UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA
EP-FEA-IEE-IF

ARIEL AUGUSTO AMAYA ÁVILA

**ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES E BARREIRAS REFERENTES AO
DESENVOLVIMENTO E À IMPLEMENTAÇÃO DO BIODIESEL A
PARTIR DE ÓLEO DE PALMA NA COLÔMBIA.**

SÃO PAULO

2009

ARIEL AUGUSTO AMAYA ÁVILA

**ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES E BARREIRAS REFERENTES AO
DESENVOLVIMENTO E À IMPLEMENTAÇÃO DO BIODIESEL A PARTIR DE
ÓLEO DE PALMA NA COLÔMBIA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração), para obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientação: Profa. Dra. Suani Teixeira Coelho
Co-orientador: MSc. Orlando Cristiano da Silva

São Paulo

2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Amaya Ávila, Ariel Augusto.

Análise das potencialidades e barreiras referentes ao desenvolvimento e á implementação do biodiesel a partir de óleo de palma na Colômbia / Ariel Augusto Amaya Avila; orientadora Suani Teixeira Coelho e Orlando Cristiano da Silva.– São Paulo, 2009.

165 f.: il.; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo.

1.Biodiesel – Colômbia 2.Biodiesel – aspectos políticos – socioeconômicos 3.Biocombustíveis I.Título.

AGRADECIMENTOS

Hoje, vendo este trabalho de pesquisa quase concluído, sinto a importância da participação das pessoas, sem as quais seria impossível realizá-lo.

A minha família por ter me apoiado e por compreender a minha ausência em momentos fundamentais das nossas vidas.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Suani Teixeira Coelho, pela sua disponibilidade, apoio e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

A meu Co-orientador e amigo MSc. Orlando Cristiano da Silva, pelo seu conselho, apoio e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

A CNPq e o PEC-PG por seu apoio econômico durante este período, sem o qual não teria conseguido culminar.

A todos os professores do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico.

Aos meus caros amigos Alexandre, Marcelo e Carlos que com seu ótimo senso e conhecimento ajudaram a resolver minhas dúvidas e a seguir em frente até o final.

DEDICATÓRIA

Hoje, vendo este trabalho de pesquisa quase concluído, sinto a importância da participação das pessoas, sem as quais seria impossível realizá-lo.

A minha família por ter me apoiado e por compreender a minha ausência em momentos fundamentais das nossas vidas.

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Suani Teixeira Coelho, pela sua disponibilidade, apoio e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

A meu Co-orientador e amigo MSc. Orlando Cristiano da Silva, pelo seu conselho, apoio e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

A CNPq e o PEC-PG por seu apoio econômico durante este período, sem o qual não teria conseguido culminar.

A todos os professores do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia que contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico.

Aos meus caros amigos Alexandre, Marcelo e Carlos que com seu ótimo senso e conhecimento ajudaram a resolver minhas dúvidas e a seguir em frente até o final.

RESUMO

AMAYA, Avila A.A. Análise das potencialidades e barreiras referentes ao desenvolvimento e à implementação do biodiesel a partir de óleo de palma na Colômbia. 2009, 165 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

A Colômbia, a partir de 2003, prevendo um déficit na sua produção de combustíveis e tentando reativar a economia rural, iniciou seu programa nacional de biocombustíveis apoiado em políticas, regulamentos e incentivos econômicos para o novo setor energético. É assim que esta dissertação tem como objetivo descrever e analisar o processo de implementação do programa de biodiesel na Colômbia a partir de óleo de palma, determinando a capacidade produtiva do país e discutindo as barreiras existentes para o seu desenvolvimento. Para isto são descritos aspectos relacionados à produção de biodiesel na Colômbia como: a fase agrícola e industrial, a produção de biodiesel, o setor de combustíveis na Colômbia, a legislação criada para o biodiesel, assim como os mecanismos econômicos para sua continuidade. A partir dessas informações foram construídos três cenários possíveis até 2020, nos quais são analisados os objetivos do programa e o potencial de produção. Conclui-se que o biodiesel de óleo de palma oferecerá benefícios econômicos, sociais e ambientais caso o governo oriente esforços e recursos às populações pobres e à agricultura familiar. Adicionalmente, a Colômbia tem potencial para substituir a totalidade do diesel consumido no país e ter excedentes de dois milhões de litros de biodiesel para exportação.

Palavras-chave: Biodiesel, Palma, Colômbia, Biocombustíveis

ABSTRACT

AMAYA, Avila A.A. Analysis of potentials and barriers for the development and implementation of biodiesel from palm oil in Colombia. 2009, 165 p. Master Thesis. Post-Graduation Program in Energy. University of São Paulo.

Since 2003, Colombia, predicting a deficit in fuel production and trying to revive the rural economy, begins its national biofuels program based on policies, regulations and economic incentives for the new energy sector. This dissertation aims to describe and to analyze the process of implementing the biodiesel program from palm oil in Colombia, determining the country's productive capacity and discussing the barriers to its development. Therefore describes the different areas related to the biodiesel production in Colombia as agricultural and industrial stage; biodiesel production; the Colombian fuel sector; legislation developed for biodiesel; as well as economic mechanisms for continuity. From this information were built three possible scenarios until 2020, which analyze the program's objectives and production potential. It is concluded that biodiesel from palm oil offers economic, social and environmental benefits if the focus would be in poor population and small farms. In addition, Colombia has the potential to replace all diesel consumed in the country and have over two million liters of biodiesel for export.

Keywords: Biodiesel, Palm, Colombia, Biofuels.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projeção do consumo mundial de Energia 2003-2030 ($1 \cdot 10^{10}$ GJ).....	10
Tabela 2 - Produção mundial de Biodiesel 2007 - 2008	15
Tabela 3 - Rede de Vias terrestres da Colômbia (distancia em km).....	34
Tabela 4 - Comparação entre as rotas metílica e etílica.....	44
Tabela 5 - Características físicas do Diesel Extra comercializado na Colômbia.	47
Tabela 6 - Características físicas do Diesel Comum comercializado na Colômbia.	47
Tabela 7 - Contribuição dos principais gases ao efeito estufa.....	48
Tabela 8 - Composição química do óleo de palma.	58
Tabela 9 - Composição e produtos extraídos dos cachos frescos de fruto de palma.....	59
Tabela 10 - Rendimento da palma em função da idade.	59
Tabela 11 - Área com aptidão para cultivo de palma na Colômbia (hectares).....	62
Tabela 12 - Quantidade de adubo substituída por tonelada de cacho vazio.....	67
Tabela 13 - Produção de subprodutos da palma.	68
Tabela 14 - Distribuição e superfície das áreas plantadas com cultura da palma em 2008.	73
Tabela 15 - Distribuição das usinas extratoras de óleo por região e por departamento (2007).	75
Tabela 16 - Área potencial para de palma e empregos gerados para diferentes expansões.	79
Tabela 17 - Evolução comercial do mercado da cultura da palma na Colômbia.	85
Tabela 18 - Custos médios de produção por regiões no ano 2006 (US\$/t de óleo).....	86
Tabela 19 - Projetos para produção de Biodiesel na Colômbia 2008.....	96
Tabela 20 - Projeções da expansão da palma no cenário conservador.	113
Tabela 21 - Projeções da expansão da palma no cenário do governo.....	114
Tabela 22 - Projeções da expansão da palma no cenário máximo.	114
Tabela 23 - Produção de óleo para os três cenários com 100% da área em produção.....	115
Tabela 24 - Usinas necessárias para transformação do óleo de palma segundo o cenário. ...	119
Tabela 25 - Energia necessária na transformação do biodiesel de palma segundo o cenário.122	
Tabela 26 - Balanço de emissões totais do diesel e do Biodiesel.	129
Tabela 27 - Redução bruta das emissões de GEE pela substituição do biodiesel.	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de energia primária convencional no mundo por fonte, 1970 – 2005.....	9
Figura 2 - Reservas de petróleo mundiais por região	11
Figura 3 - Histórico do preço de petróleo em dólares 1861 – 2007.....	12
Figura 4 - Relação das reserva/produção de petróleo e gás natural durante o ano 2005.	13
Figura 5 - Mapa político da Colômbia.	17
Figura 6 - Distribuição dos sistemas produtivos agropecuários na Colômbia.	19
Figura 7 - Distribuição dos sistemas produtivos agrícolas na Colômbia.	19
Figura 8 - Distribuição da área destinada à cultura da palma frente à área agrícola em 2007.	21
Figura 9 - Distribuição porcentual da produção de energia primária na Colômbia 1975 - 2006.	22
Figura 10 - Participação por fonte de energia no setor de transportes da Colômbia 2000- 2008.	24
Figura 11 - Consumo de energia por classe de transporte na Colômbia 2006.	25
Figura 12 - Histórico dos preços da gasolina e o diesel na Colômbia 1999 - 2009.....	26
Figura 13 - Histórico do consumo da gasolina e o diesel na Colômbia 1979 - 2009.	30
Figura 14 - Infra-estrutura petroleira da Colômbia.....	33
Figura 15 - Equação da obtenção de biodiesel através da transesterificação.....	41
Figura 16 - Processo para a obtenção de biodiesel através da transesterificação.....	42
Figura 17 - Fontes e processos produtivos dos óleos e gorduras.....	43
Figura 18 - Balanço energético dos combustíveis líquidos.....	50
Figura 19 - Óleo cru de palma e palmiste.	55
Figura 20 - Morfologia do fruto de palma.....	58
Figura 21 - Fases, produtos e subprodutos da cadeia do óleo de palma.	62
Figura 22 - Óleo de palma, óleo de palmiste e tortas.....	65
Figura 23 - Fluxograma do processo de extração de óleo de palma.	70
Figura 24 - Incremento da área cultivada por região entre o ano de 2001 e o ano de 2006.....	73
Figura 25 - Distribuição das regiões produtivas na Colômbia 2008.....	74
Figura 26 - Distribuição das usinas extratoras da Colômbia e capacidade de extração em 2007.	76
Figura 27 - Tópicos desenvolvidos pela Mesa Nacional de Bicomcombustíveis.	92
Figura 28 - Distribuição das usinas autorizadas para fazer a mistura e sua data de entrada....	99
Figura 29 - Estrutura do custo da mistura B5 na Colômbia (Resolução N° 180134/09).	108
Figura 30 - Preço do Biodiesel a partir da Resolução N° 180134/09.	110
Figura 31 - Requerimentos da área e óleo para abastecer as misturas internas.....	111
Figura 32 - Perspectivas da produção de óleo de palma e da infra-estrutura requerida.	116
Figura 33 - Perspectivas da produção de biodiesel da infra-estrutura requerida.....	118
Figura 34 - Balanço energético do processo de produção de biodiesel.	121
Figura 35 - Geração de energia elétrica a partir dos resíduos da extração do óleo de palma.	123
Figura 36 - Densidade populacional nas áreas rurais.....	125
Figura 37 - Taxa neta de migrantes a causa da violência.....	126
Figura 38 - Empregos gerados para cada cenário.	127
Figura 39 - Redução líquida de emissões de CO _{2eq} pela substituição do diesel por biodiesel.	131

LISTA DE SIGLAS

Acepalma	Comercializadora Internacional de Óleo de Palma
ACPM	Óleo combustível para motor
ACV	Análise de ciclo de vida
AIS	Renda Agrícola Assegurada
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
B100	Biodiesel puro 100%
B20	Mistura de 20% de biodiesel e 80 % de diesel
B5	Mistura de 5% de biodiesel e 100 % de diesel
BP	<i>British Petroleum</i>
bpd	Barris de petróleo por dia
CENIPALMA	Centro de pesquisa em palma
Ceq	Carbono equivalente
CFC	Clorofluorcarboneto
CH4	Metano
CO2eq	Dióxido de carbono equivalente
CONPES	Conselho Nacional de Política Econômica e Social
CORPODIB	Corporação para o Desenvolvimento Industrial de Biotecnologia e Produção Limpa
CORPOICA	Corporação Colombiana de Pesquisa Agropecuária
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planejamento
ECOPETROL	Empresa Colombiana de Petróleos
EE	Efeito de estufa
EIA	Administração de Informação de Energia do departamento de energia dos Estados Unidos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENA	Pesquisa Nacional Agropecuária
FAG	Fundo Agropecuário de Garantias
FAO	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEDEBIOCOMBUSTIBLES	Federação Nacional de Bicomcombustíveis
FEDEPALMA	Federação Nacional de Produtores de Palma
FINAGRO	Fundo de Financiamento do Setor Agrícola
GEE	Gás de efeito estufa
GJ	Giga Joule
GWh	Giga Watt por hora
ha	Hectare
IAT	Incentivo à Assistência Técnica
ICR	Incentivo à Capitalização Rural
IDH	Índice de desenvolvimento humano
IEA	Agência Internacional da Energia
IGAC	Instituto geográfico Agustín Codazzi
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
ISO	Organização Internacional para Padronização
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado ou Agregado
MADR	Ministério Agricultura e Desenvolvimento Rural
MDL	Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
MINMINAS	Ministério de Minas e Energia

MINTRANSPORTE	Ministério de Transportes da Colômbia
N ₂ O	Óxido nitroso
NAE	Núcleo de assuntos estratégicos da presidência da república
NBB	Conselho Nacional de Biodiesel
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
O ₃	Ozônio
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OHSAS	Série de Avaliação de Saúde e Segurança Ocupacional
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PIB	Produto interno bruto
PM	Material particulado
ppm	Partes por milhão
Proálcool	Programa Nacional do Álcool
Proóleo	Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
PROPALMA	Promotora de projetos agroindustriais em palma
RSPO	<i>Roundtable on Sustainable Palm Oil</i>
SIPG	Sistema de Informação de Petróleo e Gás Colombiano
t _{FFB}	Tonelada de cachos de fruto fresco
TLC	Tratado de Livre Comércio
UNDP	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UPA	Unidade produtiva agrícola
UPME	Unidade de Planejamento do Minério e Energia da Colômbia
WEC	Conselho Mundial de Energia

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Geral.....	3
1.1.2	Específicos.....	3
1.2.	Justificativa	3
1.3.	Metodologia	5
2.	PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA	8
3	PANORAMA ENERGÉTICO DA COLÔMBIA.....	16
3.1	Dados gerais do país.	16
3.1.1	Disponibilidade e uso do solo.....	18
3.2	Descrição da matriz energética nacional	21
3.2.1	Caracterização energética do setor de transportes.	23
3.2.2	Aumento do consumo do diesel na Colômbia.	25
3.3	Caracterização da infra-estrutura do setor dos combustíveis.....	31
3.3.1	Infra-estrutura viária para distribuição dos combustíveis.	34
3.4	Atores do mercado nacional dos combustíveis.	36
4	O BIODIESEL	39
4.1	Aspectos históricos.	39
4.2	Técnicas de produção.	40
4.3	Matéria-prima.....	42
4.3.1	Ácidos graxos	42
4.3.2	Metanol e Etanol.....	44
4.3.3	Catalisadores.....	45
4.4	Impacto Ambiental.	46
4.5	Uso em motores de ciclo diesel.....	52
5	A CULTURA DA PALMA COM FINS ENERGÉTICOS.....	54
5.1	Aspectos gerais.....	54
5.1.1	Botânica da palma.....	54
5.1.2	Sustentabilidade ambiental.....	60
5.1.3	Sistema produtivo do óleo de palma.....	62
5.1.4	Aplicações comerciais do óleo de palma e subprodutos.....	70
5.2.	A palma no contexto nacional.....	71
5.2.1	Histórico	71
5.2.2	Estado da arte da cultura da palma	73
5.2.3	Situação social e geração de emprego.....	77
5.2.4.	Impactos da cultura da palma	80
5.2.5	Desenvolvimento do mercado do óleo de palma a partir de 2005.....	83
5.2.6	Custos da produção do óleo de palma.....	86
6.	PROGRAMA DE BIODIESEL DA COLÔMBIA.....	89
6.1	Marco legal do Programa de Biodiesel.....	93
6.2	Estado da arte do programa.....	95
6.3	Mecanismos econômicos implementados.....	100
6.3.1	Programa Renda Agrícola Assegurada (AIS).	101
6.3.2	Fundo Agropecuário de Garantias (FAG).....	105
6.3.3	Isonções fiscais e tributárias do programa	106
6.3.4	Estrutura de preços do biodiesel.....	106
6.4	Perspectivas do Programa Nacional de Biodiesel Colombiano	110

6.4.1	Cenários da expansão da cultura da palma.....	112
6.4.2	Perspectivas da produção de óleo de palma e da infra-estrutura requerida. ..	115
6.4.3	Perspectivas da produção de biodiesel e infra-estrutura requerida.....	117
6.4.4	Perspectivas da produção de bioeletricidade.....	119
6.4.5	Perspectivas da geração de emprego.....	124
6.4.6	Perspectivas do impacto nas emissões de poluentes.....	128
7.	ESTRATÉGIAS PROPOSTAS.....	133
	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	138
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o contínuo aumento do preço do petróleo e a dependência mundial dos combustíveis fósseis têm propiciado a procura de fontes renováveis de energia para complementar as necessidades desse recurso, estimulando a utilização de biocombustíveis eficientes, como o biodiesel de palma, sendo uma opção que oferece muitas possibilidades para os países tropicais ricos em recursos naturais (RAMIREZ, 2008). Diante das crescentes dificuldades para garantir o abastecimento de petróleo e seus derivados e a constante flutuação dos preços, do mesmo modo que a adoção dos programas de biocombustíveis fortemente subsidiados nos países desenvolvidos, surgem oportunidades, assim como desafios e riscos para os países como a Colômbia que possuem disponibilidade agrícola para produção de biocombustíveis

Segundo Pistonesi (2008), o desenvolvimento da produção de biocombustíveis deve estar baseado em políticas nacionais estruturadas, obtendo como resultado simultâneo o crescimento econômico, a proteção do patrimônio natural e a equidade social. Essas políticas devem ser desenvolvidas e adaptadas ao meio particular de cada país, procurando aperfeiçoar os benefícios tanto próprios quanto globais. No caso da Colômbia, todos os esforços foram destinados a produção de biodiesel de palma, devido a suas características produtivas e a importância no âmbito nacional.

A expansão e o crescimento atual do mercado do biodiesel no mundo são o resultado da aplicação de novas políticas energéticas e ambientais, as quais estão reconfigurando o papel da agricultura nas economias dos países fornecedores da matéria-prima e do biodiesel. A agricultura toma um novo enfoque, como provedor de matéria-prima para a produção da nova alternativa de combustível líquido para o transporte, já que o biodiesel constitui uma nova fonte de demanda de produtos agrícolas, abrindo perspectivas de geração de renda, ativação da economia rural e criação de novos empregos. Baseado nesse panorama, a partir do ano 2003, a Colômbia iniciou seu Programa Nacional de Biocombustíveis.

O interesse no biodiesel está baseado em princípios de segurança energética, econômicos e ambientais. Esses contribuíram para o processo de substituição de algumas importações de derivados de petróleo por produto nacional e a diversificação das fontes atuais. Eles também podem ajudar a reduzir as emissões dos gases que causam o efeito de estufa (EE), dependendo da forma como são produzidos, e contribuir para o desenvolvimento rural. Os aumentos do preço do petróleo tornaram o biodiesel de palma mais competitivo frente ao combustível convencional derivado de petróleo, mas ainda são necessárias reduções

dos custos de produção para competir eficazmente sem necessidade de subsídio (IEA, 2006). A Colômbia criou programas de subsídio ao setor agrícola, focados principalmente na produção agrícola como o Renda Agrícola Assegurada (AIS), com recursos que superam os 64 milhões de reais por ano.

Segundo Goldemberg (2005), o mundo da energia está dominado pelos combustíveis fósseis, e nesse mercado as pequenas mudanças podem ter uma grande influência sobre os esforços para alcançar a sustentabilidade. Por isso, as fontes renováveis de energia como o biodiesel de palma são fundamentais para alcançar esse objetivo. Os problemas ambientais a nível local, regional e global, bem como a dependência externa e de segurança do abastecimento, irão continuar se se acreditar em um futuro energético baseado em combustíveis fósseis. A solução mais lógica é a prorrogação da vida das reservas de combustíveis fósseis a partir de mudanças nos hábitos de consumo e a expansão da cota de fontes renováveis de energia no mundo.

O Brasil é um exemplo claro de esforço, persistência e sucesso no âmbito dos biocombustíveis, sendo um dos principais produtores no mundo. Aproximadamente 85% da produção mundial de biocombustíveis líquidos está representada pelo etanol e só 15% pelo biodiesel. A produção mundial de etanol está sustentada principalmente em 2 países que são responsáveis por 90% do total, o primeiro é o Brasil que produz seu etanol de maneira sustentável a partir de cana-de-açúcar com um balanço energético entre 8 até 10 e os Estados Unidos a partir de milho fortemente subsidiado e com balanço energético de 1 até 2. No caso da produção de biodiesel é realizada principalmente nos países da União Européia e nos Estados Unidos, a partir de políticas protecionistas e fortes mecanismos de subsídio (FAO, 2008).

As políticas governamentais para o biodiesel devem atender, dentro de seus objetivos além da etapa produtiva (Agronegócio), a função social e ambiental a partir do aumento da cobertura energética da população e a proteção do patrimônio natural. Contudo, cada país é responsável por definir seus planos de desenvolvimento econômico para esse setor, visando resolver os seus problemas particulares e aproveitando a oportunidade criada pelo crescimento da demanda dos países desenvolvidos, atendendo à reativação da economia rural e a sustentabilidade desses sistemas agrícolas em diferentes escalas.

Como resultado desta pesquisa se determinou que na Colômbia existem mais de três milhões de hectares propícios para produção de palma, com capacidade para produzir 6.500 milhões de litros de biodiesel e gerar aproximadamente 8.177 GWh de excedentes de energia elétrica. Todavia podem ser gerados milhares de empregos e reduzir as emissões de poluentes

no meio ambiente. Assim, para a Colômbia o biodiesel de palma se apresenta como uma grande oportunidade para reativar sua agricultura, fortalecer sua economia, recuperar a segurança e a confiabilidade nos agronegócios e no campo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Esta dissertação tem como objetivo geral descrever e analisar o processo de implementação do programa de biodiesel da Colômbia a partir de óleo de palma, determinando a capacidade produtiva do país e discutindo as barreiras existentes para o seu desenvolvimento.

1.1.2 Específicos

Como objetivos específicos pretende-se:

- Descrever e analisar as políticas introduzidas pelo governo colombiano para incentivar a produção de biodiesel em toda a sua cadeia produtiva;
- Analisar os aspectos econômicos, sociais, políticos e ambientais da produção de biodiesel na Colômbia a partir de óleo de palma;
- Determinar a capacidade de produção de óleo de palma e biodiesel a partir da infra-estrutura existente no país e a necessidade futura de acordo com as metas propostas pelo governo.
- Propor estratégias para eliminação das barreiras existentes.

1.2. Justificativa

A Colômbia iniciou as pesquisas de viabilidade para a substituição parcial dos combustíveis fósseis no ano de 1999. Posteriormente, em 2004, foi criada a primeira política que respaldou o Programa Nacional de Biocombustíveis, a qual se baseou em quatro princípios.

O primeiro princípio foi ambiental e de saúde pública, já que o diesel comercializado para consumo interno procede de óleo pesado contendo enxofre, e na queima desse combustível se formam grandes quantidades de materiais particulados, os quais são

altamente poluentes. Ainda, o biodiesel diminui os efeitos decorrentes dos gases de efeito estufa, por ser um combustível renovável. Segundo Ramirez (2008), a produção de biocombustíveis tem o potencial de diminuir as emissões dos gases de efeito estufa ao substituir parte do combustível fóssil por biocombustível, apresentando uma oportunidade comercial adicional para os países produtores, já que essas podem ser vendidas por meio dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), especificados no protocolo de Kyoto.

O segundo princípio foi independência energética. Devido ao menor preço do diesel em relação à gasolina na Colômbia, gerou-se um aumento considerável no parque automotor que utiliza diesel, superando o consumo de gasolina, já que o uso de veículos movimentados com diesel se expandiu para sistemas de transporte urbano e particular. Essa demanda excedeu a capacidade de produção nacional, obrigando ao Estado no ano de 2004 a importar diesel para suprir a demanda interna. Isso criou dependência do petróleo internacional, comprometendo assim a segurança e a independência energética da Colômbia. A energia renovável é um ingrediente fundamental para o desenvolvimento sustentável. Essas fontes podem fornecer a energia necessária para períodos de tempo indeterminado poluindo globalmente muito menos do que combustíveis fósseis ou nucleares (GOLDEMBERG; COELHO, 2004).

O terceiro foi a possibilidade do desenvolvimento da economia rural, uma vez que na atualidade as principais matérias-primas do biodiesel são obtidas de cultivos energéticos de oleaginosas como a palma. Tendo o mercado, a demanda, as condições agrícolas e ambientais ótimas para o desenvolvimento dessa cultura, apresenta-se à Colômbia uma oportunidade única para impulsionar e desenvolver suas áreas rurais gerando emprego, renda e estabilidade social para essas populações, melhorando suas condições sociais. A energia renovável é fundamental para reduzir a pobreza e permitir o desenvolvimento sustentável. Entretanto, o conceito de energia renovável deve ser cuidadosamente estabelecido, em especial no caso da biomassa (GOLDEMBERG; COELHO, 2004).

Como último princípio está a aptidão agrícola. A Colômbia conta com características edafo-climáticas e geográficas ótimas para implantação e expansão a grande escala da cultura da oleaginosa mais produtiva no mundo, que é a palma. Essa oleaginosa obtém produtividades de até 6 t/ha de óleo comparada a 0,6 t/ha da soja.

Além de possuir uma estrutura interna de mercado forte e experiente, a agroindústria da palma apresenta uma organização sólida, com infra-estrutura desenvolvida e várias instituições de pesquisa dedicadas exclusivamente a essa cultura. Com a ampliação das

refinarias existentes e o aumento compulsório das misturas de biodiesel, o país teria excedentes de diesel e de biodiesel de palma para exportar entre 2012 e 2018¹ (UPME, 2007).

Devido a esses fatores, existe a necessidade de pesquisas que acompanhem o processo e determinem as barreiras e benefícios do programa no futuro, tornando-o sólido, eficiente e sustentável. Todo programa de biocombustíveis precisa procurar um equilíbrio entre os fatores ambientais, sociais e econômicos, principalmente na atualidade, quando se analisam questões relativas à competição entre produção de alimentos e cultivos energéticos. Esse equilíbrio é sustentado nas políticas aplicadas por cada governo e de sua aplicabilidade às condições específicas de cada país. Por isso é relevante o desenvolvimento de pesquisas que avaliem o impacto dessas políticas. A Colômbia apresenta condições particulares de desenvolvimento social, agrícola e energético, que fazem com que o programa necessite ser avaliado e verificado dentro desse ambiente, até obter uma ótima implantação e alcançar sua maturidade.

1.3. Metodologia

Para a realização da dissertação foi feito um levantamento geral da informação para cada um dos temas abordados, de acordo com a estrutura do documento. As fontes utilizadas foram publicações e informações de organismos internacionais reconhecidos, assim como nacionais governamentais, privadas e de centros de pesquisa.

Para contextualizar o panorama energético mundial foram usadas as publicações da Administração de Informação de Energia do departamento de energia dos Estados Unidos (EIA), Agência Internacional da Energia (IEA), Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), *British Petroleum* (BP), Conselho Mundial de Energia (WEC), Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) entre outras. A partir desses documentos foi analisada a distribuição da matriz energética mundial, o aumento do consumo e da dependência de combustíveis fósseis, a concentração da produção desse recurso finito em poucos países e a oportunidade econômica de comercialização dos biocombustíveis e dos países produtores sob essas condições.

O panorama energético nacional foi abordado a partir de informações do Balanço Energético do Ministério de Minas e Energia da Colômbia, publicações da Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL) e séries estatísticas do Ministério de Transportes da Colômbia (MINTRANSPORTE). Partindo-se delas, apresenta-se informações gerais do país e

¹ Alírio Delmar Fonseca, Diretor da Unidade de Planejamento do Minério e Energia da Colômbia (UPME).

do em torno energético como a distribuição da matriz energética da Colômbia, usos finais, infra-estrutura petroleira, demanda e oferta de combustíveis, capacidade de refino, histórico de custo do diesel e gasolina e caracterização dos combustíveis comercializados. Nesse contexto, foi discutida a necessidade da implementação do Programa Nacional de Biodiesel na Colômbia.

Dentro da pesquisa desenvolvida foi importante definir o que é biodiesel, as matérias-primas usadas, tecnologias existentes para sua produção e suas características finais, assim como as expectativas dentro do marco tecnológico e industrial.

O Programa de Biodiesel da Colômbia foi abordado de maneira ampla, descrevendo seus objetivos, alvos principais da cadeia produtiva, políticas aplicadas, subsídios, incentivos, isenções, partindo das leis que o criaram e que o regulamentam, assim como de análises feitas pelos Ministérios de Minas e Energia (MINMINAS) e de Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADR).

Conhecendo o programa implementado pelo governo, será descrita a cadeia do biodiesel na Colômbia levando em consideração as particularidades próprias do país. Para permitir a discussão, a análise nos diferentes tópicos: agrícola, industrial e logístico. Para isso foram utilizadas publicações da Federação Nacional de Produtores de Palma (FEDEPALMA), do MADR, do MINMINAS e do Centro de Pesquisas em Palma (CENIPALMA).

Tendo sido definida a infra-estrutura atual e de acordo as expectativas planejadas pelo programa, pretende-se determinar a capacidade real de cada uma das fases: produção de fruto, de óleo e de biodiesel e de bioeletricidade. Adicionalmente foram feitas três projeções considerando um panorama básico com baixo crescimento da produção, outro contemplando as expectativas governamentais e o último cenário considerando a capacidade máxima de produção a partir do potencial agrícola, determinando a necessidade de expansão do parque industrial atual para cada um desses cenários.

Com as informações coletadas e as ferramentas adquiridas se analisou cada um dos aspectos associados à implantação de uma estrutura produtiva de biodiesel na Colômbia, entre os quais estarão:

- Cálculo da demanda e disponibilidade da mão-de-obra rural na agricultura colombiana em função dos cultivos energéticos e criação de novos empregos;
- Análise da abrangência e efetividade das políticas implantadas, determinando novos alvos dentro da cadeia, necessários para um ótimo desenvolvimento do programa;

- Determinação da influência no meio ambiente gerada pela cultura de palma e as vantagens e desvantagens frente aos outros cultivos energéticos, assim como a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes pelo uso do biodiesel.

Com as informações coletadas, avaliações e cálculos realizados, determinou-se o potencial colombiano para produção de biodiesel e as barreiras existentes para desenvolvimento do programa.

2. PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA

Este capítulo inicial tem o propósito de ilustrar a importância dos derivados fósseis na matriz energética ao longo da história, assim como o aumento do consumo desse recurso e a diminuição de seu estoque mundial. Finalmente, ressalta o crescimento exponencial dos combustíveis renováveis e seu potencial para complementar a demanda de energia.

WEC (2007) indica que a energia é um recurso importante para o desenvolvimento e que existe uma relação crescente entre o consumo de energia e o grau de desenvolvimento dos países. Segundo a EIA (2007), a produção de energia primária mundial durante as últimas décadas foi suportada quase na sua totalidade por três fontes de origem fóssil: carvão, petróleo e gás natural. Entre o ano de 1970 e o ano de 2005, 92 % ($12,05 \cdot 10^{12}$ GJ²) da energia primária produzida foi obtida de fontes fósseis. No ano 1970 a participação dessas fontes foi de 93%. Entretanto, 35 anos após, energias de origens não fósseis como a nuclear e a hidráulica aumentaram timidamente seu aporte, principalmente no setor elétrico, diminuindo a participação das fontes fósseis para 86%. Durante esse mesmo período de 35 anos a produção de energia primária aumentou 113,6%, passando de $22,72 \cdot 10^{10}$ GJ para $48,54 \cdot 10^{10}$ GJ. Porém, os fósseis apesar de terem diminuído sua participação na matriz, duplicaram sua produção de $21,18 \cdot 10^{10}$ GJ, no ano 1970, para $41,87 \cdot 10^{10}$ GJ em 2005 (Figura 1).

Já no ano de 2007, segundo BP (2008), o consumo mundial de energia manteve um aumento robusto, promovido pelo crescimento econômico acima da média, mesmo com a contínua elevação do preço dos combustíveis. Entretanto, a divergência constante entre os países consumidores e as regiões produtoras atingiu negativamente a evolução do mercado da energia nesse ano, criando um desconforto geral quanto à segurança do seu fornecimento.

O petróleo tem uma participação importante na produção mundial de energia primária. Em 1970, respondeu a 47% da energia total produzida pelas fontes fósseis, contudo, no transcorrer do tempo, sua participação decresceu para 34% em 2005. Essa diminuição foi substituída pelo aumento da produção do carvão e do gás natural. Durante esses 35 anos, o gás natural teve o maior incremento anual correspondente a 5,2%. Do mesmo modo se destaca o carvão, já que é o combustível fóssil explorado há mais tempo e ainda continua sendo uma fonte importante de energia no mundo, tendo o segundo maior incremento anual, de 2,7%. Finalmente, encontra-se o petróleo que, influenciado pelas crises dos países

² GJ é equivalente a um Giga-Joule ($1 \cdot 10^9$ Joules).

produtores e instabilidade no preço internacional, apresenta uma taxa de incremento anual inferior, de 1,7% (IEA, 2007).

O uso do diesel em larga escala nos dias atuais foi incentivado pela descoberta das grandes jazidas de petróleo (nas primeiras décadas do século passado) e pelo rápido desenvolvimento da indústria petroquímica, que favoreceram a geração de combustíveis econômicos e em grande quantidade.

Figura 1 - Produção de energia primária convencional no mundo por fonte, 1970 – 2005.
Fonte: (IEA, 2007) Adaptação Própria.

Para Goldemberg (2008), o sistema energético internacional é fortemente dependente dos combustíveis fósseis, situação que definitivamente não pode perdurar, devido ao esgotamento gradativo das reservas de combustíveis fósseis como também aos efeitos negativos ao meio ambiente que resultam de seu uso.

Segundo a EIA (2006), os países apresentam comportamentos similares no consumo de energia para diferentes etapas de desenvolvimento. Na etapa inicial tem-se um consumo menor, no qual a oferta e demanda interna, geralmente, permanecem estáveis. Numa segunda etapa o país incrementou seu parque industrial e economia e conseqüentemente seu consumo energético. Esse incremento também é influenciado pelo maior poder aquisitivo da população, criando demandas superiores à produção própria de energia que podem ser supridas pelos mercados internacionais; um exemplo claro desse fenômeno são a China e a Índia. Na etapa

final os países são chamados de desenvolvidos, no qual apresentam grandes consumos de energia causados por um sólido e maduro setor industrial e alto poder aquisitivo da sociedade, porém com produções insuficientes para sustentar a demanda crescente.

Para o WEC (2007), uma das principais preocupações é o esgotamento das reservas das fontes fósseis de energia. Hoje em dia, os países desenvolvidos têm caracteristicamente consumos elevados de energia insustentáveis por si mesmos, mas com incrementos anuais relativamente baixos. Adicionalmente, as economias em desenvolvimento de países como a China e a Índia, entre outros, apresentam em geral incrementos anuais altos que continuam até alcançar o desenvolvimento. Porém, os estoques de recursos fósseis são limitados e diminuem rapidamente. Assim, o mundo deve começar a se preparar para uma diminuição na disponibilidade dos combustíveis fósseis, a partir de substitutos de características renováveis como o biodiesel de palma, capaz de complementar a demanda crescente por novas fontes de energia, entanto não exista uma alternativa melhor (Tabela 1).

Por outra parte, a EIA (2006) apresenta as projeções até 2030 do consumo de energia no mundo para os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Estima-se um aumento de $31,75 \times 10^{10}$ GJ no consumo mundial, aproximadamente 72% a mais em relação ao consumo total em 2003, do qual só 25% serão dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). Essas projeções prevêem um consumo e esgotamento acelerado inevitável dos recursos energéticos convencionais, pelo crescimento iminente dos países em desenvolvimento que, em 2030, poderiam até duplicar o consumo atual dos países desenvolvidos. Atualmente, existe um interesse crescente de implementação e uso de energias renováveis no mundo que devem ser vistas como uma necessidade e uma resposta tangível ao esgotamento das reservas mundiais de petróleo e ao controle da poluição ambiental.

Tabela 1 - Projeção do consumo mundial de Energia 2003-2030 (1×10^{10} GJ).

Região	2003	2010	2015	2020	2025	2030	Incremento
OECD	24,72	27,02	28,47	29,71	31,07	32,58	1.0 anual
Não-OECD.	19,67	26,75	30,96	34,97	39,14	43,55	3.0 anual
Total Mundo	44,38	53,77	59,44	64,67	70,20	76,13	2.0 anual

Fonte: (EIA, 2006) Adaptação Própria.

