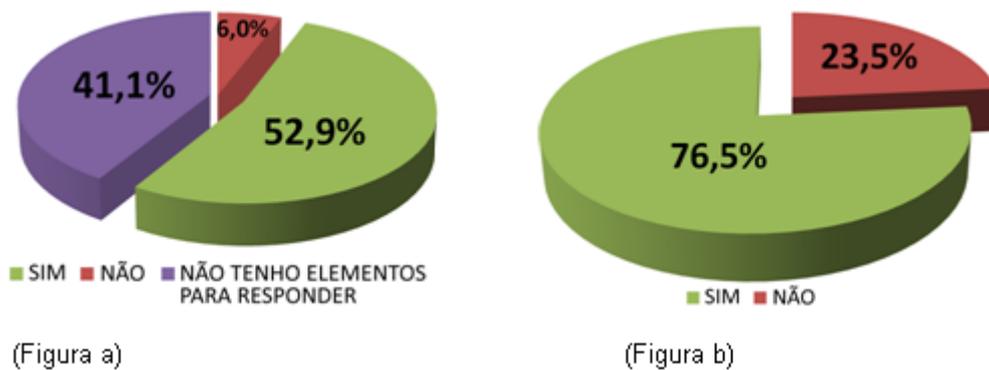
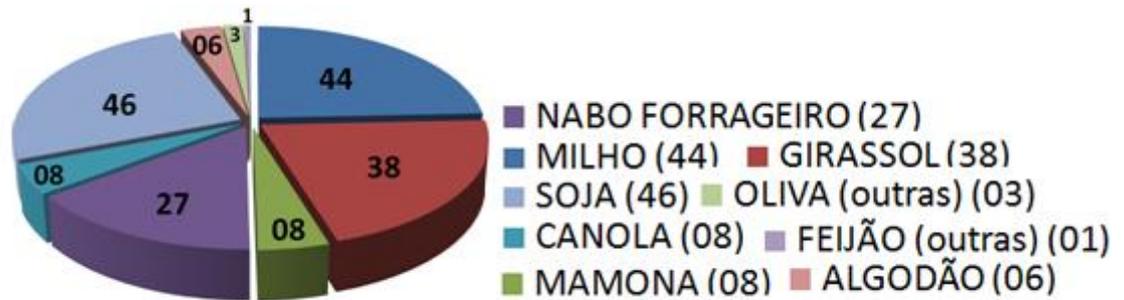


Figura 23 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 05(Você conhece as consequências de uso “in natura” de óleo vegetal como combustível?) (b) Pergunta 06(Você sabe qual a diferença em relação ao uso de combustíveis fósseis (gasolina, diesel) e os biocombustíveis (biodiesel, álcool, etc.) para o meio ambiente?).

Fonte: Própria

Na figura 24 está ilustrada a representação gráfica das respostas referentes a pergunta sobre o conhecimento das oleaginosas plantadas no Sudoeste do Paraná e apresenta resultados controversos. Em um universo de 51 agricultores nem todos citam soja e milho como produção no Sudoeste do Paraná, alguns citam mamona, canola e oliva como cultivos na região e até houve quem citou feijão como oleaginosa, mas o mais importante é que mais da metade cita o nabo forrageiro como planta cultivada o que representa um conhecimento dessa oleaginosa.

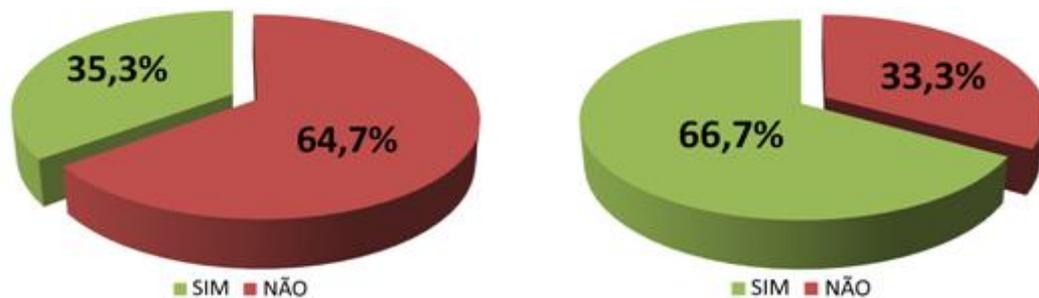


(Figura a)

Figura 24 Representação gráfica para as respostas da pergunta 7 do questionário socioeconômico (*Você saberia dizer quais das oleaginosas abaixo são plantadas no Sudoeste do Paraná?*).

Fonte: Própria.

A figura 25(a) (respostas da pergunta 8) e figura 25(b) (respostas da pergunta 9), mostram de maneira enfática que a maioria dos agricultores tem noção dos benefícios do nabo forrageiro como repositores de nutrientes, mas não tem ideia de que os grãos dessa oleaginosa podem produzir um biocombustível sem perder sua função principal de repositores de nutrientes.



(Figura a)

(Figura b)

Figura 25 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 08 (*Você sabia que é possível obter-se biodiesel a partir de culturas de nabo forrageiro?*) (b) Pergunta 09 (*Você saberia dizer se o uso de nabo forrageiro traz benefícios na agricultura quanto à reposição de nutrientes no solo?*).

Fonte: Própria.

A figura 26(a) (respostas da pergunta 10) mostra uma igualdade nas respostas do conhecimento que produzir nabo forrageiro pode ser uma oportunidade de aumento de renda, talvez não pela produção de biodiesel, que muitos desconhecem, conforme respostas da pergunta 8, mas pela melhoria da qualidade da terra. As respostas da pergunta 26(b) mostram que aproximadamente 75% dos agricultores não tem conhecimento dessa nova forma de custeio da lavoura, específica para os cultivadores de culturas próprias para agrobiocombustíveis.

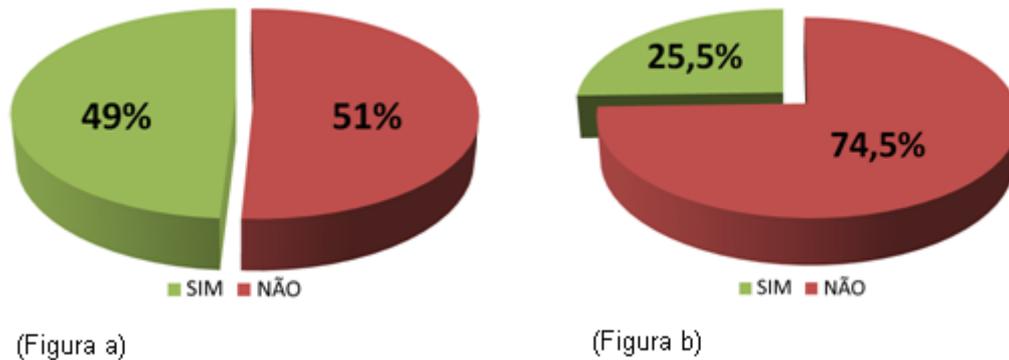


Figura 26 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 10 (Você sabia que a produção de nabo forrageiro pode ser uma oportunidade para aumento de renda?) (b) Pergunta 11 (Você sabe da existência do Pronaf-Biodiesel?).

Fonte: Própria.

A figura 27(a) (respostas da pergunta 12) mostra uma igualdade de conhecimento quanto a produção de biodiesel em pequenos grupos de agricultores, justificando as cooperativas. As respostas da pergunta 27(b) também mostram que além dos agricultores não saberem da possibilidade de produzir biodiesel a partir de nabo forrageiro, também não tem conhecimento do processo de extração do óleo que diferentemente da soja, por exemplo, pode ser extraído por uma operação unitária simples, ou seja, prensagem a frio.

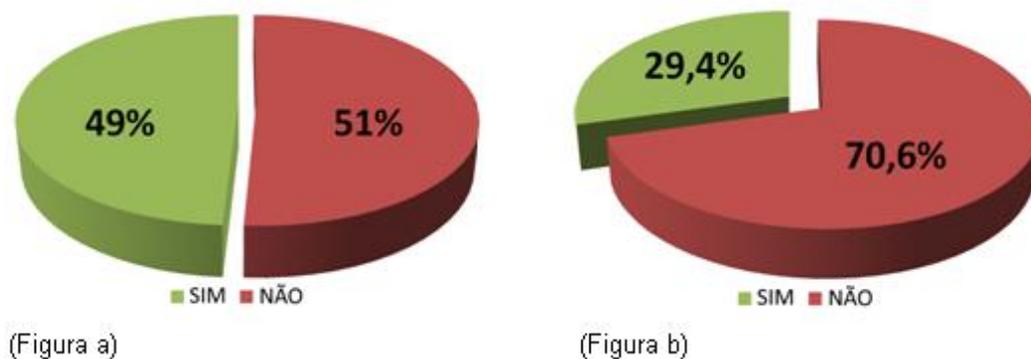


Figura 27 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico: (a) Pergunta 12 (Você sabia que o biodiesel pode ser produzido em pequenos grupos de agricultores?) (b) Pergunta 13 (Você sabia que o óleo de nabo forrageiro pode ser extraído por prensagem a frio?).

Fonte: Própria.

A figura 28(a) (respostas da pergunta 14), como era esperada, quase 80% dos entrevistados mostram que não tem conhecimento dos equipamentos para produzir biodiesel o que pode ser um empecilho para aderirem a ideia de produzir

esse biocombustível. As respostas da pergunta 28(b), também apresentam o desconhecimento do termo “commodities” quase pela totalidade dos entrevistados, ou seja, desconhecem a diferença entre produzir soja, milho ou produzir nabo forrageiro, que não está sujeito a preços de mercado.

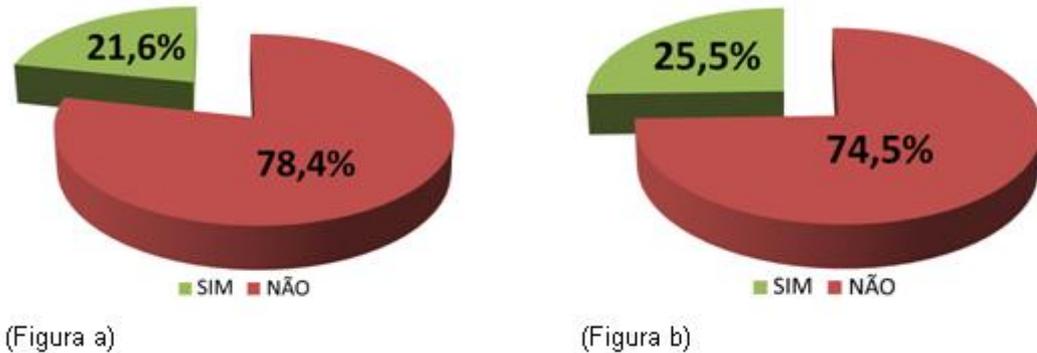


Figura 28 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 14(Você tem noção dos equipamentos utilizados para produzir biodiesel?) (b) Pergunta 15(Você sabe o que são “commodities”?).

Fonte: Própria.

As respostas das perguntas 16 e 17 (figuras 29(a) e (b)) mostram exatamente as mesmas porcentagens nas respostas, ou seja, a maioria não conhece a ideia de “Selo Combustível Social”, incentivo para as indústrias que adquirem matéria prima da agricultura familiar, também não tem conhecimento do que é Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, a ideia do crédito de carbono para as empresas que substituem combustíveis fósseis por combustíveis verdes.

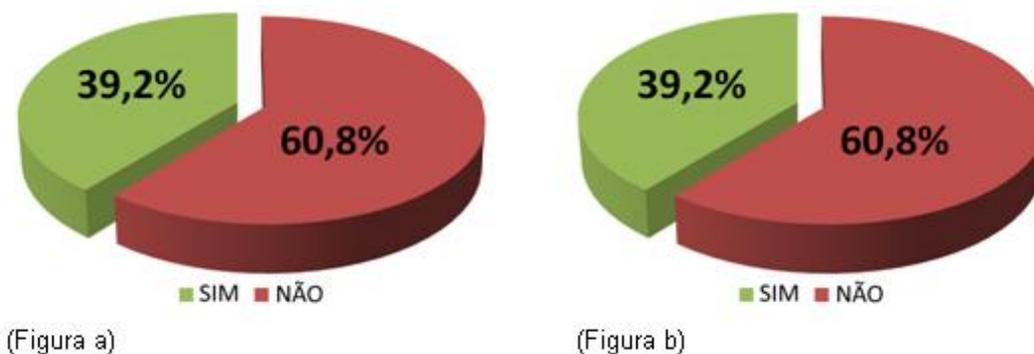


Figura 29 Representação gráfica para as respostas do questionário socioeconômico:(a) Pergunta 16(Você sabe o que é “Selo Combustível Social”?) (b) Pergunta 17(Você sabe o que é Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL?).

Fonte: Própria

5.5 ANÁLISES DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA DE BIODIESEL DE NABO FORRAGEIRO ATRAVÉS DE INDICADORES

Embora a presente dissertação tenha orientado o estudo da sustentabilidade da implementação de nabo forrageiro pela agricultura familiar com base na viabilidade técnica para a produção local e no conhecimento por parte do agricultor familiar, considera-se que diversos outros fatores podem influenciar significativamente tal processo. Com o intuito de tentar caracterizar de maneira mais ampla a sustentabilidade, foram selecionados e agregados alguns destes indicadores.

A seleção dos indicadores foi realizada a partir de uma interpretação sistêmica do contexto regional com ênfase nas potencialidades locais (agricultura familiar) e nas características intrínsecas da cultura de nabo forrageiro para produção do biodiesel, foram considerados relevantes os indicadores classificados segundo as dimensões clássicas de sustentabilidade, que para fins desta pesquisa assumem-se como: dimensão econômica (geração de renda, mercado regional e continuidade de produção); social (suficiência alimentar, processo decisório coletivo, fixação no campo) e ambiental (funcionalidade no cultivo, rotação de culturas, conservação do solo e gases de efeito estufa) conforme descritos na tabela 12.

Tabela 12– Indicadores de sustentabilidade para cadeia de biodiesel de nabo forrageiro

Dimensão	Subdimensão	Indicador
Econômico	Renda	Geração de renda
		Mercado regional
		Continuidade de produção
Ambiental	Meio ambiente natural	Funcionalidade no cultivo
		Gases de efeito estufa
		Pressão sobre novas áreas agricultáveis
Social	Destino da renda	Suficiência alimentar
	Participação	Processo decisório coletivo
		Permanência no campo

Fonte: Elaborado com base na Instrução Normativa 2009(MDA) e IBGE (2010)

Uma das características mais relevantes do nabo forrageiro é a *funcionalidade no cultivo*, uma vez que quando utilizado na entressafra maximiza a

reposição de nutrientes e descompactação do solo, o que tende a melhorar a produção agrícola e conseqüentemente a geração de renda. Por outro lado, seu uso tende a minimizar o consumo de defensivos agrícolas, prejudiciais ao meio ambiente e também ao homem, pois os fertilizantes são transformados por nitrobactérias em óxidos nitrosos que são trezentas vezes mais poluentes que o gás carbônico.

Adicionalmente, a plantação de nabo forrageiro para produção de biodiesel gera subprodutos, tais como glicerina e torta residual, além de favorecer a apicultura, na época de floração, todos bioprodutos diversificados que favorecem a *geração de renda*. Finalmente, conforme abordado no item 5.1, o rendimento mássico para a produção de biodiesel com características comerciais (ANP) é compatível e com potencial para aplicação considerando a fabricação na forma de agregados ou associações de agricultores.