O petróleo é uma das principais fontes de energia do mundo e segundo o IEA (2006) continuará sendo até 2030 e adicionalmente é matéria-prima para outras grandes indústrias como petroquímicas e fertilizantes, entre outras. Do petróleo é produzida uma grande variedade de compostos, aproximadamente 2000 produtos diferentes, entre os quais estão o diesel e a gasolina (UPME, 2003). A *British Petroleum* (BP, 2008), apresenta as reservas

mundiais de petróleo por região, em que claramente se observa uma concentração no Oriente Médio tendo uma participação em torno de 60% até hoje (Figura 2).

Goldemberg (2008) ratifica que os problemas relacionados à segurança no suprimento de energia são relevantes e estão diretamente ligados à concentração da produção de petróleo em poucos países. Pode-se verificar que os maiores estoques de petróleo se concentram em poucos países com elevadas instabilidades políticas e que podem influenciar o mercado para obter benefícios próprios.

Figura 2 - Reservas de petróleo mundiais por região.
Fonte: Adaptação de BP, 2008.

Segundo BP (2008) o preço internacional do petróleo está ligado à instabilidade política dos países produtores. Por esse motivo quando no Oriente Médio surge um conflito político, militar ou social, o preço desse energético sobe. Um exemplo claro disso foi a guerra do Irã, no final da década de 70, quando o preço do barril chegou perto dos US\$ 100. Assim como na invasão do Iraque em 2003, quando o preço do petróleo começou a aumentar superando de novo os US\$ 100. Em junho de 2008, o petróleo alcançou o preço máximo de US\$ 145 por barril, como é mostrado na Figura 3 e projeções preliminares indicavam que o preço do petróleo poderia chegar até US\$ 180 ao final desse ano (STORY, 2008). Claramente, essas situações particulares continuarão surgindo no futuro enquanto o petróleo e derivados continuam sendo a principal e praticamente única alternativa energética usada para o transporte no mundo.

Preços do petróleo 1861-2007

US\$ Dolares por barril
Eventos Mundiais

Figura 3 - Histórico do preço de petróleo em dólares 1861 – 2007.

Fonte: (BP, 2008) Adaptação de BP, 2008.

Segundo WEC (2007), a relação de duração entre as reservas e a produção de petróleo e gás natural em 2005 para o mundo era de 41, o que indica que com o consumo do ano 2005, a fonte se esgotaria num período não maior de 41 anos. A região do Oriente Médio tem uma previsão de 81 anos, e a América do Sul tem um indicador igual à média mundial. Mas os outros países apresentam indicadores inferiores à média, como o caso de América do Norte um dos maiores consumidores, que tem a previsão de 12 anos (Figura 4). Sob as condições atuais, o consumo de petróleo e gás natural continuará crescendo rapidamente até a produção não conseguir supri-lo, criando no futuro próximo um déficit mundial de combustíveis. A IEA (2006) ratifica essa idéia afirmando que o futuro energético que está sendo criado é insustentável. Se o mundo continuar atuando dessa forma, o fornecimento de energia para satisfazer as necessidades da economia mundial nos próximos vinte e cinco anos é vulnerável ao fracasso.

Figura 4 - Relação das reserva/produção de petróleo e gás natural durante o ano 2005.
Fonte: (WEC, 2007)

Porém isso pode ser evitado com a pesquisa e desenvolvimento das energias renováveis, como o biodiesel de palma, que surgiram como complemento da matriz energética atual, como no caso da Alemanha, a partir do biodiesel, e o do Brasil, a partir do etanol. Mas, a diversificação não será uma solução eficiente para esse problema, enquanto não esteja acompanhada de políticas públicas que incentivem e conscientizem aos usuários a criar mudanças nos hábitos de consumo, fazendo uso racional e eficiente desse recurso.

O papel das energias renováveis nas próximas uma ou duas décadas pode parecer modesto, uma vez que, provavelmente, não representam mais do que 10-20% do consumo mundial de energia. Contudo, se esse nível for alcançado, irá colocar as energias renováveis como um importante participante no mundo da indústria energética, no caminho para um papel mais relevante e, portanto, de um futuro energético sustentável (GOLDEMBERG, 2005).

A bioenergia não é uma alternativa capaz de solucionar totalmente o problema energético, mas tem o potencial de complementar os combustíveis fósseis nos meios de transporte, diminuindo a dependência dos combustíveis fósseis (GOLDEMBERG, 2008).

Por sua parte, a produção mundial dos dois principais combustíveis renováveis, etanol e biodiesel em 2007 foi de $14,41 \cdot 10^8$ GJ, dos quais 75,8% ($10,92 \cdot 10^8$ GJ) correspondiam à produção de etanol e o restante 24,2 % ($3,48 \cdot 10^8$ GJ) ao biodiesel. Nesse

mesmo ano a produção mundial de energia renovável foi liderada pelo Brasil e pelos Estados Unidos, que produziram 73,2%, principalmente de etanol. A União Européia participou com 11,6% do total (ENERS, 2008).

Para o ano de 2008 houve um aumento de 33,5%, passando para $19,23 \cdot 10^8$ GJ. Esse aumento ocorreu, principalmente, devido aos países dos Estados Unidos ($2,34 \cdot 10^8$ GJ) e do Brasil ($8,13 \cdot 10^7$ GJ). A participação do etanol na produção de energia renovável diminuiu levemente para 72,2% ($13,88 \cdot 10^8$ GJ). A União Européia aumentou sua participação para 18% ($3,49 \cdot 10^8$ GJ), a qual foi consideravelmente menor que a do Brasil de $4,77 \cdot 10^8$ GJ (ENERS, 2009).

Segundo WEC (2007), a produção de biodiesel em 2004 foi de 1.166 milhões de litros. No ano de 2005, esta passou para 4.161, equivalente a um aumento de 257% e, em 2006, cresceu para 8.442 milhões de litros.

Já em 2007 a produção mundial de biodiesel foi de 10.843 milhões de litros, passando, em 2008, para 16.788 milhões de litros. O principal produtor, em 2007, foi a Alemanha com 31% de participação, seguida pelos Estados Unidos com 16%, França com 9%, Indonésia e Brasil com 7% cada (ENERS, 2008). Para o ano 2008, destaca-se o aumento da produção de países como França e Argentina que, no transcurso de um ano, aumentaram em mais de 1.000 milhões de litros cada um. Nesse ano a produção alemã decresceu levemente, mas continuou como primeiro produtor do mundo com 20%, seguido pelos Estados Unidos e França com 16% e 13% respectivamente. A União Européia aumentou sua produção em 2.298 milhões de litros, mas sua participação caiu de 61% para 54% em 2008. Na América do Sul os principais produtores são a Argentina com 1.205 milhões de litros e o Brasil com 1.100 milhões de litros, aproximadamente 14% da produção do mundo (Tabela 2). A produção encontra-se baseada principalmente em óleo de colza e girassol na União Européia, óleo de soja nos Estados Unidos, no Brasil e na Argentina e, em menor quantidade, óleo de palma, apesar de ser a oleaginosa com maiores rendimentos.

Entre os anos de 2004 e 2008 houve um aumento na produção de biodiesel no mundo de 1.340% com referência ao ano 2004 (15.622 milhões de litros), confirmando a grande aceitação desse combustível na matriz energética mundial.

Tabela 2 - Produção mundial de Biodiesel 2007 - 2008

País		Produção [Milhões de litros]			
		2007		2008	
GE	Alemanha	3.255	31%	3.175	20%
US	Estados Unidos	1.703	16%	2.650	16%
FR	França	982	9%	2.044	13%
ID	Indonésia	760	7%	684	4%
BR	Brasil	730	7%	1.100	7%
IT	Itália	409	4%	670	4%
CN	China	338	3%	338	2%
AT	Áustria	301	3%	240	1%
PT	Portugal	197	2%	302	2%
BE	Bélgica	187	2%	312	2%
ES	Espanha	187	2%	233	1%
AR	Argentina	180	2%	1.205	7%
MY	Malásia	150	1%	541	3%
OU	Outros	1180	9%	2.592	12%
-	TOTAL	10.843	100%	16.788	100%
-	União Européia	6.435	61%	8.733	54%

Fonte: Adaptado de (ENERES, 2008; ENERS 2009).

Concluindo, o consumo de petróleo cresce rapidamente e as reservas diminuem, além de serem controladas por poucos países, que apresentam instabilidade política, refletindo na disponibilidade e no preço internacional. O petróleo é uma das principais fontes de energia no mundo e numa visão geral é difícil substituí-lo definitivamente como fonte de energia em médio prazo. Entretanto, o uso de biocombustíveis como complemento apresenta-se como uma alternativa real a um mercado crescente e cuja capacidade de refino de petróleo encontra-se cada vez mais saturada.

3 PANORAMA ENERGÉTICO DA COLÔMBIA

Neste capítulo se apresenta inicialmente uma visão global das características da Colômbia, quanto à sua geografia, indicadores sociais e econômicos, assim como a distribuição do território. Posteriormente, se ilustra a matriz energética e a infra-estrutura de produção e distribuição dos combustíveis fósseis, enfatizando o consumo do setor de transporte e o aumento da demanda do diesel, considerados os principais alvos do Programa Nacional de Biodiesel. A finalidade é caracterizar o meio no qual será desenvolvida a produção de biodiesel e identificar as barreiras existentes desde essas óticas.

3.1 Dados gerais do país.

A Colômbia encontra-se localizada ao Noroeste da América do Sul e faz limite ao Leste com o Brasil e a Venezuela, ao Sul com o Peru e o Equador e a Oeste com o Panamá. É banhada pelo oceano Atlântico ao Norte e pelo oceano Pacífico ao Oeste. Seu relevo é montanhoso de Norte a Sul. Possui uma grande variedade de ambientes devido à sua localização geográfica na região intertropical o que favorece boa diversidade de culturas agrícolas (Figura 5). A Colômbia possui um governo presidencialista central e tem por capital a cidade de Bogotá. Sua moeda oficial é o peso colombiano³ (UPME, 2007).

³ Segundo o Banco da Republica da Colômbia um real equivale 1.130 pesos colombianos.

Quanto à população, segundo o “Departamento Administrativo Nacional de Estadística” da Colômbia (DANE, 2005), no ano 1993 a Colômbia tinha uma população de 37.664.711 habitantes e no censo de 2005, aumentou até 41.468.384 habitantes. Durante esse período de 12 anos a população cresceu a uma média anual de 1,6%, chegando a uma

densidade demográfica de 36 habitantes por km². Os habitantes estão distribuídos assim: 80% nas áreas urbanas e 20% nas áreas rurais.

Economicamente, a Colômbia teve um incremento médio anual do PIB de 3,5% durante o período de 1975 a 2006. No ano 2006, o país teve um crescimento da sua economia de 6,84%, e no ano 2007 foi de 7,52%, acima da média mundial de 3,6%. Para o DANE (2008), isso se deve ao aumento do consumo (6,3%), ao incremento na formação interna de capital (21,2%) e ao aumento no custo das exportações (7,5%). O valor bruto do PIB em 2007 foi de US\$ 171.738 milhões e o incremento da renda per capita foi de US\$ 4.300, localizando-se na posição de 42º do mundo. Seu índice de desenvolvimento humano (IDH)⁴ foi de 0,791 nesse ano, considerado como médio, ocupando o lugar 45º do ranking mundial e acima da média global de 0,716 (PNUD, 2007).

3.1.1 Disponibilidade e uso do solo.

Segundo o Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural da Colômbia (MADR, 2008), o país tem uma superfície total de 1.141.748 km². Essa área pode ser dividida em duas: a primeira seria sem sistemas produtivos agropecuários e a segunda com sistemas produtivos agropecuários. Assim, a primeira seria 55% (631.025,4 km²) da área total, representadas por reservas florestais, corpos de água e zonas urbanas. A segunda área é usada em atividades agropecuárias (510.761,44 km²), compreendida por sistemas agrícolas, pecuários e florestas plantadas.

Segundo a Pesquisa Nacional Agropecuária da Colômbia (ENA, 2007), 76% (388.178,7 km²) da área utilizada em atividades agropecuárias são destinadas à produção de animais (pecuária) e só 7% (35.753,3 km²) à produção agrícola. Os 17% (86.829,4 km²) restantes são florestas naturais e plantadas (Figura 6). Claramente se mantém a tendência histórica do avanço dos sistemas produtivos pecuários sob os outros sistemas produtivos. O estudo feito pela MADR em 2007 evidencia que os sistemas de produção agrícola se concentram nos vales inter-andinos, enquanto que os de produção pecuária estão dispersos por todo o país.

⁴ O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), define o IDH como a medida da cobertura de um país em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: uma vida longa e saudável, os conhecimentos e um nível decente de vida.

Figura 6 - Distribuição dos sistemas produtivos agropecuários na Colômbia.
Fonte: (ENA, 2008) Elaboração própria

Os sistemas de produção agrícola se dividem em três classes de culturas: permanentes, transitórios e florestas. Os cultivos permanentes são aqueles que têm vários ciclos de colheita, sua vida útil supera os cinco anos e em geral apresentam períodos improdutivos na etapa de desenvolvimento. Pelo contrário, os transitórios são cultivos de ciclo curto não superior a um ano. A área usada em sistemas agrícolas segundo a classificação anterior, está repartida assim: os Cultivos Permanentes ocupam 57% (20.379,4 km²), os cultivos transitórios 38% (13.586,2 km²) e 5% restante são áreas em recuperação para uso intermitente dos cultivos transitórios (Figura 7). Os departamentos com maior produção agrícola da Colômbia são Antioquia, Valle, Meta, Tolima e Santander. Esses cinco departamentos concentram 40% da produção agrícola do país.

Figura 7 - Distribuição dos sistemas produtivos agrícolas na Colômbia.
Fonte: (ENA, 2008) Elaboração própria

No caso das áreas destinadas para o desenvolvimento de sistemas pecuários se encontram duas classes: os melhorados e os tradicionais. Os melhorados correspondem a 81% (31.481.772,7 km²) e são culturas de pastagem específica para produção de animais e 19% restante correspondem à produção de gado a partir do cerrado, assim como culturas existentes no sítio. Na cultura de gado da Colômbia na atualidade tem predominância o sistema extensivo e segundo o MADR (2008), uma grande porcentagem encontra-se localizado em

regiões com aptidão agrícola ótima. Os departamentos com maior produção pecuária são Meta, Casanare, Antioquia, Santander e Cesar. Eles aportam 38% da produção pecuária total.

No ano de 2007, o Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural da Colômbia, na Pesquisa Nacional Agrícola, concluiu que as culturas transitórias com maior área de produção são arroz e milho, as quais ocupam 60% do total da área dessas culturas. No caso das culturas permanentes, a que tem maior área plantada é o café, seguido pela cultura da banana e em terceiro lugar a cultura da palma. Estas três culturas representam 60% das culturas permanentes do país. Contudo, a cultura da palma correspondeu a 8,76% (3.124,1 km²) da área total com sistemas produtivos agrícolas e a 17% das culturas transitórias.

Segundo Tobon (2006), na Colômbia existem 143.000 km² de solo com aptidão para produção de gado, mas na realidade são destinados para essa atividade mais de 388.000 km², ou seja, são usados inadequadamente 245.000 km² de solo com aptidões para outros sistemas. Dos 245.000 km², 61% é solo com aptidão agrícola, 32% com aptidão para florestas plantadas e protegidas e 7% para áreas de conservação. Isso implica que de um total 185.200 km² com aptidão agrícola são usados apenas 19% nessa atividade, mostrando que a capacidade agrícola nacional está sendo subutilizada, existindo grande potencial para desenvolvimento de culturas oleaginosas com fins energéticos sem a necessidade de competir com outras culturas agrícolas de consumo humano garantindo rendas fixas e maior quantidade de trabalho para os habitantes dessas regiões.

Na Figura 8 se indica a distribuição da área agrícola nos principais departamentos nos quais é plantada a palma, discriminando-se a área total destinada para uso agrícola, a área destinada só para culturas permanentes ou de ciclo longo e a área destinada a cultura da palma. Nessa Figura se percebe a importância da palma no setor agrícola do departamento de Meta, na Orinoquia, na qual segundo Romero (1999), encontram-se mais de 1.900.000 ha sem restrições edafo-climáticas para a cultura da palma.

Figura 8 - Distribuição da área destinada à cultura da palma frente à área agrícola em 2007.
Fonte: (ENA, 2008) Elaboração própria

3.2 Descrição da matriz energética nacional

Segundo a Unidade de Planejamento Mineiro Energético da Colômbia (UPME, 2007), a produção total de energia primária⁵ entre 2000 e 2007 teve uma taxa de crescimento anual de 1,5%. No ano 2007 foram produzidos $36,97 \cdot 10^8$ GJ, dos quais $33,37 \cdot 10^8$ GJ vêm de fontes fósseis e $3,60 \cdot 10^8$ GJ de renováveis. Dentro das fósseis destacam-se o carvão com $19,02 \cdot 10^8$ GJ e em segundo lugar o petróleo com $11,19 \cdot 10^8$ GJ. A produção de petróleo sofreu uma queda importante a partir de 1999 quando eram produzidos $17,20 \cdot 10^8$ GJ, devido ao declínio da produção dos dois principais campos petrolíferos do país, Caño Limón e Cusiana Cupiagua. A produção de carvão foi constantemente crescente, aumentando sua participação de 15% em 1983, para 51% em 2007, devido às explorações dos campos de Cerrejon e La Loma. No caso das renováveis, encontra-se a hidráulica com $1,84 \cdot 10^8$ GJ e a lenha usada em forma tradicional e em sua maioria insustentável com $8,95 \cdot 10^7$ GJ. Em 1975 a participação das fontes renováveis convencionais no contexto da energia primária, foi de 32%. Porém, devido ao crescimento e desenvolvimento do setor mineiro e implementação de

⁵ Segundo UPME (2007), considera-se energia primária, todas as fontes energéticas que para sua obtenção não precisam de uma usina de transformação, e são obtidas diretamente da natureza.

tecnologias alternativas mais eficientes como gás natural, essas diminuíram em 2007 para 9,72% do total (Figura 9).

Figura 9 - Distribuição percentual da produção de energia primária na Colômbia 1975 - 2006.

Fonte: (UPME, 2007) Elaboração Própria.

Segundo a Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL, 2007), as reservas de petróleo apresentaram um comportamento decrescente nos últimos 10 anos, com uma redução de 5,7% anual. No ano 1995, a produção foi de 2.952 milhões de barris e caiu para 1.358 milhões de barris em 2007. Logo, a relação entre as reservas e a produção diminuiu para 7 anos em 2007.

No caso da produção de energia secundária⁶, seu crescimento médio anual foi de 2,5% entre 1975 e 2007. No ano de 2007 foram produzidas $8,74 \cdot 10^8$ GJ, dos quais $5,79 \cdot 10^8$ GJ são fornecidos pelos derivados do petróleo. A produção de energia elétrica foi de $1,96 \cdot 10^8$ GJ, correspondente a 22,5% do total de energia secundária. Cabe ressaltar que no ano 2006 foram apresentados os primeiros resultados do programa de álcool para uso em veículos de transporte, com uma participação de $2,61 \cdot 10^7$ GJ. Percentualmente, entre 1975 e 2007 a participação dos derivados do petróleo na produção de energia secundária diminuiu 17%, entretanto, no caso particular do diesel houve uma duplicação, superando à da gasolina, sendo de 0,170 EJ e 0,159 EJ respectivamente.

⁶ Energia obtida através de uma usina de transformação, por processos de produção.

A oferta interna de energia primária⁷ em 2007 foi de $13,80 \cdot 10^8$ GJ. Durante o período de 1975 a 2007 teve incremento de 2,2% ao ano, influenciado principalmente pelo petróleo e seus derivados que participaram com um 47,8% da oferta total em 2007 (UPME, 2007).

O Consumo final de energia primária não cresceu com a mesma rapidez que a produção, devido principalmente ao fato do maior consumo dessas fontes se realizarem nos centros de transformação e os excedentes de petróleo e carvão serem exportados. O consumo de Energia primária em 2007 foi de $32,30 \cdot 10^7$ GJ. Destacam-se as fontes fósseis, principalmente o gás natural com $14,95 \cdot 10^7$ GJ, seguido do carvão com $4,16 \cdot 10^7$ GJ. O consumo de lenha para este ano foi de $7,34 \cdot 10^7$ GJ.

O consumo final de energia secundária na Colômbia, em 2007, foi de $64,74 \cdot 10^7$ GJ, principalmente de derivados fósseis com participação maior a 75%, destacando-se o diesel com 29,24% do total consumido ($18,93 \cdot 10^7$ GJ), seguido da gasolina com 27,92% ($18,10 \cdot 10^7$ GJ). Por sua parte, a produção de energia elétrica foi de 23,5% ($15,21 \cdot 10^7$ GJ). Na maioria das fontes secundárias a produção de energia foi maior que o consumo, só no caso do diesel ocorreu o contrário fazendo necessária a importação de combustível (UPME, 2007).

Concluindo, a participação do diesel no consumo final de energias secundárias foi superior ao de outras energias, deixando claro um déficit e uma dependência crescente em relação a esse recurso, que já superou a sua própria produção interna e que em um período próximo, se não se implementarem alternativas adequadas, como o biodiesel de palma, precisará ser importado em maiores quantidades.

3.2.1 Caracterização energética do setor de transportes.

Segundo o Ministério de Transporte da Colômbia (MINTRANSPORTE, 2007), no ano de 2006 existiam 4.677.451 unidades de transporte terrestre, 8.161 fluviais e 1.679 aéreas. Entre os anos de 2000 e 2006, o transporte terrestre teve um incremento de 1.651.087 unidades. O parque automotor de veículos da Colômbia conta com 4.388.258 unidades relativamente obsoletas, das quais 30,4% são anteriores ao ano 1990, 31,9% entre 1990 e 1999 e 37,7% do 2000 até 2006. Os veículos de passeio representam 3.716.408 unidades, formados principalmente por carros e motos, os veículos públicos representam 559.901

⁷ A oferta interna de energia primária se obtém ao adicionar à produção total nacional as importações líquidas, e subtraindo as variações de inventário, perdas e não aproveitamento do recurso.

unidades e os veículos oficiais 101.027 unidades. Na Colômbia existem aproximadamente 12,4 pessoas por veículo terrestre.

No ano 2007, o setor do transporte na Colômbia consumiu $38,05 \cdot 10^7$ GJ e a participação foi majoritariamente do transporte terrestre com 83,4%. Em segundo lugar, com uma grande diferença, apresenta-se o transporte aéreo com 8,5% e os outros (fluvial, marítimo e férreo) com 8,1% (UPME, 2007).

De acordo com a Unidade de Planejamento Mineiro Energético da Colômbia (UPME, 2007), entre as fontes mais usadas nesse setor se destacam a gasolina e o diesel com participações superiores a 80% durante os últimos 5 anos, mas no caso da gasolina observa-se uma tendência decrescente devido a seu custo maior, cujo vazio está sendo preenchido com diesel principalmente. O consumo final de diesel aumentou entre 2000 e 2007, de $7,91 \cdot 10^7$ GJ para $14,35 \cdot 10^7$ GJ, mas a gasolina diminuiu de $18,94 \cdot 10^7$ GJ até $17,73 \cdot 10^7$ GJ. Esse efeito é atribuído em grande parte ao menor preço de venda do diesel como resultado da desigualdade tributária como será mencionado. O gás natural tem um aumento importante no seu uso passando de $2,54 \cdot 10^6$ GJ para $1,78 \cdot 10^7$ GJ no mesmo período de sete anos. O álcool também se apresenta como a fonte com maior taxa de crescimento, já que foi introduzido na matriz no ano 2005 e no ano de 2007 apresentou um consumo de $5,74 \cdot 10^6$ GJ, devido à substituição da gasolina e mistura compulsória em algumas regiões do país (Figura 10).

Figura 10 - Participação por fonte de energia no setor de transportes da Colômbia 2000- 2008.
Fonte: (SIPG, 2008).

No caso específico do transporte terrestre o MINMINAS (2007) indica que no ano de 2006 foram consumidos $27,94 \cdot 10^7$ GJ, tendo uma predominância do uso de diesel e gasolina de $10,86 \cdot 10^7$ GJ e $14,18 \cdot 10^7$ GJ, respectivamente. O diesel foi usado principalmente em transporte de carga, mas existe um considerável aumento do uso em veículos públicos. A gasolina apresentou um consumo mais diversificado destacando-se nos meios de transporte urbano público e privado. Já o gás natural teve maior participação no transporte público urbano. A participação do álcool aparece em todos os itens devido à mistura compulsória com a gasolina, implementada em 2005 (Figura 11).

Figura 11 - Consumo de energia por classe de transporte na Colômbia 2006.
Fonte: (UPME, 2006).

3.2.2 Aumento do consumo do diesel na Colômbia.

Na atualidade, na Colômbia, o diesel está se tornando mais importante que a gasolina, devido em parte ao processo histórico das políticas dos combustíveis que lhe deram vantagens econômicas, motivo pelo qual o diesel terminou com preço menor (Figura 12). A continuação se resume no processo histórico que contribuiu para essa preferência por parte dos usuários.

Figura 12 - Histórico dos preços da gasolina e o diesel na Colômbia 1999 - 2009.

Fonte: (SIPG, 2009) Elaboração própria

No ano de 2007 os combustíveis na Colômbia estavam tributados principalmente com o Imposto sobre o Valor Agregado (IVA), a sobretaxa aos combustíveis e o Imposto Global. O IVA é um imposto aplicado na venda de bens de consumo, é cobrado como uma porcentagem do valor da mercadoria ou serviço e é pago no momento da compra. É um imposto indireto e regressivo, ou seja, se aplica sobre o bem ou serviço e vem discriminado na nota fiscal, possibilitando ao consumidor saber exatamente a quantidade de tributo que está embutido no preço do bem ou serviço adquirido. A sobretaxa aos combustíveis é cobrada no momento em que o distribuidor atacadista, produtor ou importador vende o combustível ao distribuidor varejista. Esse imposto é cobrado pelo consumo de combustível nacional ou importado, na jurisdição de cada município, distrito ou departamento e é de responsabilidade dos distribuidores atacadistas e são os distribuidores varejistas os que devem pagar o imposto aos distribuidores atacadistas ou importadores, segundo seja o caso. Finalmente o Imposto global é liquidado no produtor ou no importador cobrado em uma única etapa: na venda, no retiro, ou na importação. O valor do imposto é fixado pelo Ministério de Minas e Energia.

Assim, a Colômbia em termos de políticas energéticas vem desde os meados dos anos 70 com sua política de ajustes de preços periódicos da energia e os derivados do petróleo. Nesse cenário podem-se definir duas etapas fundamentais: a primeira se inicia no

final da década de 70, e a segunda, entre 1999 e 2002. Ambas influenciadas fortemente pela evolução do mercado internacional (UPME, 2003).

No período compreendido entre 1976 e 1983, a Colômbia era um país importador de petróleo. Por esse motivo, a regulação existente foi focada em apoiar as refinarias colombianas, baseada em modificações que aumentaram os preços locais paralelamente aos altos preços internacionais derivados da crise global. Como consequência, o Estado fortaleceu e consolidou a Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL) como principal refinador do país. Contudo, os preços de venda ao público foram aumentados e o lucro do refinador de petróleo colombiano sempre permaneceu menor em relação ao preço de importação. Isso permitiu que a ECOPETROL criasse um monopólio na exploração, produção, refino e transporte (RINCÓN, 2004).

Em geral, durante esse período, os preços da gasolina e do diesel (conhecido na Colômbia como “*Aceite Combustible Para Motor*” - ACPM), permaneceram iguais, já que sua estrutura de preços era similar e a única diferença existente nela era a isenção do imposto nacional sobre as vendas para o diesel, com a finalidade de aumentar sua abrangência de distribuição no país.

Entre os anos 1984 e 1998, pouco depois da descoberta da bacia do “Caño Limón”, a Colômbia passou a produzir um excedente de petróleo suficiente para se tornar um pequeno exportador. Devido a isso, no interior do país se cria um ar de tranquilidade e estabilidade energética, o que leva a eliminar os ajustes contínuos do preço dos combustíveis, e adota-se uma política de preços ligados à inflação. Entre os anos 1984 e 1989, realizou-se um único aumento anual aos combustíveis, que passou a vigorar a partir do mês de janeiro de 1984. O fato do preço dos combustíveis estarem ligados à inflação, posteriormente gerou um mercado especulativo grande que atingiu a economia nacional. Porém, o governo, com a finalidade de desligar o incremento dos combustíveis do aumento da economia em geral, estabeleceu dois aumentos anuais, o primeiro em março e o segundo em julho definidos pelo “Ministério de Minas y Energía” (MINMINAS). Até o ano de 1996, os preços da gasolina e do diesel na Colômbia eram iguais, mas no ano 1998 o governo estabeleceu uma sobretaxa à utilização dos combustíveis com a Lei 488/98, na qual a sobretaxa da gasolina era de 25% do custo e a sobretaxa do diesel era só de 6%. Em consequência, fazendo com que o preço de venda ao consumidor final fosse menor que do consumidor de gasolina dando início ao processo de “Dieselização na Colômbia”. Essa diferença foi argumentada em função dos consumidores finais de cada combustível, que no caso da gasolina eram 50% para veículos particulares (de proprietários com alta renda), e no caso do diesel eram 62% para transporte de carga e 15,7%

para veículos de transporte de passageiros. Dessa forma deu-se preferência tributária ao consumidor de diesel (QUINTERO, 2004).

A partir de janeiro de 1999, as políticas do Estado foram focadas na liberação dos preços dos combustíveis e pretendem desativar os subsídios bancados pela ECOPETROL, a partir do aumento do lucro do produtor. O objetivo principal foi liberar a margem dos distribuidores varejistas e fixar o preço da gasolina e do diesel de acordo com o custo de oportunidade, incentivando, portanto, a entrada de novos agentes no setor. Por isso, o governo criou uma política na qual o lucro do produtor do combustível interno deveria ser igual ao custo de importação (adicionando todos os custos até colocar o combustível na refinaria da ECOPETROL em Barranbermeja). A finalidade disso foi oferecer garantias para a entrada de novos fornecedores de combustível importado em um mercado transparente e competitivo na Colômbia, num período no qual a demanda superava a oferta interna (RINCÓN, 2004).

Em julho de 1999, o governo modificou a política de preços dos combustíveis e, a partir desse momento, a metodologia de cálculo do lucro do produtor variou mensalmente, visando diminuir o impacto dos altos preços internacionais no preço de venda ao consumidor final colombiano. Em setembro de 2000, o governo desistiu parcialmente da política do preço de oportunidade e opta por estabelecer ele mesmo o preço, a critério do MINMINAS. Posteriormente, estabeleceu-se como uma das suas funções pelo Decreto 70/2001. Devido a isso, entre 1999 e 2002, o governo colombiano não transferiu a totalidade da variação do preço internacional ao preço interno controlando o aumento dos preços dos combustíveis em nível nacional, sempre menores do que o custo internacional. Em 2002 a gasolina comum custava 80% do preço internacional e o diesel só 60%. Como consequência das contínuas intervenções na estrutura de preços da gasolina e o diesel, além de vários compromissos adquiridos pelo Estado com o setor de transporte para subsidiar mais o diesel, criou-se uma diferença significativa no preço de venda ao consumidor final, incentivando o uso do diesel por seu menor custo até em outros setores diferentes de transporte de carga e passageiros (UPME, 2003).

No ano de 2002, a Colômbia decidiu manter a política da paridade do preço de importação; mas, para evitar flutuações grandes deixou fixo o preço do barril de petróleo de acordo as previsões do Golfo de México para os próximos cinco anos, em US\$ 20 por barril de petróleo. Esse método continuou vigente até 2005, quando o preço internacional do petróleo ficou acima dos US\$ 50, o que implicou um subsídio de US\$ 30 por barril mantido em sua totalidade pela ECOPETROL. O governo se encontrou numa situação difícil, dando grandes subsídios aos combustíveis e mantendo o monopólio do setor devido ao baixo custo

de oportunidade. Isso criou desinteresse por parte de capitais externos e um âmbito social incapaz de suportar os ajustes dos preços internacionais. Por esses motivos, o governo decidiu recorrer novamente aos prognósticos a longo prazo do Golfo de México e fixou o custo do barril de petróleo novamente na fórmula do lucro do produtor em US\$ 48,45 (RINCÓN, 2004).

Para Quintero (2004), a solução está baseada em um regime de liberdade “controlada” no qual o preço do energético procure gradualmente e constantemente sua paridade internacional sem impactos drásticos sobre a economia nacional, nem sobre o consumidor final.

Na Colômbia, o processo de desregulamentação dos combustíveis foi iniciado e os altos preços do petróleo apresentam mais uma motivação para agilizá-lo. O preço do diesel era subsidiado e fixado pelo governo (PUERTO, 2007).

Finalmente, em 2006 o governo retoma sua política de desmonte definitiva dos subsídios aos combustíveis que teve como meta para o diesel o mês de junho de 2009. Nessa data, a totalidade do custo de oportunidade do combustível foi finalmente repassada para o consumidor final.

Entanto, esta diferença entre a gasolina e o diesel não deverá variar já que o principal fator que a influência é a porcentagem da sobretaxa cobrada pelo governo e não está relacionada com o lucro do produtor nem com o custo de oportunidade.

De acordo com Quintero (2004), se o governo igualasse as sobretaxas da gasolina e o diesel consumido no país, deteria o aumento no consumo de diesel e os consumidores migrariam para uso gasolina. O comportamento das importações seria diferente, já que se aproveitaria a capacidade total de produção de gasolina e se diminuiria consideravelmente o diesel importado. Assim, o processo de “Dieselização na Colômbia” continuará, enquanto as sobretaxas dos combustíveis não sejam igualadas, incentivando a população a consumir esse combustível em maior medida que a gasolina. Na Figura 13, se ilustra o desenvolvimento do consumo de combustíveis líquidos, ratificando o crescimento do consumo de diesel a partir da década de 90.

Figura 13 - Histórico do consumo da gasolina e o diesel na Colômbia 1979 - 2009.

Fonte: (SIPG, 2009) Elaboração própria

Se continuar esse processo em curto prazo, surgirão alguns problemas de sustentabilidade dada a capacidade limitada de refino no país, a tendência do preço do diesel é aumentar, fazendo-se necessário incentivar a diversificação da matriz energética e mudanças nos hábitos de consumo. Adicionalmente, as novas tecnologias dos motores exigem qualidades superiores de diesel comparadas às existentes no país e isso implicaria modificações custosas nas refinarias por parte do Estado ou o incremento das importações de diesel de melhor qualidade, produzindo um aumento do custo do diesel. Essas situações são contraditórias à política econômica e fiscal de qualquer governo, sendo um motivo adicional para a procura da diversificação e auto-suficiência da produção de energia para o transporte do país (QUINTERO, 2004).

O mercado dos combustíveis tem crescido, historicamente, a uma taxa de 5 % ao ano; se continuar esse aumento no futuro próximo deverá ser atendido realizando ampliações da capacidade nas refinarias da ECOPETROL. Assumindo um crescimento conservador do consumo de 2,5 %, em um período não superior a dois anos a capacidade de produção das refinarias do país estará saturada e será necessário fazer grandes investimentos para atender à demanda interna. O programa de biodiesel visa atender ao crescimento da demanda durante vários anos aprazando a necessidade de fazer grandes investimentos por parte do Estado ou terminar importando diesel de outros países.

É importante ter claro que se o interesse do governo colombiano é continuar no esquema do livre mercado, a orientação da regulação no mercado dos combustíveis deverá ser econômica, visando atingir os preços correspondentes, e chegar à paridade do preço de importação. Nesse processo deverá ficar claro o papel do biodiesel no novo mercado e na matriz energética (PUERTO, 2007).

3.3 Caracterização da infra-estrutura do setor dos combustíveis.

A infra-estrutura do setor dos combustíveis na Colômbia pertence principalmente à ECOPETROL e associados. Na parte do refino existem quatro usinas, sendo duas do Estado e duas privadas. As refinarias da ECOPETROL são as maiores e abastecem praticamente a totalidade do mercado nacional e as exportações. A maior se localiza na cidade de Barrancabermeja e tem capacidade instalada de 250.000 bpd⁸. A segunda está localizada em Cartagena com capacidade para 80.000 bpd. As outras de capital privado abastecem mercados locais e se encontram situadas em Orito e Apiay com capacidade instalada de 6.000 bpd cada.

As refinarias da ECOPETROL enviam os combustíveis através do poliduto às usinas atacadistas distribuidoras, localizadas perto dos principais centros de consumo. Nessas usinas o combustível já é de propriedade dos atacadistas e esses se encarregam de distribuí-lo aos postos de serviço para sua distribuição ao consumidor final. O transporte a partir dos atacadistas se realiza por meio de caminhões.

A Colômbia conta com 8.500 km de redes principais de oleodutos e polidutos para transporte de petróleo e derivados que, em média, operam a 60% da sua capacidade, já que foram dimensionados com capacidade para atender futuras demandas. O sistema conta adicionalmente com 53 estações de bombeamento espalhadas pelo território colombiano que fornece suprimento para todo o país (Figura 14). No ano de 2007, a carga feita às refinarias foi de 309.900 bpd com fator de uso de 82,6%, e transportaram-se 516.600 bpd, além de 193.000 bpd de produto refinado.