Embora o mercado regional ainda se apresente inseguro, quanto ao uso desta oleaginosa, em função da concorrência com outras oleaginosas, estudos mostram que ela possui um percentual de óleo superior ao da soja, tornando-a uma fonte promissora de óleo para a produção de biodiesel, porém ainda não é cultivada em escala para produção de biodiesel. Óleo de nabo forrageiro não necessita processo de degomagem antes da produção do biodiesel. Diferente da soja, os grãos do nabo forrageiro não se enquadram como *commodity*, ou seja, o seu valor não sofre variação com as mudanças no mercado internacional. Além disso, o fato de não servir como alimento, não o faz competir com a necessidade alimentar da população regional e mundial. Adicionalmente é relevante salientar sobre as oportunidades relacionadas ao mercado de créditos de carbono agregados a MDLs, que surgem como oportunidades a empresários interessados em investimentos estratégicos na área de bioenergia, pois, as empresas geradoras de combustíveis renováveis, podem através de projetos efetuarem vendas de créditos de carbono para países que não conseguem reduzir suas emissões dos gases de efeito estufa, também chamados países do Anexo I.

Outro aspecto importante é a sazonalidade da sua produção que em a relação à soja o torna uma oleaginosa não competitiva, pois sua plantação ocorre na entressafra. Por outro lado, este fator sazonal se usado de forma consciente e planejado tende a favorecer a produção de várias oleaginosas. A produção de nabo forrageiro pode ocorrer entre a produção de outras oleaginosas, em um período de 12 meses fornecendo matéria-prima e favorecendo a *continuidade da produção*.

Com isso o produtor estaria obtendo matéria-prima para a produção de biocombustível e mesmo assim mantendo o seu solo em condições satisfatórias de produção.

Para a dimensão ambiental, os indicadores estariam relacionados à emissão de *gases de efeito estufa* (GEE), redução de compostos de enxofre e hidrocarbonetos aromáticos, influências no ciclo de carbono, utilização de subprodutos como glicerina e torta residual e reaproveitamento do álcool (etanol), os biocombustíveis não emitem compostos de enxofre, nem compostos aromáticos, diminuem em 80% a emissão de gás carbônico e como não usam fertilizantes reduzem a zero, o aumento da emissão de óxidos nitrosos.

A possibilidade de fonte de renda via biodiesel e outros bioprodutos, pela plantação de nabo forrageiro na entressafra, podem ser um fator adicional, para diminuir a *pressão por novas áreas de terras agricultáveis* e com isso favorecer a preservação de áreas de matas nativas ou de recomposição de matas secundárias. Isto favoreceria todo o bioma animal e vegetal, principalmente de encostas e leitos de rios e nascentes.

Finalmente, em relação à dimensão social, o cultivo de nabo forrageiro pode promover a agregação da família e as *organizações sociais coletivas* (rurais) congregadas ou não em unidades cooperativas em função da sua produção, assim como dos diversos bioprodutos a partir dele gerados. Isto estimularia a *permanência do homem no campo*, pois fatores como: produção do biocombustível, venda de grãos ou da torta residual, produtos apícolas, biossólido, dentre outros da cadeia produtiva podem gerar uma fonte secundária de renda familiar, e com isto melhorar seu nível econômico e social, possibilitando um maior acesso aos bens materiais e culturais socialmente desenvolvidos. Diferente da soja, o fato do nabo forrageiro não servir para produção de alimentos para o consumo humano ou animal, não o faz competir pela *suficiência alimentar* da população regional.

6. CONCLUSÕES

- a) A transesterificação etílica do óleo de nabo forrageiro com catalisador KOH, é um processo de fácil aplicação pelos agricultores familiares, sendo que os resultados em desacordo com a ANP podem ser melhorados com ajustes na lavagem e secagem do biodiesel.
- b) A adesão dos agricultores à plantação de nabo forrageiro e produção de biodiesel, deve ser motivada pela divulgação dos incentivos do governo ao Plano Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, bem como financiamento pelo Pronaf-Biodiesel, vantagens do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL e outras vantagens como rendimento apícola, venda de subprodutos (glicerina, torta) e facilidade de recuperação do álcool usado no processo.
- c) A implantação de uma unidade de produção pode ser inviável para apenas um agricultor, porém, a união de vários agricultores ou juntos em cooperativas, o processo torna-se viável.
- d) Além da viabilidade técnica, ajustes no processo, custos de implantação de uma unidade produtora e divulgação de toda cadeia produtiva, com seus benefícios financeiros, outros indicadores (econômicos, sociais e ambientais), devem ser aplicados a todo processo produtivo, para analisar a possibilidade adesão à produção de biodiesel de nabo forrageiro.
- e) Como forma de incentivar o agricultor familiar (geração de rendas, agregação familiar, diversificação agrícola e rural), a produzir seu próprio combustível, preservando sua região de maneira sustentável, além de gerar empregos, a produção de biodiesel a partir de grãos de óleo de nabo forrageiro é um projeto que deve ser incentivado.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

- Fazer estudos da variação do índice de acidez do óleo de nabo forrageiro com o tempo para determinar o tempo máximo de estocagem do óleo antes de realizar a transesterificação.
- Realizar mais estudos da relação molar óleo:álcool, que nesse trabalho foi de 1:18, o que acarreta um custo alto na recuperação do álcool em excesso utilizado na reação.
- A partir de KOH, produzir biodiesel em escala de laboratório e refazer etapas de purificação para produção de biodiesel dentro dos padrões da ANP.
- Realizar estudos de viabilidade econômica para implantação de uma unidade produtora levando em conta: aspectos econômicos, sociais e ambientais desde a plantação do nabo forrageiro até a produção do biodiesel e recuperação do álcool em excesso utilizado.
- Em função do custo de implantação de uma unidade de extração e produção, e com a produção média de grãos e óleo de nabo forrageiro por hectare, definir, baseando-se em agricultores familiares, o número de agricultores que plantam ou se dispõem a plantar nabo forrageiro e o número mínimo de agricultores necessários para viabilizar uma unidade produtora de biodiesel.

8. REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, Ricardo; MAGALHÃES, Reginaldo. **O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais.** FIPE, FEA-USP Consultorias, junho de 2007. Disponível em: <<http://www.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2009/02435.pdf>> Acesso em dezembro de 2010.

ABRAMOVAY, Ricardo. **How to design policies and institutions to make small scale farmers benefit from bioenergy development.** Preparatory Study for the FAO High Level Conference on Climate Change, Bioenergy and Food Security. São Paulo, 2008. 53 pp.

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão.** 3ed. São Paulo: Edusp, 2007.
 ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba – RS: Agropecuária, 2002, 592p.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução nº 7, 19/03/2008.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>> 12 de janeiro de 2011.

ANP – AGENCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução nº42, 16.12.2009.** Disponível em: <<http://www.recap.com.br/pdfs/portarias/anp42.pdf>> Acesso em 14 de janeiro de 2011.

ASSIS, W. F. T.; ZUCARELLI, M. C. **Despoluindo Incertezas: Impactos territoriais da expansão de agrocombustíveis e perspectivas para uma produção sustentável.** Belo Horizonte: Ed. O Lutador, 2007.

ATKINS, P., Paula, J.de. **Físico-química**, vol. 2, 8ª edição, editora LTC, 2008

BALSADI, O.V. **Mudanças no meio rural e desafios para o desenvolvimento sustentável.** São Paulo Perspc., jan./mar.2001, vol.15, n.1, p.155-165.

BIODIESEL - **Crédito de Carbono.** Disponível em <<http://www.biodieselbr.com/credito-de-carbono/mdl/index.htm>> Acesso em 12 de janeiro de 2011.

BIODIESEL - **PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/programa.html>> Acesso em 12 de janeiro de 2011

BIODIESEL – **Vantagens e desvantagens.** Disponível em: <<http://biodieselbr.com/biodiesel/vantagens/vantagens-biodiesel.htm>> Acesso em janeiro de 2011.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Agrário.** Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. 2011. Disponível em<<http://www.incra.gov.br/>>. Acesso em: 4 de dezembro de 2011.

BUIANAIN, Antônio Márcio & GARCIA, Junior Ruiz. **Biodiesel sem a agricultura familiar?** Artigo publicado no jornal: O Estado de São Paulo, 12/08/2008. Disponível em: <<http://www.espacopublico.blog.br/?p=4933>> Acesso em janeiro de 2011.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no Sudoeste do Paraná.** Boletim Técnico Instituto Agrônomo do Paraná, n.35, p.1-36, 1990.

CALVÁRIO, Rita. **Por que não vão os biocombustíveis salvar o planeta.** VÍRUS, abril/maio 2008. Disponível em <http://www.esquerda.net/virus/media/virus2_txt.pdf> Acesso em 12 de janeiro de 2011.

CAMPOS, A. A. de; CARMÉLIO, E. C. **Construir a diversidade da matriz energética.** In: ABRAMOVAY, Ricardo (org). Biocombustíveis – A energia da controvérsia. São Paulo, Editora SENAC, 2009.

CARNEIRO, M. J. **Pluriatividade da agricultura no Brasil: uma reflexão crítica.** IN: SCHNEIDER, S. (Coord.). A diversidade da agricultura familiar. Série Estudos Rurais. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. p.165-185.

CARR, R. A. Rapessed Canola. Ind: **World Conference proceedings edible fats and oils processing: basic principles and modern practices.** Proceedings. Champaing: American OCS, 1990. p. 289-298.

CERBIO. Diversas informações. Disponível em <<http://www.tecpar.br/cerbio>> Acesso em dezembro de 2010.

CORDEIRO, C. S., **Síntese e caracterização de biodiesel etílico para utilização em motores de ciclo diesel.** Dissertação de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2003.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** Química Nova, v.23, n.4, p.531-537, 2000

CONSTANZA, R. **Economia ecológica: uma agenda de pesquisa.** In: MAY, P.H.; MOTTA, R.S. (Org.). *Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável.* Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994. p.111-144

DAMBISKI, Lorena. **Síntese de Biodiesel de Óleo de Nabo Forrageiro Empregando Metanol Supercrítico,** 2007, Dissertação (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 14 de dezembro de 2007.

DENARDI, R. A. **Agricultura familiar e políticas públicas: alguns dilemas e desafios para o desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano2_n3/revista_agroecologia_ano2_num3_parte12_artigo.pdf> Acesso em janeiro de 2011.

DOMINGOS, A. K. **Otimização da Etanolise do Óleo de *Raphanus Sativus L.* e Avaliação de sua Estabilidade à Oxidação.** Curitiba, 2005, 110p. Dissertação (Mestrado em Química), UFPR.

DUNN, Robert O, **Propriedades a baixas temperaturas e desempenho do biodiesel.** In: KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. Manual de Biodiesel. Tradução de Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2006. 340p. Título original; the biodiesel handbook

ELLIS, F. **Household strategies and rural livelihood diversification.** *Journal of development studies*, London (UK), v.35, n.1, p.1-38, 1998.

FAO/INCRA. **Diretrizes de Política Agrária e Desenvolvimento Sustentável.** Brasília, Versão resumida do Relatório Final do Projeto UTF/BRA/036, março, 1994

FERRARI, R.A.; D'Arce, M. A. B. R.; RIBEIRO, F. L. F. **Biodiesel de óleo de *Raphanus Sativus L.*** In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BODIESEL, julho, 2005, Varginha, MG. Disponível em <http://www.facabiodiesel.com.br/biodiesel/arquivos/Biodiesel_de_Oleo_de_Nabo_forrageiro.pdf> Acesso em outubro de 2010.

FREEDMAN, B., PRYDE, E.H., MOUNTS, T.L. **Variables affecting the yields of datty esters from transesterified vegetable oils.** *J. Am. Oil Chem. Soc.*, v.61, p.1638-1643, 1986

GASSON, Ruth & ERRINGTON, Andrew. **The farm family business.** Wallingford, Cab International, 1993.

GAZOLLA, Marcio. **Agricultura familiar, segurança alimentar e políticas públicas: uma análise a partir da produção de autoconsumo no território do Alto Uruguai/RS.** 2004. 287 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. Porto Alegre/RS., 2004.

GERPEN. J.V., **Conceitos básicos sobre motores diesel e seus combustíveis.** In: KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. Manual de Biodiesel. Tradução de Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2006. Cap.3, 340p.

GONÇALVES, J. S.; SOUZA, S. A. M. **Agricultura familiar: limites do conceito e evolução do crédito.** Artigos: políticas públicas. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=2521>> Acesso em dezembro de 2010.

GRANDA, W. J. V.; LIMA, H. N. **Aplicação do Índice Gobal de Sustentabilidade na exploração de Coquina na península de Santa Elena.** *Revista Escola de Minas*, vol. 59, n.,3, p. 323-327, jul. – set. 2006

GRAZIANO DA SILVA, J. **Quem precisa de uma estratégia de desenvolvimento?** Série de textos para discussão, nº2, 2001. Disponível em: <http://www.deser.org.br/biblioteca_read.asp?id=8> Acesso em 18 de janeiro de 2011.

HASS, Michael J, FOGLIA Thomas A. **Matérias primas alternativas e tecnologias para a produção de biodiesel**. In: KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. Manual de Biodiesel. Tradução de Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 2006. 340p.

HOLT-GIMÉNEZ, Eric. **Os cinco mitos da transição dos agrocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.alainet.org/active/18544&lang=es>> Acesso em 18 de janeiro de 2011.

HOUTART, François. **Agrocombustível, solução para o clima ou reprodução do Capital**. In: Colóquio Internacional (Des) envolvimento contra a Pobreza. Montes Claros, setembro de 2008.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Biodiesel a energia que cresce no campo**. Folder. Disponível em: <<http://www.iapar.br/arquivos/File/folhetos/biodiesel/biodiesel.html>> , acesso em 17 de outubro de 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 3ª. Ed., São Paulo, vol.1, 1985. 533p.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. **Manual de Biodiesel**. Tradução de Luiz Pereira Ramos. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2006. Cap.1, 340p.

KELLNER, E.; CALIJURI, M. C.; PIRES, E.C. **Aplicação de indicadores de sustentabilidade para lagoas de estabilização**. Engenharia Sanitária Ambiental. V.14. n.4. out/dez.2009 pg. 455-464.

KRONENBERGER, D. M. P.; et al. **Desenvolvimento sustentável no Brasil: uma análise a partir da aplicação do "barômetro de sustentabilidade"**. Sociedade e Natureza, Uberlândia, v. 20, n.1, jun. 2008.

KUCEK, K. T. **Otimização da transesterificação etílica do óleo de soma em meio alcalino**. Curitiba, 2005. 95p. Dissertação de Mestrado em Química – Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná.

MACDONALD, Rui. **Qual crise energética? O petróleo não é um fóssil!** Disponível em: <<http://www.ruimacdonald.com/wordpress/?p=5063>> 05 de janeiro de 2011.

MARTIN, N. B. NOGUEIRA, S. J. **Canola: Uma nova alternativa agrícola de inverno para o Centro Sul Brasileiro**. Informações Econômicas, SP, v.23, n.04, abr.1993.

MDA. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**. Traz as informações administrativas e institucionais do órgão. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/portal/>> Acesso em 05 de janeiro de 2011.

MEHER, L. C.; SAGAR, D.V.; NAIK, S.N. **Technical aspects of biodiesel production by transesterification- a review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10, p. 248–268, 2006a.

MITTELBACH, M. **Diesel fuel derived from vegetable oils**, VI: Specifications and quality control of biodiesel. *Bioresource Technology* 56 (1996) 7-11

MME – Ministério das Minas e Energias. **Selo Combustível Social**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/selo_combustivel_social.html>. Acesso em janeiro de 2011.

MORET, A. S.; SGANDERLA G. S. S.; GUERRA, S. M. G.; MARTA, J. M. C. Análise da sustentabilidade do biodiesel com uso da Análise de Custos Completos. Revista Espaço Energia, n.11 (2009) 4 – 23.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado, 2003**.

PNPB. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. Apresenta as diretrizes fundamentais do programa nacional de produção de biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/programa.html>> Acesso em 05 de janeiro de 2011.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Selo Combustível Social**. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=28643>> Acesso em janeiro de 2011.