A distribuição dos derivados de petróleo na Colômbia se faz através de atacadistas e varejistas. Os primeiros estão encarregados da intermediação entre o produtor ou importador e o distribuidor varejista por meio do armazenamento. Nos terminais dos polidutos se entrega o combustível aos atacadistas, normalmente em tanque de armazenamento de propriedade desses últimos. O atacadista tem a responsabilidade de verificar a qualidade do produto e

⁸ Barris de petróleo por dia

cumprir as exigências de qualidade impostas para seu funcionamento. Em 2005 existiam 45 usinas de armazenamento de diferentes capacidades, 11 nos aeroportos que abasteciam o combustível de aviação e as outras 34 espalhadas por todo o país. O atacadista o armazena e numa parte do combustível estocado se colocam aditivos para melhorar as características. Finalmente, é distribuído aos postos de serviço dos varejistas por via terrestre. No final da cadeia do petróleo encontram-se os varejistas que em 2005 operaram mais de duas mil estações de serviço no país e são encarregados de fornecer o combustível ao consumidor final.

A distribuição dos combustíveis na Colômbia começa na refinaria de Barrancabermeja, principal centro de produção de combustíveis do país. Essa refinaria está conectada por via fluvial com a de Cartagena a segunda maior da Colômbia. Essa primeira conta com a maior capacidade de armazenamento, suficiente para fornecer a demanda de diesel do centro, Oeste e Leste do país, entregando o combustível localmente aos distribuidores atacadistas: Terpel, Esso, Móbil, Texaco e Petrobras. A refinaria está conectada pelo poliduto “Galan-Barrancabermeja” à zona Leste e por ele é fornecida toda a demanda dessa região. Um segundo poliduto de 117 km a conecta com a estação de bombeamento de “Sebastopol” do qual saem os principais polidutos da ECOPETROL: “Sebastopol Medellín-Cartago”, “Sebastopol Tocancipa” e “Sebastopol Puerto Salgar”. O primeiro poliduto passa pela estação de bombeamento de “Cisneros” e continua até Medellín, da qual sai uma linha que finaliza em Cartago, fechando o circuito de transporte da zona Oeste. A segundo poliduto “Sebastopol Tocancipa” fornece combustíveis para Bogotá e cidades próximas as quais consomem 40% da demanda nacional de diesel. Finalmente, “Sebastopol Puerto Salgar” chega até a cidade de Bogotá nas usinas de “Puente Aranda” e “Mancilla” das quais é distribuído para Cundinamarca, Meta, Casanare e Boyaca. Da estação de bombeamento de “Puerto Salgar” sai um poliduto “Gualanday – Neiva” que leva combustível ao sul do Tolima e Huila sendo o último ponto dos polidutos, o restante da região é abastecido através de caminhões. No total são mais de 3000 km de polidutos, todos de propriedade da ECOPETROL, com uma única exceção do poliduto “Medellín – Rio Negro”, propriedade da Terpel, com 28 km de comprimento (UPME, 2003).

Figura 14 - Infra-estrutura petroleira da Colômbia.
 Fonte: (ECOPETROL, 2008)

3.3.1 Infra-estrutura viária para distribuição dos combustíveis.

Devido à importância no transporte e a influência no custo final dos biocombustíveis da infra-estrutura viária, a seguir se descreve brevemente seu tamanho, estado geral na totalidade do território colombiano.

Para o Dr. Arturo Infante Villareal⁹, o potencial produtivo da Colômbia é indiscutível, mas só poderá ser uma realidade quando o campo seja mais seguro e a infra-estrutura rodoviária se expanda o suficiente para permitir o desenvolvimento das diferentes regiões do país.

A infra-estrutura viária da Colômbia é mediana e não atende à totalidade da população. A condição das vias é regular e em alguns casos não são utilizáveis durante o inverno impossibilitando o acesso a algumas regiões. Alguns departamentos usam vias de transporte alternativas para garantir o fornecimento contínuo de combustíveis e alimentos (UPME, 2003). Na Tabela 3 se apresenta a situação da rede viária do país e seu comprimento.

Tabela 3 - Rede de Vias terrestres da Colômbia (distancia em km).

DEPARTAMENTO	ESTRADAS				RODOVIAS				Total Geral
	Bom	Regular	Ruim	Total Estradas	Bom	Regular	Ruim	Total Rodovias	
ANTIOQUIA				0,00	1.089,47	353,99	115,00	1.558,46	1.558,46
ARAUCA		152,75		152,75	142,25	9,00		151,25	304,00
ATLÁNTICO				0,00	198,12	57,90		256,02	256,02
BOLÍVAR	23,00	42,96		65,96	302,27	89,00		391,27	457,23
BOYACÁ	177,43	282,00	38,70	498,13	610,96	39,47	33,00	683,43	1.181,56
CALDAS			13,00	13,00	115,86	119,24		235,10	248,10
CAQUETÁ		36,00		36,00	190,07	177,32		367,39	403,39
CASANARE	32,00			32,00	328,06	14,00		342,06	374,06
CAUCA	167,60	546,08	70,00	783,68	354,69	154,38	76,99	586,06	1.369,74
CESAR		13,20		13,20	440,86	350,71		791,57	804,77
CHOCÓ		54,00		54,00		244,00		244,00	298,00
CÓRDOBA		54,90		54,90	481,10	47,98		529,08	583,98
CUNDINAMARCA		94,30		94,30	750,06	141,19		891,25	985,55
GUAVIARE		91,00		91,00				0,00	91,00
HUILA	45,16	63,23		108,39	506,64	188,87		695,51	803,90
LA GUAJIRA		15,50		15,50	189,48	155,79		345,27	360,77
MAGDALENA		275,05	30,00	305,05	408,92	8,50		417,42	722,47
META	105,00	251,65	101,87	458,52	407,42	7,60	15,00	430,02	888,54
NARIÑO	160,00	90,40		250,40	386,06	106,21		492,27	742,67
N. SANTANDER		121,97	22,00	143,97	334,00	219,95	136,19	690,14	834,11
PUTUMAYO	108,20			108,20	27,00	137,00	57,12	221,12	329,32
QUINDÍO				0,00	72,49	37,30	10,30	120,09	120,09
RISARALDA		75,10		75,10	124,11	30,98		155,09	230,19
SANTANDER	43,50	212,68		256,18	773,21	92,31		865,52	1.121,70
SUCRE		7,00	76,00	83,00	216,64	32,00		248,64	331,64
TOLIMA				0,00	399,30	52,00	68,17	519,47	519,47
VALLE DEL CAUCA				0,00	704,10	36,10	19,15	759,35	759,35

Fonte: (MINTRANSPORTES, 2006) adaptação.

⁹ Dr. Arturo Infante Villareal⁹, Diretor do setor de biocombustíveis do Departamento Nacional de Planejamento (DNP, 2009)

No departamento de La Guajira existe uma rodovia que conecta grande parte dos municípios, também existem estradas entre os povoados e caminhos que só podem ser transitados no verão. No departamento do Atlântico, há uma rede hídrica simples, devido ao seu pequeno tamanho e ao relevo. O trânsito fluvial é intenso pelo transporte de produtos agrícolas, gado, petróleo e derivados. Conta com uma boa rede de vias entre seus municípios e o país. O departamento Magdalena é atravessado por uma das principais vias comerciais do país que une a cidade de Barranquilla com a Venezuela. Por ser um departamento costeiro e ser o ponto final de uma das principais vias fluviais que atravessa o país, conta com um moderno porto marítimo de intenso trânsito. O departamento de Córdoba tem uma comunicação entre municípios através de estradas e conta com uma via artéria que o conecta à costa e ao interior do país. A comunicação entre as populações afastadas é deficiente e em alguns casos só funciona durante determinados períodos do ano. O departamento de Cesar conta com rodovias que o comunicam com as principais cidades do país. As estradas unem os povoados e os departamentos de Norte de Santander e Magdalena. Adicionalmente tem duas vias fluviais pelos rios Cesar e Magdalena.

O departamento de Bolívar não tem rede rodoviária claramente estabelecida, o meio de transporte mais usado é fluvial através dos rios Magdalena, Cauca e San Jorge. No Norte de Santander existem várias vias que interconectam os diferentes municípios através da rodoviária Bolivariana e Panamericana que vêm desde Caracas. O Santander conta com uma aceitável rede de rodovias e estradas que conectam a maioria dos municípios. O rio Magdalena é a principal via fluvial e abarca todo o departamento. O departamento do Cauca é também atravessado pela rodoviária Panamericana que o comunica com os departamentos de Valle Del Cauca e Nariño e pela rodoviária Popayán se comunica com o departamento do Huila. Todos os municípios estão interconectados entre eles e com os departamentos fronteiriços. O Oceano Pacífico permite a navegação de pequenos navios entre os municípios costeiros. O departamento de Nariño tem uma boa rede de vias, que permite a comunicação entre os municípios interiores e os departamentos fronteiriços, além de ser o ponto de conexão com o Equador. No Valle del Cauca todos os municípios se comunicam entre eles por estradas e estão conectada às principais cidades do país. O rio Cauca permite a navegação de pequenos barcos, entretanto é pouco usado.

O departamento de Cundinamarca é atravessado pela rede rodoviária nacional permitindo a comunicação com a maioria das cidades do país. No caso de Caquetá, conta com duas vias principais, uma delas marginal à selva, outra atravessa parte do nordeste e sudeste e

a interdepartamental que comunica o departamento com Neiva e a capital do país. A rede de vias não passa pelo Centro nem Leste do departamento, devido a isso a rede fluvial se constitui no principal meio de transporte. O departamento de Casanare tem uma rede de Rodovias e estradas que conectam as principais cidades e municípios. Suas principais rodovias são Yopal, Aguazul e Sogamoso que o comunicam com os departamentos de Arauca e Meta. No departamento de Meta a rede de vias está em condições regulares. Conta com dois portos fluviais importantes desde os quais se comercializa grande parte da sua produção, esses são Puerto Lopez e Puerto Gaitan.

O sucesso do programa de biocombustíveis e o desenvolvimento rural dependem, em grande medida, da eficiência dos sistemas de transportes que, indiscutivelmente, precisam ser melhorados, não só na qualidade das vias, como no aumento da cobertura, permitindo uma interação maior e uma dinâmica comercial mais ativa.

A condição e a cobertura atual das vias do país são claramente insuficientes para suportar o desenvolvimento da agroindústria do biodiesel. É fundamental a integração dos esforços tanto do Estado como do setor privado para melhorar a condição atual do sistema viário e assim maximizar a eficiência do processo, diminuir consideravelmente os custos de produção e diminuir as emissões de CO₂ relativas ao transporte de matéria-prima e produto acabado.

3.4 Atores do mercado nacional dos combustíveis.

No mercado dos combustíveis na Colômbia existe um único vendedor de combustível que é a ECOPETROL que disponibiliza a quantidade demandada a um preço regulado pelo governo sempre menor que o preço internacional e muitos compradores com uma demanda relativamente inelástica, produz e importa a quantidade requerida pela demanda.

Segundo Rincón (2004), os atores do mercado dos combustíveis na Colômbia são os seguintes:

- A ECOPETROL é uma empresa mista, majoritariamente do Estado e fornece 100% da demanda nacional de combustíveis com os volumes que produz ou importa. Atualmente, o preço da produção (renda do produtor), como o preço de venda ao distribuidor atacadista são regulados. Na atualidade, o preço pago ao produtor de combustíveis é menor que o mercado internacional, esta diferença é assumida pela empresa e é entendido como subsídio ao

consumidor final do combustível. Entretanto, se o preço for menor, a empresa tem retribuição econômica já que o petróleo usado nas refinarias é próprio, mas no caso de ser importado o prejuízo econômico seria insustentável para qualquer empresa estatal.

- Os consumidores são os usuários dos veículos particulares e públicos que pagam preços inferiores aos do mercado.
- Os fornecedores atacadistas compram os combustíveis diretamente da ECOPETROL nas plantas de abastecimento. Eles são os primeiros da cadeia de distribuição e a entrada desses agentes é livre, mas seu lucro e preço de venda são regulados.
- Os fornecedores varejistas compram dos atacadistas diretamente e são os segundos na cadeia de distribuição, sua entrada também é livre. Seu lucro é regulado ou livre em função da região na qual eles estejam localizados, mas o preço máximo de venda ao consumidor final é regulado e atualizado mensalmente pelo órgão regulador.
- Os transportadores estão encarregados de levar os combustíveis através da cadeia e seu lucro é regulado. Esse transporte se realiza por polidutos, majoritariamente de propriedade da ECOPETROL e em caminhões em sua totalidade de empresas particulares. O transporte por caminhão é feito de acordo com as tarifas reguladas pelo Ministério de Minas e Energia para as principais cidades, na qual opera o Regime de Liberdade Vigida. No resto do país o transporte também é feito por caminhão, mas as tarifas são estabelecidas pelos Comitês Municipais de Preços que funcionam nas capitais de cada departamento. Esse sistema é conhecido como Regime de Liberdade Controlada.
- O governo central, os departamentos e os municípios têm a função de tributar os combustíveis. O governo central por meio do imposto global aos combustíveis e o Imposto ao valor agregado (IVA), e os outros por meio das sobretaxas.
- O Ministério de Minas e Energia é o agente regulador do mercado dos combustíveis na Colômbia. Seus objetivos são formular e adotar políticas, planos gerais, programas e projetos para o ótimo desenvolvimento do setor. Uma das suas principais funções é fixar os preços dos derivados do petróleo.

- As prefeituras, o Ministério de Minas e Energia e a Superintendência de Indústria e Comércio estão encarregados da supervisão e controle do mercado e dos preços dos combustíveis. As primeiras dos postos de serviço, o segundo dos distribuidores e da ECOPETROL e o terceiro da liberdade de mercado.
- Os produtores de biodiesel são os participantes mais novos e sua entrada no mercado é regulada, assim como os preços de venda, e o lucro é fixado mensalmente. O biodiesel, em princípio, seria vendido diretamente às refinarias, mas posteriormente se decidiu fazer a mistura nos tanques de armazenamento dos atacadistas.

Os combustíveis, biocombustíveis, assim como o óleo de palma devem ser transportados por via terrestre em uma parte da cadeia, portanto, é de vital importância para o sucesso do programa fortalecer a infra-estrutura viária existente na Colômbia.

4 O BIODIESEL

Neste capítulo se resume o início dos óleos vegetais e do biodiesel como combustível, assim como as principais técnicas usadas para sua produção e a descrição de cada uma das matérias-primas usadas no processo. Adicionalmente, se indicam as vantagens e desvantagens do uso em motores de combustão. Com isso se pretende mostrar a evolução e disponibilidade de tecnologia eficiente para produção de biodiesel e os benefícios gerais que este combustível oferece.

4.1 Aspectos históricos.

O biodiesel se define como um combustível constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos principalmente da reação da transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool (metanol ou etanol), em presença de um catalisador. Os triglicerídeos provêm de fontes renováveis, como óleos vegetais e gorduras animais, entre as mais usadas. Atualmente, se apresenta como substitutivo ao diesel de origem fóssil, já que tem propriedades semelhantes, não sendo, portanto, necessário modificar a estrutura física dos motores nos quais é utilizado.

O primeiro registro existente do uso de material vegetal em um motor de combustão interna foi no final do século XVIII, quando Rudolph Diesel apresentou o primeiro motor que utilizava óleo de amendoim “in natura” como combustível, demonstrando o potencial dos óleos vegetais como fonte energia. Mas o desaparecimento de Rudolph Diesel em 1913 e o crescimento da indústria dos hidrocarbonetos levaram ao desuso dessa fonte e à adaptação da tecnologia desenvolvida a fontes fósseis, fazendo perder o interesse nesse combustível de característica renovável.

Na metade da década de 70, o mundo presencia uma crise energética resultado de conflitos políticos nos principais países fornecedores de petróleo, levando a uma reativação de pesquisas no uso de combustíveis renováveis que substituam os fósseis. Na América do Sul, o Brasil liderou o desenvolvimento das fontes renováveis, sendo o único país a ter sucesso na implementação de um programa eficiente e sustentável. Criou o programa Proálcool – Programa Nacional do Álcool, usando como fonte a cana-de-açúcar para a produção de etanol e, em 1980, adicionalmente, o Proóleo - Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos. A partir daí, o álcool evoluiu até alcançar proporções internacionais de comércio. No caso do Proóleo foram realizados estudos sobre a utilização dos óleos vegetais,

já que seu objetivo era a substituição do diesel por óleos vegetais em mistura de até 30% em volume, procurando no futuro a total substituição do combustível fóssil (PARENTE, 2003). Dos estudos realizados posteriormente, descobre-se que o uso direto dos óleos vegetais nos motores ocasiona uma série de problemas, dos quais se destaca a formação de gomas durante a combustão. Em resposta, foram desenvolvidas diferentes tecnologias para converter óleos vegetais em combustíveis similares aos existentes evitando esses problemas.

Em outubro de 1980 foi anunciada no Centro de Convenções de Fortaleza no Brasil, pelo Núcleo de Fontes não Convencionais de Energia, da Universidade Federal do Ceará, a descoberta do Prodieisel (hoje em dia nomeado biodiesel), definido como uma mistura de ésteres lineares de ácidos graxos, obtidos a partir de óleos vegetais (MACEDO; NOGUEIRA, 2004).

A partir daquele momento cresceu uma nova expectativa na América do Sul de desenvolvimento de programas de biodiesel e tecnologias que aperfeiçoam a produção dessa nova fonte de energia renovável.

4.2 Técnicas de produção.

Devido ao crescente interesse no biodiesel, surgem tecnologias desenvolvidas para converter óleos vegetais em combustível, destacando-se o craqueamento térmico, a esterificação e a transesterificação (DEMIRBAS, 2008).

Assim, o craqueamento térmico é o processo baseado na conversão de uma substância em outra por aquecimento, na ausência de ar ou oxigênio, a temperaturas superiores a 450 °C, sendo que por vezes ainda utiliza-se um catalisador para facilitar a quebra das ligações químicas, gerando moléculas menores. Os produtos podem ser destilados e separados de acordo com seu peso molecular, podendo ser obtidas frações equivalentes ao gás liquefeito de petróleo, à gasolina e ao diesel (WEISZ et al, 1979). Esse processo foi considerado inviável economicamente, devido ao alto consumo energético e ao custo dos equipamentos. Essa tecnologia está sendo pesquisada no Brasil, na Universidade de Brasília em uma unidade de craqueamento que utiliza óleo de palma como matéria-prima.

A esterificação é uma reação entre ácidos graxos livres e alcoóis de baixo peso molecular, principalmente, metanol e etanol, na presença de um catalisador ácido ou básico. A catálise ácida apresenta como desvantagem a dificuldade de remoção do resíduo de catalisador do material esterificado. Durante a lavagem da mistura obtida para retirada do catalisador, parte dos ácidos graxos esterificados é perdida por arraste, reduzindo o

rendimento do processo. Uma forma de diminuir esse problema é a utilização de catalisadores heterogêneos, que minimizam os custos de separação e purificação, tornando o processo mais atrativo. A catálise básica apresenta como problema a priorização para reagir com os ácidos graxos livres formando sabão. Esse, quando formado, desfavorece a reação de esterificação, favorecendo o surgimento de emulsões entre o álcool e o ácido graxo (VAN GERPEN, 2005).

Segundo Van Gerpen (2005), a tecnologia da transesterificação é a mais aceita comercialmente devido à relação entre economia e eficiência. É uma reação entre um óleo ou gordura e um álcool simples de cadeia curta, com a presença de um catalisador ácido ou básico, formando ésteres de ácidos graxos e como co-produto o glicerol. Por ser uma reação reversível, faz-se necessário um excesso de álcool para forçar o equilíbrio da reação no sentido direto, visando o aumento do rendimento da conversão e permitindo a posterior separação dos ésteres do glicerol (Figura 15).

Figura 15 - Equação da obtenção de biodiesel através da transesterificação.
Fonte: (VAN GERPEN et al., 2004)

Na Figura 16, está indicado o fluxograma do processo produtivo do biodiesel por transesterificação, detalhando as diferentes fases pelas quais passa o óleo vegetal até ser transformado em combustível com qualidade similar ao diesel.

Figura 16 - Processo para a obtenção de biodiesel através da transesterificação.
 Fonte: (VAN GERPEN et al., 2004) Elaboração própria.

4.3 Matéria-prima

Para a produção de biodiesel são empregadas principalmente três matérias-primas: os ácidos graxos, o catalisador e o álcool. A fonte de cada um desses elementos pode variar, assim como a interação entre eles, influenciando diretamente os rendimentos e a eficiência do processo. A seguir são descritas as diferentes fontes dessas matérias-primas e suas características.

4.3.1 Ácidos graxos

A principal matéria-prima do biodiesel são os ácidos graxos e esses podem ter como origem os óleos vegetais, óleos e gorduras residuais e as gorduras de animais, já que na sua composição e estrutura são similares e o biodiesel obtido deles não apresenta variações relevantes (Figura 17). Nas fontes vegetais o óleo ou gordura pode estar contido no fruto, na

noz ou na semente, já no caso das fontes animais estão contidos no leite, na pele, nos músculos e em outros órgãos.

Figura 17 - Fontes e processos produtivos dos óleos e gorduras.

Fonte: (PARENTE, 2003) Elaboração própria.

As principais fontes e características dessas matérias-primas são:

- A gordura animal tem estrutura química semelhante à dos óleos vegetais, pois são constituídas por triglicerídeos de ácidos graxos. Entretanto, aquelas diferem na distribuição desses elementos, quando há combinação com o glicerol. As principais gorduras animais, passíveis de serem transformadas em biodiesel são o sebo bovino, os óleos de peixes, o sebo do frango e a banha de porco (SANTOS, 2007).
- Igualmente é matéria-prima para a produção de biodiesel, o óleo e gordura residual obtido de processamentos domésticos, comerciais ou industriais. As principais fontes são as cozinhas industriais, comerciais e domésticas, as indústrias nas quais se processam frituras de produtos alimentícios, os esgotos municipais e as águas residuais de processos de certas indústrias alimentícias (PARENTE, 2003).
- Finalmente, a principal fonte de matéria-prima no mundo para biodiesel é o óleo vegetal, devido à sua capacidade de produção em grande escala. Esse

pode ser obtido do grão de amendoim, polpa de palma, caroço de algodão, grão de soja, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, semente de pinhão manso, dentre outros. A escolha do óleo vegetal varia de acordo com os cultivos e aptidões regionais, por isso cada país elabora o biodiesel a partir da matéria-prima mais favorável sob suas próprias condições.

4.3.2 Metanol e Etanol

Segundo Dornelles (2005), para a produção de biodiesel o álcool é um dos principais produtos usados na transesterificação e por condições técnicas e econômicas as usinas utilizam geralmente o metanol, tecnologia originária da Europa e copiada pelo resto do mundo. Contudo, ele apresenta desvantagens devido à sua instabilidade, alta toxicidade e proveniência de fontes não renováveis, esse último aspecto cria uma dependência de outro derivado fóssil. O etanol apresenta a vantagem de ser produzido a partir de fontes renováveis e absorver CO₂ durante a etapa de cultivo. Adicionalmente, brinda a possibilidade de ser produzido no país, de não ser tóxico e de ser facilmente manipulado devido à sua estabilidade.

Contudo, a transesterificação etílica é significativamente mais complexa do que a metílica já que o aumento da cadeia carbônica do álcool utilizado necessita de uma maior quantidade de álcool. O processo leva mais tempo e apresenta dificuldades na separação das fases (Tabela 4). Sob o ponto de vista objetivo, as reações químicas utilizando metanol ou etanol são equivalentes, uma vez que os ésteres obtidos de ambos os alcoóis têm propriedades similares entre eles e ao diesel de origem fóssil, portanto, são denominados biodiesel (PARENTE, 2003)

Tabela 4 - Comparação entre as rotas metílica e etílica

Quantidades e Condições Usuais Médias Aproximadas	Rotas de Processo	
	Metílica	Etílica
- Quantidade Consumida de Álcool por 1.000 litros de biodiesel	90 kg	130 kg
- Preço Médio do Álcool, US\$ / kg	190	360
- Excesso Recomendado de Álcool, recuperável, por destilação, após reação	100%	650%
- Temperatura Recomendada de Reação	60°C	85°C
- Tempo de Reação	45 minutos	90 minutos

Fonte: (PARENTE, 2003)

Segundo Vianna (2006), atualmente o álcool mais utilizado na produção do biodiesel é o metanol, mas a disponibilidade e fácil acesso do etanol de origem renovável nos países que o produzem podem ser variáveis de peso que motivem o desenvolvimento tecnológico, viabilizando o aumento da utilização desse álcool no processo de transesterificação.

Candeia et al. (2006) realiza provas de laboratório com a finalidade de comparar o processo de obtenção do biodiesel usando como variável o álcool de processo (álcool metílico e álcool etílico). Os autores analisaram tempos de reação para cada álcool e concluíram que o tempo necessário para o processo utilizando a rota etílica é duas vezes superior ao tempo da rota metílica. Além do mais, determinaram as taxas de conversão do processo que para a rota metílica foi de 98,1%, enquanto que para a rota etílica foi de 96%. Para NAE (2005), os ésteres metílicos apresentam melhor desempenho em relação aos ésteres etílicos, entre as quais está a maior taxa de conversão, o menor conteúdo de glicerina, a menor perda de potência e o menor consumo de combustível. A presença de glicerina no motor causa entupimento dos bicos injetores, desgaste prematuro das partes internas do motor, diluição do óleo lubrificante, queima irregular e eficiência térmica reduzida.

Apesar das diferenças, o uso do etanol é preferível uma vez que é um produto oriundo da agricultura, que pode ser auto-produzido, biodegradável e assim, menos agressivo ao meio ambiente (SANTOS, 2007).

Na Colômbia as usinas foram adequadas para rotas metílicas, mas a empresa de origem nacional Biocastilla, afirma ter desenvolvido uma tecnologia de rota etílica economicamente eficiente na produção de ésteres etílicos¹⁰.

4.3.3 Catalisadores

Os catalisadores utilizados podem ser enzimáticos, ácidos ou alcalinos. As enzimas como catalisadores oferecem algumas vantagens em relação aos catalisadores ácidos e alcalinos, dentre elas, estão a menor sensibilidade à presença de água, a melhor recuperação do catalisador e a facilidade na separação do biodiesel. Essa tecnologia, entanto, ainda está sendo desenvolvida. O catalisador ácido mais comumente empregado é o ácido sulfúrico, mas a velocidade da reação é lenta comparada ao uso de catalisadores alcalinos. Por outro lado, a catálise alcalina é muito rápida, gerando bons rendimentos, em geral superiores a 90%, em relação à quantidade de óleo utilizado. Entretanto, os catalisadores básicos são muito

¹⁰ De acordo com o gerente geral Carlos Bueno Trujillo (BUENO, 2009)

sensíveis à presença de água e ácidos graxos livres, os quais, mesmo em teores reduzidos, afetam o rendimento da reação, pois consomem o catalisador formando géis e sabões. Atualmente, o hidróxido de sódio ou soda cáustica são os catalisadores mais usados nos estudos mundiais, tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado (VIANNA, 2006).

4.4 Impacto Ambiental.

Segundo Lapuerta (2007), os combustíveis utilizados no transporte rodoviário estão sujeitos a regulamentações cada vez mais rigorosas (UNE EN-590 na Europa, ASTM D 975, em E.U.A.). Nos últimos anos, a redução do conteúdo de enxofre é a maior das restrições (50 ppm atualmente, 10 ppm em 2009 na Europa), tendo consequências econômicas sobre a indústria dos combustíveis e no preço de venda ao consumidor final. Adicionalmente a oscilação do preço do petróleo e a ausência de taxas dos biocombustíveis, dependendo do país, abriram o caminho para a comercialização do biodiesel. Ele se tornou uma ferramenta útil para o combate do impacto do transporte nas alterações ambientais e câmbios climáticos (considerado como uma das principais fontes de emissões). O impacto positivo do biodiesel será ainda maior nos países nos quais há um aumento drástico do consumo do diesel, como a Colômbia, o que em consequência leva a um desequilíbrio na produção de combustível das refinarias, implicando elevados custos adicionais, que podem ser evitados com as misturas.

O diesel produzido na Colômbia está considerado entre os de menor qualidade, devido ao seu alto conteúdo de enxofre. Na média nacional, chega a ter até 4500 ppm e somente na região da capital, é comercializado um diesel especial chamado “Diesel Extra”, que chega a ter até 1200 ppm (Tabela 5 e 6). A referência média mundial é de 500 ppm, como no caso do Brasil nas maiores cidades e na Europa entre 10-15 ppm (PETROBRAS, 2008). Nos anos de 2008 e 2009 o governo Colombiano tentou reformar a principal usina de refino de petróleo para aumentar sua capacidade de produção e diminuir o conteúdo de enxofre no diesel, mas devido aos problemas econômicos e técnicos dos licitantes, desistiu do projeto mantendo as características do combustível até hoje.

Devido aos elevados custos dos processos para retirar o enxofre, o preço do diesel extra é maior e faz com que parte dos usuários do diesel de Bogotá prefira abastecer nas periferias da cidade com combustível diesel comum (com conteúdos de enxofre altos), evitando o custo adicional e virando inútil o esforço por reduzir as emissões desse poluente. Além do enxofre, outro problema importante é a emissão de material particulado ao ambiente

que, somente na cidade de Bogotá, na qual o consumo de diesel equivale a 12.200 barris diários, emitem-se sete toneladas de particulados ao dia (RUEDA, 2007).

Tabela 5 - Características físicas do Diesel Extra comercializado na Colômbia.

Produto: Diesel Extra				
Referência	ASTM D 975 / Resolução 1565/2004, Resolução 182087/2007			
Atualização	15 de Janeiro de 2008			
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Água e Sedimento	PPM	ASTM D 1796		500
Enxofre	PPM	ASTM D 4294		1200
Aromáticos	mL/100 MI	ASTM D 5186		35
Cinzas	PPM	ASTM D 482		100

Fonte: (ECOPETROL, 2007)

Tabela 6 - Características físicas do Diesel Comum comercializado na Colômbia.

Produto: Diesel Comum				
Referência	ASTM D 975 / NTC 1438 (Norma Técnica Colombiana) / Resolução 1565/2004, Resolução 182087/2007			
Atualização	16 de Janeiro de 2008			
Características	Unidades	Métodos	Mínimo	Máximo
Água e Sedimento	PPM	ASTM D 1796		500
Enxofre	PPM	ASTM D 4294		4500
Aromáticos	mL/100 mL	ASTM D 5186		35
Cinzas	PPM	ASTM D 482		100

Fonte: (ECOPETROL, 2007)

Atualmente, pode-se dizer que economia e ecologia não são mais excludentes, visto que as empresas podem tomar medidas de proteção ao meio ambiente sob o ponto de vista de mercado. A preocupação em torno das alterações climáticas é crescente e tem convergido para políticas globais de redução da poluição, nas quais se observa a necessidade da transição para uma nova matriz energética, que substitua parcialmente o petróleo como única matéria-prima.

Recentemente têm havido indícios de que o ser humano passou a compreender que o meio ambiente é o responsável pelo oferecimento das condições essenciais para a sua sobrevivência e evolução, e que se faz necessário preservá-lo, pois, do contrário, estaremos no caminho do esgotamento dos recursos vitais (VIANNA, 2006).

De acordo ao IPCC (2001), com a taxa atual de crescimento emissão de N₂O, nos próximos cinquenta anos, haverá um aumento maior do nível de N₂O do que nos três séculos anteriores, influenciado principalmente por ações do homem. Estima-se que as emissões globais de N₂O aportadas por ações antrópicas sejam de 7*10⁹ kg de nitrogênio ao ano. Para

IPCC (2005), as emissões globais de N₂O, derivadas do uso do solo, se concentram principalmente nas florestas, as quais produzem grandes quantidades de biomassa que durante seu processo de decomposição libera entre 2,2 e 3,7 Mt N/ano o equivalente a 0,6 – 1,0 Gt Ceq/ano (2,2 – 3,7 Gt CO_{2eq}/ano). Os solos cultivados também fazem um aporte considerável às emissões de N₂O, eles podem aportar entre 1,8 Mt N/ano e um valor máximo de 5,3 Mt N/ano (1,8 – 5,1 Gt CO_{2eq}/ano), fazendo dessa a maior fonte desse gás.

Além do N₂O existem outros gases (CO₂, CH₄, CFC e O₃) conseqüentes da ação antropogênica, que aumentam o impacto no balanço de entrada e saída de radiação solar do planeta, resultando no aquecimento da superfície da Terra. Segundo Cotton (1995), com a taxa de crescimento atual das emissões desses gases, se prevê um aumento da temperatura média global de 0,3 °C por década, com uma incerteza de 0,2 °C a 0,5 °C por década. Assim, no ano 2100 o aumento da temperatura global estaria na faixa de 1,0 a 3,5 °C.

O CO₂, entre outros, é um dos compostos considerados nocivos à atmosfera e responsável do efeito estufa, assim como da interação e liberação de carbono na atmosfera. São consideradas fatores de principal atenção no tema das mudanças climáticas. A dinâmica dos ecossistemas terrestres depende das interações entre diversos ciclos biogeoquímicos, principalmente do ciclo do carbono, dos ciclos dos nutrientes e o ciclo hidrológico. Os ecossistemas terrestres desempenham um papel primordial, já que capturam carbono da atmosfera e o armazenam na biomassa viva, na matéria orgânica em decomposição e no solo. O carbono é trocado de forma natural entre esses ecossistemas e a atmosfera por meio dos processos de fotossínteses, respiração, decomposição e combustão. Esses podem ser alterados pelas atividades antrópicas, liberando o carbono ali estocado pelo excesso e mudança do uso do solo, atividades florestais, processos extrativos de recursos fósseis e uso para produção de energia (IPCC, 2000).

Na Tabela 7, ilustra-se o aporte dos principais gases ao aquecimento global, destacando-se a contribuição do CO₂ e a taxa de crescimento do CFC.

Tabela 7 - Contribuição dos principais gases ao efeito estufa.

Poluente	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC	O ₃	CO
Taxa anual de aumento (%)	0,5	0,9	0,3	4	0,5 – 2,0	0,7 – 1,05
Contribuição ao EE antrópico (%)	60	15	5	12	8	-

Fonte: adaptado de Krupa (1997)

O efeito do CO₂ e do N₂O na atmosfera tem como consideração adicional o tempo de vida na atmosfera que pode chegar até 200 e 150 anos respectivamente (KUPRA, 1997).

De acordo a EMBRAPA (1999), as atividades agrícolas historicamente têm sido responsáveis pelas emissões representativas na atmosfera devido à mudança no uso do solo e às práticas inadequadas, já que os solos constituem um importante reservatório de carbono ativo, orgânico e inorgânico, e desempenham um importante papel no ciclo do carbono global. O CH₄ e o N₂O são os principais gases emitidos pelo setor agropecuário, contribuindo com 15% e 6%, respectivamente, para o efeito estufa (COTTON; PIELKE,1995).

Estima-se que das emissões totais de N₂O pelas atividades agropecuárias, correspondem 61% aos solos cultivados, 9% da queima de biomassa, 7% dos dejetos da pecuária e 23% de fontes agroindustriais. O crescimento acelerado da área cultivada e as técnicas inadequadas de cultivo podem resultar em maior impacto nocivo na atmosfera, portanto os programas devem ser considerados e estudados de forma mais detalhada, para determinar o balanço real de cada uma das etapas de produção, e verificar se realmente existem vantagens ambientais a partir da implantação do programa do biodiesel (EMBRAPA, 1999). Santos (2007) concorda que devido ao efeito causado por esses poluentes, torna-se necessário considerar as mudanças no crescimento da emissão desses gases devido ao incremento da produção agrícola para produção do biodiesel que dependerá da classe de oleaginosa, da taxa de absorção de CO₂ da cultura, dos requerimentos de nitrogênio na fertilização, do álcool utilizado e da quantidade de biodiesel usada para substituir o diesel.

Neste contexto, o biodiesel surge como a alternativa mais representativa ao diesel, com a capacidade de reduzir o impacto ambiental decorrente do uso de combustíveis fósseis. Esse é um combustível derivado de fontes renováveis, como palma, girassol, soja, mamona dentre outras oleaginosas. Segundo Holanda (2004), o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões líquidas de gás carbônico, em 90% as emissões de fumaça e, praticamente, eliminar as emissões de óxido de enxofre.