PORTAL MDA. **Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar**. Disponível em: <<http://portal.mda.gov.br/portal/saf/programas/pronaf>>. Acesso em 15 de janeiro de 2011

PORTAL SÃO FRANCISCO. **O que é biodiesel**. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-biodiesel/biodiesel-9.php>>. Acesso 20 de outubro de 2010.

PRADO JUNIOR, Caio. **Formação do Brasil Contemporâneo**. São Paulo: Brasiliense, 1999.
RAMOS, L. P. **Aspectos técnicos sobre o processo de produção de biodiesel**. In. SEMINÁRIO PARANAENSE DE BIODIESEL, 1., 2003, Londrina. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://www.pm.al.gov.br/bpa/publicacoes/biodiesel.pdf>> Acesso em 05 de janeiro de 2011.

REBRIP – REDE BRASILEIRA PELA INTEGRAÇÃO DOS POVOS. **Agrocombustíveis e a agricultura familiar e camponesa: subsídios ao debate**. Rio de Janeiro: REBRIP/FASE, 2008.

REPORTER BRASIL. **Programa nacional, 6 anos: resultados sociais frágeis**. Disponível em: <<http://www.reporterbrasil.com.br/pacto/noticias/view/305>> Acesso em 10 de janeiro de 2011.

RESENHA ENERGÉTICA. Disponível em <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~roberto.sales/EFE/Aula%20%20-%20BEN%20-%202009/Resenha_Energetica_2009_-_PRELIMINAR.pdf> acesso em 11.01.2011

RICHETTI, A. **O que é diversificação agropecuária?** Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23258>> Acesso em janeiro de 2011.

SACHS, Ignacy. **Agrocombustíveis: Solução ou problema**. In: ABRAMOVAY, Ricardo (org). Bicomcombustíveis – A energia da controvérsia. São Paulo, Editora SENAC, 2009.

SACHS, Ignacy. **Jornal da USP**, ano XXII, n.782, 2007. p9 a p11. Entrevista concedida ao Jornal da USP – Universidade de São Paulo.

SANTOS, S. R. **Agricultura Familiar.** Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/31006/1/Agricultura-Familiar-no-Brasil/pagina1.html#ixzz11oaDcJfV>> Acesso em outubro de 2010.

SCHNEIDER, S. **Desenvolvimento Rural Regional e articulações extra regionais.** In: Anais do I Fórum Internacional: Território, Desenvolvimento Rural e Democracia. Fortaleza – CE, 16 a 19 de novembro de 2003.

SCHNEIDER, Sergio. **A pluriatividade na agricultura familiar.** Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003.

SCHUCHARDT, U.; SERCHELI, R.; VARGAS, R.M. **Transesterification of vegetable oils: a review.** Journal of Brazil in a Chemical Society, v.9, p.199-210, 1998.

SOUZA, Richardson de. **Biodiesel – O Paraná investindo no combustível do futuro.** Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/modules/qas/uploads/86/bioenergia_27abr06.pdf> Acesso em janeiro de 2011.

SOUZA, R., MAURINA, M. & COSTA, B. J. (2006) **Programa Paranaense de Bioenergia.** Disponível em <<http://www.iapar.br/arquivos/File/biodiesel/progpr.pdf>> Acesso em dezembro de 2010.

SRIVASTAVA, A.; PRASAD, R. **Triclycerides - base diesel fuels.** Renewable & Sustainable Energy Reviews, v.4, p.111-133, 2000.

TEIXEIRA, L. C. Produção de Biodiesel. Informe Agropecuário, v.26, n.229, p.79-86, 2005b

UNITED NATIONS. Agenda 21 – Conference on Environment and Development. Genebra. United Nations, 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM (UNEP). Recommendations for decision-making on basic sanitation and municipal wastewater services in Latin America and the Caribbean, 2003

VALLE, Pedro Wallace de Paula Amaral do. **Produção de Biodiesel via Transesterificação do óleo de nabo forrageiro.** Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais. 2009.

VAN GERPEN, J. Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology, v.86, n.10, p.1057-1058, 2005

WANDERLEY, N. **Raízes históricas do campesinato brasileiro.** In: TEDESCO (Org.) Agricultura familiar: realidades e perspectivas. Passo Fundo – RS: UPF, 2001, 405p.

WEID, Jean Marc Von der. **Agrocombustíveis: solução ou problema.** In: ABRAMOVAY, Ricardo (org.). Biocombustíveis – A energia da controvérsia. São Paulo, Editora SENAC, 2009.

ZANELLA, J. **Biodiesel.** Jornal UNESP, Ano XIX, nº 202, 2005.

ANEXO 1

Características técnicas do Biodiesel – ANP 42

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	METODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISSO
Aspecto	-	LII ⁽¹⁾	-	-	-
Massa específica a 20°C	kg/m ³	850 e	7148	1298	-
		900kg/m ³	14065	4052	-
Viscosidade Cinemática a 40°C	Mm ² /s	3,00 e 6,00 mm ² /s	10441	445	EN ISO 3104
Água e sedimentos, máx. ⁽⁴⁾	% volume	0,050	-	2709	-
Contaminação Total ⁽⁶⁾	mg/kg	Anotar	-	-	EN 12662
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0	14598	93	EN ISO3679
Teor de éster ⁽⁶⁾	% massa	Anotar	-	-	EN 14103
Destilação; 90% vol. recuperados, máx.	°C	360 ⁽⁵⁾	-	1160	-
Resíduo de carbono dos 100% destilados, máx.	% massa	0,05	-	4530 189	EN ISO 10370
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	9842	874	ISO 3987
Enxofre total (6)	% massa	Anotar	-	4294 5453	EN ISO 14596
Sódio + Potássio, Max.	mg/kg	5	-	-	EN 14108 EN 14109
Cálcio + Magnésio (6)	mg/kg	Anotar	-	-	EN 14538
Fósforo ⁽⁶⁾	mg/kg	Anotar	-	4951	EN 14107
Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número de Cetano ⁽⁶⁾	-	Anotar	-	613	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	⁽⁷⁾	14747	6371	-
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448	664	EN 14104 ⁽⁸⁾
Glicerina livre, máx.	% massa	0,02	-	6584 (8) (9)	EN 14105 ⁽⁸⁾⁽⁹⁾ EN 14106 ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

Glicerina total, máx.	% massa	0,25	-	6584 (8) (9)	EN 14105 ⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Monoglicerídeos ⁽⁶⁾	% massa	Anotar	-	6584 (8) (9)	EN 14105 ⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Diglicerídeos ⁽⁶⁾	% massa	Anotar	-	6584 (8) (9)	EN 14105 ⁽⁸⁾⁽⁹⁾
Triglicerídeos (6)	% massa	Anotar	-	6584 (8) (9)	EN 14105 (8) (9)
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,5	-	-	EN 14110 (8)
Índice de lodo (6)	-	Anotar	-	-	EN 14111 (8)
Estabilidade a oxidação a 110°C, mín	H	6	-	-	EN 14112 (8)

NOTAS:

(1) LII ♦ Límpido e isento de impurezas.

(2) A mistura óleo diesel/biodiesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para massa específica a 20° C constantes da especificação vigente da ANP de óleo diesel automotivo.

(3) A mistura óleo diesel/biodiesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para viscosidade a 40°C constantes da especificação vigente da ANP de óleo diesel automotivo.

(4) O método EN ISO12937 poderá ser utilizado para quantificar a água não dispensando a análise e registro do valor obtido para água e sedimentos pelo método ASTM D 2709 no Certificado da Qualidade.

(5) Temperatura equivalente na pressão atmosférica.

(6) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados pelo produtor de biodiesel a ANP, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de matéria-prima, o produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de matérias-primas utilizadas.

(7) A mistura óleo diesel/biodiesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para ponto de entupimento de filtro a frio constantes da especificação vigente da ANP de óleo diesel automotivo.

(8) Os métodos referenciados demandam validação para as oleaginosas nacionais e rota de produção etílica.

(9) Não aplicáveis para as análises mono-, di-, triglicerídeos, glicerina livre e glicerina total de palmiste e coco. No caso de biodiesel oriundo de mamona deverão ser utilizados, enquanto não padronizada norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT para esta determinação, os métodos: do Centro de Pesquisas da Petrobrás - CENPES constantes do ANEXO B da Resolução 42 para glicerina livre e total, mono diglicerídeos e triglicerídeos.