Santos (2005) ratifica que o uso do biodiesel apresenta várias vantagens ambientais em relação ao diesel. A primeira é ter um ciclo de carbono fechado devido à captura que a planta faz do ambiente durante o tempo de vida e, posteriormente, esse é liberado na combustão do biodiesel; a segunda é ter um balanço energético positivo, ou seja, a energia solar armazenada na planta é maior que a energia consumida para produzir o biodiesel; a terceira é que devido à ausência do enxofre, o uso de catalisadores na reação de transesterificação torna-se viável; e a quarta é a redução dos riscos de contaminação da água, do solo e da emissão da maioria dos poluentes. Adicionalmente, o biodiesel apresenta uma vantagem técnica e ambiental já que tem propriedades lubrificantes que previnem o desgaste

do motor, função que no diesel convencional era cumprida pelo enxofre, sendo esse um dos principais poluentes do ar.

Na Figura 18, apresenta-se o balanço energético para os principais combustíveis fósseis, para o etanol e biodiesel de diferentes matérias-primas. Segundo a FAO (2008), o biodiesel de palma oferece a melhor relação entre energia consumida e energia fornecida frente a outras matérias-primas. É importante aclarar que esses resultados só serão obtidos em condições ótimas de produção e processos eficientes de transformação.

Figura 18 - Balanço energético dos combustíveis líquidos.
Fonte: (FAO, 2008)

A redução de emissões nos biocombustíveis está condicionada à mudança do uso do solo, o uso de fertilizantes que emitem NO_2 e o uso do metanol ou etanol no processo, entre outros, que produzem emissões consideráveis de poluentes durante sua produção, gerando quantidades maiores que as absorvidas (RAMIREZ, 2008). Santos (2007) concorda que as atividades agrícolas em larga escala têm a tendência de produzir efeitos prejudiciais ao meio ambiente, entre as quais estão a contaminação dos solos, das águas e do ar, dependendo do

sistema de produção empregado. Dentre os efeitos nocivos, decorrentes de práticas agrícolas inadequadas, encontram-se o aumento da emissão de gases de efeito estufa como, por exemplo, os óxidos de nitrogênio, genericamente denominados de NO_x , (óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2)). Igualmente, EMBRAPA (1999) afirma que o aumento das adições de fertilizantes nitrogenados sintéticos aos solos cultivados tem sido o principal responsável pelas crescentes emissões de N_2O na atmosfera. Contudo, o uso de coberturas vegetais aumenta a taxa de fixação do N no solo ao impedir que se volatilize em quantidades menores na atmosfera e transformando-se em fonte desse nutriente na sua decomposição, diminuindo a aplicação de fertilizantes sintéticos (SCHOMBERG, 1994).

Finalmente, Vianna (2006) complementa afirmando que as implicações tóxicas no ciclo de vida do biodiesel de palma estão relacionadas, principalmente, ao óleo de palma e ao etanol anidro. Isso ocorre devido ao uso de fertilizantes e defensivos nas culturas da cana-de-açúcar e da palma. Entretanto, a quantidade de fertilizante utilizada nas duas culturas é reduzida, pois ocorre reaproveitamento dos resíduos da obtenção do óleo e do álcool para tal função e, no que se refere aos defensivos, o emprego na cultura da palma é baixo.

Segundo Santos (2005), observa-se uma relação direta entre as emissões de NO_x e a potência desenvolvida pelo motor. Assim, quando a potência é aumentada, a emissão de NO_x aumenta e quando a potência é diminuída, as emissões de NO_x se reduzem. Concluindo que, diferentemente das emissões de CO, que permanecem relativamente constantes, as emissões de NO_x tendem a ser diretamente proporcionais à potência desenvolvida.

Segundo as pesquisas realizadas por Scharmer (2001), o biodiesel apresenta em geral, redução dos principais poluentes. Esta redução varia entre 10 a 40% por poluente, com referência ao diesel, e só no caso dos NO_x apresentou-se um aumento de até 15%. Em geral, pode-se concluir que se atingem os limites de emissões e que na maioria dos casos ocorre uma redução da emissão de poluentes. Santos (2007) confirma que o aumento das emissões de NO_x está diretamente relacionado à proporção do biodiesel empregado na mistura. Estima-se que o aumento das emissões de NO_x variara entre 6% e 12% para o biodiesel.

Lapuerta (2007) afirma que os motores construídos atualmente são regulados para trabalhar com a viscosidade do diesel, mas quando é usado biodiesel (com viscosidade maior), gera-se um avanço entre a injeção e a combustão no cilindro do motor, o que resulta na emissão de maiores quantidades de óxidos nitrosos. Esse aumento das emissões pode ser solucionado atrasando a injeção para reduzir a pressão e a temperatura, reduzindo as emissões desse poluente e aumentando a potência, conseqüentemente.

Adicionalmente, a maior lubricidade do biodiesel diminui a fricção das peças internas, produzindo menor esgotamento e aumento relativo da potência.

Em qualquer caso, o biodiesel se torna uma ferramenta poderosa para reduzir as emissões de CO₂ do transporte, que é considerado o responsável por 23% das emissões de gases nos países do Anexo I do Protocolo de Kyoto, além de potencial para reduzir emissões químicas. Entretanto, os efeitos do biodiesel como já foi mencionado são específicos para cada poluente e dependem do motor, da velocidade, das características de carga, assim como das condições ambientais da produção do biodiesel (LAPUERTA, 2007).

Lapuerta (2007) verifica que as emissões de óxidos de nitrogênio (NO) e do material particulado (PM) são as mais significativas em motores diesel, devido à alta temperatura da chama e à combustão difusa na câmara de combustão. Indica que as tecnologias existentes dos motores de ciclo Otto estão próximas aos limites permitidos pelos regulamentos para essas emissões, e que serão ainda mais rigorosas no futuro próximo, de acordo as metas propostas pelos governos. Trata-se de um incentivo importante para o desenvolvimento de novos motores capazes de usar biodiesel 100% tendo reduções consideráveis desses poluentes e que cumpram com as exigências ambientais impostas.

Considerando as tendências mundiais de redução das emissões de poluentes, no caso de uso de biodiesel em grande escala, deve-se pensar em alternativas que visem à redução da formação desse poluente ou até mesmo tecnologias de pós-tratamento dos gases de escapamento como, por exemplo, os catalisadores. Atualmente, existem tecnologias e equipamentos alternativos capazes de reduzir a emissão desse poluente, mas fica clara a responsabilidade do governo e dos usuários em difundir e implementá-las no parque automotor.

4.5 Uso em motores de ciclo diesel.

O biodiesel apresenta benefícios quando é usado em motores de ciclo diesel. Parente (2003) ressalta as vantagens do uso de biodiesel em forma de mistura ou puro nesses motores:

Inicialmente, dentro de suas propriedades químicas está o índice de cetano, que para o Biodiesel tem um valor médio de 45, enquanto, para o óleo diesel mineral, se situa em patamares mais baixos, razão pela qual o Biodiesel apresenta melhor queima em um motor diesel que o próprio óleo diesel (PARENTE, 2003).

Adicionalmente o biodiesel tem melhor lubricidade, já que diferentemente dos motores a gasolina, os motores diesel exigem que o combustível tenha propriedades de

lubrificação, especialmente em razão do funcionamento da bomba, exigindo que o líquido escoante lubrifique adequadamente as suas peças em movimento, diminuindo o desgaste (PENTEADO, 2005).

Também o ponto de fluidez como o ponto de névoa do Biodiesel variam segundo a matéria-prima que lhe deu origem, como também, a do álcool utilizado na reação de transesterificação. Estas propriedades são importantes no que diz referente às temperaturas ambientes onde o combustível deva ser armazenado e utilizado. Entretanto, na Colômbia, as temperaturas não apresentam problemas de congelamento do combustível, menos ainda se o biodiesel for utilizado em mistura com o diesel (PARENTE, 2003). Igualmente, o aumento do tamanho da cadeia carbônica do biodiesel eleva o ponto de névoa, o número de cetano, reduz o teor de NOx e aumenta a estabilidade.

O ponto de fulgor do Biodiesel, quando não há presença do metanol ou etanol, é superior à temperatura ambiente sendo mais seguro. Portanto, o combustível não é inflamável nas condições normais de transporte, manuseio e armazenado (PARENTE, 2003).

O poder calorífico do Biodiesel é muito próximo ao poder calorífico do óleo diesel mineral. A diferença média, em favor do diesel, situa-se em torno de somente 5% (PARENTE, 2003).

Outra vantagem é não conter enxofre na sua composição, elemento indesejável em qualquer combustível que forma compostos que promovem o desgaste dos motores, seja através de corrosão ou de depósitos. Os óxidos de enxofre, resultantes da combustão, formam ácido sulfúrico, na presença de água, atacando cilindros e anéis de segmento, principalmente nas fases de partida a frio e aquecimento do motor (PARENTE, 2003).

O Biodiesel não contém nitrogênio ou aromáticos, e, normalmente, contém menos que 5 ppm de enxofre devido ao catalisador; contém 11% de oxigênio, em massa, responsável pelo ligeiramente inferior poder calorífico, e contém, na combustão com o diesel, baixos valores de monóxido de carbono, particulados e de emissões de hidrocarbonetos.

O teor de NOx é ligeiramente maior, no Biodiesel do que no diesel, pelo processo de transesterificação, onde é captado ar e, conseqüentemente, nitrogênio, que, na reação, gera o NOx; esta reação não se observa no diesel de origem fóssil. Este aumento de NOx é menor que 1% (PENTEADO, 2005).

A redução de CO, fuligem e de material particulado se deve ao menor teor residual de carbono e ao maior valor de índice de cetano do biodiesel, comparado ao do diesel (PENTEADO, 2005).

5 A CULTURA DA PALMA COM FINS ENERGÉTICOS

Neste capítulo pretende-se inicialmente ilustrar de maneira geral as características morfológicas e produtivas da palma, assim como cada uma das etapas das fases agrícolas e industrial. Posteriormente,, essa informação se extrapola ao contexto nacional, mostrando o desenvolvimento do setor e a situação social, econômica e ambiental das regiões nas quais se localiza a cultura da palma. Diante disso se verifica a disponibilidade local e o potencial para produção de óleo de palma, assim como a necessidade de grandes empreendimentos agrícolas que reativem o campo e ofereçam melhores condições sociais para seus habitantes.

5.1 Aspectos gerais

A cultura de palma, em nível mundial, se apresenta como a oleaginosa comercial com maior rendimento, além do mais, oferece vantagens econômicas e ambientais frente a outras monoculturas intensivas com a mesma finalidade. A seguir se apresentam aspectos gerais para a implementação deste sistema produtivo.

5.1.1 Botânica da palma

Inicialmente a palma pode ser classificada taxonomicamente devido à posição assimétrica do embrião e à presença de somente um cotilédone na semente, na classe das monocotiledôneas (MORENO, 1984). As folhas de classe penada e a formação de frutos simples indicam que essa espécie pertence à família das palmáceas. O agrupamento das folhas em espádices unissexuadas a classifica como uma palmácea do gênero *Elaeis* (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000). Do gênero *Elaeis*, existem duas espécies: uma espécie ocorre nas Américas e a outra no continente africano (*Guineensis*). São plantas de tronco único, grosso, ereto e alto na espécie *Guineensis*, e algo inclinado na americana (LORENZI et al., 2004). Dos diversos gêneros de palma nativos, a *Elaeis* foi o único que adquiriu importância econômica e a espécie *Guineensis* constitui, atualmente, a base para a exploração agrícola intensiva.

A espécie americana é conhecida comumente como caiaué, cujo nome científico é *Elaeis oleifera*, e a africana é a palma ou dendezeiro, cientificamente denominada como *Elaeis Guineensis Jacq.* O gênero recebeu o nome de *Elaeis* com base nas palmas introduzidas na Martinica e deriva-se da palavra grega *Elaion*, que significa óleo. O

Guineensis Jacq, vem do se descobridor o botânico *Jacquin* e de sua origem atribuída à costa da Guiné, na África (HARTLEY, 1986).

Numa classificação mais recente, Lorenzi et al. (2004) incluíram a *Elaeis Guineensis Jacq* na ordem *Palmales* e na família *Arecaceae (Palmae)*. Está é uma palma que pode atingir até 20 metros de altura, com aproximadamente 24 folhas de 5 a 6 metros de comprimento. Dos frutos da palma, extraem-se duas classes de óleo: o óleo de palma obtido do mesocarpo e o óleo de palmiste, obtido da amêndoa (Figura 19). Ambos podem constituir matéria-prima para o biodiesel, porém o óleo de palma é cerca de 20% da massa do fruto contra 1,5% do óleo de palmiste.

Em resumo:

Classe: *Monocotiledônea*

Ordem: *Palmales*

Família: *Arecaceae (Palmae)*

Gênero: *Elaeis*

Espécie: *Elaeis guineensis Jacq*.

Figura 19 - Óleo cru de palma e palmiste.
Fonte: (FEDEPALMA, 2006)

A palma ou *Elaeis Guineensis Jacq* apresenta melhor desenvolvimento em regiões tropicais e equatoriais, com clima quente e úmido, precipitação elevada e bem distribuída ao longo do ano. Essa espécie é encontrada naturalmente dispersa na África, desde o Senegal até

Angola, sendo as populações mais densas encontradas na Costa do Marfim, Camarões e Zaire. É comercialmente utilizada por ter alta produtividade em óleo. É uma palma com raízes fasciculadas, estipe (tronco) ereto, escuro, sem ramificações, anelado (devido a cicatrizes deixadas por folhas antigas). As folhas têm bases recobertas com espinhos.

Seu sistema radicular na idade adulta é fasciculado, constituído de 8.000 a 10.000 raízes adventícias primárias, com 4 a 10 mm de diâmetro, emergindo principalmente da base do tronco. A maioria das raízes é encontrada na faixa de 20 a 60 cm de profundidade, próximo à base (FERWERDA, 1975).

O tronco é ereto e sem ramificações, sendo denominado de estipe, espesso na juventude, nas plantas velhas torna-se mais fino e marcado por cicatrizes e restos de pecíolos de folhas já caídas. O tronco é uma coluna de diâmetro quase constante, que se prolonga do bulbo radicular (CONCEIÇÃO; MULLER, 2000). Pode alcançar 30 m de altura, porém, em condições de florestas, é raro atingir mais de 20 m. O diâmetro médio é de 22 a 75 cm, com variações em função da espécie, do cultivar e do ambiente (GONÇALVES, 2001).

As folhas são encontradas na parte superior do estipe, aproximadamente 35 a 50 folhas, geralmente pinadas, medindo de 5 a 7 m e pesando de 5 a 8 kg cada uma (SURRE; ZILLER, 1969). A copa é constituída de 40 a 50 folhas abertas e um cone central com primórdios foliares em vários estágios de desenvolvimento (GONÇALVES, 2001). O ritmo de emissão foliar e de produção de cachos de palma varia segundo a idade e com as condições edafo-climáticas (HARTLEY, 1986). Em um ano uma palmeira emite aproximadamente 24 folhas e produz de 4 a 20 cachos.

A palma é uma planta monóica, ou seja, as flores masculinas e femininas são produzidas na mesma planta, mas separadas, nesse caso em inflorescências masculinas e femininas. Cada grupo de inflorescências possui os dois sexos, porém um deles fica, quase sempre, rudimentar. A razão sexual (relação entre o número de inflorescências femininas e o número total de inflorescências) vai diminuindo conforme aumenta a idade da planta. Se o clima é favorável, a razão sexual é elevada, mas uma severa eliminação de folhas reduz bastante o número de cachos produzidos por alguns meses (CONCEIÇÃO; MÜLLER, 2000).

Os frutos da palma são mais ou menos esféricos e alongados, o que o torna protuberante no topo. Tem 2 a 5 cm de comprimento e 3 a 30 g de peso. O exocarpo é brilhante, liso, encimado pelo estigma lenhoso persistente. O fruto imaturo possui coloração que varia de violeta-escura a preta e a metade inferior é marfim. A metade superior apresenta cor marrom durante o amadurecimento, podendo variar com o grupo (GONÇALVES, 2001).

De acordo com Surre e Ziller (1969), o fruto está composto da superfície para o interior, dos seguintes componentes:

- a. Exocarpo ou epiderme, ou casca do fruto, é liso, brilhante e fino;
- b. Mesocarpo ou polpa tem coloração amarela ou alaranjada, é muito oleoso e contém estreitas fileiras de fibras. Dele se extrai o óleo de palma (40 a 60% da massa fresca do fruto);
- c. Endocarpo ou coque é muito duro, de cor negra, envolvido por fibras aderentes.
- d. Endosperma (ou amêndoa) tem forma ovóide e ocupa toda cavidade do endocarpo. O endosperma é composto de tegumento, albume e o embrião. O tegumento é muito fino e está aderido ao albume, que é cartilaginoso e rico em óleo (da qual se retira o óleo de palmiste), em cujo centro há uma fendidura ou cavidade central. O embrião tem 4 a 5 mm de comprimento, ficando alojado em uma pequena cavidade do albume. O endosperma, depois de retirado da semente e seco, é conhecido comercialmente como amêndoa de palmiste.

Adicionalmente, em função da morfologia do fruto a *Elaeis Guineensis* é classificada da seguinte maneira (Figura 20):

- *Macrocaria*: possui frutos com endocarpo com espessura acima de 6 mm; sem importância econômica.
- *Dura*: fruto com endocarpo de espessura entre 2 a 6 mm, com fibras dispersas na polpa. Usado como planta feminina na produção de híbridos comerciais.
- *Psífera*: frutos sem endocarpo separando polpa da amêndoa. Usada como fornecedora de pólen na produção de híbridos comerciais.
- *Tenera*: híbrido do cruzamento *Psífera* e *Dura*; tem endocarpo com espessura entre 0,5 mm e 2,5 mm, com anel de fibras ao redor do endocarpo. Suas sementes são recomendadas para plantios comerciais. Tem vida econômica entre 20-30 anos, produz 10-12 cachos anualmente, que pesam entre 20 a 30 kg (cada), portando 1.000 a 3.000 frutos (cada cacho). É boa produtora de inflorescências femininas.

Figura 20 - Morfologia do fruto de palma.
 Fonte: (FEDEPALMA, 2006) Elaboração própria.

O óleo de palma, como já foi mencionado, é constituído basicamente por triglicerídeos, que são tri-ésteres de ácidos graxos com glicerol. Os ácidos graxos podem variar em função das condições climáticas, do estado de maturação dos frutos, das variedades da palmeira e de diversos outros fatores. A Tabela 8 apresenta a composição para o óleo de palma (VIANNA, 2006).

Tabela 8 - Composição química do óleo de palma.

Designação	Faixa de presença	Teor médio
Láurico	Nd – 0,1%	0,05%
Mirítico	0,9 – 1,1%	1,0%
Palmítico	43,1 – 45,3%	44,1%
Palmitoleico	0,1 – 0,3%	0,15%
Esteárico	4,0 – 4,8%	4,4%
Oléico	38,4% -40,8%	39,6%
Linoleico	9,4% -11,1%	10,1%
Linolênico	0,1 – 0,4%	0,2%
Araquídico	0,1 – 0,4%	0,2%

Fonte: Rittner (1996)

Em uma tonelada de cachos com fruto, 650 kg correspondem ao fruto, do qual se extraem entre 190 kg até 250 kg de óleo de palma bruto e aproximadamente 30 kg de óleo de palmiste bruto. Igualmente se obtém em peso úmido 35 kg de resíduos, 350 kg do cacho e 380

kg de fibra, quantidade suficiente para gerar energia para os processos de produção (Tabela 9).

Tabela 9 - Composição e produtos extraídos dos cachos frescos de fruto de palma.

Cacho (100 %)	Fruto (65 %)	Mesocarpo (40 %)	Óleo cru (19 %)	Óleo Refinado (17 %)	Oleína Estearina
				Resíduos (2 %)	
			Fibra (21 %)		
		Noz (25 %)	Amêndoa (8 %)	Óleo cru de palmiste (3 %)	Óleo refinado de palmiste (2,5 %)
				Resíduos (0,5 %)	
				Torta de palmiste (4 %)	
				Resíduos (1 %)	
			Casca (17 %)		
		Cacho Vazio (35 %)			

Fonte: (BERNAL, 2001) adaptação própria

A palma é uma cultura perene, que na fase jovem é associada às leguminosas de cobertura, podendo ser considerada um sistema de boa estabilidade ecológica e baixos impactos negativos ao ambiente (EMBRAPA, 2006).

Segundo FEDEPALMA (2006), a cultura da palma apresenta uma produção distribuída durante todos os meses, iniciando seu ciclo econômico produtivo entre o terceiro e quarto ano após seu plantio, atingindo a plenitude de produção em torno do sétimo ano, podendo se estender comercialmente até o trigésimo ano, quando deve ser eliminada pela dificuldade da colheita. Na Tabela 10 descreve-se a taxa de rendimento em função da idade e do nível tecnológico aplicado, referente à eficiência dos fertilizantes, variedades usadas e características de colheita.

A cultura da palma é de fundamental importância na conjuntura atual, tornando-se uma alternativa energética para o país como fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel. Além de menos poluente, poderia reduzir os gastos com a importação de petróleo e outros insumos componentes da matriz energética dos países em desenvolvimento (CUENCA; NAZÁRIO, 2005).

Tabela 10 - Rendimento da palma em função da idade.

Produtividade anual média da palma em função do nível tecnológico aplicado.			
Idade	Produção baixa (Nível Tecnológico baixo)	Produção média (Nível Tecnológico médio)	Produção alta (Nível Tecnológico alto)
18 a 24 meses	---	---	2 a 4 t/ha
2 a 3 anos	---	2 a 4 t/ha	8 a 12 t/ha
3 a 4 anos	2 a 4 t/ha	8 a 12 t/ha	14 a 18 t/ha
4 a 5 anos	8 a 12 t/ha	14 a 18 t/ha	22 a 26 t/ha
5 a 6 anos	12 a 18 t/ha	18 a 22 t/ha	28 a 32 t/ha

Fonte: (BERNAL, 2001) adaptação própria

5.1.2 Sustentabilidade ambiental

Bastos (2000) afirmou que os elementos climáticos que mais favorecem a produção da palma são: temperatura do ar em níveis moderados e disponibilidade de insolação e radiação solar associada a chuvas bem distribuídas durante os meses, sendo a chuva o elemento climático que apresenta maior efeito no crescimento e produção dessa cultura, visto que na ausência da irrigação a chuva é o elemento determinante da disponibilidade de água no solo para uso das plantas. Mas tolera até geadas inverniais dos subtrópicos quando adulta. Igualmente, a empresa de Assessorias e Serviços em Palma (ASEPALMA, 2006), para altas produções, a palma requer temperaturas mínimas médias superiores a 25°C. Porém, a temperatura tem efeito marcante sobre o número de folhas emitidas, o número de cachos produzidos e o teor de óleo nos frutos. Segundo Ferwerda (1975), o crescimento de plântulas é impedido a 15 °C. Temperaturas maiores têm menor efeito sobre o crescimento. Adicionalmente foi verificado que plantações com maiores produções são encontradas nas regiões com menor variação anual de temperaturas (GONÇALVES, 2001).

Para Bastos (2000), a insolação, como reflexo da radiação solar incidente, é considerada um elemento climático de extrema importância na produção da palma, visto que a insolação e a radiação solar estão associadas à produtividade da cultura pelo processo da fotossíntese, e também estão relacionadas à maturação dos cachos e ao teor de óleo na polpa dos frutos. A duração do tempo de insolação deve ser superior a 1500 horas anuais distribuídas ao longo do ano, ou no mínimo, 5 horas de luz por dia.

A umidade relativa para o desenvolvimento ótimo da cultura da palma deve estar em uma média mensal entre 75% e 90%. As precipitações pluviométricas devem ser acima de 2000 mm ao ano, regularmente distribuídas durante todos os meses, sendo essas as condições ideais para alcançar rendimentos econômicos satisfatórios (ASEPALMA, 2006).

O regime hídrico é um dos principais fatores envolvidos nas oscilações de produtividade nas diferentes regiões nas quais se cultiva a palma (GONÇALVES, 2001). Villalobos et al. (1992) encontraram diferenças no estado de hidratação das palmas submetidas a diferentes regimes hídricos. As palmas adultas com déficit hídrico (sem irrigação) sofreram enrolamento prematuro das folhas inferiores, alta acumulação de folhas sem abrir e baixa condutividade estomática, em relação às irrigadas. As plantas jovens sofreram mais com os períodos secos prolongados, apresentando sintomas de atrofiamento no tronco e no sistema radicular. Bastos (2000) afirma que as variações pluviométricas anuais se

refletem na sexualização das inflorescências e na produção dos cachos. Adicionalmente afeta a emissão foliar, o número e o peso médio dos cachos.

A localização da cultura da palma deve ser de preferência em vales aluviais, com precipitações entre 2000 a 4000 mm anuais, de relevo plano e inclinações menores a 3% para facilitar as atividades de colheita e manuseio dos cachos, bem como o escoamento da produção (ROMERO, 1999). Entretanto, a palma se adapta facilmente a uma variada gama de solos das regiões tropicais, entretanto deve-se dar preferência aos solos profundos, bem drenados e planos. Os solos apropriados são os de composição argilosa e argilo-arenosa (MACEDO; RODRIGUES, 2000). É necessária a aplicação de fertilizantes, quando houver baixos níveis de fertilidade, embora, a planta adapta-se a solos ácidos e se desenvolve normalmente na faixa de pH entre 4 e 6 (RODRIGUES, 1993). Para Peralta et al. (1985), as propriedades físicas do solo são igualmente importantes quanto à sua fertilidade natural e a manutenção dessas características contribui de modo significativo para o aumento dos rendimentos e para a diminuição da aplicação de fertilizantes. Os solos na Colômbia foram desenvolvidos a partir de materiais sedimentários heterogêneos com boas condições de drenagem. No país existe uma área total de 3.531.844 ha com essas condições (ROMERO, 1999).

No ano de 1999 foi realizada a avaliação edafo-climática da Colômbia para a cultura da palma; nela foram verificadas as características de solo, inclinação, precipitação, drenagem e quantidade de luz solar. Como resultado se percebeu que as regiões sem restrições estão distribuídas por todo o país. As maiores extensões se concentram no departamento de Meta, no setor meio do vale de Magdalena, ao sul do vale do rio Cauca e na parte média e alta do vale de Sinú. Existem outras áreas de menor extensão que se distribuem em faixas ao longo dos rios secundários, mas por sua configuração e dispersão não conformam unidades nucleadas de tamanho suficiente para permitir a implantação de empreendimentos de palma (ROMERO, 1999).

A Tabela 11 indica a área apta para produção de palma, segundo Romero (1999), discriminada por região produtiva. A categoria sem restrições é a área que cumpre com todos os requerimentos ambientais e a de restrições moderadas é aquela área que não cumpre com alguma das características para o desenvolvimento ótimo do cultivo, que podem ser precipitações fora do rango, inclinações maiores a 3%, radiação solar insuficiente, mas não impossibilitam o fato de poder implementar cultivos nessas regiões, como já está sendo feito.

Tabela 11 - Área com aptidão para cultivo de palma na Colômbia (hectares).

Região	Oeste	Central	Leste	Norte	Outras	Total
Sem Restrições	66.865	693.103	1.933.821	579.193	258.862	3.531.844
Restrições Moderadas	619.440	719.574	1.584.856	1.435.641	1.773.872	6.133.383

Fonte: (ROMERO, 1999)

5.1.3 Sistema produtivo do óleo de palma

A produção do óleo de palma divide-se em duas fases: uma agrícola e a outra industrial. A fase agrícola compreende todas as etapas para produção do fruto de palma entre as quais estão: pré-viveiro, viveiro, plantio em campo e manutenção e colheita dos cachos. A fase industrial compreende a extração do óleo, seu beneficiamento e refino (Figura 21).

Figura 21 - Fases, produtos e subprodutos da cadeia do óleo de palma.

Fonte: (FEDEPALMA, 2008)

5.1.3.1 Fase agrícola.

A manutenção da cultura da palma divide-se em dois períodos: o primeiro envolve a fase jovem ou período imaturo, cuja duração varia de dois a quatro anos, segundo as condições edafo-climáticas; e o segundo envolve a fase de exploração propriamente dita, que vai do terceiro ano em diante, podendo durar até 30 anos, conforme a viabilidade econômica de exploração (HARTLEY, 1986).

Durante a fase jovem as plantas investem em seu crescimento vegetativo, os primeiros cachos formados são pequenos e a colheita industrial é economicamente inviável. Durante esse período, as operações de manutenção devem assegurar o melhor

desenvolvimento vegetativo possível das plantas, garantindo a produção futura (BERTHAUD et al., 2000). Inicialmente a implantação da palma consiste na produção das mudas, que compreende a germinação das sementes no pré-viveiro e no viveiro.

A germinação das sementes é feita pelo método denominado “calor seco”, no qual as sementes são colocadas em sacos plásticos de polietileno escuro, hermeticamente fechados. Esses sacos são levados a um germinador isotérmico, no qual permanecem aquecidos por 80 dias. Passado o período de aquecimento, as sementes são reidratadas para em seguida serem recolocadas nos sacos plásticos, os quais são novamente fechados hermeticamente e mantidos à sombra. Segundo Kaltner (1997), o percentual médio de germinação gira em torno de 85%.

As sementes germinadas são transplantadas em sacos plásticos, cheios de terra com alto conteúdo de matéria orgânica, e levadas ao pré-viveiro no qual permanecem entre três a quatro meses. Quando aparecerem as primeiras três a quatro folhas são levadas ao viveiro.

O viveiro é feito a céu aberto perto de uma fonte de água, a fim de facilitar a irrigação das mudas. Essas devem permanecer no viveiro por um período de oito meses, tempo suficiente para a palma atingir uma altura em torno de 80 cm e cinco a oito folhas adultas.

Posteriormente se realiza o plantio definitivo. Esse é feito na época mais chuvosa do ano para evitar o estresse na muda. São colocadas em covas, abertas de forma manual, e dispostas em triângulo equilátero, com 9 metros de lado, dando uma densidade final de 143 palmas por hectare.

Considerando todas as perdas e a necessidade de reservar cerca de 5% das mudas para o replantio, um hectare de palma requer aproximadamente 300 sementes para que restem as 143 palmas no local definitivo.

Os tratos para a manutenção do plantio são essenciais para assegurar o melhor desenvolvimento das palmeiras. Os principais são: o replantio no qual se substituem as plantas que morreram ou que apresentam problemas em seu desenvolvimento; o coroamento que é a operação de limpeza manual do solo em torno da planta; o controle fitossanitário para fiscalização das plantas, verificando o aparecimento de pragas e doenças e a adubação que é baseada na análise do solo, variando, portanto, de acordo com a região na qual seja localizada. A colheita é a mais importante e delicada fase de uma plantação em produção, pois dela dependem a quantidade e qualidade do óleo que será extraído.

A poda é feita após a colheita dos cachos, devido ao fato que um número variável de folhas subsiste na copa e se não forem eliminadas periodicamente, prejudicam as futuras colheitas e podem mesmo torná-las impossíveis em caso de palmeiras altas. A detecção de

cachos maduros sem poda é difícil, porque os frutos destacados acumulam-se nas axilas das folhas e não caem ao solo. A queda dos frutos é um fator que possibilita identificar o cacho a ser colhido.

A colheita é manual e praticada durante todo o ano. As ferramentas utilizadas variam conforme a idade e altura das plantas. Até o quarto ano de produção faz-se o uso do cinzel; do quinto ao sétimo ano, do machado e, a partir daí, faz-se necessária a utilização da foice malasiana, para que assim os colhedores não precisem subir na palmeira.

A maturação dos cachos exige que os intervalos de colheita sejam de 10 a 15 dias e o transporte do mesmo para o beneficiamento deve ser feito o mais rápido possível para evitar a acidificação dos frutos. A maturação inicia aproximadamente cinco meses e meio depois da fecundação; esse período pode variar em resposta às condições climatológicas. O cacho leva cerca de seis meses após a antese para alcançar a completa maturidade. Durante os primeiros estágios de desenvolvimento do fruto o mesocarpo está constituído principalmente por carboidratos. Conforme a maturação acontece, aumenta o de óleo, assim como o nível de carotenóides, sendo esse o que provoca as mudanças de coloração típica dos frutos maduros (STERLING e ALVARADO, 1993). Ruiz (2005), em trabalhos desenvolvidos na Colômbia, observou um incremento repentino de óleo no mesocarpo a partir da semana 16, o qual se estendeu até a semana 20, tempo em que ocorreu a maturação do cacho. Nas semanas seguintes (21 a 23) houve pouco incremento. A formação do óleo no mesocarpo em maturação é retardada até a amêndoa ter quase terminado de se desenvolver; a partir de então é extremamente rápida. A maior parte do óleo é formada dentro da última semana do amadurecimento. Quando um fruto se desprende ou o cacho é colhido, a formação de óleo cessa, portanto identificar o momento preciso de maturação é fundamental para alcançar altos rendimentos.

Por esse motivo a mudança de coloração constitui um dos indicadores do amadurecimento. A cor dos frutos no estado imaturo varia desde o verde-pálido e violeta, no início, até um vermelho-alaranjado, quando alcança o amadurecimento. Outro indicador do amadurecimento (AZIS, 1985) é o desprendimento dos frutos exteriores do cacho, o que tem sido de especial utilidade para determinar os critérios de corte dos cachos em plantações comerciais.

Algumas das vantagens que apresenta a cultura da palma na fase agrícola frente a outras culturas oleaginosas são:

- Uso de coberturas vegetais permanentes para conservar a umidade do solo e evitar processos erosivos;

- Baixo uso de produtos químicos no controle de pragas e enfermidades;
- Desenvolvimento e aplicação de controles biológicos;
- Processo contínuo de decomposição dos resíduos vegetais com incorporação contínua da matéria orgânica e nutrientes minerais ao solo;
- O cacho pode ser incorporado ao solo como adubo orgânico;
- Baixo nível de alteração da estrutura do solo por mecanização.

5.1.3.2 Fase industrial.

A fase industrial começa no momento em que os cachos com fruto de palma são coletados em campo e devem ser enviados rapidamente à usina de beneficiamento para serem processados o mais rápido possível. A partir do fruto de palma se obtém dois produtos, o óleo de palma cru e as amêndoas que se encontram dentro das sementes. A partir dessa última se obtém o óleo e a torta do palmiste usados na fabricação de alimentos balanceados (Figura 22).

Figura 22 - Óleo de palma, óleo de palmiste e tortas.
Fonte: (FEDEPALMA, 2008)

Os métodos de obtenção dos óleos e gorduras são variados, podem ser desde simples extrações mecânicas por trituração, até procedimentos químicos complexos como hidrogenação, inter-esterificação e re-esterificação entre outros, dos quais se obtém uma ampla variedade de produtos meios e finais. O uso desses produtos é principalmente consumo

humano, animal e uso industrial. A continuação se descreve a maneira tradicional como se obtém (FEDEPALMA, 2007).

Ao chegar à usina de extração o material é inspecionado para determinar sua qualidade. Posteriormente é transportado ao processo de esterilização. Os cachos são colocados nos esterilizadores, no qual são submetidos a aquecimento por contato direto com vapores saturados. Dessa forma, as enzimas presentes nos frutos tornam-se inativas, os processos gradativos são paralisados (os processos de acidificação são detidos), a separação dos frutos dos cachos é facilitada, a polpa é preparada para a separação do óleo e a amêndoa é separada parcialmente. Nessa etapa é importante considerar aspectos: como a desareação, que aumenta a eficiência da troca de calor, os picos de pressão, que permitem a troca de calor entre o fruto fresco e o vapor saturado, o tempo de processo que variam em função do amadurecimento do fruto entre 60 a 27 minutos e finalmente a purga que elimina os condensados gerados durante esse processo. O esterilizador é um cilindro horizontal fechado que usa vapor injetado diretamente para aquecer os cachos. O ciclo de esterilização é feito em quatro passos: o primeiro, durante 5 minutos a uma pressão de 2,7 bar; o segundo durante 10 minutos a uma pressão de 3,4 bar; o terceiro, por 25 minutos a uma pressão de 2,7 bar; e finalmente até 2,4 bar por outros 20 minutos. O ciclo total da esterilização dura 60 minutos (VELÁSQUEZ, 2009).

A esterilização tem quatro objetivos básicos:

- Prevenir a formação dos ácidos graxos livres no óleo por reações enzimáticas;
- Facilitar a separação entre o fruto e o pedúnculo dos cachos;
- Preparar a fruta para a extração posterior do óleo;
- Desprender parcialmente as nozes contidas dentro dos frutos para facilitar sua recuperação.

Os cachos esterilizados são levados para o debulhador, no qual os frutos são separados do cacho por meio de batimentos repetitivos num tambor rotatório girando entre 20-25 rpm. Assim os frutos separados são encaminhados para o digestor e os cachos vazios e pedúnculos separados são misturados com resíduos de outros processos, como as cinzas obtidas da caldeira, para serem processados na usina de compostagem. Nessa é produzido adubo orgânico, que diminui a necessidade de produtos químicos no cultivo (KALTNER, 1997). A Tabela 12 apresenta a quantidade que cada tonelada de cachos pode substituir dos elementos existentes na mistura do adubo, mas estes cachos também são usados como fonte de energia térmica e na produção de energia elétrica.

Tabela 12 - Quantidade de adubo substituída por tonelada de cacho vazio.

Classe de fertilizante	Quantidade por tonelada de cacho vazio
Uréia	7 kg
Rocha fosfática	2,8 kg
Composto de potássio	19,3 kg

Fonte: Kaltner (1997)

No digestor, os frutos são submetidos ao processo de cozimento e fricção mecânica, com aquecimento direto a 100 °C durante aproximadamente 20 minutos, para que ocorra a liberação do óleo das células oleíferas. O digestor está constituído por um cilindro vertical com um eixo central que movimenta braços em rotações entre 25 e 30 rpm. No digestor, os frutos são aquecidos usando vapor injetado diretamente durante 20 minutos (BASIRON, 2005).

A massa que sai do digestor é colocada em uma prensa, na qual é acrescentada água, para finalmente separar o óleo do mesocarpo carnoso do fruto e assim o óleo de palma seja extraído. Da extração são obtidas duas fases: uma fase líquida composta pelo óleo e a borra, conhecida como óleo cru ou licor de prensa, e uma fase sólida chamada torta da prensa, composta pela fibra e as nozes. O extrator consiste de dois parafusos sem fim e uma caixa horizontal furada através da qual passa o licor de prensa. Ao final dos parafusos é obtida a torta de prensa (BASIRON, 2005). O licor de prensa ou óleo cru tem uma composição aproximada de 50,0% óleo, 40,0% água e 10,0% sólidos em suspensão. Inicialmente, o licor passa por uma peneira para retirar o material fibroso e posteriormente, por um conjunto de tanques de decantação para separar o óleo da borra. Ao final, o óleo é levado até um purificador centrífugo, seguido de um secador ao vácuo para ser finalmente bombeado até o tanque de armazenamento. As fibras e as nozes que restam da prensa passam por um desfibrador, no qual as fibras são então separadas para serem usadas como combustível em caldeiras para geração de vapor usado no processo. No desfibrador a torta retirada na extração é conduzida até uma coluna pneumática. Uma corrente de ar ascendente deixa em suspensão a fibra ou mesocarpo, que fica como resíduo e será utilizada como combustível na planta de utilidades. As nozes são tiradas pelo fundo do equipamento e posteriormente são descascadas. A casca, separada das nozes, também é usada como combustível, essa é desprendida da amêndoa usando um fragmentador centrífugo. A amêndoa é posteriormente seca e armazenada para produzir o óleo de palmiste. Todos os resíduos líquidos como: os condensados da esterilização, a digestão, e a borra são enviados para a planta de tratamento de água residual (VELÁSQUEZ, 2009).

Para completar a fase industrial, o óleo deve passar por um processo de refino. Esse, segundo Rittner (1996), caracteriza-se por um conjunto de operações sequenciais, que visa à transformação do óleo que saiu do beneficiamento que contém ácidos graxos livres bem como componentes menores diversos, em um óleo constituído quase que somente por glicerídeos, ou seja, praticamente isento de ácidos livres e de impurezas indesejáveis.

Segundo Vianna (2006), existem duas classes de refinamentos: físico e químico. Os processos diferem na forma de eliminação dos ácidos graxos livres. No químico, são saponificados por reação com soda cáustica, para então serem separados do óleo na forma de sabões, enquanto que no físico, são separados por destilação.

O processo de clarificação tem como objetivo o óleo refinado. O óleo cru passa por uma série de equipamentos que permitem a produção de um óleo com uma umidade de 0,1 % e um conteúdo de ácidos graxos livres entre 2% e 4%. A borra obtida na clarificação vai até uma planta de tratamento de resíduos para separar os sólidos da água. Os sólidos são posteriormente conduzidos até a planta de compostagem, e a água vai para a planta de tratamento de águas residuais (BASIRON, 2005).

Nos processos agrícolas e industriais são geradas grandes quantidades de resíduos sólidos orgânicos, a maioria é material vegetal como folhas, pedúnculos, cachos, nozes e casca. O cacho pode ser usado como matéria orgânica que se incorpora ao solo e como barreira de controle de pragas quando é disposto em volta das palmas. Também pode ser usado como combustível na caldeira, como matéria-prima para produção de polpas de papel.

Para os efluentes é preciso aplicar um tratamento prévio, seja nas lagoas de oxidação ou nas plantas de biogás. Na Tabela 13, estão indicadas as quantidades de produção dos subprodutos da palma por hectare.

Tabela 13 - Produção de subprodutos da palma.

Subproduto	Mín (t/ha)	Máx (t/ha)	US\$/t
Óleo de palmiste	0,36	0,50	730
Torta de palmiste	0,45	0,63	-0-
Cachos vazios de fruta	4,68	6,50	-0-
Efluentes	1,60	2,30	-0-

Fonte: Ramirez (2008).

Os efluentes líquidos são formados nos processo de clarificação, esterilização, e nos hidrociclones usados na extração do óleo de palmiste. Os efluentes gerados contem quantidades importantes de nitrogênio, fósforo e potássio, os quais podem ser usados para a fertilização da plantação uma vez a matéria orgânica esteja estabilizada. Entretanto, o conteúdo de matéria orgânica dos efluentes seja alto, esse não contem compostos tóxicos nem

metais pesados que produzam poluição maior. Para a estabilização desses efluentes são usados métodos biológicos geralmente, como as lagoas de estabilização, na qual se misturam processos aeróbicos, facultativos e anaeróbicos. Esse sistema de tratamento precisa de grandes áreas, já que se utilizam lagoas anaeróbicas acidogênicas, anaeróbicas metanogênicas, facultativas e aeróbicas, sendo sua principal limitante.

Os resíduos líquidos são tratados inicialmente em fossas, nas quais se retêm as gorduras e a areia, posteriormente são passados as lagoas de oxidação em ambientes anaeróbicos, com a finalidade de recuperar os líquidos e retorná-los ao seu meio natural sem poluentes e se gera metano que posteriormente é queimado para produzir energia para o processo.

Os lodos são substâncias químicas misturadas com água provenientes dos fertilizantes e nutrientes que se aplicam as palmas. Os lodos que vem do processo de clarificação e esterificação são submetidos a temperaturas superiores aos 80 °C e são biologicamente esterilizados e podem ser usados como fertilizantes.

Os materiais sólidos da extração diferentes da torta são secados usando os gases de exaustão da caldeira. O produto final pode ser usado como fertilizante reduzindo os custos da cultura, mas não se recomenda usá-lo como alimento animal pelo alto conteúdo de cinzas. Também pode ser usado como combustível para gerar a energia térmica necessária no processo.

Os rendimentos de óleo em uma usina extratora dependem dos equipamentos e do método de extração que podem ser manuais, mecânicos ou por solventes. Comercialmente são usados os métodos mecânicos que tem rendimentos até 90% e por solventes nos quais o rendimento é até de 100% (RAMIREZ, 2008).

Na Figura 23, se representa o processo completo de extração do óleo de palma e subprodutos, em uma usina padrão.

Figura 23 - Fluxograma do processo de extração de óleo de palma.
Fonte: (FEDEPALMA, 2008)

Em conclusão, a fase industrial do processamento do óleo de palma oferece as seguintes vantagens frente a outras culturas oleaginosas:

- Tecnologia da indústria do óleo de palma evoluída,
- No processo de extração físico-mecânico não se emprega nenhum químico,
- As fibras da extração são usadas como combustível na caldeira e a casca das nozes para adequação dos caminhos dentro da plantação,
- As águas residuais são tratadas e retornadas ao seu ambiente natural com máximo 5 % de carga orgânica.

5.1.4 Aplicações comerciais do óleo de palma e subprodutos

A indústria dos óleos e gorduras no mundo compreende uma ampla variedade de produtos, que podem ser substitutivos ou complementares permitindo uma ampla variedade de opções comerciais, seja para consumidores finais ou na produção de outros.

No caso do óleo de palma por sua composição física e química, pode ser utilizado em múltiplas preparações sem a necessidade da hidrogenação¹¹, processo mediante o qual se formam ácidos graxos com configuração trans indesejáveis comercialmente. Além de sua particular consistência, aparência e odor, como sua resistência à degradação, esse óleo é um componente ideal na preparação e elaboração de comestíveis. Essas características o convertem na melhor alternativa para produzir margarinas e gorduras que podem ser

¹¹ O processo unitário hidrogenação refere-se à adição de hidrogênio molecular (H₂) na presença de um catalisador em um composto orgânico.

utilizados, em misturas secas para assar bolos, bolachas, biscoitos ou na preparação de sopas e saladas, assim como substitutos da gordura do leite necessários na produção do leite condensado e leite em pó. O óleo de palma também é considerado um dos mais adequados para frituras, devido a sua resistência às altas temperaturas e não produz cheiros desagradáveis. O óleo de palmiste, subproduto da palma, é utilizado na produção de concentrados como para suplemento na nutrição animal, entre outros usos (FEDEPALMA 2006).

Recentemente, o óleo de palma está entrando no mercado energético como matéria-prima para produção de biodiesel, e tem grande potencial devido ao aumento da demanda mundial, as características finais do biodiesel e a sua alta capacidade produtiva e menor impacto ambiental decorrente da cultura.

Finalmente, o glicerol, principal subproduto da indústria do biodiesel, obtido no processo de transesterificação dos triglicerídeos se obtém glicerol misturado com água em concentrações de 10% até 30%. Atualmente são conhecidos mais de 1500 usos para o glicerol, e faz parte de um sistema dinâmico de bens substitutivos que em função da evolução tecnológica e do preço de mercado alguns produtos são desprezados por outros, não existindo mercados específicos para um determinado produto. O glicerol, mais conhecido como glicerina, pode ser usado em diferentes mercados como em cosméticos e toaletes devido a suas características não tóxicas, não irritantes, sem cheiro. É muito usado como composto umectante e emoliente em pasta de dentes, cremes, loções faciais, desodorantes, maquiagem entre muitos outros. Em comidas e bebidas é usado como aglutinante, adoçante, umectante e conservante de comidas e bebidas. No setor do papel e impressões, é usado na elaboração de tintas e filmes de celulose, como suavizante. Também pode ser usado como lubrificante de equipamentos para produção de alimentos, na manufatura de resinas, como flexibilizador de gomas e plásticos, como base para produção de explosivos e na produção de polímeros sintéticos, elásticos e poliuretanos.

5.2. A palma no contexto nacional

5.2.1 Histórico

A palma foi introduzida na Colômbia em 1932, mas seu cultivo comercial só foi realizado a partir da metade do século XX, graças a medidas governamentais que tinham como propósito o desenvolvimento do campo e abastecer o mercado interno de óleo com óleo

de palma. Depois de muitos esforços, na década de 80, foram triplicadas as plantações e o óleo de palma foi consolidado como a principal matéria-prima na cadeia produtiva de sementes oleaginosas, óleos e gorduras atingindo os objetivos propostos pelo país. O óleo de palma representa no mercado nacional 90% da produção total, e 60% do consumo desses produtos. As vendas ao exterior se incrementaram de forma significativa desde 1990 e virou um importante item nas exportações agroindustriais colombianas (FEDEPALMA, 2006).

O setor da palma conta com grande desenvolvimento industrial e tecnológico a nível nacional. Desde 1962, quando foi criada, a FEDEPALMA adquiriu o compromisso de agrupar a maioria dos produtores de palma e usinas extratoras do país e consolidar esforços para o desenvolvimento e formulação das políticas setoriais. Posteriormente, surgiu o Centro de pesquisa em palma (CENIPALMA), criado no ano de 1990, que ficou encarregado do desenvolvimento tecnológico do cultivo, seu processamento e a adaptação ao contexto interno. Também foi criada a Comercializadora Internacional de Óleo de Palma (C.I. ACEPALMA S.A.), promovida pela FEDEPALMA e criada em 1991, que ficou encarregada da comercialização dos óleos de palma e palmiste no exterior, paralelamente desenvolve atividades relacionadas à comercialização de produtos agrícolas para as plantações. E, finalmente, a Promotora de projetos agroindustriais em palma (PROPALMA S.A.), criada no ano 2000, a qual visa promover projetos agro-industriais de grande escala que incluam semeadura, processamento e comercialização nos diferentes mercados.

Na Colômbia, no setor da palma, existe uma boa capacidade organizacional, a partir da qual se consolidaram dois importantes fundos de apoio financeiro. O primeiro foi o Fundo Palmero, baseado nos aportes obrigatórios dos produtores de óleo, que destina os recursos a programas de interesse coletivo na procura do desenvolvimento da competitividade. O segundo é o Fundo de Estabilização dos Preços, que procura melhorar a renda dos produtores, vendedores e exportadores pelas vendas no mercado a preço mais favorável, compensando as vendas no mercado com preço menos favorável.

Em geral, o custo da biomassa está influenciado severamente pelo entorno no qual é produzido, por fatores como o valor da terra, a custo da mão-de-obra, a distância aos centros de consumo, qualidade e disponibilidade das vias, entre outras. Mas contabilizando esses fatores para diferentes oleaginosas produzidas localmente pode-se concluir, segundo UPME (2003), que o custo por unidade de energia produzida por hectare deixa em vantagem o óleo de palma frente às outras oleaginosas comercializadas no país indicando, desde a perspectiva econômica, o óleo de palma como a melhor opção de matéria-prima para produção de biodiesel.

5.2.2 Estado da arte da cultura da palma

A expansão da cultura da palma na Colômbia foi constante como se ilustra na Figura 24 e se dividiu geograficamente em 4 regiões: Leste, Norte, Central e Oeste. Na década de 90 existiam 18.000 ha em produção, e hoje tem mais de 335.456 hectares, compreendidas por 3.155 Unidades Agrícolas Produtivas (UPA), que se encontram distribuídas em 17 departamentos e 96 municípios do território nacional (Tabela 14). Atualmente, a Colômbia é o primeiro produtor de óleo de palma na América do Sul e o quarto no mundo. (FEDEPALMA, 2007).

Figura 24 - Incremento da área cultivada por região entre o ano de 2001 e o ano de 2006.
Fonte: (MADR, 2008)

Tabela 14 - Distribuição e superfície das áreas plantadas com cultura da palma em 2008.

Região	Departamentos	Superfície (km ²)
Leste	Caquetá	88.965
	Casanare	44.490
	Cundinamarca	24.210
	Meta	85.635
Norte	Antioquia (Norte)	63.612
	Atlântico	3.319
	Bolívar (Norte)	25.978
	Cesar (Sul)	22.905
	Córdoba	25.020
	La Guajira	20.848
	Magdalena	24.182
	Sucre	10.670
Central	Antioquia (Sul)	63.612
	Bolívar (Sul)	25.978
	Cesar (Sul)	22.905
	Norte de Santander	21.648
	Santander	30.537
Oeste	Cauca	29.308
	Nariño	32.820

Fonte: (FEDEPALMA, 2008) Elaboração Própria.

Na Figura 25 ilustra-se no mapa geográfico da Colômbia com a localização das quatro regiões, que apresentam diferentes problemáticas sociais para o desenvolvimento da cultura da palma (FEDEPALMA, 2008).

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS RÉGIOES COM A CULTURA DA PALMA

Figura 25 - Distribuição das regiões produtivas na Colômbia 2008.
Fonte: (MADR, 2008)

Analisando mais detalhadamente a distribuição das unidades produtivas agrícolas (UPAs) da cultura da palma na Colômbia, observa-se que a posse da terra é concentrada em todas as regiões. Assim, aproximadamente 95% das UPAs corresponde a plantações não maiores a 500 ha e mais de 70% são inferiores que 20 hectares, embora, mais de 74% da área total plantada corresponde a grandes proprietários e 50% da área total plantada obedece a unidades com mais de 2.000 hectares.

As usinas extratoras de óleo de palma na Colômbia eram 53 no ano de 2007 (Tabela 15), as quais, em média, têm capacidades instaladas pequenas e baixo fator de carga. A

capacidade média de extração das usinas é de 19,56 t_{FFB}/h¹² e um fator de carga de 0.39 (considerando o fator de carga ideal uma usina trabalhando 24 horas durante 365 dias). O tamanho médio do núcleo de produção é 4.155 ha produtivos e 6329.4 ha totais semeados com palma por usina (Figura 26).

Tabela 15 - Distribuição das usinas extratoras de óleo por região e por departamento (2007).

Usinas extratoras de óleo por região.			
Região	Departamento	Município	# Usinas
Leste	Caquetá	Belén de los Andaquíes	1
	Casanare	Villanueva	2
	Meta	Acacías	6
		Barranca de Upía	1
	Cesar	Cabuyaro	1
		Cumaral	2
		Puerto Gaitán	1
		San Carlos de Guaroa	5
		San Martín	2
Norte	Antioquia	Mutató	1
	Bolívar	María La Baja	1
	Cesar	Agustín Codazzi	2
		Becerril	1
	Magdalena	Bosconia	1
		El Copey	1
		Aracataca	1
		Ciénaga	3
		El Retén	1
		Zona Bananera	2
Central	Cesar	Aguachica	1
		San Alberto	1
		San Martín	1
	N de Santander Santander	El Zulia	1
		Puerto Wilches	4
		Sabana de Torres	1
		San Vicente de Chucurí	1
Oeste	Nariño	Tumaco	8
Nacional	11	27	53

Fonte: (FEDEPALMA, 2008)

¹² Unidade de rendimento usada para quantificar a capacidade da usina para processar cachos de fruto fresco em uma hora. Toneladas de cachos fruto fresco por hora.

Figura 26 - Distribuição das usinas extratoras da Colômbia e capacidade de extração em 2007.
Fonte: (FEDEPALMA, 2008)

Segundo Puerto (2007), na cadeia do óleo de palma os pequenos agricultores não participam do processo de extração nem do refino, já que devido aos altos custos dos equipamentos comerciais e à baixa capacidade de carga, as pequenas extratoras seriam inviáveis. Portanto, eles cultivam a palma e vendem os frutos nos cachos, para extratoras grandes de óleo, tendo garantida sua venda na totalidade do tempo. Os produtores de óleo compram aproximadamente 40% da sua produção dos pequenos agricultores cuja área tem, em média, de 8 a 10 ha. Esse sistema tem a possibilidade de incorporar facilmente pequenos

produtores, sendo a principal vantagem para o desenvolvimento rural e a estabilidade econômica familiar para os pequenos fornecedores de matéria-prima.

Segundo Aziz Galvão da Silva Júnior¹³, nos países em desenvolvimento é completamente possível ter uma indústria rural baseada em economias de pequenos produtores, e cita o sucesso da indústria aviária no Brasil onde mais de 60% da produção nacional é fornecida pelos pequenos produtores, e ainda o Brasil é o terceiro produtor de frango no mundo com pouco mais de 11 milhões de toneladas em 2008. Ele acredita que a participação do governo é fundamental e que deve centrar seu apoio em garantir o acesso dos pequenos produtores aos recursos econômicos e às novas tecnologias (SILVA, 2009).

5.2.3 Situação social e geração de emprego.

Para Puerto (2007), na Colômbia, as atividades da agroindústria da palma são desenvolvidas conforme os parâmetros de desenvolvimento sustentável, embora, existem alterações de caráter social e econômico que são consequência dos problemas de guerrilhas, narcotráfico e paramilitares, que incidem negativamente no setor agrícola e, em particular, no setor da palma dificultando sua evolução.

Devido a esses problemas a contextualização do meio social nas regiões nas quais se desenvolve a agroindústria da palma é um fator fundamental, já que desde a óptica econômica, de segurança e disponibilidade de mão-de-obra, esses conflitos dificultam e impossibilitam a implantação e desenvolvimento de qualquer sistema agrícola. Cada região apresenta características singulares sociais e culturais, como é descrito a seguir (PUERTO, 2007).

Os habitantes da região Norte utilizam o solo na atividade agrícola e pecuária extensiva. A zona apresenta carência na cobertura de serviços públicos e sociais. Há alguns anos os cultivos tradicionais da região tiveram fortes quedas nos preços, levando a uma queda na renda dos produtores e, em consequência, deteriorando o nível de vida dos habitantes da região. Em resposta, os pequenos produtores desenvolveram sistemas associativos para conseguir comercializar seus produtos fora dos mercados locais. Essa região apresenta uma grande carência de cobertura de serviços públicos e sociais.

Na região Central, a prestação dos serviços públicos e sociais tem cobertura insuficiente. A economia é camponesa com vocação agrícola e pecuária tendo como

¹³ Professor Dr. Aziz Galvão da Silva Júnior do Departamento de Economia Rural da Universidade de Viçosa.

limitantes o acesso aos créditos, concentração da propriedade e aumento da violência pela diversidade dos grupos armados.

Na região Leste se desenvolvem as atividades econômicas relacionadas à exploração petroleira, à produção pecuária extensiva e, em menor proporção, à agricultura. A cobertura de serviços públicos e sociais na área rural é deficiente. Os cultivos ilegais ocasionam enfrentamentos armados entre os diferentes atores do conflito.

Na região Oeste há conflitos territoriais derivados da expansão das áreas de algumas culturas permanentes, dos cultivos ilegais, da presença de grupos armados e da titulação coletiva a comunidades negras, o que cria ações violentas constantes entre os diferentes atores pelo domínio do território.

Em geral em todas as regiões existem conflitos relacionados à distribuição da terra, à proliferação de culturas ilegais e conflitos armados de caráter político, em diferentes proporções. Esses são fomentados por problemas de rentabilidade econômica do setor agrícola e falta de emprego rural que, pouco a pouco, tem causado o abandono do campo pelos trabalhadores rurais e alguns pequenos produtores. Uma parte dessa população destina seus recursos a produções fora da lei e, em consequência, salientam a proliferação da insegurança rural e de grupos armados ilegais financiados por essas economias ilícitas.

Entretanto, segundo o MADR (2008), do ano de 2002 a 2008 a cultura da palma passou a empregar de 30.429 para 58.722 trabalhadores diretos, um aumento de 93% durante esse período. No caso dos empregos indiretos gerados por essa cultura o crescimento durante esse período teve o mesmo aumento de 93%. Não obstante, a palma tem um índice de emprego baixo quando comparada a outras culturas. Mas, desde o ano de 2000 apresenta o maior aumento na geração de empregos superando as culturas de milho e café principais geradoras de emprego do setor agrícola. Na cultura da palma a distribuição dos empregos varia dependendo do tamanho da empresa. Assim, uma plantação de mais de 1.000 hectares tem, em geral, 73,8% dos trabalhadores em campo, 7,4% na usina de extração, 14,7% na área administrativa e 4,1% em outras áreas. Para empresas menores de 1000 hectares a distribuição dos trabalhadores é tipicamente 77,3% na plantação, em geral não tem usina de extração, 16,5% trabalhadores administrativos e 6,2% em outras áreas. A cultura é caracteristicamente intensiva na utilização de mão-de-obra e os empregos gerados são permanentes e estáveis. A contratação dos trabalhadores na plantação se distribui de maneira equitativa em fixos (52%) e por contrato (48%).

A expansão do cultivo de palma africana se mantém desde 1960. Estima-se que a área potencial para o cultivo da palma africana seja superior que três milhões de hectares

(ROMERO, 1999). O MADR (2008) ratifica esse potencial e destaca a participação de região Leste com aproximadamente 60% do potencial total, ou seja, 1.933.821 ha. O MADR (2008) apresenta as áreas potenciais por região para expansão dos cultivos de palma e determina a quantidade de empregos diretos gerados com um índice de emprego de 0,27 para vários cenários de expansão, incluindo a fase agrícola e industrial. Para uma expansão de 100%, seriam gerados 883.786 empregos diretos, aproximadamente 900% mais que em 2007, dos quais 522.132 seriam só da região Leste (Tabela 16). Segundo Goldemberg (2002), a geração de emprego tem sido reconhecida como uma das maiores vantagens das energias renováveis, em especial da biomassa, quando comparada às dos combustíveis fósseis. As produções de biomassa além de gerar empregos rurais, têm grandes vantagens econômicas, já que requerem baixos investimentos por emprego gerado em relação a outros setores industriais.

Tabela 16 - Área potencial para de palma e empregos gerados para diferentes expansões.

Região	Área Plantada (ha)	Área Potencial (ha)	Empregos hoje*	Empregos 20% Área Potencial	Empregos 50% Área Potencial	Empregos 100% Área Potencial
Central	83.626	693.103	22.579	37.428	93.569	187.138
Norte	118.872	579.493	32.095	31.293	78.232	156.463
Oeste	41.471	66.865	11.197	3.611	9.027	18.054
Leste	113.358	1.933.821	30.607	104.426	261.066	522.132
Total	357.327	3.273.282	96.478	176.757	441.893	883.786

Fonte: (MADR, 2008)

Puerto (2007), conclui que a Colômbia apresenta as características de aptidão agrícola e de superfície para expandir as culturas energéticas, também tem uma organização comunitária em algumas regiões para incentivar a agricultura familiar, embora as características do conflito armado sejam coincidentes nessas áreas, além da palma apresentar todas as características do monocultivo, razão pela qual o governo deve incentivar e regular de maneira eficaz as interações do setor, garantindo oportunidades para todos os participantes da cadeia.

Culturas com alta rentabilidade econômica como a palma fomentam o retorno da população ao campo, a expansão do setor agrícola, garantem disponibilidade de empregos, maiores rendas e, em geral, crescimento da infra-estrutura em benefício da sociedade. Na atualidade a maioria das empresas colombianas estão regidas por normas internacionais como as estabelecidas pelo *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) e pela Organização Internacional para Padronização (ISO). A norma do RSPO visa promover o crescimento e uso do óleo de palma e derivados através de uma produção sustentável com características de

normalização internacional e compromisso social das partes envolvidas, essa norma é exigida às empresas produtoras de óleo de palma ou derivados que desejem exportar seus produtos para a União Européia. As normas ISO 9001, referente ao sistema de gestão da qualidade da produção, ISO 14001, referente ao sistema de gestão ambiental, e as OHSAS 18001, referentes ao sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho, são igualmente exigidas tanto por entidades públicas e privadas locais como internacionais. Essas normas são cobradas pela sociedade consumidora, obrigando, de maneira direta, as empresas produtoras a garantir sistemas de produção eficientes, ótimas condições laborais para os empregados e sistemas produtivos que reduzam o impacto sobre o ambiente. Adicionalmente, incentivam as empresas a otimizar continuamente os processos, sempre em busca de melhores eficiências.

5.2.4. Impactos da cultura da palma

Os impactos causados pelas monoculturas de tardo rendimento como a palma podem ser avaliados desde dois aspectos principais: ambientais e sociais. No primeiro aspecto se incluem os impactos sobre a água, o solo, a biodiversidade e a paisagem. O segundo tem a ver com os aspectos sociais e econômicos.

Não obstante, esta abordagem é muito útil, não reflete o fato de todos os impactos serem sociais, a curto ou longo prazo, já que são as populações locais que moram perto das plantações ou que são deslocadas por elas e sofrem as consequências. Por exemplo, quando as monoculturas dão lugar a um déficit no ciclo hidrológico, isso não é simplesmente um valor negativo no balanço que atingirá as condições dos ecossistemas naturais, mas também será um reflexo da escassez no abastecimento para as populações locais. Para essas, a água constitui um recurso essencial para uso como água potável, na agricultura, na pecuária e na pesca. No caso do solo, quando em consequência sofre erosão ou seus níveis de fertilidade diminuem pelas plantações intensivas, implica que seu futuro uso se encontra restringido a poucas atividades. No caso da biodiversidade, se geram alterações no número de indivíduos de determinada espécie, já seja vegetal ou animal, o que implica que a colheita ou caça para sobrevivência dessas populações diminuirá.

Apesar das culturas de produção de biomassa energética como a palma estarem baseadas em monoculturas extensivas, que utilizam níveis relativamente menores de empregos comparadas às culturas de alimentos, na realidade, a bioenergia é responsável por um aumento na geração de empregos na área rural porque a produção de alimentos e a quantidade de empregos por ela requerida é obrigatoriamente mantida para atender à demanda (GOLDEMBERG, 2008). Adicionalmente, apresenta grandes vantagens ambientais frente a

outras oleaginosas destinadas aos mesmos mercados. A primeira é sua capacidade produtiva que implica ambientalmente menor quantidade de terra para produzir uma cota de óleo determinada. O segundo é o fato de ser perene e obrigar a ocupação do mesmo espaço por períodos superiores aos 20 anos e, geralmente, no final da sua vida produtiva é plantada uma muda do lado que permanecerá por mais 20 anos. Diferente de outras culturas temporárias que migram constantemente devido ao rápido esgotamento do solo no qual são plantados.

Segundo Arturo Infante Villarreal¹⁴, o país deve planejar cuidadosamente as áreas destinadas a esses cultivos, e para isso é indispensável fazer estudos detalhados de aptidão do solo, além de análise de ciclo de vida para diferentes regiões, e assim conhecer melhor as características de cada região incentivando o crescimento dessas culturas nos locais com melhor desempenho e conseguir cobrir as necessidades dos produtores de maneira adequada e eficiente.

Os problemas ambientais mais significativos da região Norte são o desmatamento de bosques naturais para uso agrícola, contaminação do solo pelo uso de pesticidas e fertilizantes intensivo, e atividades inadequadas na pecuária.

As águas provenientes das atividades de mineração e do rio Magdalena, contêm sedimentos e poluentes que contribuem para a degradação das lagoas vizinhas. Igualmente é considerável a deterioração na Sierra Nevada de Santa Marta, em especial na bacia do rio Guatapuri, pela redução do bosque natural, os cultivos ilegais e sua fumigação. A contaminação atmosférica local causada pela exploração de carvão a campo aberto gera emissões de poeira pelas atividades de carga, transporte e manipulação de matérias como rocha, carvão e solo. Estas emissões têm efeitos locais sobre o solo, a água, o ar e os ecossistemas.

Na região Central há graves problemas de segurança, baixa eficiência da agricultura, baixa competitividade dos produtos e concentração da propriedade que são grandes limitadores do desenvolvimento rural. Ambientalmente, existe grande destruição dos bosques e contaminação dos rios e das lagoas, principalmente por lançamento de dejetos industriais das cidades. A intensa exploração de minerais preciosos e o uso de mercúrio para amalgamar o ouro tem acumulação de resíduos nas partes baixas dos rios e má qualidade da água. O avanço dos cultivos ilícitos contribui em grande parte para aumentar os problemas ambientais e a violência extrema, devido à grande quantidade de grupos armados ilegais em conflito. A

¹⁴ Arturo Infante Villarrealo Coordenador Nacional do programa Desenvolvimento Sustentável dos biocombustíveis na Colômbia.

região tem como base de sua economia a exploração de petróleo, florestas cultivadas, exploração aurífera, pesca, agrícola e pecuária.

A região Oeste oferece vantagem na aptidão do solo, localização estratégica, porto mercantil, incentivos fiscais, experiência empresarial, capacidade instalada e grande presença institucional. Os problemas ambientais da região são causados pelas atividades de minério, desmatamento e inadequada exploração agrícola. A contaminação hídrica do rio Cauca vem das águas residuais de vários centros urbanos e industriais. A poluição atmosférica deve-se principalmente aos centros urbanos e às queimadas nas extensas plantações de cana.

Finalmente, na região Leste o gado é a principal atividade econômica da população já que emprega grande parte da comunidade atualmente e fornece maior renda. Essa atividade se realiza de maneira extensiva por todo o departamento em solos com características ótimas para desenvolvimento da agricultura. Igual às outras regiões, a abrangência e qualidade dos serviços públicos e sociais são baixas e não cobrem a maioria da população.

O atual ritmo de crescimento populacional, unido ao alto índice de intervenção origina conflitos ambientais especialmente nessas regiões naturais. Os problemas ambientais têm sido gerados pelo intenso desmatamento e pelo uso inadequado dos bosques naturais, que associado às intensas chuvas, provocam erosão no solo, destruindo o habitat de muitas espécies vegetais e animais.

A aparição e proliferação de culturas ilícitas têm alterado o frágil ambiente natural do bosque úmido andino. Adicionalmente o corte e queima da vegetação para a implantação das áreas de pastoreio e gado extensivo deterioram importantes bancos genéticos da flora e fauna, acelerando os processos erosivos e gradativos do solo. Da mesma forma que nas outras regiões, existe um aporte importante de sedimentos e poluentes por parte dos dejetos indústrias provenientes das grandes cidades.

Em geral, os problemas de segurança e de cobertura social, deterioram a atividade agrícola do país e esses problemas geram efeitos colaterais que dificultam ainda mais a possibilidade de desenvolvimento rural e preservação do meio ambiente. Para um ótimo desenvolvimento do programa dentro de parâmetros ambientais o governo poderia incentivar sistemas associativos de pequenos produtores que garantam rentabilidade, evitando a proliferação de cultivos ilícitos e controlar mais eficientemente o desmatamento das áreas de conservação.

5.2.5 Desenvolvimento do mercado do óleo de palma a partir de 2005.

No ano 2005 a produção de óleo de palma na Colômbia teve incremento anual de 6,7% menor do que no ano anterior. Por outro lado, a área em produção cresceu 12.236 ha e o rendimento foi de 4,1 t/ha. O mercado interno do país aumentou nesse ano, em função da melhora da competitividade dos preços internos e conseqüentemente a oferta exportável diminuiu. Para esse ano o consumo interno desse óleo foi de 439.490 t, 12,5% a mais que no ano de 2004. As exportações em 2005 foram destinadas principalmente para a União Européia com uma participação de mais 85% da oferta exportável do óleo de palma cru colombiano.

O comportamento do preço interno do óleo na Colômbia diminuiu em 13% com relação ao ano anterior, passando de US\$540 para US\$469 por tonelada, o qual se explica pela queda do preço internacional e a valorização da moeda local frente ao dólar (FEDEPALMA 2006).

A produção de óleo de palma no ano 2006 cresceu 6,4% (43.090 t), em referência ao ano 2005. Estima-se que houve um aumento de 8,3% da área plantada, e que só 60,8% do total encontrava-se em produção. No mesmo ano, o rendimento da produção do fruto de palma caiu de 20,1 para 19,3 t/ha, devido ao aumento de 8,6% (14.082 ha adicionais) da área produtiva total e dos baixos rendimentos durante seus primeiros anos. Conseqüentemente, o rendimento do óleo passou de 4,1 para 4,0 t/ha entre 2005 e 2006.

Durante o ano de 2006 as vendas no mercado nacional foram positivas, aumentando em 5,4%, como resultado da recuperação da economia nacional e à diminuição do preço interno que fez com que o óleo de palma ficasse competitivo frente ao óleo de soja importado. Observa-se uma redistribuição das exportações; o uso de óleo de palma incorporado em produtos processados aumentou em 12%, enquanto que as de óleo cru diminuíram 7,5%. Nesse ano, os principais produtos importados foram óleo cru de soja, grão de soja, óleos e graxas refinadas, óleo cru de girassol, sebo bovino e outras gorduras animais.

De um modo geral em 2006 o preço internacional dos óleos e gorduras aumentou. O preço médio internacional do óleo de palma cru em Rotterdam aumentou 13,3%, relativo à média do ano de 2005. Porém, o aumento entre os meses de janeiro a dezembro de 2006 foi maior, com os preços passando de US\$ 424 para US\$ 583 por tonelada, ou seja, um incremento de 37,5% para o óleo de palma para esse período (FEDEPALMA 2007).

Já no ano de 2007, a área plantada com palma chegou a 316.402 hectares, tendo um aumento de 23.833 ha a mais que no ano de 2006; na mesma proporção observou-se o aumento da área em produção. Nesse ano, o rendimento caiu novamente, dessa vez para 3,7

t/ha. Essas quedas no rendimento estão associadas à entrada de cultivos novos com baixos rendimentos e a chuvas intensas em algumas das zonas produtoras. A produção de óleo nesse mesmo ano aumentou 2,3% (16.758 t), menos da metade do que cresceu em 2006. O consumo interno caiu 7,1% relativo ao ano anterior, devido aos grandes incrementos no preço interno e internacional do óleo de palma. O contrário aconteceu com as exportações as quais aumentaram 44% no mesmo período, incrementando a oferta exportável de 35,3% em 2006 para 41,2% no ano de 2007. O principal comprador do óleo de palma da Colômbia continuou sendo a União Européia, que consumiu 72% da oferta exportável.

Os preços internacionais dos óleos em 2007 apresentaram um incremento significativo nesse ano. Contudo, o consumo mundial teve um crescimento de 7% enquanto que a produção mundial aumentou 4,1%, gerando uma diminuição dos estoques. O principal fator para essa diminuição foi a demanda cada vez maior de matéria-prima para o biodiesel. O óleo de palma foi um dos principais influenciados por esse fenômeno e o seu valor aumentou em 63,1% com relação ao ano anterior (FEDEPALMA 2008).

No ano de 2007 segundo FEDEPALMA (2009), o óleo de palmiste teve um preço médio na Colômbia de US\$ 819,45/t; e em junho de 2009 o preço internacional foi de US\$730/t (CIF Rotterdam).

No ano de 2008, a área plantada com palma teve um crescimento de 6,0% (19.054 ha), das quais 66% estão em produção e o restante se encontra em desenvolvimento.