O biodiesel obtido de diferentes óleos vegetais apresenta poucas diferenças entre seus parâmetros físico-químicos. A seguir apresentamos alguns parâmetros, para efeito de comparação, de um biodiesel de óleo de soja, um biodiesel de óleo de girassol e o diesel comum, com base na legislação acima mencionada, a qual sempre deverá ser utilizada como referência para comparações.

Parâmetro	Diesel comum	Biodiesel de soja	Biodiesel de girassol
Massa ¹ . Esp. (kg.m ⁻³)	851,0	878,0	952,6
Viscosidade ¹ (mm ² .s ⁻¹)	3,1	4,5	8,5
Ponto ¹ (°C)	41,5	183,7	192,3
Ponto ² (°C)	6,0	7,0	-6,0
Enxofre total (%)	0,15	<0,05	<0,05

Massa¹ – massa específica; Viscosidade¹ – viscosidade cinemática; Ponto¹ – Ponto de fulgor; Ponto² – Ponto de entupimento de filtro a frio

ANEXO 2

REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 2/2003

1. Objetivo

Este Regulamento Técnico aplica-se ao biodiesel - B100, de origem nacional ou importada a ser comercializado em território nacional para uso automotivo em testes em frotas cativas ou processo industrial específico, adicionado na proporção de até 20% em volume ao óleo diesel especificado segundo a Portaria ANP em vigor.

2. Normas Aplicáveis

A determinação das características do biodiesel será feita mediante o emprego das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), das normas internacionais "American Society for Testing and Materials" (ASTM), da "International Organization for Standardization" (ISO) e do "Comité Européen de Normalisation" (CEN).

Os dados de incerteza, repetitividade e reprodutibilidade fornecidos nos métodos relacionados neste Regulamento, devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata do ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados neste Regulamento.

A análise do produto deverá ser realizada em uma amostra representativa do mesmo, obtida segundo métodos ABNT NBR 14883 - Petróleo e produtos de petróleo - Amostragem Manual ou ASTM D 4057 - Prática para Amostragem de Petróleo e Produtos Líquidos de Petróleo (Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products).

As características constantes da Tabela de Especificação deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos seguintes métodos de ensaio:

2.1. Métodos ABNT

MÉTODO	TÍTULO
NBR 14598	Produtos de petróleo - Determinação do Ponto de Fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens
NBR 10441	Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica
NBR 9842	Produtos de petróleo - Determinação do teor de cinzas
NBR 14359	Produtos de petróleo - Determinação da corrosividade - método da lâmina de Cobre
NBR 14747	Óleo Diesel - Determinação do ponto de entupimento de filtro a frio
NBR 14448	Produtos de petróleo - Determinação do índice de acidez pelo método de titulação potenciométrico
NBR 7148	Petróleo e produtos de petróleo - Determinação da massa específica,

	densidade relativa e ρ_{420}^{15} ; API - Método do densímetro
NBR 14065	Destilados de petróleo e óleos viscosos - Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital.

2.2. Métodos

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D 93	Ponto de fulgor pelo vaso Fechado de Pensky-Martens Flash Point by Pensky-Marstens Close Cup Tester
ASTM D 2709	Água e Sedimentos nos Combustíveis Destilados Médios por Centrifugação Water and Sediment in Middle Distillate Fuels by Centrifuge
ASTM D 445	Viscosidade Cinemática de Líquidos Transparentes e Opacos Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity)
ASTM D 874	Cinzas Sulfatadas de Óleos Lubrificantes e Aditivos Sulfated Ash from Lubricating Oils and Additives
ASTM D 5453	Determinação de Enxofre Total em Hidrocarbonetos Líquidos, Combustíveis para Motor e Óleos por Fluorescência de Ultravioleta Total Sulfur in Light Hydrocarbons, Motor Fuels and Oils by Ultraviolet Fluorescence
ASTM D 130	Detecção da Corrosividade ao Cobre de Produtos de Petróleo pelo Teste de Lâmina de Cobre Detection of Copper Corrosion from Petroleum Products by the Copper Strip Tarnish Test
ASTM D 613	Número de Cetano de Óleo Diesel Cetane Number of Diesel Fuel Oil
ASTM D 6371	Ponto de Entupimento de Filtro a Frio de Óleo Diesel e Óleos Combustíveis Cold Filter Plugging Point of Diesel and Heating Fuels
ASTM D 4530	Determinação de Resíduo de Carbono (Método Micro) Determination of Carbon Residue (Micro Method)
ASTM D 189	Determinação do Resíduo de Carbono Conradson Carbon Residue of Petroleum Products
ASTM D 664	Índice de Acidez dos Produtos de Petróleo por Titulação Potenciométrica Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration
ASTM D 6584	Determinação da Glicerina Livre e Total em Biodiesel Metil Ésteres por Cromatografia Gasosa

	Determination of Free and Total Glycerine in B-100 Biodiesel Methyl Esters by Gas Chromatography
ASTM D 1160	Destilação de Produtos de Petróleo a Pressão Reduzida Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure
ASTM D 4052	Massa Específica e Densidade Relativa pelo Densímetro Digital Density and Relative Density of Liquids by Density Meter
ASTM D 4951	Determinação de Elementos de Aditivos em Óleos Lubrificantes por Espectrometria de Emissão de Plasma Determination of Additive Elements in Lubricating Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry.

2.3. Métodos ISO

MÉTODO	TÍTULO
ISO/CD 3679	Produtos de Petróleo - Determinação de ponto de fulgor - Equilíbrio de fases em vaso fechado Petroleum Products - Determination of flash point - Rapid equilibrium closed cup
ISO 2719	Determinação do ponto de fulgor - Método do vaso fechado Pensky-Martens Determination of flash point -- Pensky-Martens closed cup method
EN ISO 3104	Produtos de Petróleo - Líquidos opacos e transparentes - Determinação de viscosidade cinemática e cálculo de viscosidade dinâmica Petroleum Products - Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
ISO 3987	Produtos de Petróleo - Óleos Lubrificantes e Aditivos - Determinação de Cinzas Sulfatadas Petroleum Products - Lubricating oils and additives - Determination of sulfated ash
EN ISO 14596	Produtos de Petróleo - Determinação de Enxofre - Espectrometria de

	<p>Fluorescência de Raio X</p> <p>Petroleum Products - Determination of sulfur content - Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry</p>
EN ISO 2160	<p>Produtos de Petróleo - Corrosividade ao Cobre - Teste de Lâmina de Cobre</p> <p>Petroleum Products - Corrosiveness to copper - Copper strip test</p>
EN ISO 5165	<p>Óleo Diesel - Determinação de Qualidade de Ignição - Método Cetano</p> <p>Diesel fuels - Determination of ignition quality - Cetane method</p>
EN ISO 10370	<p>Produtos de Petróleo - Determinação de Resíduo de Carbono</p> <p>Petroleum Products - Determination of carbon residue (micro method)</p>
pr EN 14104	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação do Índice de Acidez</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of acid value</p>
Pr EM 14105	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação de Glicerina livre e mono-, di- e triglicerídeo - Método de Referência.</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of free glycerol and mono-, di- and triglyceride content -Reference Method</p>
pr EN 14106	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação de Glicerina Livre</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of free glycerol content</p>
pr EN 14110	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação de Metanol</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of methanol content</p>

pr EN 14111	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação do Número de Iodo</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of iodine value</p>
pr EN 14108	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação de Sódio por Espectrometria de Absorção Atômica</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of sodium content by atomic absorption spectrometry</p>
pr EN 14109	<p>Gorduras e derivados de óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação de Potássio por Espectrometria de Absorção Atômica</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of potassium content by atomic absorption spectrometry</p>
pr EN 14107	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Gorduras e Derivados de Óleo - Determinação de Fósforo por Espectrometria de Emissão de Plasma</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of phosphorous content by inductively coupled plasma (IPC) emission spectrometry</p>
pr EN 14112	<p>Gorduras e Derivados de Óleo - Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos - Determinação de Estabilidade à Oxidação</p> <p>Fat and oil derivatives - Fatty acid methyl esters (FAME) - Determination of oxidation stability (Accelerated oxidation test)</p>