O rendimento do óleo de palma ficou novamente influenciado pela entrada de novos cultivos de baixa produtividade pelo terceiro ano consecutivo, caindo para 3,5 t/ha. Conseqüentemente, o rendimento do fruto de palma caiu de 18 para 16,9 t/ha em 2008. Esse menor desempenho contrapõe-se com um aumento de 2% na taxa de extração que passou para 20,9%. Essas quedas são explicadas pelo aumento da área plantada com palmas de entre 3 e 6 anos de idade e as maiores de 26 anos, que em 2008 representaram 36% da área produtiva do país, e pela propagação de enfermidades em algumas zonas, assim como aumento na intensidade das chuvas que deterioram a produtividade das plantas.

Em 2008, o consumo interno de óleo de palma aumentou 5,3% paralelamente com às importações, devido à demanda de óleo de dendê para produção de biodiesel. No caso das exportações, decresceram 6,6%, devido à expansão do mercado doméstico pela produção de biodiesel, reduzindo a oferta exportável de 46,5% em 2007 para 41,7% em 2008 (FEDEPALMA, 2009).

As importações de óleos e gorduras aumentaram 2,5% principalmente pela compra de óleos refinados e do óleo de soja cru.

Durante o ano 2008 o preço internacional do óleo de palma cru permaneceu acima dos US\$ 1000 por tonelada até o mês de julho, quando repentinamente caiu até níveis médios históricos. Esse comportamento aconteceu no início da crise econômica mundial, no qual os especuladores influenciaram o aumento do preço com investimentos. Porém, o desenrolar da crise e o mercado financeiro contendo o crédito e o consumo, levou a uma iminente queda dos preços no segundo semestre (FEDEPALMA, 2009).

Segundo FEDEPALMA (2009), espera-se que em 2009 a produção de óleo cru de palma seja de 858.071 t, um aumento de 10,2% em relação a 2008. Estima-se que a área em produção nesse ano será de 241.504 ha, com rendimento médio de 3,5 t/ha. Na Tabela 17, está resumida a evolução do setor da palma desde o ano 2003, quando surgiu a iniciativa de usar óleo de palma para produzir biodiesel.

A distribuição da demanda de óleo de palma dependerá principalmente do êxito da implementação da mistura de 7% de biodiesel no diesel, o qual consumirá aproximadamente 250.000t. Adicionalmente, o mercado interno tradicional absorveria 432.000 t de óleo e a oferta exportável seria então de 176.000 t.

Tabela 17 - Evolução comercial do mercado da cultura da palma na Colômbia.

Período	2005	2006	2007	2008	2009*
Área plantada (ha)	270.026	292.569	316.402	335.456	-----
Área em produção (ha)	163.770	177.852	201.040	220.241	241.504
Rendimento (t/ha)	4,1	4	3,7	3,5	3,5
Produção de óleo (t)	672.597	715.687	732.445	777.558	858.071
Consumo interno (t)	439.490	463.395	430.492	453.423	682.000
Oferta exportável (t)	233.107	252.292	301.953	324.135	176.071
Preço interno do óleo (US\$)	469	490	733	909	-----

* Os valores do ano 2009 são estimados.

Fonte: (FEDEPALMA, 2008) Elaboração própria

No mercado mundial dos principais 10¹⁵ óleos, prevê-se um crescimento de 3,9% na produção e de 4,3% no consumo, com uma participação mais ativa de óleo de palma e uma pequena diminuição no consumo de óleo de soja.

Na Colômbia, a palma pode ser considerada a única indústria de óleo vegetal que logro madurecer e adquirir força econômica suficiente para afrontar o desafio dos bicomustíveis. A isso se adicionam suas vantagens produtivas que a posicionam como a cultura de suporte principal do programa de bicomustíveis nacional.

¹⁵ Os principais 10 óleos são: palma, soja, colza, girassol, sebo, algodão, amendoim, palmiste, coco, oliva, milho. (FEDEPALMA, 2007)

5.2.6 Custos da produção do óleo de palma

Segundo UPME (2003), a palma e seus produtos possuem uma grande diversidade de usos, que aproveitados corretamente podem gerar renda adicional aos produtores. A produção de oleoquímicos derivados do óleo de palma favorece a indústria devido à alta biodegradabilidade de seus produtos, além de ser uma fonte de baixo custo e de fornecimento contínuo.

Dadas as características geográficas e climáticas tão variadas sob as quais é cultivada a palma no país, é importante considerar a porcentagem da distribuição da área cultivada nas quatro regiões produtivas. Em 2006 essa porcentagem foi de 25,8%, para a região Central, 31,4% para a região Norte, 11,3% para a região Oeste e 31,5% para a região Leste, mostrando homogeneidade através do tempo (FEDEPALMA, 2008).

Para obter o custo médio da produção do fruto e óleo de palma na Colômbia, os dados são representados com a taxa de extração média nacional de óleo correspondente ao 19,6 %. Os custos correspondentes para cada região produtiva no ano de 2006 são descritos na Tabela 18.

Tabela 18 - Custos médios de produção por regiões no ano 2006 (US\$/t de óleo).

<i>Região</i>	<i>Fruto</i>	<i>Extração</i>	<i>Total óleo</i>
Leste	464	58	521
Central	425	80	505
Oeste	473	72	545
Norte	478	47	525
Nacional	452	65	517

Fonte: (FEDEPALMA, 2007)

A estrutura dos custos de produção pode ser analisada a partir de vários pontos de vista. Em primeiro lugar, ao considerar a participação do fruto nos custos totais de óleo esse representa atualmente 87,4% dos custos totais de óleo de palma. Na atividade agrícola da cultura da palma, os custos fixos correspondem a 34,1%, os custos variáveis representam 50,3% e os custos administrativos 15,6% dos custos totais. Já nos custos da extração, 51% correspondem aos custos fixos, 32% aos custos variáveis e 17% aos custos administrativos, correspondentes do valor total.

Para FEDEPALMA (2008), os custos variáveis no cultivo são os que incidem sobre o custo de produção de fruto e óleo. O custo de mão-de-obra registra a maior participação dos custos variáveis com 49,6%, o equivalente a 25% do custo no cultivo. Os custos dos fertilizantes correspondem a 32,6% (equivalente a 16,4% do custo total do fruto) e os custos de combustível e manutenção dos equipamentos e infra-estrutura com 5,8% (equivalente a 3%

do custo total). As outras provisões, que correspondem fundamentalmente às sementes, controle sanitário e de pragas, transporte, ferramentas e assistência técnica representam 12% do custo variável (correspondente a 6% do custo total do cultivo). A terra usada na cultura da palma se constitui como fator principal da produção. As maiores partes dos custos em campo estão nas práticas da adequação e manutenção do solo.

Segundo UPME (2003), o maior investimento em uma plantação corresponde aos fertilizantes, elemento fundamental no desenvolvimento das plantas e nos altos rendimentos. Também são consideráveis os custos de polinização e adequação do solo, manutenção, podas e colheita. Em geral, todas as práticas que implicam o uso intensivo do recurso humano são as de maior valor dentro da estrutura de custos de produção.

Apesar de o fruto ser produzido durante todo o ano, a produção varia ao longo dos meses. A colheita é manual e vira um fator econômico determinante na produção de óleo, bem como o amadurecimento dos cachos influencia severamente a taxa de extração e a quantidade de ácidos graxos livres.

No caso específico da usina de extração, os custos totais dos salários variam em função do tamanho da usina e do volume processado. Estima-se que esses são entre 3% e 7% do valor do óleo, os demais custos variáveis da extração não superam 5% a 10% do preço de venda e a maior parte dos custos se deve a gastos de comercialização, distribuição e financiamento.

Segundo UPME (2003), o nível de tecnologia do setor no país é baixo, isso é evidente na fase agrícola por sua escassa mecanização, que se reflete em menores produtividades da mão-de-obra na colheita. Os maiores custos laborais, comparados a outros países produtores, aumenta de maneira significativa o custo final da produção.

Já na fase de processamento, o fator que influencia o custo da produção é a baixa capacidade instalada, o baixo fator de carga e a obsolescência do parque, em comparação com a Malásia que tem usinas que processam até 39 t de fruto por hora quase o dobro da média nacional (19,6t/h). Adicionalmente o fator de uso em 2007 foi de 3.453 horas no ano, o qual é baixo comparado com o fator médio da Malásia de 4500 horas, isso se reflete na baixa competitividade e nos altos custos unitários comparados com países nos quais a capacidade de extração tem se acoplado à capacidade de produção agrícola do óleo de palma. Também o grau de flexibilidade e integração das instalações permite a uma usina extratora adaptar-se melhor às mudanças do mercado. Os custos de capital das instalações variam em função da capacidade instalada, da necessidade de infra-estrutura e da complexidade da extração. Os

custos de manutenção dependerão do nível técnico e da capacidade da mão-de-obra e chegam a ser 7% do valor do equipamento novo.

A falta de segurança pessoal e econômica gerada pelo conflito armado e as atividades ilícitas não se limita a simples problemáticas locais, mas se a um problema nacional constituindo uma barreira importante para o desenvolvimento da agricultura e especialmente da cultura da palma. Economicamente a insegurança é uma externalidade negativa, devido a isso se tem um investimento social menor e custos adicionais por segurança que comprometem a eficiência na distribuição dos recursos. Essa insegurança funciona como um imposto indireto ao setor agrícola, situação desfavorável, principalmente para as culturas de médio e longo prazo que são uma das poucas alternativas reais para a ocupação rural, desenvolvimento e geração de emprego nas áreas de conflito. A atividade agrícola da cultura da palma, em virtude da sua organização nacional e mercado crescente, permite a sobrevivência da população apesar dos conflitos e dos problemas de ordem pública como foi mencionado anteriormente.

O custo da água, vapor e energia elétrica, não superam 3% do valor do óleo produzido na usina. Os processos não demandam grandes quantidades de energia, nem de água da qual se consome, em média, quatro metros cúbicos por tonelada de óleo produzido. O custo do vapor é aproximadamente 1% do valor do óleo.

Finalmente, em resumo, segundo FEDEPALMA (2008), ao desagregar o custo de uma tonelada de óleo nos principais fatores de produção observa-se que o mais importante é o custo de capital considerando conjuntamente a parte agrícola e industrial, que participa com 35,3% dos custos totais, seguido dos custos de mão-de-obra com 25,5% e do custo administrativo e dos fertilizantes com 18% e 14,4%, respectivamente.

Conseqüentemente, as externalidades existentes e as barreiras para desenvolvimento das culturas, justificam a contribuição do governo, de maneira que mitiguem os riscos inerentes a essa atividade.

6. PROGRAMA DE BIODIESEL DA COLÔMBIA

De acordo com Goldemberg (2005), os programas de biocombustíveis criados no mundo têm um comportamento similar na fase inicial, na qual o governo dá grande quantidade de subsídios para seu desenvolvimento e introdução no mercado. No estado atual da economia mundial os subsídios não aparentam ser uma opção viável, mas considerando que as fontes fósseis foram subsidiadas historicamente e que os biocombustíveis oferecem vantagens adicionais a essas, os subsídios podem ser facilmente internalizados. A Colômbia, consciente da necessidade de diversificar sua matriz e da oportunidade que o biodiesel de palma representa, inicia seu programa de biodiesel tomando como principal matéria-prima o óleo de palma.

Assim, o governo colombiano através do Conselho Nacional de Política Econômica e Social (CONPES), principal órgão de planejamento e assessor em temas de desenvolvimento econômico e social do país. O CONPES coordena e orienta todos os organismos relacionados à direção econômica e social do governo, por meio de estudos e documentos de desenvolvimento de políticas gerais. Assim, no caso do biodiesel, depois de ter estabelecido as diretrizes básicas do programa compila finalmente em 2008 o documento 3510, no qual se estipulam os lineamentos e políticas para promover a produção sustentável de biocombustíveis na Colômbia. Adicionalmente, para a presidência atual da Colômbia, a produção de biodiesel é considerada prioritária, devido ao déficit na produção de diesel e a oportunidade econômica que representa ser um país produtor, em virtude do contínuo aumento no consumo mundial de diesel (como foi documentado no Plano Energético Nacional 2003-2020 elaborado pela UPME, 2007).

Alem do mais, o MADR ressalta que a cadeia dos óleos e gorduras vegetais foi das primeiras cadeias produtivas estratégicas para o desenvolvimento identificadas na Colômbia. Sua importância atual é um reflexo dos objetivos da política de desenvolvimento focada em descobrir, fortalecer e criar vantagens competitivas para a cadeia das oleaginosas, consolidando seu desenvolvimento econômico, social e sua capacidade de competição, no mercado, através de ações estratégicas no curto, mediano e longo prazo (PND, 2006).

Goldemberg e Coelho (2004) acreditam que a integração de fontes de energia renovável como o biodiesel de palma, gera benefícios na medida em que diversificam o mercado energético; garantem a longo prazo o abastecimento energético sustentável, reduzem as emissões atmosféricas locais e globais, criam novas oportunidades de emprego que

oferecem possibilidades para sua produção local e promovem a independência energética, uma vez que não exigem importações de combustíveis fósseis.

Diante disso, o governo da Colômbia adotou como estratégia do programa de biocombustíveis, em curto prazo, destinar a produção nacional de biodiesel exclusivamente para fornecer ao mercado interno e, em longo prazo, disponibilizar os excedentes no mercado internacional. Esta estratégia visa promover a consolidação de um mercado local e a geração dos incentivos necessários para fortalecer a agroindústria e adquirir a maturidade e eficiência para competir no mercado internacional. O governo acredita que para alcançar estas metas é necessário desenvolver as seguintes atividades (CONPES, 2008):

- Fortalecer a coordenação entre as entidades governamentais entre as entidades relacionadas ao desenvolvimento do setor;
- Promover a redução gradual dos custos de produção e transformação de biomassa, com critérios de sustentabilidade ambiental e social;
- Incorporar os desenvolvimentos previstos do mercado dos biocombustíveis como uma variável a levar e conta no planejamento da infra-estrutura das rodovias;
- Incentivar a produção eficiente e econômica, social e ambientalmente sustentável de biocombustíveis nas regiões com aptidão para este tipo de empreendimentos;
- Definir um plano de pesquisa e desenvolvimento no tema.
- Encaixar as políticas dos biocombustíveis com a política nacional de segurança alimentar;
- Definir um novo esquema de regulação de preços e continuar com a política atual de misturas compulsórias,
- Garantir o cumprimento da normatividade ambiental ao longo da cadeia de produção dos biocombustíveis.

Assim, a Colômbia objetiva o aproveitamento das oportunidades de desenvolvimento econômico e social que oferecem os mercados emergentes de biocombustíveis, de maneira competitiva e sustentável (CONPES, 2008). Conseqüentemente, estabelece como objetivos específicos do programa os seguintes:

- Incrementar a competitividade da produção sustentável de biocombustíveis, contribuindo à geração de emprego, ao desenvolvimento rural e ao bem-estar da população;

- Promover uma alternativa de desenvolvimento produtivo para a ocupação formal e legal do solo;
- Contribuir à geração de emprego formal em condições plenas no setor rural;
- Posicionar a Colômbia como país exportador de biocombustíveis a partir da consolidação dessa agroindústria como um setor de capacidade mundial;
- Diversificar a cesta energética do país mediante a produção eficiente de biocombustíveis, aplicando as tecnologias mais recentes;
- Garantir um desempenho ambiental sustentável através da incorporação das variáveis ambientais na tomada de decisões da cadeia produtiva dos biocombustíveis.

Sob a premissa que a taxa do consumo de diesel no país tem sido crescente desde 1999 e prevê-se o mesmo comportamento até 2025, segundo Puerto (2007), é possível atender à demanda interna crescente no consumo de diesel, misturando-o como B5 até B20 com o biodiesel de palma. Contudo, a oferta exportável se reduziria consideravelmente. Por tal motivo o aumento nas misturas precisaria do desvio inicial do óleo atualmente destinado aos mercados interno e de exportação, assim como da ampliação da área cultivada. Mas esta demanda adicional será rapidamente abastecida pelas áreas atualmente improdutivas que entrarem em produção nos próximos anos. Em consequência, se evidencia que o problema em curto prazo não será a falta de óleo, mas sim a falta de infra-estrutura para transformá-lo em biodiesel e comercializá-lo, devido ao baixo investimento atual nessa etapa da cadeia.

A Colômbia tem com o biodiesel uma importante oportunidade, já que com a ampliação das refinarias existentes e o aumento nas misturas de biodiesel compulsórias, o país teria excedentes de diesel para exportar entre 2012 e 2018¹⁶.

Por outro lado, segundo Coelho (2006), muitos dos programas de biocombustíveis criados nos países desenvolvidos foram beneficiados pelas políticas focadas principalmente em apoiar a agricultura doméstica em alguns dos casos insustentáveis por si mesma como no caso do milho nos Estados Unidos. Apesar dos benefícios do uso de biocombustíveis e sua globalização, o comércio internacional apresenta vários obstáculos devido aos subsídios internos dos países desenvolvidos. Devido a isso é primordial criar produtos competitivos e estratégias globais que permitam difundir o uso dos combustíveis renováveis apoiadas na produção dos países com grande potencial como a Colômbia. Por tal motivo, a Colômbia focaliza seus esforços na cultura da palma, que oferece grandes vantagens e altos

¹⁶ Alfrío Delmar Fonseca, Diretor Geral da Unidade de Planejamento da Mineira e Energia da Colômbia.

rendimentos, assim como na realização de acordos comerciais que garantam privilégios para o biodiesel colombiano como no caso do TLC com os Estados Unidos, no qual se dará um trato preferencial quanto à tributação desse produto.

Diante disso, o governo adotou como estratégia a criação de um organismo multi-setorial que reuniria as instituições públicas e privadas, com experiência ou interesse no biodiesel para trabalhar de maneira conjunta no desenvolvendo de estratégias técnicas, econômicas, regulamentares, logísticas e ambientais. A partir daí se estruturou a base do Programa Nacional de Biocombustíveis. Os objetivos foram produzir um biodiesel de boa qualidade, a preços competitivos, garantindo o fornecimento e baixos impactos ambientais, que contribuíssem com a reativação rural e geraram novos empregos. Assim criou-se a Mesa Nacional de Biocombustíveis (Figura 27).

Figura 27 - Tópicos desenvolvidos pela Mesa Nacional de Biocombustíveis.
Fonte: (MADR, 2008)

Posteriormente, essa mesa evoluiu para um órgão que integrou todas as dependências do Estado relacionadas e se criou em 2008 a Comissão Inter-setorial com o decreto 2328/2008 para o controle do programa de biocombustíveis. A Comissão foi conformada pelos Ministérios de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Ministério de Minas e Energia, Ambiente, Ministério de Vivenda e Desenvolvimento Territorial, Ministério de Transporte, Ministério de Comércio, indústria e turismo e pelo diretor do Departamento Nacional de Planejamento. O governo delegou as seguintes funções à comissão:

- Coordenar o processo de formulação e implementação das políticas relacionadas aos biocombustíveis em todos os setores e organismos do Estado;

- Coordenar com o setor privado, planos nacionais estratégicos para a disponibilização de matéria-prima para o programa de biocombustíveis;
- Concretizar ações para melhorar e inovar os processos produtivos;
- Participar e interagir nas dinâmicas internacionais em matérias relacionadas a este tema;
- Avaliar os mecanismos de promoção, execução e desenvolvimento implementados em outros países, verificando sua aplicabilidade e vantagens.

Entanto, o governo deixou sob responsabilidade do MADR e não do MINMINAS a função de promover e implementar as políticas e estratégias adotadas pela Comissão para o setor dos biocombustíveis.

Como resultado das pesquisas de mercado realizadas por esses órgãos, foi concluído que a palma africana é a oleaginosa escolhida para ser a principal fonte de produção do biodiesel, prateando-se como objetivo inicial do programa realizar a mistura compulsória em 5% do biodiesel com o diesel (B5) para janeiro de 2008. O biodiesel seria inicialmente implantado nas cidades maiores e posteriormente difundido no resto do país.

6.1 Marco legal do Programa de Biodiesel.

No ano de 2007, o Programa de Biodiesel foi definido a partir de marcos legais, de qualidade técnica, assim como de incentivos e de critérios de preços, A seguir são descritas as normas que regulam o programa de acordo a cada tópico.

O Programa iniciou com a Lei N° 939/2004, estimulando a produção e comercialização de biocombustíveis de origem vegetal ou animal para uso em motores diesel, estabelecendo parâmetros gerais do processo de implementação e denominando o biodiesel legalmente como combustível. Posteriormente, a resolução N° 00351/2005, estabeleceu que as rendas provenientes de novos plantios de rendimento tardio como o cacau, borracha, palma e cítricos, registrados junto ao Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural, ficariam isentos do imposto de renda. Tal resolução teve como alvo incentivar a fase agrícola da cadeia.

As normas e critérios de qualidade para utilização do biodiesel como componente de mistura ao diesel usado para combustão foram definidas inicialmente no ano 2005, na Resolução N° 1289/2005 e adicionalmente se fixa a mistura compulsória de B5, a partir de primeiro de janeiro de 2008, posteriormente modificada com a Resolução N° 180782/2007.

Finalmente, com a Resolução Nº 182087/2007 são definidos tanto os requerimentos do combustível, para se misturar com o biodiesel, assim como os requerimentos do biodiesel para misturar com o diesel e para garantir a homogeneidade do combustível final.

A Resolução Nº 181780/2005, define a estrutura de preços do diesel misturado com biodiesel para uso em motores diesel e estabeleceu que o seu preço estaria ligado ao custo de importação do diesel e ao preço internacional do óleo de palma. Essa resolução dá a entender que o sobre-custo da mistura devido à fração de biodiesel será assumido parcialmente pelo consumidor final. Posteriormente, essa resolução foi modificada parcialmente com a Resolução Nº 180212/2007; finalmente, a Resolução Nº 180134/2009, modifica o fator de produção eficiente, o custo de utilização do metanol no processo e um preço mínimo para o biodiesel.

No ano de 2007, o governo, através do Decreto Nº 2594/2007, estabeleceu um fundo de capital de risco cujos recursos financeiros não formarão parte do Fundo para o Financiamento Agropecuário (FINAGRO), mas que serão administrados por esse. O fundo apóia e incentiva projetos agrícolas, entre eles os de matéria-prima para produção de biocombustíveis. Esse decreto tem como objetivo garantir o acesso ao crédito por parte dos produtores.

Entre os decretos que facilitam sua inserção encontram-se o Decreto Nº 2629/2007, que estabelece que a partir do ano 2012, o novo parque automotivo produzido, importado, distribuído ou comercializado no país, e cujo funcionamento dependa do diesel, deverá ser “flex fuel” e adaptado para suportar misturas mínimas de B20, garantindo a existência da tecnologia e demanda para o novo combustível.

Os incentivos criados pelo governo claramente promovem o uso dos biocombustíveis como parte da cesta energética nacional, como produtos de exportação e para a inserção de um parque automotivo novo baseado na utilização de combustíveis limpos (PUERTO, 2007).

Na Resolução Nº 1289/2005 da Colômbia são definidas as misturas compulsórias a partir de 2008, primeiro com o B5, posteriormente no ano 2010 do B10 e em 2012 se espera aplicar B20. Nas Resoluções Nº. 181638/2008 e Nº. 181864/2008, são modificadas as datas de entrada das misturas compulsórias assim: a partir de novembro de 2008, na região da Costa Atlântica e dos departamentos de Santander e Cesar, deverão fornecer a mistura B5 e a partir do ano 2009 nos departamentos de Nariño, Putumayo, Caldas, Quindio, Tolima e Huila. O restante dependerá da disponibilidade do biodiesel. Adicionalmente se estabelecem as usinas atacadistas autorizadas para realizar a mistura nesses departamentos.

O Decreto N° 3492/2007 estabelece que, para efeitos fiscais, as misturas de diesel de origem fóssil com os biocombustíveis de origem vegetal ou animal, para uso em motores diesel, não serão consideradas como processo industrial ou de produção, diminuindo o valor da tributação. Pouco depois no Decreto N° 4051/2007 se estabeleceram os requisitos das áreas consideradas como Zonas Francas Permanentes Especiais. As zonas francas têm como finalidade, segundo o governo, de promover a criação de empregos e a captação de novos investimentos de capital, de criar zonas de desenvolvimento competitivo, incentivar os processos industriais altamente produtivos com tecnologias novas e processos limpos ambientalmente, assim como promover geração de economias de escala e, finalmente, agilizar os processos para facilitar a compra e venda de produtos.

Finalmente, na Lei N° 1133/2007 foi criado um dos principais incentivos ao programa: o *Agro Ingreso Seguro* (AIS) que protege os produtores afetados pelas distorções do preço nos mercados internacionais.

Pode-se concluir que a maioria das normas criadas pelo governo visa favorecer ao produtor agrícola, em detrimento do produtor industrial (extração de óleo e produção de biodiesel) dependerão principalmente de recursos próprios.

6.2 Estado da arte do programa

O governo Colombiano estabeleceu a utilização das misturas compulsórias a partir de janeiro de 2008, iniciando com 5% (B5) até atingir 20% (B20) da mistura em meados de 2012, como já foi mencionado. Para suprir a demanda interna foram projetadas nove usinas. A entrada dos projetos previstos em 2007 atenderia as misturas de B5 do diesel consumido em 2006. Esperava-se para final de 2007 ter uma capacidade instalada de 367,4 milhões litros por ano e, em 2008, 825 milhões litros por ano. Com a totalidade dos projetos previstos para 2008, suprir-se-ia a mistura B10 e os excedentes teriam como destino a exportação.

Devido a problemas técnicos e falta de financiamento, no início de 2008, a produção de biodiesel foi realizada em uma única usina da empresa Oleoflores S.A., com capacidade de 57 milhões de litros por ano, e no final deste mesmo ano foi inaugurada a usina da empresa Odin Energy Santa Marta Corp., com capacidade de 41,3 milhões de litros por ano, mas só entrou em operação em 2009, sendo insuficiente para atender à demanda total do programa e, na atualidade, não existem previsões claras sobre a entrada em funcionamento das outras usinas. A Tabela 19 indica os projetos que, segundo as expectativas do governo, seriam implementados entre 2007 e 2009.

Tabela 19 - Projetos para produção de Biodiesel na Colômbia 2008

Região	Investidor	Capacidade Milhões de litros/ano	Data de Entrada	Empregos gerados	Hectares Requeridos	Estado atual
Norte	Oleoflores S.A.	57,36	Junho de 2007	3000	11.111	Funcionamento
Norte	Biocombustibles Sustentables del Caribe	114,7	Set. 2007	6000	22.222	Construção
Norte	Odin Energy Santa Marta Corp	41,3	Out. 2007	2160	8000	Funcionamento
Este	Bio D S.A.	114,7	Dez. 2007	6000	22.222	Construção
Sub-total 2007		328,1		17.160	63.556	
Central	ECOPETROL	114,7	Jul. 2008	6000	22.222	Viabilidade
Este	Aceites Manuelita S.A.	114,7	Set. 2008	6000	22.222	Viabilidade
Oeste	Biodiesel de Colombia S.A.	114,7	Nov. 2008	6000	22.222	Viabilidade
Norte	Biocosta S.A.	114,7	Fev. 2009	6000	22.222	Viabilidade
Este	Biocastilla S.A.	11,4	Mar. 2008	600	2.222	Construção
Sub-total 2008-2009		470,2			91.111	
Total 2007-2009		798, 3			154.667	

Fonte: (FEDEPALMA 2007)

Por sua parte, a ECOPETROL planejava participar ativamente desse processo e no ano 2006 realizou estudos para a construção de sua usina de Biodiesel perto da refinaria em Barrancabermeja, com capacidade para produzir 100.000 t ao ano (721.000 barris por ano), durante o período compreendido entre 2008 e 2017. Entretanto, até finais do ano 2009 ainda não foi construída.

A finalidade da usina era participar como fornecedor primário da principal refinaria do país e distribuir o combustível já misturado através dos polidutos de sua propriedade. Assim, a ECOPETROL decidiu criar uma sociedade que construiria e operaria essa usina, composta por ela e pelos produtores de palma da região central, cada um com participação de 50% na nova empresa. A nova empresa ofereceria garantias de compra e venda do óleo de palma para os sócios, pelos próximos 10 anos. Assim mesmo existira um contrato entre a sociedade e a refinaria da ECOPETROL para a venda de todo o Biodiesel produzido durante os 10 anos posteriores à construção.

A produção de óleo de palma no ano 2007 foi de 732.495 t, das quais 223.324 t foram produzidas pela região central onde operaria a usina de biodiesel da ECOPETROL. Esperava-se captar 100.000 t de óleo para produzir biodiesel. Nessa região existe um total de 77.594 hectares cultivados com palma, dos quais só 48.839 estão em produção, ou seja, com a

entrada dos novos cultivos, em um período menor de três anos, recuperaria a oferta atual facilmente.

O objetivo da ECOPETROL era conseguir abastecer no máximo 2,5% da demanda de biodiesel da refinaria de Barrancabermeja entre o ano 2008 e 2017, reduzindo os riscos do mercado pela disponibilidade da matéria-prima e a continuidade do programa de bicomcombustíveis na Colômbia, mas na atualidade a usina não está terminada e as previsões de entrada são para 2010, além disso, não existe uma normatividade legal nem técnica para transportar combustíveis misturados através dos polidutos, nem para fazer misturas diretamente nas refinarias, truncando os objetivos propostos pela ECOPETROL.

Diante disso, percebe-se que apesar do consumo interno de diesel ser pequeno, comparado aos outros países em desenvolvimento, as metas propostas pela Colômbia requerem grandes quantidades de investimento, infra-estrutura, matéria-prima em um período de tempo de quatro anos, como foi planejado. Mas, embora a disponibilidade de óleo de palma exista, devido à falta de usinas transformadoras o governo teve que modificar as datas e flexibilizar a entrada para todo o território, esperando que nos anos seguintes entrem em funcionamento várias usinas e assim ter maior disponibilidade de biodiesel para atender, pelo menos, à demanda interna e às misturas compulsórias.

Apesar dos esforços realizados pelo MADR ainda existe uma grande dificuldade por parte dos investidores industriais para concretizar seus projetos, principalmente pelo acesso aos créditos especiais e, em alguns, casos insegurança econômica frente a essa indústria em formação. O governo criou garantias econômicas suficientes para os produtores de biodiesel e dificilmente será possível gerar incentivos econômicos adicionais para esta parte da cadeia. Então, o setor deve ser consciente da oportunidade que oferece o biodiesel de palma e se arriscar procurando o desenvolvimento econômico e social próprio e do país¹⁷ (BOCHNO, 2009).

Por parte da entidade Estatal Corporação Colombiana de Pesquisa Agropecuária (CORPOICA), foi desenvolvida uma usina piloto em Tumaco, construída e projetada por pesquisadores colombianos, com capacidade para produzir 2000 litros por dia de biodiesel, que foi inaugurada em julho de 2008 e abastece uma pequena região. Segundo o No início da operação enfrentaram várias dificuldades, mas rapidamente foram superadas e até hoje não tem parado de funcionar¹⁸. Contudo, atualmente essa usina consegue realizar a transesterificação completa em aproximadamente 10 minutos a partir de etanol produzido pela mesma empresa. O sucesso do processo radica na qualidade do secado do etanol, e que o

¹⁷ PhD Elzbieta Bochno Hernandez, coordenadora do programa de biocombustíveis do MADR da Colômbia.

¹⁸ PhD Carlos Bueno Trujillo, coordenador geral do projeto e da engenharia da usina.

sobre custo desse processo é compensado com a eficiência da produção de biodiesel (BUENO, 2009).

Na parte legislativa, com a Resolução N° 182142/07 e modificações seguintes, criam-se as normas para o registro dos produtores ou importadores de bicomcombustíveis com a finalidade de regular esses agentes e ratificou-se a entrada definitiva da mistura B5 de forma compulsória para o ano de 2008 em todo o país. Mas, devido à baixa disponibilidade de biodiesel na realidade desde janeiro de 2008 o B5 está sendo distribuído só na Região da Costa Atlântica. No mês de outubro de 2008, foi distribuído nos departamentos de Santander e Cesar, principalmente, por causa do atraso da construção da maioria das usinas produtoras de biodiesel, o que obrigou o governo a modificar a data de entrada do B5 na região Sul e Oeste do país, como tinha sido contemplado inicialmente. Adicionalmente, o governo não aprovou realizar a mistura diretamente na refinaria de Barrancabermeja nem o transporte através dos dutos, portanto, a mistura será realizada pelos distribuidores atacadistas nos tanques de armazenamento e não nas refinarias como propôs a ECOPETROL.

Na Resolução N° 181638, do dia 29 de setembro de 2008, são modificadas novamente as datas de entrada da mistura compulsória do B5, assim a partir de primeiro de novembro de 2008, as usinas atacadistas designadas pelo governo por suas condições técnicas e ambientais da Costa Atlântica e dos departamentos de Santander e Cesar, estariam na obrigação de distribuí-la e teriam a responsabilidade de fazer a mistura B5. Posteriormente, a partir do dia 15 de fevereiro do ano 2009, se adicionam os departamentos de Nariño, Putumayo, Caldas, Quindío, Tolima e Huila, nos quais começaria a ser distribuído o B5, sob as normas técnicas e ambientais dispostas pelo governo. Para as usinas atacadistas restantes, o início da distribuição do B5 dependeria da disponibilidade do biodiesel no país (Figura 28).

Figura 28 - Distribuição das usinas autorizadas para fazer a mistura e sua data de entrada.
Fonte: (MADR, 2008)

A seguir, é apresenta a lista das usinas atacadistas registradas e reconhecidas pelo governo para realizar a mistura do biodiesel com diesel fóssil nas suas usinas no mês de fevereiro de 2009.

COSTA ATLÂNTICA

- Usina Galapa - Atlântico (Chevron).
- Usina Siape - Barranquilla – Atlântico.
- Usina Galapa - Atlântico (Exxon Móbil).
- Usina Baranoa – Atlântico (Organización Terpel S.A).

- Usina Palermo - Sitio Nuevo – Magdalena.

BUCARAMANGA, SANTANDER E CESAR

- ExxonMobil (Girón - Santander)
- Organização Terpel S.A. (Ayacucho - La Gloria - Cesar).
- Organização Terpel S.A. (Chimitá – Girón – Santander).
- Organização Terpel S.A. (Lisama - Barrancabermeja – Santander).

SUL E LESTE DO PAÍS

- Organização Terpel S.A (Buga - Valle).
- Organização Terpel S.A (Yumbo - Valle).
- Exxon Mobil, Chevron, Biocombustibles S.A, Petrobras (Yumbo - Valle).
- Exxon Mobil, Chevron, Biocombustibles S.A, Petrobras (Cartago - Valle).
- Exxon Mobil, Chevron, Biocombustibles S.A (Buenaventura - Valle).
- Organização Terpel S.A (Pereira - Risaralda).
- Organização Terpel S.A (Manizales - Caldas).
- Organização Terpel S.A (Puerto Asís - Putumayo).
- Exxon Mobil, Organização Terpel S.A. Biocombustibles S.A, Petrobras (Neiva – Huila).
- Exxon Mobil, Organização Terpel S.A., Chevron, Biocombustibles S.A, Petrobras (Gualanday – Coello – Tolima).
- Exxon Mobil, Organização Terpel S.A. (Mariquita – Tolima).

6.3 Mecanismos econômicos implementados

Em geral, as intervenções do Estado no mercado estão em função das falhas que esse apresenta e que podem ser devidas a falhas no sistema de alocação dos recursos fazendo necessária a criação de mecanismos que o regulem e o transformem em um sistema eficiente (FARINA et AL., 1997).

As políticas dos governos influenciam de maneira importante a oferta e custos dos frutos da palma em função da posse da terra, das práticas agrícolas, dos preços ao produtor, dos preços de venda, incentivos comerciais, dicas de comércio internacional, evolução da demanda e preços ao consumidor¹⁹. Assim, a disponibilidade e o custo do capital

¹⁹ Dr. Jorge Cárdenas Gutierrez, diretor da Federação Nacional de Biocombustíveis (FEDEBIOCOMBUSTIBLES).

investido para financiar a produção agrícola das culturas oleaginosas são determinantes no custo final do óleo e repercutem na disponibilidade futura desse para a produção de biodiesel.

Partindo desse enfoque, o governo colombiano cria mecanismos econômicos para o setor agrícola, visando impulsionar a produção de matéria-prima para todos os mercados, especialmente do biodiesel, sob a premissa de enfrentar o processo de internacionalização da economia nacional, melhorando a competitividade do setor agrícola e protegendo a renda dos produtores atingidos pelas variações de preço dos mercados externos. Assim se criam vários programas como o mencionado anteriormente, Renda Agrícola Assegurada ou *Agro Ingreso Seguro* (AIS), apoiadas e respaldadas pelo governo, nos quais se oferecem aos produtores linhas de crédito especiais, incentivos e adicionalmente se criam isenções fiscais ou tributárias, além de garantias de comercialização, entre outros.

Apesar dos esforços realizados pelo governo, estes apresentam falhas na distribuição dos mecanismos econômicos criados, já que não considera as necessidades específicas de cada tipo de produtor, tendo como consequências um aumento nas desigualdades sociais e marginalização das populações mais pobres, situação contraditória com os objetivos propostos.

O Estado deveria focalizar seus incentivos não reembolsáveis e linhas de crédito especial na fase de implantação dos pequenos produtores os quais dificilmente dispõem dos recursos econômicos para manter a fase improdutiva destas culturas, consolidando uma economia forte para estes e garantido sua inclusão no mercado em igualdade de condições com os grandes produtores. Já no caso dos médios e grandes produtores com disponibilidade econômica o governo deveria garantir o investimento através de fundos de risco e manter as linhas de financiamento.

Igualmente, é importante que o governo considere a criação de linhas de crédito para os produtores de biodiesel. No caso das isenções tributárias poderia ser feita uma discriminação como no Brasil onde as usinas que comprem as produções dos pequenos produtores são as mais beneficiadas incentivando a produção e a inclusão na economia dessas populações.

6.3.1 Programa Renda Agrícola Assegurada (AIS).

Este programa reúne a maioria dos incentivos criados pelo governo para fomentar a produção agrícola. Apesar de favorecer investimentos no setor de agrícola, foi criado para impulsionar qualquer atividade agrícola realizada no país e apóia todos os produtores sem

importar o tamanho da sua produção. Está integrado por diferentes mecanismos, como créditos especiais, apoios à comercialização de produtos e incentivos à produção. Segundo Mesa (2007), o programa foi criado com a finalidade de proteger a renda dos produtores, evitando que sejam atingidos pelas distorções derivadas dos mercados externos e melhorando a competitividade do setor agropecuário nacional, focados na internacionalização da economia. As componentes principais do programa AIS são:

- Linha Especial de Crédito;
- Incentivo à Capitalização Rural;
- Convocatória de irrigação e drenagem;
- Incentivo à Assistência Técnica;
- Convocatória de Ciência e Tecnologia.

Esses incentivos são auxílios em capital que o governo oferece sem esperar reembolso econômico por parte do beneficiado. São outorgados de maneira seletiva e temporal, sendo responsabilidade do Estado selecionar objetivamente os beneficiários e o valor do incentivo, assim como os requisitos e condições que devem cumprir os solicitantes (FINAGRO, 2006).

6.3.1.1 Linha Especial de Crédito

Essa linha está dirigida a produtores que desenvolvam projetos com finalidade de melhoramento produtivo de qualquer atividade agrícola, sempre em procura do melhoramento. Essa linha pode ser acessada através de qualquer banco, corporação financeira, empresa de financiamento comercial ou qualquer outro que possua recursos do Fundo de Financiamento do Setor Agrícola (FINAGRO).

O objetivo é beneficiar os produtores, financiando: os custos de plantação e manutenção das áreas de produção; aquisição de máquinas e equipamentos novos para os processos de produção, colheita e transformação; adequação de solos como acondicionamento físico e químico; implementação de sistemas de irrigação, drenagem e controle de inundações; infra-estrutura para armazenamento, transformação primária, conservação, comercialização e renovação de cultivos; além de certificações de sistemas de gestão da qualidade, ambiental ou do recurso humano. Os prazos de pagamento são de até 15 anos e a dívida só começa a ser paga após o término do período improdutivo do cultivo (no caso da palma, 3 anos).

As linhas de crédito especial são outorgadas aos produtores de acordo com o capital que possuem, classificando-os da seguinte maneira:

- a) Pequeno Produtor: são pessoas com ativos totais não maiores a R\$40.963 incluídos os do cônjuge e que no mínimo dois terços da sua renda provenham da atividade agropecuária.
- b) Mulher rural de baixa renda: são mulheres chefes de família com ativos totais não superiores R\$28.554.
- c) Médio Produtor: são pessoas não compreendidas nas anteriores classificações e com ativos totais inferiores ou iguais a 10.000 salários mínimos legais vigentes²⁰ (R\$3.610.589).
- d) Grande produtor: são pessoas naturais ou jurídicas com ativos totais superiores a 10.000 salários mínimos legais vigentes (R\$3.610.589).

Esses usuários podem obter créditos com taxas de juros baixas de DTF – 2²¹ pontos percentuais. Segundo o Banco da República da Colômbia, o DTF, durante o ano de 2007, estava em 6,76% em janeiro e, em dezembro, chegou até 9,15%.

A cobertura do financiamento para pequenos produtores é de até 100% dos custos diretos. Para médios e grandes produtores será até 80% dos custos diretos do projeto, com exceção dos projetos de adequação do solo e infra-estrutura para produção nos quais cobrirá 100%. A quantia máxima de financiamento será de R\$4.424.778 por beneficiário.

Adicionalmente, para FINAGRO (2006), o programa tem como foco principalmente oferecer oportunidades de crédito aos pequenos produtores, cobrindo a totalidade do investimento a baixas taxas de juros e propiciando um aumento da área plantada com palma no país. Porém, ainda não são contempladas linhas de crédito especial que incluam investimentos na transformação do óleo em biodiesel e que garantam o desenvolvimento dessa parte da cadeia.

6.3.1.2 Incentivo à Capitalização Rural (ICR)

O ICR foi criado para promover projetos de modernização e adequação das unidades produtivas, desenvolvimento tecnológico de cultivos de tardio rendimento de alto potencial

²⁰ O salário mínimo legal vigente da Colômbia em 2008 é de R\$461,5.

²¹ Estas taxas se encontram expressas em função da taxa dos “Certificados de Depósito a Término Fijo” (DTF), que é a taxa de juros resultante da média ponderada das taxas e quantias diárias das captações de períodos de 90 dias dos “Certificados de Depósito a Término Fixo” (CDT) da maioria dos intermediários financeiros, durante a semana, mês ou ano de acordo ao prazo do crédito. Portanto, essa taxa não é fixa e varia periodicamente de acordo com a entidade financeira outorgante (CORFINSURA, 2007).

exportador, como a palma. Esse incentivo é um aporte em dinheiro que a FINAGRO realiza a favor dos produtores agrícolas, para cobrir parte do crédito adquirido para cumprir esses objetivos.

O ICR cobre até 40% do valor do investimento dos projetos financiados com créditos do FINAGRO, que sejam desenvolvidos por pequenos produtores, alianças estratégicas para cultivos de rendimento tardio e projetos de adequação de terras. Para produtores médios e grandes, o incentivo cobre até 20% do valor do crédito. A quantia máxima de financiamento será de R\$4.424.778 por beneficiário (MADR, 2008).

Os requisitos para obter o ICR são que o crédito seja novo com recursos do FINAGRO, com financiamento de mínimo de 40% e devem ser condizentes com os objetivos do incentivo. Esses investimentos não podem estar apoiados por outro incentivo do governo e cada usuário pode-se apresentar uma única vez por ano com todos os suportes legais do investimento realizado.

6.3.1.3 Convocatória pública para financiamento de sistemas de irrigação e drenagem.

Um dos principais objetivos do programa AIS é incentivar a construção e implementação de sistemas de irrigação e drenagem, fatores essenciais para o aumento da produtividade, a competitividade e o uso eficiente do recurso hídrico. Por esse motivo o governo criou as convocações através das quais se apoiaram esses investimentos. O prazo máximo de execução é de 8 meses e pode ser apresentado por qualquer pessoa.

O apoio será até de 80% do valor total do projeto e não será reembolsável, mas não pode superar o valor de:

- R\$ 3.097.345 para distritos de irrigação;
- R\$ 318.584 para os outros projetos contemplados na convocatória;
- Em ambos os casos o apoio não poderá ser superior a R\$ 10.619 por hectare diretamente beneficiado com o projeto.

O produtor deve, como contrapartida, pagar como mínimo 20% do custo total do projeto em dinheiro ou mão-de-obra não qualificada sempre e quando essa última não seja maior que 50% da contrapartida.

6.3.1.4 Incentivo à Assistência Técnica (IAT).

O governo, por meio da Resolução Nº 140/2007, implementou o IAT, o qual cobre até 80% do valor total do crédito utilizado para financiar os gastos relacionados à contratação de serviços de assistência técnica. O pagamento do incentivo será realizado por intermédio de um pagamento do saldo do crédito correspondente.

O valor máximo a financiar na assistência técnica não poderá superar 5% do valor total dos custos e gastos de implantação do cultivo e manutenção, para o caso das atividades agrícolas. Para cultivos de rendimento médio e tardio, como a palma, essa porcentagem deve ser calculada sobre os custos e gastos da semeadura e manutenção durante um período não superior a três anos.

6.3.1.5 Convocatória de Ciência e Tecnologia.

A partir dessa convocatória, o governo pretende financiar projetos de pesquisa de inovação, desenvolvimento tecnológico e fortalecimento de sistemas sanitários e fitossanitários procurando atingir padrões internacionais de competitividade.

O Estado avaliará a afinidade dos projetos com os objetivos propostos pela convocatória e financiará até 50% do valor total, além de que exigirá em contrapartida, como mínimo, 50% por parte das entidades que o executem.

6.3.2 Fundo Agropecuário de Garantias (FAG)

O objetivo do FAG é garantir os créditos concedidos pelo Programa AIS, ou através dele com entidades financeiras diferentes do FINAGRO, outorgados a produtores que não possam oferecer as garantias exigidas pela entidade fornecedora do crédito.

A classificação da cobertura e das quantias, de acordo as características do produtor estabelecido pelo AIS são:

- Até 100% para créditos outorgados à população deslocada de seus sítios de origem por atos de violência;
- Até 80% do valor do crédito para pequenos produtores e mulheres rurais de baixa renda;
- Até 75% para médio produtor;

- Até 50% do valor do crédito para grande produtor.

Assim, os produtores independentemente de seu tamanho, têm acesso fácil a créditos com qualquer entidade financeira sem a necessidade de ter como garantir a totalidade do empréstimo feito pela entidade, solucionando uns dos principais problemas para novos empreendimentos e incentivando a produção de óleo, além de melhorar as expectativas de renda dos agricultores (FINAGRO, 2006).

6.3.3 Isenções fiscais e tributárias do programa

Os produtores de biodiesel contam com benefícios tributários regulamentados pela lei Nº 939/2004, como isenção do imposto ao valor agregado (IVA = 15%) e do imposto global aos combustíveis (14%), independentemente da região ou matéria-prima do biodiesel. Isso implica que qualquer empresa, sem importar seu tamanho ou estrutura, que se dedique a produzir biodiesel, poderá obter os benefícios.

Além disso, o governo deu isenção do imposto à renda líquida para cultivos de rendimento tardio, como a palma, por um período de 10 anos contados a partir do início da produção (Lei Nº 939/2004).

Também foram criadas as zonas francas, que se definem como a área geográfica dentro do território nacional, nas quais são desenvolvidas atividades industriais de bens e serviços, ou comerciais, sob uma normatividade especial tributária, aduaneira e de comércio exterior. As mercadorias que ingressam nessa zona são consideradas fora do território aduaneiro nacional para efeitos de taxas às importações e exportações.

6.3.4 Estrutura de preços do biodiesel

Segundo FEDEPALMA (2008), os custos de produção do biodiesel dependem essencialmente do custo da matéria-prima, do óleo vegetal, e dos custos de processamento industrial. Em geral, o custo do óleo vegetal corresponde a cerca de 85% do custo do biodiesel, quando esse é produzido em usinas de alta capacidade.

Entretanto o CONPES (2008) estima que o custo de produção do biodiesel pode chegar até US\$ 0,443 por litro, dos quais 75% corresponderia aos custos do óleo de palma, ou seja, 10 % menor do que o estabelecido por FEDEPALMA (2008). Essa porcentagem de 75% é superior em 37% aos custos do óleo da Malásia e em 110% aos da Indonésia deixando

claramente em desvantagem o produto nacional, devido principalmente aos custos da mão-de-obra e de transporte, e à baixa capacidade de uso das usinas existentes. Há, portanto, interesse em reduzir os custos da matéria-prima e eventualmente obter o material gorduroso a partir de rejeitos industriais: óleo de fritura usado, sebo e esgoto, mas dificilmente pode ser obtida uma produção suficiente para atingir à demanda.

Segundo Puerto (2007), na Colômbia, as políticas relacionadas aos combustíveis líquidos são definidas pelo MINMINAS, que fixa a cada mês os preços da gasolina, do diesel e dos biocombustíveis, estabelece e impulsiona a regulação sobre combustíveis através da sua Secretaria de Hidrocarbonetos e garante a continuidade dos programas.

Assim, para manter um mercado competitivo e justo para os produtores de biodiesel, o Estado desenvolveu uma estrutura de preços outorgada pela Resolução N° 181780/05, posteriormente modificada pela resolução N° 180134/09, nas quais se define legalmente a estrutura de preços do diesel misturado com biocombustíveis, incluindo o custo da matéria-prima.

Na Equação 1, apresenta-se a maneira como é calculado o lucro do produtor de diesel misturado com biodiesel $IPAMB(t)$, indiferentemente da porcentagem de mistura.

$$IPAMB(t) = IP(t) * XA + IPBUMD(t)*XB \quad (Eq. 1)$$

No qual:

$IPAMB(t)$: Lucro do produtor de diesel misturado com biodiesel

$IP(t)$: Lucro do produtor do diesel (\$/galão)

$IPBUMD(t)$: Lucro do produtor do biodiesel (\$/galão)

XA : A fração do diesel usado na mistura.

XB : A fração do biodiesel usado na mistura

t : Período de tempo entre o primeiro e último dia de cada mês,

Nessa fórmula, está implícito que o custo do biodiesel será distribuído gradualmente em pequenas frações no preço pago pelo consumidor final, que assumirá o custo adicional do biocombustível, reduzindo parte da responsabilidade do governo e da carga de subsídios custosos e insustentáveis em longo prazo (Figura 29).

Figura 29 - Estrutura do custo da mistura B5 na Colômbia (Resolução N° 180134/09).
Fonte: (Ministério de Minas e Energia da Colômbia, 2008).

Em março de 2008, o governo da Colômbia através do Documento 3510 do CONPES, fixa os lineamentos básicos para calcular a estrutura de preços do biocombustível B5 na Colômbia. Nesse documento se estabelece que o lucro máximo ao produtor do biodiesel será o maior preço entre os três seguintes e será calculado periodicamente. Posteriormente, baseado nesse documento, se cria a resolução N° 180134/09 na qual se estabelecem as metodologias de cálculo. Assim, o governo tenta garantir um preço justo e sustentável para os produtores de biodiesel e a continuidade do fornecimento de biodiesel. O procedimento para calcular o lucro do produtor de biodiesel (IPBUMD(t)) é obtido do maior valor dessas três opções nesse período de tempo.

A primeira metodologia estabelece um preço mínimo do IPBUMD(t) que será atualizado anualmente. Para o ano de 2009, o preço se fixa em R\$1,678 por litro de biodiesel. A partir de primeiro de janeiro do ano 2010, esse preço estará conformado com 70% baseado na variação do índice de preços ao produtor do ano anterior e 30% baseado na desvalorização anual da moeda nacional.

A segunda metodologia para estabelecer o IPBUMD(t) está baseada no preço interno do óleo de palma (calculado a partir da metodologia do Fundo de Estabilização de Preços para o Palmiste e Óleo de Palma da FEDEPALMA). Adicionalmente, se consideram ajustes do valor por qualidade, preço internacional do metanol e o fator de eficiência de produção de biodiesel, da qual se cria a Equação 2, a seguir descrita:

$$\text{IPBUMD}(t) = \{ \text{PIAP}(t) + [(\text{FPE} + \text{FMeOH}) / (\text{B} * 42)] \} * \text{TMR} \quad (\text{Eq. 2})$$

Na qual:

PIAP(t): Preço interno do óleo de palma (US\$/t);

FPE: Fator de produção eficiente (US\$177/t de biodiesel);

B: Fator de conversão de toneladas a barris, a resolução estabelece o valor de 7.217 barris/t;

42: fator de conversão de barris para galões;

TMR: Média da taxa de cambio representativa do mercado, vigente nos 5 dias anteriores à data de calculo;

t: Período de tempo entre o primeiro e último dia de cada mês;

FMeOH: Fator de uso do metanol para a produção de biodiesel (US\$/t).

Dentro dessa fórmula, o PIAP(t) é calculado a partir da metodologia do Fundo de Estabilização de Preços para o Palmiste e Óleo de Palma, além do fator de qualidade do óleo estabelecido pelo MINMINAS em 1,078. A metodologia estabelecida pelo fundo está baseada na média da paridade da importação do óleo de palma cru e do preço do principal óleo substitutivo (óleo de soja), nas 4 semanas anteriores à data de calculo (US\$/t).

No caso do FMeOH, o cálculo é realizado tomando o preço do metanol com custos de importação e transporte em US\$/t, multiplicado pelo fator de utilização para produção de biodiesel estabelecido pelo governo em 0,12.

A terceira metodologia toma como referência o preço do diesel no mercado internacional e no nacional, fazendo uma ponderação entre a paridade de exportação e de importação do combustível. Nessa metodologia se realiza um ajuste pela variação das propriedades no combustível obtido da mistura como são: aumento do preço por melhoras na cetanagem e a diminuição do conteúdo de enxofre, diminuição do preço por causa do menor poder calorífico do biodiesel, que se resume na Equação 3.

$$IPBUMD(t)=[\{(A*PIDO(t)+B*PEDO(t))*PC\}+Cet(t)+S(t)]*TMR \quad (Eq. 3)$$

Na qual:

A: Fração de diesel importado usada no país frente à demanda total nacional;

PIDO(t): Preço paridade de importação do diesel, em (US\$/Galão);

B: Fração de diesel produzido na Colômbia usada no país frente à demanda total nacional;

PEDO(t): Preço de paridade de exportação do diesel, em (US\$/Galão);

Cet: Ajuste por melhoramento do número de cetanos na mistura do diesel com biodiesel (US\$0.0166/galão);

TMR: Média da taxa de cambio representativa do mercado, vigente nos 5 dias anteriores à data de calculo;

PC: fator de ajuste pelo menor poder calorífico da mistura devido ao biodiesel, estimado em 0.994;

S(t): Ajuste do preço pela diminuição do conteúdo de enxofre do combustível misturado (\$/galão).

Com essas três metodologias, o governo tenta garantir um preço de venda equitativo para os produtores do biodiesel. Inicialmente, na Resolução Nº 181780/05 não existia a

primeira metodologia, mas em Julho de 2008, com a queda do barril de petróleo e do óleo de palma, o lucro do produtor de biodiesel não atingia o custo mínimo de produção criando desconforto no setor, o que obrigou o governo a estabelecer um preço mínimo baseado em períodos de tempo maiores. Essas equações fornecem ao produtor de biodiesel um valor de venda interno rentável e protegido da instabilidade do mercado internacional, obtendo sempre o melhor preço possível como se ilustra na Figura 30.

$$\begin{array}{l}
 \text{IPAMB(POD)} < \text{IPAMB(PM)} \Rightarrow \$\text{Biodiesel(PM)} \\
 \text{IPAMB(POP)} < \text{IPAMB(PM)} \\
 \text{IPAMB(PM)} < \text{IPAMB(POD)} \Rightarrow \$\text{Biodiesel(POD)} \\
 \text{IPAMB(POP)} < \text{IPAMB(POD)} \\
 \text{IPAMB(POD)} < \text{IPAMB(POP)} \Rightarrow \$\text{Biodiesel(POP)} \\
 \text{IPAMB(PM)} < \text{IPAMB(POP)}
 \end{array}$$

PM: Preço Mínimo
 POP: Preço Óleo de Palma
 POD: Preço Óleo Diesel
 IPAMB: Lucro do Produtor de Biodiesel.
 \$Biodiesel: Custo final do biodiesel.

Figura 30 - Preço do Biodiesel a partir da Resolução N° 180134/09.
 Fonte: (MINMINAS, 2009).

O impacto do custo do biodiesel no preço final do combustível será diretamente proporcional à sua participação na mistura.

A estrutura de preços criada pelo governo permite que a aplicação de subsídios diretos seja menor, assim uma grande fração do custo adicional da mistura é assumida pelo consumidor final e o fato da mistura ser compulsória garante que tal responsabilidade não seja evadida.

A mistura compulsória garante um mercado interno e preços competitivos que não estão ligados diretamente a mercados nacionais nem internacionais, mas a uma ponderação dos dois e, assim consegue prorrogar o modelo garantindo o fornecimento do biodiesel no futuro.

6.4 Perspectivas do Programa Nacional de Biodiesel Colombiano

Inicialmente, no caso da Colômbia, um dos objetivos de assinar o Tratado de Livre Comércio (TLC) é que o biodiesel seja um elemento prioritário dentro da política exportadora

do país. A partir de medidas derivadas desse tratado, como a isenção de impostos para a importação por parte dos Estados Unidos, o biodiesel colombiano se colocaria em condições vantajosas frente a outros fornecedores.

Segundo ECOPETROL (2007), no ano de 2007, o consumo de diesel foi de 4.027.085 t/ano (82.000 barris diários de diesel); adicionalmente, de acordo com a FEDEPALMA (2007), a produtividade média por hectare de óleo de palma é de quatro toneladas. Considerando o consumo desse combustível em 2007 e uma relação da transformação teórica do óleo de palma em biodiesel de um para um, pode-se determinar a quantidade necessária de óleo e da área produtiva da cultura da palma para várias porcentagens de mistura de biodiesel com diesel. Como resultado, pode-se dizer que para garantir o fornecimento de biodiesel para a mistura de B5 no ano de 2007, a Colômbia precisaria de 50.000 ha plantados com palma que produziram 201.000t de óleo. No cenário de mistura de B20 de biodiesel, precisariam de 201.000 ha plantados e 805.000 t de óleo (Figura 31).

Figura 31 - Requerimentos da área e óleo para abastecer as misturas internas.
Fonte: (FEDEPALMA, 2007).

Segundo Puerto (2007), o consumo nacional de diesel é crescente e chegará a um valor máximo de 133.891.000 bpd (7,7 bilhões de litros) em 2025. O consumo de biodiesel estaria distribuído assim: 270 milhões de litros em 2008 (B5 de mistura), 550 milhões em 2010 (B10 de mistura) e 1.100 milhões de litros em 2012 (B20 de mistura), segundo a normatividade de consumo compulsório nacional. A produção de biodiesel de palma contribuiria para diminuir a importação do diesel que em 2006 foi de aproximadamente 10%.

Segundo FEDEPALMA (2008), espera-se que a tendência crescente da área plantada continue durante vários anos. Entretanto, as flutuações dos preços internacionais e as especulações criem desestabilização e inseguranças no setor financeiro e no mercado interno, o amadurecimento e fortaleza do setor permitirão manter essa tendência no futuro. Assim, o desenvolvimento da indústria da palma para produção de biodiesel fará com que se promovam ações com a finalidade de otimizar o uso e transformação dos produtos e subprodutos. A grande quantidade de subprodutos e o desenvolvimento do setor permitem a pesquisa de tecnologias alternativas com a capacidade de aproveitar e transformar esses subprodutos criando novos mercados e melhorando a economia da cadeia produtiva da palma.

Segundo a FEDEPALMA (2009), durante os últimos 5 anos a Colômbia tem um consumo interno que varia entre 400.000 até 450.000 t/ano e uma oferta exportável entre 250.000 até 300.000 t/ano. Além do mais, no ano de 2008, a produção de óleo foi de 777.558 t, a área produtiva foi de 65% da área total plantada e a metade eram culturas novas de baixos rendimentos com idade inferior a 6 anos. Considerando-se 100% da área em produção com rendimento médio de 4 t/ha, a produção de óleo seria de 1.341.824 t, ou seja, 564.266 t adicionais à produção existente atualmente. Para cumprir a mistura de 20% de biodiesel com diesel seriam necessários 240.734 t de óleo a mais, o equivalente a 60.184 ha, quantidade que será facilmente alcançável ao ritmo do crescimento atual.

6.4.1 Cenários da expansão da cultura da palma.

Baseado na necessidade de fornecer a matéria-prima para abastecer o programa de biodiesel e assumindo um desenvolvimento do mercado estável, estabelecem-se três cenários futuros até 2020 do crescimento da área plantada com palma na Colômbia e em função deles se calculam os requerimentos adicionais da cadeia de produção.

O primeiro cenário é conservador no qual o crescimento da produção e da demanda é lento e diminui, mas é o suficiente para garantir o abastecimento para a mistura nacional do B20 nesse ano, sem interferir nas demandas existentes. Também é assumido um aumento mínimo no consumo interno de diesel nesse período e um aumento no rendimento por hectare devido ao grau de amadurecimento das plantações.

Nesse cenário, estima-se que o aumento da área plantada seja de 85.587 ha em 13 anos, com um rendimento médio de óleo de até 5 t/ha. Considerando que entre o ano de 2003 e 2007 o aumento da área plantada foi de 110.000 ha na Colômbia e de 1.510.000 ha na Indonésia esse cenário é claramente alcançável. Para 2020 a maioria da área plantada estará

em produção e a oferta tanto interna como externa permanecerá inelástica, em torno de 900.000 t/ano, deixando 969.218 t/ano de óleo para produção de biodiesel (Tabela 20).

Tabela 20 - Projeções da expansão da palma no cenário conservador.

PALMA	2007	2010	2015	2020
Área total (ha)	316.402	348.042	382.846	401.989
Área em produção (ha)	201.040	251.714	320.057	373.844
Área em desenvolvimento (ha)	115.362	96.328	62.789	28.145
Produção anual de óleo (t)	731.786	1.183.057	1.568.279	1.869.218
Rendimento (t/ha)	3,64	4,7	4,9	5

Fonte. Elaboração própria.

O segundo cenário é estabelecido pelo MADR (2008) e leva em conta um desenvolvimento ativo do setor, no qual se obtém excedentes suficientes para virar exportador de óleo e biodiesel entre o ano 2010 e 2015. Nesse cenário é previsto que a área plantada se triplicará durante esses 13 anos. O crescimento será gradual e estará em função do aumento do poder de compra e fortalecimento do setor. Assim, para cada período as áreas novas tenderão a duplicar-se segundo as expectativas do governo, devido ao período improdutivo de aproximadamente três anos. Estima-se que no último período 60 % da sua área nova estará em desenvolvimento, existindo um potencial adicional de mais de 1.300.000 t/ano de óleo, para rendimentos anuais de até 4,7 t/ha. A produção de óleo no cenário do governo para o ano 2020 será de 1.514.674 t a mais do que o cenário conservador e esse óleo seria destinado principalmente à oferta exportável, seja como óleo ou como combustível. Considerando o mesmo regime de consumo do primeiro cenário dos mercados atuais, para o ano 2020 existirá uma oferta adicional de 2.483.892 t/ano de óleo para atender à demanda interna de biodiesel e aumentar consideravelmente a oferta exportável (Tabela 21).

Estima-se que as áreas usadas para novas plantações de palma serão principalmente aquelas usadas na atualidade para produção de gado extensivo e ineficiente, principalmente da região oriental, na qual se encontra a maior área com gado extensivo e ao mesmo tempo a maior área com características ótimas para a cultura da palma. A rentabilidade da palma é o principal incentivo para essa mudança do uso do solo, já que muitas das fazendas no passado desistiram da produção agrícola devido aos baixos retornos e aos altos riscos do mercado, frente a uma produção pecuária que, aparentemente é mais simples, com retorno seguro e rentável.

A cultura da palma é um sistema economicamente sustentável e capaz de reativar as atividades agrícolas do campo, gerando uma dinâmica no setor impulsionando inercialmente outras culturas principalmente de caráter alimentar (CALA, 2009).

Tabela 21 - Projeções da expansão da palma no cenário do governo.

PALMA	2007	2010	2015	2020
Área total (ha)	316.402	443.037	664.377	996.296
Área em produção (ha)	201.040	293.037	480.663	719.977
Área em desenvolvimento (ha)	115.362	150.000	183.714	276.319
			2.018.78	3.383.89
Produção anual de óleo (t)	731.786	1.204.382	6	2
Rendimento (t/ha)	3,64	4,1	4,2	4,7

Fonte: MADR, 2008

Finalmente, se estabelece um terceiro e último cenário máximo, de maneira ilustrativa. Estima-se um crescimento acelerado da área plantada até o ano 2020, similar ao dos principais países produtores de óleo de palma, atingindo a totalidade da área apta e disponível no país para produção dessa cultura, de acordo com Romero (1999). Esse cenário tem a finalidade de apresentar o máximo potencial da Colômbia para produção de óleo e se encaixa no período de tempo de modo ilustrativo. No cenário se prevê um crescimento exponencial, associado à inércia e fortalecimento do poder aquisitivo do setor (Tabela 22). Devido ao crescimento acelerado da área plantada e das palmas novas se considera que o rendimento de óleo por hectare diminuirá até 3,5 t/ha (proporcionalmente a grande quantidade das áreas novas com baixos rendimentos). Esse cenário colocaria a Colômbia como o terceiro produtor mundial de óleo de palma, com produções similares às da Indonésia e da Malásia. Para o ano de 2020, existir à um potencial de desenvolvimento superior a 1.000.000 ha, suficiente para substituir a totalidade da demanda atual de diesel.

Tabela 22 - Projeções da expansão da palma no cenário máximo.

PALMA	2007	2010	2015	2020
Área total (ha)	316.402	620.356	1.395.051	3.137.166
Área em produção (ha)	201.040	316.402	930.234	2.091.897
Área em desenvolvimento (ha)	115.362	303.954	464.817	1.045.269
Produção anual de óleo (t)	731.786	1.107.407	2.976.748	6.275.691
Rendimento (t/ha)	3,64	3,5	3,2	3

Fonte. Elaboração própria.

Com a finalidade de comparar as áreas absolutas traçadas para 2020 nos cenários, calcula-se a produção de óleo para um rendimento de 4 t/ha. Sob essas condições, as três opções teriam a capacidade de suprir a demanda atual de biodiesel para mistura de B20 com diesel sem a necessidade de interferir nos mercados atualmente existentes. No cenário conservador, estima-se que a produção se duplicaria nesse período e no cenário máximo

aumentaria mais de 17 vezes, mas ainda seria inferior à produção atual da Indonésia de 16,9 milhões, assim como da Malásia de 15,8 milhões de toneladas (Tabela 23).

Tabela 23 - Produção de óleo para os três cenários com 100% da área em produção.

Cenário	Conservador	Governo	Máximo
Área total (ha)	401989	996296	3137166
Produção anual de óleo (t)	1.607.955	3.985.184	12.548.664

Fonte. Elaboração própria.

Claramente, a Colômbia tem a possibilidade de produzir a matéria-prima necessária para garantir a mistura B20, considerando que quando as plantações alcancem sua maturidade e seja estável seu rendimento de óleo, estas conseguirão produzir mais de 5 t/ha, sem levar em conta o aumento da eficiência no processo de extração, nem o melhoramento genético das novas variedades da Malásia, que podem chegar até 8 t/ha.

6.4.2 Perspectivas da produção de óleo de palma e da infra-estrutura requerida.

Tendo construído os cenários base do crescimento da área plantada e seu desenvolvimento até 2020, se calcula agora os requisitos da capacidade das usinas extratoras e se analisa a necessidade adicional de infra-estrutura para processar os cachos de fruto fresco das áreas produtivas em cada cenário. Inicialmente, será quantificada a capacidade máxima de aproveitamento ao ano das usinas existentes em 2007. Para isso se considerara que as usinas operaram durante 313 dias ao ano, em dois turnos laborais (16 horas por dia) ou três turnos laborais (24 horas por dia), tendo como resultado um tempo de operação de 5008 horas por ano e 7512 horas por ano, respectivamente. Assim, com uma capacidade existente de 1037 t_{FFB}/h , como já foi mencionado, e as intensidades horárias consideradas se conclui que o parque atual teria um potencial máximo de processamento de 5,2 milhões t_{FFB}/ano e de 7,8 milhões t_{FFB}/ano (Figura 31).

Figura 32 - Perspectivas da produção de óleo de palma e da infra-estrutura requerida.
Fonte: Elaboração própria.

Esses dois valores são tomados como referência para determinar a demanda futura. Esclarece-se que nesses valores não são consideradas modificações na estrutura física das usinas, só a intensificação do uso da infra-estrutura existente.

Assim, para o cenário conservador, a capacidade atual das usinas estaria na possibilidade de processar a quantidade de fruto de palma colhido, mas com as usinas trabalhando 7512 horas, aproveitando ao máximo a totalidade da capacidade instalada.

No caso do cenário do governo, seria necessário duplicar a capacidade de extração do país. A saturação do parque atual seria alcançada entre 2010 e 2015, implicando no aumento físico da infra-estrutura existente. Uma solução economicamente viável para alcançar esse objetivo seria incentivar as usinas pequenas e médias a aumentar sua capacidade de processamento, já que na atualidade só 13 das 53 usinas processam a metade da produção nacional, com uma taxa média de 38 t_{FFB}/h . Com um aumento de 5 t_{FFB}/h , a capacidade média de processamento chegaria até 25 t_{FFB}/h e seria possível absorver mais de 25 % da demanda adicional, tendo a vantagem da diminuição dos custos de produção pela aplicação de economias de escala, tornando seu produto mais competitivo e aumentando seu lucro. Os 75 % restantes seriam processados por novas usinas, na sua maioria integradas, das quais se obtém o óleo e se produz diretamente o biodiesel, com capacidades de processamento superiores a 40 t_{FFB}/h , alternando a produção entre óleo e biodiesel em função dos benefícios do mercado.

Para o cenário máximo, seria preciso aumentar 4,37 vezes o parque atual em condições de alto rendimento. No ano de 2011, a capacidade instalada será insuficiente para processar o fruto produzido e, apesar do aumento de capacidade das plantas existentes, será necessária a construção de uma grande quantidade de usinas de alta eficiência, principalmente na região Leste. Para ilustrar a quantidade de usinas requeridas nesse cenário, se tomam como base as maiores usinas instaladas atualmente em sua máxima capacidade (40 t_{FFB}/h de fruto, 313 dias ao ano, em jornadas de 24 horas). Assim, para uma produção adicional de 34 milhões t_{FFB} em 2020 seriam necessárias 114 usinas extratoras, no mínimo, que estariam distribuídas com base no estudo de Romero (1999), da seguinte maneira: 62 delas na região Leste, 22 na região Central, 19 na região Norte, 2 na região Oeste e, finalmente, 8 em outras regiões.

6.4.3 Perspectivas da produção de biodiesel e infra-estrutura requerida.

Para a análise da necessidade de produção de biodiesel na Colômbia, sob os três cenários apresentados, é assumido que a quantidade de óleo produzido em 2007 (731.786 t) será destinada a abastecer mercados diferentes ao biodiesel, por isso é desconta da linha base para todo o período. De maneira ilustrativa, se colocam as quantidades de biodiesel necessárias para cumprir as metas estipuladas pelo governo no programa de biodiesel e B100, tomando como base o consumo de diesel do ano 2007. Na análise se assume que o setor da palma seguirá o exemplo do setor da cana-de-açúcar no Brasil, no qual se incentivou os produtores de cana a construir usinas integradas capazes de produzir açúcar ou etanol em função do mercado. Assim, espera-se a construção de usinas novas com processos integrados de extração de óleo e produção de biodiesel, proporcionando a versatilidade de produzir qualquer deles em função da demanda e do preço. Segundo FEDEPALMA (2007), os nove projetos que tinham previsão de entrar, como data máxima, no ano de 2009, e que teriam uma capacidade total de 798, 3 milhões de litros por ano, seriam suficientes para suprir uma mistura de B17 na totalidade do país.

Diante disso e baseado nos cenários de produção de óleo e nas considerações respectivas para o ano de 2010, os três cenários atendem a meta da mistura B5 e parcialmente o B10, destinando toda a produção a abastecer o mercado interno de biocombustíveis. No cenário conservador, em 2015, será produzido biodiesel suficiente para alcançar a meta do B20, mas se precisara de uma capacidade adicional a esses nove projetos, já definidos, de 125,7 milhões de litros por ano. No ano 2020, se projeta produzir uma quantidade adicional à necessária para a mistura B20 de 381 milhões de litros por ano, disponível para ser

comercializado no mercado internacional. No cenário do governo para o ano de 2012 se cumpre o objetivo de fornecer a mistura B20 na totalidade do país. Já para o ano 2015 existirá um excedente de 553 milhões de litros e em 2020 será de 2.119 milhões de litros por ano destinados ao mercado internacional. Com essa quantidade de biodiesel seria possível substituir até 66 % do consumo de diesel na Colômbia.

Finalmente, no cenário máximo a meta do fornecimento da mistura B20 se cumprirá pouco depois de 2010 e a partir desse momento a produção aumentará rapidamente. Para 2015 terá a capacidade de suprir a mistura B5 ou abastecer o B20 e ter um excedente de 1.652 milhões de litros para os mercados internacionais. Para o ano 2020, a Colômbia teria capacidade suficiente para substituir totalmente a demanda de diesel e ainda existiria um excedente de 1.743 milhões de litros ou abastecer o B20 interno e disponibilizar na oferta exportável 5.436 milhões, corresponderia aproximadamente à demanda de B20 de seis países com o consumo de diesel da Colômbia (Figura 32).