ANEXO 3

QUESTIONÁRIO SÓCIO-ECONÔMICO – Projeto Biodiesel

- 1) Você sabe qual a diferença entre biodiesel e óleo vegetal?
 Sim Não
- 2) Você conhece ou já ouviu falar de alguma aplicação de biodiesel na sua cidade ou região?
 Sim Não
- 3) Você concordaria em utilizar BIODIESEL em seu veículo?
 Sim Não
- 4) Você sabe o que é o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB?
 Sim Não
- 5) Você conhece as consequências de uso “in natura” de óleo vegetal como combustível?
 Não existe nenhuma diferença em termos de uso
 Sim, pode prejudicar o motor Não tenho elementos para responder
- 6) Você sabe qual a diferença em relação ao uso de combustíveis fósseis (gasolina, diesel) e os biocombustíveis (biodiesel, álcool, etc.) para o meio ambiente?
 Sim Não
- 7) Você saberia dizer quais das oleaginosas abaixo são plantadas no Sudoeste do Paraná?
 dendê canola girassol algodão
 mamona Soja Nabo forrageiro milho
 Outra? Qual: _____
- 8) Você sabia que é possível obter-se biodiesel a partir de culturas de nabo forrageiro?
 Sim Não
- 9) Você saberia dizer se o uso de nabo forrageiro traz benefícios na agricultura quanto à reposição de nutrientes no solo?
 Sim Não
- 10) Você sabia que a produção de nabo forrageiro pode ser uma oportunidade para aumento de renda?
 Sim Não
- 11) Você sabe da existência do Pronaf-Biodiesel?
 Sim Não
- 12) Você sabia que o biodiesel pode ser produzido em pequenos grupos de agricultores?
 Sim Não
- 13) Você sabia que o óleo de nabo forrageiro pode ser extraído por prensagem a frio?
 Sim Não
- 14) Você tem noção dos equipamentos utilizados para produzir biodiesel?
 Sim Não
- 15) Você sabe o que são “commodities”?
 Sim Não
- 16) Você sabe o que é “Selo Combustível Social”
 Sim Não
- 17) Você sabe o que é Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL?
 Sim Não

LOCALIDADE:

DATA:

ANEXO 4

LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA Nº.255UTFPR/2011

Solicitante: Pedro Paulo Pereira
Coletor da Amostra: Pedro Paulo Pereira
Produto: Grão Nabo Forrageiro
Identificação da amostra: Grão Nabo Forrageiro
Data da coleta: 13/05/11
Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/05/11
Cidade/Estado: Pato Branco – PR
Nº. de registro: 255/2011

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Análise	Resultado
Umidade 105°C/1:00	8,90%
Cinzas	4,96%
Lipídios	25,45%
Proteína Bruta	26,57%

Metodologia Utilizada: LANARA, 1981, 1ª edição.

Em, 22/05/2011

Prof. M.Sc. Simone Beux

CRQ 09200998 IX Região

Responsável Técnico

*Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956
Credenciado sob Nº. 001/2000 no Departamento de Fiscalização – DEFIS – SIP/POA/SEAB*

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA Nº.256UTFPR/2011

Solicitante Pedro Paulo Pereira
Coletor da Amostra: Pedro Paulo Pereira
Produto: Óleo Nabo Forrageiro
Identificação da amostra Óleo Nabo Forrageiro
Data da coleta: 13/05/11
Data do recebimento da amostra no laboratório: 13/05/11
Cidade/Estado Pato Branco – PR
Nº. de registro: 256/2011

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Análise	Resultado
Umidade 105°C/1:00	0,1%
Saponificação	205,79
Acidez	6,49

Metodologia Utilizada: Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4ª Edição - 2005

Em, 22/05/2011

Prof. M.Sc. Simone Beux
CRQ 09200998 IX Região
Responsável Técnico

*Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956
Credenciado sob Nº. 001/2000 no Departamento de Fiscalização – DEFIS – SIP/POA/SEAB*

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO 5

Resultados dos experimentos realizados com óleo de nabo forrageiro cedido pela empresa Silofétil – Pato Branco – PR.

EXPERIMENTO	m 1(g)	m 2(g)	m r(g)	m c (g)	m b (g)	Rendimento
1A	100,788	1,422	99,366	2,051	61,994	62,39
1B	100,566	0,319	100,247	2,014	58,625	58,48
2A	101,339	0,182	101,157	2,020	55,029	54,40
2B	100,415	0,197	100,218	2,578	54,499	54,38
3A	101,298	1,287	100,011	1,007	70,041	70,03
3B	102,539	2,194	100,345	1,013	68,923	68,69
4A	100,385	0,765	99,620	1,009	71,571	71,84
4B	100,663	0,309	100,354	1,015	82,529	82,24
5A	100,385	1,243	99,142	2,172	72,267	72,89
5B	101,677	0,956	100,721	2,021	74,977	74,44
6A	100,835	0,447	100,388	2,021	80,323	80,01
6B	100,792	0,430	100,362	2,027	73,658	73,39
7A	100,393	0,915	99,478	1,005	71,624	72,00
7B	100,154	0,012	100,142	1,013	72,155	72,05
8A	100,375	0,601	99,774	1,026	69,841	70,00
8B	101,72	0,370	101,350	1,018	70,975	70,03

Onde:

m1 – massa de óleo na proveta

m2 – massa de óleo que restou na proveta

mr – massa de óleo utilizada na reação

mc – massa de catalisador

mb – massa de biodiesel obtida na reação.

Condições dos experimentos:

1- 2,0g de NaOH, 15 min.

2- 2,0g de NaOH, 30 min.

3- 1,0g de NaOH, 15 min.

4- 1,0g de NaOH, 30 min.

5- 2,0g de KOH, 15 min.

6- 2,0g de KOH, 30 min.

7- 1,0g de KOH, 30 min.

8- 1,0g de KOH, 30 min.

ANEXO 6

TECPAR

CENTRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS RELATÓRIO DE ENSAIO – 11009901

CLIENTE: MARCIO BARRETO RODRIGUES

ENDEREÇO: Via do Conhecimento km 01 – Paço Branco / PR.

PERÍODO DE ENSAIO: 08 a 10/08/2011.

Os resultados são restritos ao material coletado pelos técnicos do TECPAR. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro.

1. **MATERIAL:** Acondicionado em vidro, contendo 250 mL. Identificado pelo cliente como: Biodiesel de nabo forrageiro 6A.
2. **SERVIÇOS REALIZADOS:**
Ensaio físico-químicos em Biodiesel.
3. **MÉTODOS UTILIZADOS:**
 - 3.1. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR – Sistema da Qualidade, Instrução de Ensaio – IE DBIO 016 Rev.: C - Referência NBR 7.974:2007.
 - 3.2. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR – Sistema da Qualidade, Instrução de Ensaio – IE DBIO 002 Rev.: C - Referência ASTM D 6.304:2007.
 - 3.3. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR – Sistema da Qualidade, Instrução de Ensaio – IE DBIO 007 Rev.: D - Referência EN 14.103:2003.
 - 3.4. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR – Sistema da Qualidade, Instrução de Ensaio – IE DBIO 025 Rev.: B - Referência NBR 10.441:2007.
 - 3.5 a 3.9. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR – Sistema da Qualidade, Instrução de Ensaio – IE DBIO 030 Rev.: A - Referência ASTM D 6.584:2008.
4. **PADRÕES UTILIZADOS:**
Metil Heptadecanoato – Lote: BCBB5551 – Val.: 01/2013
Butanotriol – Lote: CG 2179 – Val.: 07/2012
Tricaprina – Lote: LB75262 – Val.: 10/2011

5. RESULTADOS:

	Ensaio	Resultados	ESPECIFICAÇÃO RESOLUÇÃO ANP N° 4
3.1.	Ponto de Fulgor Vaso Fechado – TAG – Corrigido – Procedimento A. (Obs. 6.1)	30,0 °C	100,0 (mín.)
3.2.	Teor de Água – Karl Fischer	2951 mg/kg	500 (máx.)
3.3.	Teor de Éster	87,7% massa	96,5 (mín.)
3.4.	Viscosidade Cinemática a 40 °C	4,766 mm ² /s	3,0 - 6,0
3.5.	Glicerina Livre	0,512% massa	0,02 (máx.)
3.6.	Monoglicerídeo	2,856 % massa	Anotar
3.7.	Diglicerídeos	0,118 % massa	Anotar
3.8.	Triglicerídeos	0,000 % massa	Anotar
3.9.	Glicerina Total	1,270 % massa	0,25 (máx.)

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANÁ

Rua Professor Algacyr Munhoz Mader, 3775 - CIC - 81350-010 - Curitiba - Paraná - Brasil

Fone: 55 41 3316.3000 Fax: 55 41 3245.0844 - Site: www.tecpar.br - E-mail: tecpar@tecpar.br

Página 1 de 2

TECPAR

CENTRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS RELATÓRIO DE ENSAIO – 11009901

6. OBSERVAÇÕES:

6.1. O material apresentou ponto de fulgor abaixo da faixa de temperatura em que o aparelho de vaso fechado Pensky-Martens opera e, desta forma, o ensaio foi realizado pelo aparelho TAG.

6.2. Os resultados expressam a média de duas determinações por ensaio.

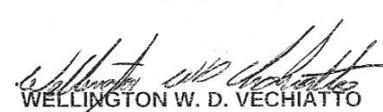
6.3. Laboratório cadastrado junto a ANP nº 023 em 11/11/09, D.O.U. 12/11/09 conforme Resolução ANP nº 31 de 21/10/08 para ensaios em biodiesel pela Resolução ANP nº 4, de 02/02/2010.

Curitiba, 11 de agosto de 2011.



GIULIANO FERNANDES ZAGONEL

Técnico responsável
Químico – CRQ 09100625
mm/storages/cerbio/relatorioselavdos2011/11009901.doc



WELLINGTON W. D. VECHIATTO

Respondendo pela gerência do Centro de Energias
Renováveis
Químico Industrial - CRQ.09201154

*** Fim ***

<http://www.tecpar.br/cerbio>

ANEXO 7



Ref: Orçamento SFB nº 2879 /2011
Pato Branco 24 de outubro de 2011

A/C: SR. PAULO
e-mail: pereirapp@yahoo.com.br

UNIDADE DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL

QT	REF	DESCRIÇÃO
01	PS-50	<p align="center">SISTEMA INTEGRADO COMPACTPRESS→</p> <p>Desativadora Desintegradora Contínua de Grãos, equipamentos construídos em aços especiais, acionado por motores elétricos trifásicos totais de 10 cv. Transmissão por polias e correias. Neste equipamento está incluso sistema de dosagem de grãos controlado eletronicamente com moto-redutor de 0,5 cv, Torre de resfriamento da massa desativada e alimentador para a prensa extratora acionada com moto-redutor de 0,75 cv.</p> <p>Prensa Extratora de Óleo equipamento construído em aços especiais, acionado por motores elétricos trifásico de 5,0 cv. Transmissão por redutor, polias e correias, decantador intermediário de óleo extraído. Com redler de retorno dos sólidos adjuntos ao óleo com motor de 0,5 cv.</p> <p>Acompanha a Prensa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caixa pulmão fundo cônico 45º, capacidade 1m3 - Sistema de resfriamento e transporte do farelo - Rosca tubular com 1,5 m <p>Tanque de Decante para Óleo Vegetal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - capacidade 2000 litros com fundo cônico - bomba centrífuga 1,0 cv
		Valor montado.....R\$ 88.000,00

Capacidade extrativa conforme tabela

Matéria-prima	Produção kg/h	% óleo extraído
Soja	85	14,5
Girassol	60	34,0 – 43,0
Algodão	75	14,0
Nabo forrageiro	85	25,0 – 30,0

1-CONJUNTO PARA TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEOS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL COM CAPACIDADE 300 LITROS

QT	REF.	DESCRIÇÃO
01	RT	Reator de Transesterificação elevado, cilíndrico com fundo cônico apoiado sobre pés metálicos construído em chapas de aço carbono anticorrosiva dimensionado para suportar vácuo e pressão, com capacidade de 150 litros de óleo vegetal, com isolamento térmico, e turbo agitador com motor trifásico 1,5 cv. Aquecido por intermédio de fluxo de óleo térmico de alto rendimento.
01	CD	Coluna Condensadora, com capacidade de condensação de 1,0 l/min de álcool e reservatório com capacidade estática para 50 litros, construído em aço inoxidável ASTM 304L.Trocador de calor (condensador), construído em aço inoxidável ASTM 304 e cobre.
01	MT	Misturador metóxico construído em chapa de aço inoxidável ASTM 304L fixado sobre pés metálicos c/capacidade p/ 30 litros com agitador e motor trifásico de 8pólos 2 cv.
01	TAA	Tanque misturador de água para degomagem e lavagem do biodiesel, construído em chapas de aço inoxidável capacidade para 200 litros, com agitador e serpentinas para aquecimento.
01	TG	Depósito para drenagem de Glicerina construído em chapas de aço Carbono anticorrosiva com capacidade para 25 Kg de produto.
01	AOT	Aquecedor para Fluido Térmico, constituído de queimador combustível, bomba hidráulica 0,25 cv, bomba centrífuga de óleo térmico, resistência elétrica para aquecimento do tanque de circulação do óleo térmico.
01	TP	Tanque pulmão capacidade 2,0 m3 de óleo vegetal, elevado cilíndrico com fundo cônico apoiado sobre pés metálicos construído em chapas de aço carbono anticorrosiva.
01	TS	Tanque Secador de Biodiesel com capacidade de secagem contínua de 10 litros

		por hora.
01	TDG	Tanque de depósito capacidade de 1.0m ³ para armazenar glicerina, elevado, cilíndrico com fundo cônico apoiado sobre pés metálicos construído em chapas de aço carbono anticorrosiva, com serpentina para aquecimento com bomba de recalque para fazer a descarga.
01	CP	Compressor 15 pés
01	-	Conjunto de Interligação fabricados em tubos de aço inoxidável ASTM 304L e aço carbono com revestimento galvânico, para interligar todos os fluxos.
01	-	Bombas e motores
01	MV	Medidor eletrônico ½ para abastecimento do reator com óleo e álcool.
Valor montado.....R\$ 92.000,00		

Valor total do orçamento.....R\$ 180.000,00

CAPACIDADE DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Matéria-prima	Batelada (litros)	Batelada/dia
Soja	150	01
Girassol	150	01
Algodão	150	01

CONDIÇÕES GERAIS DE FORNECIMENTO

- 1) Pagamento : A Vista e ou a combinar
- 2) Prazo de Entrega: A combinar.
- 3) Montagem: Por conta da *SILOFÉRTIL*
- 4) Por conta do Cliente:
 - - Frete dos equipamentos
 - - Ligações elétricas dos motores e fornecimento de rede de alta/baixa tensão
 - - O diferencial de alíquota de ICMS entre Estados se houver.
 - - Quadro de comando e partida dos motores acima citados.
- 5) Toda sobra de material após a conclusão da montagem retornará a SILOFÉRTIL, sem gerar ônus ao cliente.
- 6) Validade: Para fechamento da proposta há necessidade de confirmação com a SILOFÉRTIL
- 7) Nos preços estão incluídos os Impostos e contribuições em vigor de acordo com legislação vigente. As eventuais alterações de alíquotas e ou a criação de impostos e taxas que vierem a vigorar, correrão por conta do Cliente.
- 8) OUTROS: O Presente orçamento inclui somente o especificado, excluindo quadro de comando e ligações elétricas até o mesmo, rede de alta e baixa tensão, obras civis e outras obras complementares por conta do CLIENTE

Atenciosamente

Luiz Alberto Müller