Figura 33 - Perspectivas da produção de biodiesel da infra-estrutura requerida.
Fonte: Elaboração própria.

Em consequência, o governo precisaria motivar os investidores novos para construir usinas de grande porte para produção de biodiesel (superiores a 114,3 milhões de litros por ano), conseguindo diminuir os custos de produção e posicionar esse produto de maneira competitiva no mercado internacional, como é proposto no Plano Nacional de Desenvolvimento da Colômbia.

Finalmente, considerando que no mercado mundial são comercializados dois tamanhos de usina que são de grande porte (114,73 e 286,82 milhões de litros de biodiesel por ano), tais modelos são utilizados para quantificar o número de usinas que deveriam ser construídas para cada cenário ao longo do período de estudo, sem considerar os projetos atualmente desenvolvidos no país (Tabela 24).

Tabela 24 - Usinas necessárias para transformação do óleo de palma segundo o cenário.

Capacidade da Usina	Usinas de 114,73 milhões de Litros de biodiesel por ano.				Usinas de 286,82 milhões de Litros de biodiesel por ano.			
Cenário\Ano	2007	2010	2015	2020	2007	2010	2015	2020
Conservador	0	5	8	11	0	2	3	5
Governo	0	5	13	27	0	2	5	11
Máximo	0	4	22	55	0	2	9	22

Fonte: Elaboração própria.

6.4.4 Perspectivas da produção de bioeletricidade.

Os sistemas de co-geração de energia no setor da palma são uma ferramenta essencial para o desenvolvimento e viabilidade econômica dos novos projetos, devido a sua capacidade para suprir os requerimentos energéticos da usina, geralmente localizadas em lugares isolados onde o serviço de energia elétrica ainda não tem cobertura. Isso torna o processo auto-suficiente e em alguns casos fornece uma renda adicional ao produtor pela venda de energia elétrica às redes locais. Esse sistema apresenta vantagens econômicas e de disponibilidade frente aos fornecidos de fontes exteriores como o serviço público de eletricidade e o diesel que cada a dia são mais custosos. Igualmente, Arrieta et al. (2007), afirmam que os empreendimentos de co-geração na indústria da palma têm como vantagens adicionais: a diversificação econômica, a possibilidade de reduzir os custos variáveis de produção de óleo em até 25%, além da opção da comercialização de créditos de carbono, assim como do uso de incentivos governamentais para financiar o investimento do sistema de co-geração e, finalmente, o incremento da eficiência energética do processo.

Arrieta et al. (2007) avaliaram o potencial de co-geração da indústria da palma na Colômbia para três tamanhos de usina extratora. O estudo considerou parâmetros de funcionamento do processo da usina de 2 MPa e 350 °C, utilizando turbinas de condensação-extração e determinou que para capacidades de usinas entre 18 até 60 t_{FBB}/h, com fatores de carga de 40%, é possível obter índices de geração entre 75 até 165 kWh/t_{FBB}.

Segundo Husain (2003) e Prasertsan (2005), o consumo médio de energia elétrica em uma usina de extração de óleo de palma na Malásia está entre 17 e 38 kWh/t_{FBB} e entre 20

e 25 kWh/t_{FFB} no caso das usinas da Tailândia, dependendo do tamanho da usina. Esses mesmos autores estabelecem que as usinas de tamanho médio têm um consumo de vapor entre 550 a 750 kg/t_{FFB}.

Nas usinas de extração se produzem grandes quantidades de co-produtos, principalmente cachos vazios, fibras do mesocarpo, cascas da noz e efluentes líquidos, como já foi mencionado. A porcentagem dos óleos de palma, de palmiste e a torta de palmiste podem variar entre 20 % e 35 % do peso total do cacho de fruto fresco. Segundo Walden (2004), o potencial de geração de energia elétrica a partir da biomassa dos co-produtos da agricultura é de 90 até 132 kWh/t_{FFB}, dependendo da pressão de operação do sistema e o fator de carga. Arrieta et al. (2007), determinam que o consumo médio de energia por tonelada na Colômbia é de 20 kWh/t_{FFB} e de vapor é de 550 kg/t_{FFB}. Esses dois valores serão usados como referência para as análises posteriores.

Na análise deve ser considerado o poder calorífico dos co-produtos da palma, que varia em função do conteúdo de umidade e da variedade genética processada. Youssof (2006), a partir de pesquisas, obtém os valores do poder calorífico dos co-produtos da palma e os resultados mostram que, no caso dos cachos é de 8,16 MJ/kg, para as fibras é de 18,6 MJ/kg e das cascas é de 20,8 MJ/kg. Esse mesmo autor estabelece, adicionalmente, a quantidade de biogás gerado a partir da biodigestão dos efluentes em 19,6 m³/t_{FFB}, com poder calorífico de 22,9 MJ/m³. Os autores Weindorf (2007) e Chandran (2006), paralelamente, estabelecem de maneira experimental, os valores do poder calorífico para esses mesmos co-produtos, que são: para os cachos vazios 6 MJ/kg, para as fibras 10 MJ/kg e para as cascas 18,8 MJ/kg. As diferenças dos resultados das condições energéticas do co-produto entre esses autores são devidas, principalmente, à eficiência da tecnologia usada na extração e o conteúdo final de umidade. Arrieta et al. (2007) aplicam na sua pesquisa os valores de poder calorífico obtidos por Youssof (2006), devido à similitude das características dessa variedade com a empregada na maioria das regiões da Colômbia.

Adicionalmente, segundo Bacovsky et al. (2007), os principais provedores de usinas de biodiesel da Europa estimam que as usinas com capacidade de produção de 250.000 t de biodiesel por ano têm, em média, um consumo de 30 kWh, e de 350 kg de vapor por tonelada de biodiesel obtida, o equivalente a 6 kWh e de vapor de 66,5 kg por cada tonelada de fruto de palma.

Baseado nos resultados de Arrieta et al. (2007) e Bacovsky et al. (2007), pode ser realizado o balanço energético do processo industrial, levando-se em consideração o consumo interno da usina e potencial bruto de geração. Assim, tendo em vista o processo de extração

de óleo e a produção de biodiesel tem-se um consumo médio total de 26 kWh/t_{FFB} e de vapor de 616,5 kg/t_{FFB}. A partir dessas entradas no sistema, são produzidos aproximadamente 190 kg/t_{FFB} de biodiesel e 30 kg/t_{FFB} de óleo de palmiste, além de 780 kg/t_{FFB} de resíduos com aproximadamente 50% de umidade.

A partir desta análise e baseado nos resultados de Arrieta et al. (2007) pode-se concluir que uma usina extratora de óleo tem a capacidade bruta de produção de energia de até 369 kWh/t_{FFB}, mas considerando que esses serão sistemas auto-suficientes capazes de fornecer suas próprias necessidades energéticas, uma usina simples de extração pode produzir um excedente de 209 kWh/t_{FFB} ou de 194 kWh/t_{FFB} quando a usina é integrada ao processo de produção de biodiesel.

Figura 34 - Balanço energético do processo de produção de biodiesel.

Fonte: Elaboração própria.

Posteriormente, para calcular o consumo de energia durante o período de estudo, se realizaram duas considerações: a primeira, que a produção de óleo do ano 2007 seria destinada ao mercado de óleos durante todo o período de estudo, portanto o consumo de energia seria feito só pelas usinas extradoras (20 kWh/t_{FFB} e de vapor 550 kg/t_{FFB}), e a segunda, que todo óleo adicional produzido seria transformado em biodiesel, quantificando o consumo de uma usina integrada (26 kWh/t_{FFB} e 616,5 kg/t_{FFB} de vapor).

Na Tabela 25, são apresentadas as necessidades de eletricidade e de vapor das usinas para cada um dos cenários. Essa demanda varia no caso da energia elétrica, entre 80 GWh em 2007 até 1.064 GWh em 2020 e a de vapor entre 2.211 Gg em 2007 até 25.526 Gg em 2020. A partir das tarifas para o setor industrial da principal empresa provedora de energia elétrica CODENSA S.A. ESP, para o ano de 2007, em que a tarifa média foi de R\$ 0,28/kWh,

conseqüentemente, nesse ano foram pagos aproximadamente 22,4 milhões de reais pelo consumo de energia das usinas extratoras.

Atualmente, as usinas se abastecem de vapor gerado a partir de combustível diesel incrementando os custos de produção. No caso da eletricidade, é fornecida através da rede pública que, em geral, nessas áreas, tem baixa cobertura, assim como elevados custos de instalação. Para o cenário conservador se estima um incremento de 90 GWh durante o período de estudo. No cenário do governo se espera que o consumo aumente aproximadamente três vezes, chegando até 350 GWh. Já no caso do cenário máximo o incremento será de 1.064, requerendo 984 GWh mais do que no ano 2007.

Tabela 25 - Energia necessária na transformação do biodiesel de palma segundo o cenário.

CENÁRIO	2007		2010		2015		2020	
	Eletr. GWh	Vapor Gg	Eletr. GWh	Vapor Gg	Eletr. GWh	Vapor Gg	Eletr. GWh	Vapor Gg
Conservador	80	2.211	107	2.836	142	3.679	170	4.342
Governo	80	2.211	128	3.346	226	5.659	350	8.610
Máximo	80	2.211	140	3.634	460	11.202	1.064	25.526

Fonte: Elaboração própria.

O setor da palma tem um grande potencial na geração de energia elétrica e térmica, e o governo precisa incentivar o setor através de facilidades de acesso a créditos, assim como priorizar a implementação de sistemas de co-geração nas usinas extratoras. Para o ano 2008, segundo UPME (2008), na Colômbia existia registrado um único projeto de co-geração de energia elétrica, da empresa Mayagüez S.A., dedicada à produção de açúcar, com capacidade de geração de 25 MW, que é pouco considerando o enorme potencial que tem o setor agrícola.

Resumindo, para calcular o potencial de geração de energia elétrica se considerou a usina extratora como único sistema gerador e, como combustível, os co-produtos da palma, mas se tomaram como sistemas consumidores as usinas integradas, obtendo o potencial líquido do parque gerador. Também se estimou que todo o co-produto obtido na Colômbia é utilizado para produzir energia.

Como já foi mencionado, a produção de óleo de 2007 será destinada, durante todo o período de estudo, ao abastecimento do mercado prévio de biodiesel, portanto o consumo desta fração da produção obedecerá a usinas simples, sendo descontada da capacidade bruta de produção de energia elétrica e, como resultado, terá um excedente de 840 GWh por ano, para todos os cenários. Mas, para a produção adicional à do ano 2007 se considera que todo o óleo se transforma em biodiesel e o consumo de energia da usina integrada será descontado da energia bruta produzida, ficando em 194 kWh/t_{FFB}.

Como resultado se obtém que o setor de extração da palma tem a capacidade de suportar seu próprio consumo e das usinas de biodiesel, assim como de fornecer, no mínimo, uma quantidade 10 vezes maior para venda no mercado de energia. No cenário conservador poderia se produzir entre 840 até 1.511 GWh. No cenário do governo poderiam ser gerados até 2.854 GWh. Finalmente, no caso do cenário máximo, poder-se-ia alcançar uma produção de energia elétrica de 8.177 GWh (Figura 35). Considerando os elevados custos da energia elétrica e a disponibilidade no âmbito rural, esses empreendimentos surgem como uma renda adicional e como uma solução aos problemas de cobertura de serviços básicos que apresentam as regiões nas quais se espera localizar esses novos projetos.

Figura 35 - Geração de energia elétrica a partir dos resíduos da extração do óleo de palma.
Fonte: Elaboração própria.

Segundo UPME (2008), a geração de energia elétrica entre os anos 2003 e 2007 apresentou um incremento de 6.862 GWh, o equivalente a 15% do total gerado. Paralelamente, a demanda durante esse mesmo período teve um aumento de 7.085 GWh, superior ao gerado, correspondente a 15,2 % da demanda de energia total. Sob essas premissas, seria conveniente o governo incentivar as empresas com potencialidade e disponibilidade de matéria-prima, para instalar esses sistemas de produção de energia nas suas usinas evitando o déficit no suprimento de energia elétrica. Adicionalmente, é importante criar facilidades e leis claras que permitam e ofereçam vantagens às empresas eficientes que consigam gerar excedentes de energia e disponibilizá-los na rede.

6.4.5 Perspectivas da geração de emprego.

Segundo o DANE (2005), a Colômbia, no ano 2007, tinha uma população de 43.926.034 habitantes. Da totalidade da população, em 2007, existiram 24.078.034 habitantes entre os 18 anos até 60 anos disponíveis para trabalhar. Adicionalmente, prevê-se que entre o ano 2007 e 2020, a população tenha um crescimento de sete milhões de habitantes, chegando até 50.912.429 habitantes, dos quais 28.912.845 estarão disponíveis no mercado laboral.

Conseqüentemente, para ilustrar as condições atuais das regiões rurais, apresenta-se na Figura 36 a densidade populacional nessas áreas. A partir dela, constata-se que, na maioria das áreas dedicadas à produção agrícola, a densidade não supera os 13 habitantes por km² e que em mais de 50% do país não há mais de dois habitantes por km². Essa tendência de deslocamento às grandes cidades, deixando desabitadas as áreas rurais se deve principalmente a uma história de conflito, falta de segurança, falta de emprego, além de instabilidade social que pioraram as expectativas de vida da população nessas regiões. Atualmente, devido a esse fator, em algumas regiões do país existe um déficit de mão-de-obra e um aumento considerável da demanda deste recurso. Sem existir mecanismos que promovam o retorno da população ao campo, começou a haver concorrência entre as diferentes culturas por este recurso.

Figura 36 - Densidade populacional nas áreas rurais.
Fonte: (DANE, 2005) Elaboração Própria.

A violência nos departamentos da Colômbia representa uma importante variável na disponibilidade de mão-de-obra. A quantificação do deslocamento da população está apresentada fator se realiza na Figura 37, na qual os departamentos são classificados como “expulsores” ou “receptores”, em função da entrada ou saída de pessoas. Igualmente, se indica a porcentagem que representa o deslocamento forçado relativo ao do total das migrações e a quantidade de habitantes que é deslocada por cada mil habitantes que moram neste departamento (DANE, 2005). Na Colômbia, existem 32 departamentos dos quais oito são altamente expulsos, cinco medianamente expulsos e quatro com baixa expulsão. No caso dos departamentos receptores tem-se nove com baixa recepção e seis medianamente receptores. Esses dados confirmam a situação desvantajosa da população rural, que precisa de garantias laborais e de segurança por parte do governo para retornar às suas atividades econômicas e reativar a agricultura do país. Também se pode concluir que na atualidade os

departamentos com maiores índices de deslocamento por violência também são os de menores densidades populacionais.

Figura 37 - Taxa neta de migrantes a causa da violência.
Fonte: (DANE, 2005) Elaboração Própria.

Adicionalmente, segundo a ENA (2008), no ano de 2007, existiam 18.215.000 colombianos com trabalho dos quais 3.479.000 estavam no setor agropecuário (agricultura, gado e pesca). Do total de colombianos empregados por esse setor, 75% se localiza nas regiões metropolitanas e 25% nas rurais. Conseqüentemente, o setor agropecuário emprego 612.000 pessoas na área urbana e 2.867.000 na área rural e para esse mesmo ano só as culturas agrícolas empregaram 67% (2.347.619 habitantes) da capacidade total do setor agropecuário em empregos diretos. Igualmente, devido a esta atividade foram gerados 4.663.390 empregos indiretos adicionais. A palma participou com 79.101 empregos diretos e

50.624 empregos indiretos. Embora seus índices de emprego não sejam dos maiores do setor agrícola (0,25 empregos diretos por hectare e 0,16 empregos indiretos por hectare), esta cultura tem a capacidade de absorver uma grande quantidade da população desempregada. A partir desses índices são calculados os requerimentos de mão-de-obra durante o período de estudo para cada um dos cenários propostos.

No cenário conservador, a necessidade de emprego aumenta levemente de 130.000 para 165.000, sem influenciar significativamente a distribuição da mão-de-obra rural, sendo uma contribuição pequena à solução de desemprego no campo. Já no caso do cenário do governo, a necessidade aumenta em 278.000 empregos, mais de duas vezes o número de empregos gerados em 2007, quantidade facilmente absorvida pelo crescimento da população até 2020 e pela disponibilidade adicional de trabalhadores rurais (Figura 38). O cenário máximo cria aproximadamente um milhão de empregos adicionais, que considerando a quantidade atual no meio rural deve ser considerado e avaliado com cautela. Para isso o governo deve promover e incentivar o retorno da população às regiões rurais e assim não alterar nem comprometer a disponibilidade de mão-de-obra para as outras culturas destinadas ao consumo humano, como já foi mencionado. A palma se apresenta como uma solução aos problemas migratórios das zonas rurais oferecendo renda e segurança aos trabalhadores agrícolas, mas deve ser integrada e planejada com precaução, já que pode gerar aumento do custo de mão-de-obra por disponibilidade, além de concorrência por esse recurso entre as diferentes culturas, quando sua demanda superar a oferta disponível.

Figura 38 - Empregos gerados para cada cenário.
Fonte: (DANE, 2005) Elaboração Própria.

O biodiesel de palma nas regiões pobres, com altos índices de desnutrição e desemprego teria um impacto social maior à geração de simples empregos, já que o benefício desse emprego não cobrirá unicamente o trabalhador, mas toda a sua família que, no âmbito rural, pode chegar até núcleos de mais de 10 pessoas²². Assim, um só emprego teria impactos positivos, em média de quatro vezes, mas o governo deve fiscalizar fortemente as condições de emprego dessas culturas evitando abusos e exploração por parte dos empregadores e em consequência distorcer os objetivos do programa (CALA, 2009).

Finalmente, a palma se apresenta como uma das poucas culturas agrícolas com capacidade econômica e de mercado para aumentar sua área de produção e gerar novos empregos, ajudando a reduzir, em consequência, a violência e pobreza das zonas rurais do país.

6.4.6 Perspectivas do impacto nas emissões de poluentes.

As emissões de poluentes dos combustíveis no ambiente são um fator de consideração para os governos do mundo. Vianna (2006) detalha os processos de produção do diesel e do biodiesel, a partir da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), calculou as emissões para cada um desses combustíveis, considerando os sistemas de produção das matérias-primas e a transformação em combustível, mas na sua pesquisa não foi considerada a emissão pelo uso em motores. Os resultados obtidos pela autora apresentam um balanço negativo²³ das emissões na produção biodiesel devido à absorção do CO₂ por parte das culturas da palma e da cana. A autora utilizou como unidade funcional a quantidade de combustível necessária para gerar 1000 MJ, que no caso do diesel foi de 26,11 L e no caso do biodiesel 30,03 L.

Entre os resultados obtidos se encontrou que na produção de 26,11 L de diesel são emitidos 5,9 kg de CO₂, $6,16 \cdot 10^{-2}$ kg de CH₄ e $3,13 \cdot 10^{-5}$ kg de N₂O, o equivalente a 7,203 kg de CO_{2eq}. Para realizar uma análise mais completa foi preciso contabilizar e calcular teoricamente as emissões produzidas pela combustão completa do diesel. A partir da estequiometria da reação obtém-se que na combustão são emitidos 69,92 kg de CO₂. Então, pode-se considerar que para cada 26,11 L de diesel consumido são emitidos aproximadamente 77,12 kg de CO_{2eq}.

²² De acordo com David Cala Hederich, diretor da Corporação para o Desenvolvimento Industrial de Biotecnologia e Produção Limpa (CORPOBID) e principal parceiro do governo em desenvolvimento e transferência de tecnologia ao setor rural.

²³ Existe um balanço negativo quando na relação final do processo as emissões realizadas para obter determinado produto são menores que as absorvidas pelas matérias-primas de origem vegetal usadas para produzi-lo.

Já no caso do biodiesel, Vianna (2006) determinou que usando a rota etílica para produzir 30,03 L serão emitidos -42,3 kg de CO₂, 5*10⁻³ kg de CH₄, 1,58*10⁻² kg de N₂O e finalmente 2,13*10⁻⁶ kg de CFC's. A emissão de CO₂ é negativa, como já foi mencionado, devido à absorção a partir das culturas da cana e da palma de -25,7 kg de CO₂ e de -32 kg de CO₂, respectivamente. No total, na etapa produtiva do biodiesel utilizando etanol serão emitidos -37,29 kg de CO_{2eq}, a cada 30,03 L. De modo comparativo se quantificou a emissão produzida pela combustão completa do biodiesel mantendo as mesmas considerações realizadas com o diesel para 30,03 L de biodiesel (ésteres etílicos), obtendo-se como resultado para a etapa do uso uma emissão de 68,09 kg de CO₂. Realizando o balanço entre a produção e o uso do biodiesel encontra-se que são emitidos na atmosfera 30,8 kg de CO_{2eq}, quantidade consideravelmente inferior ao diesel.

Adicionalmente, baseado nos dados e resultados obtidos por Vianna (2006) e Moreira (2007), foram substituídas as emissões procedentes da produção e uso do etanol na obtenção do biodiesel, assim através dos dados obtidos no inventário de produção do metanol conseguiu-se quantificar as emissões do processo no uso da rota metílica. Finalmente, recalculando os dados para a rota metílica obtém-se que no processo de produção dos ésteres metílicos são emitidos na atmosfera -14,18 kg de CO₂, 1,03*10⁻¹ kg de CH₄, 1,66*10⁻² kg de N₂O, e 2,13*10⁻⁶ kg de CFC's. O valor da emissão de CO₂ continua negativo por causa da absorção da cultura da palma que supera o emitido no processo. A partir desses valores se calcula a quantidade de CO_{2eq} emitida pela produção de biodiesel (ésteres metílicos) obtendo o valor negativo de -6,853 kg a cada 30,03 L de biocombustível. De igual maneira foi quantificada a emissão da combustão do biocombustível a partir do tamanho da molécula para 30,03 L obtendo uma emissão de 67,15 kg CO₂. Assim, consolidando a produção e o uso do biodiesel são emitidos no total 60,29 kg CO_{2eq} a cada 30,03 L de ésteres metílicos (Tabela 26).

Tabela 26 - Balanço de emissões totais do diesel e do Biodiesel.

ETAPA (1000 MJ de energia produzida)	Produção kg CO _{2eq}	Uso kg CO _{2eq}	Total kg CO _{2eq}
Diesel	7,20 kg	69,918 kg	77,12 kg
Biodiesel (Éster Etílico)	-37,29 kg	68,09 Kg	30,80 kg
Biodiesel (Éster Metílico)	-6,85 kg	67,15 kg	60,29 kg

Fonte: (Viana, 2006. Moreira, 2007) Elaboração Própria.

Os resultados consolidados ilustram que durante a etapa produtiva o biodiesel de rota etílica obtém-se o melhor balanço na produção, sendo negativo por causa da alta absorção das culturas utilizadas e seis vezes menor que do diesel. Em segundo lugar, também com balanço negativo está o biodiesel de rota metílica, consideravelmente mais poluente que o de

rota etílica, devido ao aporte da produção do metanol sem nenhum tipo de absorção por ser derivado de fontes fósseis. Mas, ambos ainda com melhores resultados ambientais que o diesel. Já no caso do diesel, as emissões de poluentes são derivadas ao fato de que em sua produção não são usadas fontes renováveis. Na etapa do consumo, as emissões são semelhantes, devido à similitude das características físico-químicas desses combustíveis. A maioria das emissões de GEE se realiza nessa etapa independentemente do combustível queimado. No balanço consolidado de produção e consumo, pode-se concluir que o biodiesel em geral reduz as emissões de GEE na atmosfera e que sua utilização em grande escala mitiga os impactos na atmosfera e no aquecimento global. Adicionalmente, pode-se concluir que o biodiesel de rota etílica, pela óptica ambiental, é melhor já que reduz consideravelmente as emissões comparada às do biodiesel obtido a partir de metanol e do diesel.

A partir dos resultados obtidos é calculada a quantidade de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ que deixaria de ser emitida a cada litro de diesel que é substituído pela quantidade equivalente de biodiesel para fornecer a mesma energia. Em função do poder calorífico pode-se definir que seria necessário 15% de volume adicional de biodiesel para produzir a mesma quantidade de energia. Portanto, a diferença entre as emissões desses dois volumes de combustíveis será considerada a redução causada pelo uso de biodiesel. Adicionalmente será considerado que todo o biodiesel produzido será consumido, seja local o internacionalmente, determinando o potencial de cada um dos cenários.

Na Tabela 27 apresenta-se a redução das emissões de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ pelo uso do biodiesel, considerando que todo foi produzido a partir da rota etílica ou da rota metílica. Em geral, o uso de ésteres etílicos reduz, em média, 60 % das emissões totais ao substituir o diesel. Já no caso dos ésteres metílicos essa redução cai para 22%, tendo um impacto aproximadamente três vezes menor.

Extrapolando os resultados nos cenários propostos, pode-se observar que até o ano de 2010 todos os cenários têm aproximadamente a mesma redução média de 0,94 milhões $\text{tCO}_{2\text{eq}}$ e de 0,34 milhões $\text{tCO}_{2\text{eq}}$ para ésteres etílicos e metílicos, respectivamente. No período correspondente a 2015, estima-se uma redução mínima de 0,62 milhões $\text{tCO}_{2\text{eq}}$ no caso dos ésteres metílicos é a maior de 4,5 milhões $\text{tCO}_{2\text{eq}}$ com ésteres etílicos, correspondentes à substituição de 834 milhões de litros de diesel no cenário conservador e 2.239 milhões de litros de diesel no cenário máximo ou seja substituição ou seja uma substituição de 20% ou 50%, respectivamente do consumo interno. No último ano do período avaliado espera-se que no mínimo tenha uma redução de 0,84 milhões de $\text{tCO}_{2\text{eq}}$ e máxima de 11,28 milhões de $\text{tCO}_{2\text{eq}}$. Nas expectativas do governo espera-se que a redução seja de 1,96 milhões de $\text{tCO}_{2\text{eq}}$,

o que equivaleria a aproximadamente 70% do consumo de diesel na Colômbia. No cenário máximo seriam deixados de emitir 4,10 milhões de tCO_{2eq}, quando o diesel é substituído inteiramente por ésteres metílicos. Já no caso dos ésteres etílicos as reduções são maiores entre 2,32 milhões de tCO_{2eq} no cenário conservador, 5,40 milhões de tCO_{2eq} no cenário do governo, e finalmente o cenário máximo com 11,28 milhões de tCO_{2eq} consideravelmente alto levando em conta que a redução é de 60% das emissões.

Tabela 27 - Redução bruta das emissões de GEE pela substituição do biodiesel.

t de CO _{2eq}	2010		2015		2020	
	E. Etílico	E. Metílico	E. Etílico	E. Metílico	E. Etílico	E. Metílico
Conservador	918.478	333.721	1.702.525	618.599	2.315.030	841.147
Governo	961.881	349.492	2.619.447	951.755	5.397.865	1.961.271
Máximo	969.000	352.000	4.569.199	1.660.182	11.283.579	4.099.798

Fonte: (Dane, 2005) Elaboração Própria.

Finalmente, na Figura 39 é apresentada a diminuição nas emissões quando é escolhida para produzir biodiesel a rota etílica ou rota metílica. Claramente, se percebe a grande vantagem ambiental quando se usa etanol na transesterificação. No caso mais desfavorável a diminuição seria de 0,6 milhões de tCO_{2eq}, e no mais favorável 7,2 milhões de tCO_{2eq}, usando álcool etílico no processo de produção.

Figura 39 - Redução líquida de emissões de CO_{2eq} pela substituição do diesel por biodiesel.
Fonte: Elaboração Própria.

Como conclusão, o uso do etanol na produção de biodiesel é uma ferramenta chave para atingir os objetivos ambientais propostos pelo governo e reduzir o impacto na atmosfera, além de contribuir para o aumento de disponibilidade de emprego no campo.

7. ESTRATÉGIAS PROPOSTAS.

No capítulo cinco, ficou claro que o governo focalizou seus esforços no sentido de promoção da produção agrícola do óleo de palma. Esses esforços são direcionados a toda comunidade agrícola independentemente do tamanho da sua produção. O montante destinado a cada produtor é proporcional à sua disponibilidade econômica.

Neste capítulo são sugeridas várias políticas e estratégias baseadas nas necessidades da Colômbia, a partir das quais poderiam ser superados parcialmente os problemas de segurança, desemprego e desigualdade social.

O governo colombiano deveria usar como estratégia, a implementação de instrumentos específicos de incentivo ao setor dos biocombustíveis, discriminando o tamanho do empreendimento, favorecendo principalmente os produtores familiares e os pequenos produtores. Através desses incentivos se estabeleceria o controle sobre o investimento realizado para promover o desenvolvimento dessa indústria em formação e se promoveria grupos consolidados de agricultura familiar. Isso permitirá focalizar o esforço nos segmentos da cadeia produtiva suscetíveis de melhoras e nas regiões nos quais se apresentam os maiores benefícios, garantindo a distribuição eficiente dos recursos do Estado nos empreendimentos com maiores vantagens dentro dos objetivos propostos pelo programa, principalmente o social. Esses instrumentos devem ter um tempo de aplicação e mecanismos transparentes de seleção dos beneficiários, assim como um período de desmonte, estimulando a melhora progressiva da produtividade e sua posterior inércia.

Quanto à classificação dos produtores, o governo deveria reavaliar e diminuir a faixa da categoria dos proprietários médios (ativos totais inferiores ou iguais a R\$3.610.589), já que a faixa é consideravelmente alta e pode criar concentração na distribuição dos recursos dos programas, especialmente do AIS.

Como consequência, o Estado deveria repensar os valores máximos dos benefícios concedidos para cada usuário dentro das categorias de médios e grandes produtores, estabelecendo cotas máximas de atribuição mais condizentes com a realidade nacional para evitar a concentração do recurso público. Também seria importante estabelecer dentro do programa AIS, cotas percentuais de distribuição sobre o valor total dos incentivos, como por exemplo, 70% dos benefícios para pequenos produtores, 20% para médios e 10% para grandes e que seja limitado o valor máximo do benefício por grupo familiar e não por projeto. Isto evitaria o aumento das desigualdades sociais no campo.

O Estado precisa reavaliar a inclusão dos grandes produtores dentro dos programas de incentivos econômicos e concentrar seus esforços nos pequenos produtores. Deste modo evitaria o aumento das desigualdades sociais nas populações rurais e a sua marginalização. Conseqüentemente, deveriam criar-se sistemas de financiamento e incentivos eficientes exclusivos para pequenos produtores que visem cobrir as suas necessidades específicas como acesso ao crédito, aos serviços de ensino, à aquisição de maquinário e de equipamentos.

O Estado também deveria disponibilizar o acesso a sistemas de suporte administrativo e técnico para os pequenos produtores que permita a estes criarem associações para formar grandes unidades produtivas economicamente sólidas e de maior capacidade, como forma de apropriar melhores tecnologias nas diferentes etapas do processo. Isso permitirá aos pequenos produtores ter os benefícios competitivos de uma economia de escala e melhorar consideravelmente sua capacidade de negociação.

Outra estratégia útil seria estabelecer sistemas de financiamento com garantias para aqueles produtores que não sejam beneficiados pelos incentivos. Isso poderia ser feito através de mercados de capitais, como por exemplo, o mercado de futuros no qual o produtor pode vender sua produção antes de ser implantada ou a titularização de alguns hectares, permitindo a captação de parte do capital inicial diminuindo o custo do financiamento bancário ou no melhor dos casos evitarem empréstimos. Para a implementação e aceitação dessa classe de sistemas é preciso criar paralelamente sistemas de controle de riscos que segurem e protejam os investimentos realizados, oferecendo confiabilidade para os investidores.

Como complemento, o governo poderia fomentar mercados básicos de acesso dos pequenos produtores aos fatores de produção como sementes e fertilizantes, evitando que devido ao aumento no consumo, ocorra um aumento do preço de venda destes produtos que limite o acesso desses produtores.

Por outro lado, no caso do recurso solo, a expansão dos biocombustíveis pode levar á formação de mercados imobiliários e um possível aumento no valor da aquisição ou do aluguel dificultando o acesso dos pequenos produtores. Por isso é importante criar subsídios e incentivos específicos que disponibilizem este recurso para agricultores familiares e pequenos produtores em igualdade de condições econômicas com os grandes. Adicionalmente, seria importante pesquisar mecanismos e políticas que facilitem a interação entre os grandes investidores e os proprietários do solo, nas áreas aptas onde este recurso não esteja sendo utilizado ou esteja subutilizado em atividades como criação de gado extensivo e assim disponibilizar este recurso para as partes interessadas.

O governo deveria destinar a maioria de seus recursos para promover o estabelecimento de novas áreas produtivas de associações de pequenos produtores, assim como a sua contratação e compra da produção por parte das usinas extratoras. Isso conformaria sistemas de mercado abrangentes onde os menores compartilhariam os benefícios da agricultura comercial possibilitando seu crescimento econômico, além da inclusão social dos mais pobres. Essa é com toda segurança uma oportunidade para melhorar significativamente a renda dos pequenos produtores, mas só será possível se a Colômbia conseguir inserir maior quantidade de novos produtores para realizar alianças estratégicas que garantam a continuidade e rentabilidade desses sistemas produtivos. Mas para obter a interação deverão ser estabelecidas políticas e regulamentos jurídicos específicos para a contratação da produção dos pequenos agricultores, procurando estruturar uma economia sólida com enfoque social. O governo colombiano deveria tomar como exemplo o Brasil e criar programas similares ao Selo Combustível Social, no qual se incentiva os produtores de biodiesel a comprar a matéria-prima dos pequenos agricultores familiares, oferecendo em contrapartida benefícios tributários pelo governo.

Seria importante estabelecer políticas que regulem o preço do fruto da palma, ligando-o a seu custo de oportunidade, garantindo uma retribuição economicamente rentável para o pequeno produtor. Isso implica em criar condições claras na comercialização da matéria-prima entre o produtor agrícola e o extrator, estabelecendo dinâmicas mais equitativas que incentivem o aumento da produção de fruto de palma e, em consequência, incrementem o fator de uso das usinas, dinamizando toda a cadeia.

O governo deveria criar políticas estruturadas para garantir que os novos empreendimentos cumpram e respeitem os direitos de propriedade sobre o solo das comunidades vulneráveis e desfavorecidas e que no caso da realização de convênios entre eles a retribuição as comunidades seja justa. Sobre esse tema o governo deveria prestar especial atenção e estabelecer políticas e regras claras para essa classe de transações, assim como monitoramentos e fiscalizações que fomentem o uso e distribuição adequados desse recurso, evitando o abuso, a expansão forçada da propriedade e, conseqüentemente, o aumento dos conflitos locais por apropriação ilegal do solo. Além disso, dever-se-ia criar mecanismos que procurem evitar que os novos empreendimentos desloquem ou substituam as culturas que tenham maior índice de emprego garantindo que o efeito dos biocombustíveis na geração de emprego seja positivo.

Outro ponto estratégico a ser abordado é a capacitação tanto dos produtores como dos trabalhadores rurais, já que a difusão do conhecimento nesse âmbito é a principal e mais

econômica ferramenta para otimizar a produção e o rendimento. Por isso o Estado através dos centros de ensino nacional deveria estruturar programas gratuitos de capacitação para produtores na área de formação de mercados e comercialização de produtos, assim como para os trabalhadores nas atividades específicas desta cultura. Espera-se com as capacitações melhorar a interação entre os pequenos produtores de cada região, fomentando a criação de cooperativas e associações, aumentando suas possibilidades no mercado.

Devido à importância do transporte da matéria-prima, como do biodiesel, através das rodovias departamentais e nacionais, é importante que o governo integre seu plano de desenvolvimento, de expansão, de manutenção e de adequação das vias com os sistemas produtivos dos biocombustíveis, disponibilizando a infra-estrutura necessária para a produção e a comercialização de maneira mais competitiva. Igualmente, é importante considerar o fomento aos empreendimentos de capital público e privado para a construção de novos polidutos, assim como a criação da regulamentação para o transporte de biodiesel e misturas por meio deles. O governo precisa criar sistemas de informação de mercados integrados, melhorando a comercialização e a distribuição dos fatores de produção nas regiões rurais, de maneira que os pequenos produtores não estejam em desvantagem. Para completar esta estratégia poder-se-ia incentivar o investimento de capital privado em sistemas de distribuição de pequenas produções.

O Estado deveria incluir, dentro dos mecanismos de incentivo que foram criados, a existência de contrapartidas por parte dos grandes produtores, como requisito para poder acessar aos benefícios e incentivos do governo, que podem ser em forma de cotas de emprego gerado, conservação e proteção da flora e fauna em áreas de propriedade da empresa, compra da produção de pequenos agricultores e a adoção de comunidades vulneráveis.

Igualmente, é importante que o Estado considere dentro de suas políticas a produção de excedentes do biodiesel, prevendo o seu destino final, que pode ser no mercado interno como no caso do Brasil com o álcool, que poderiam ser comercializados junto às misturas compulsórias ou em forma pura B100, possivelmente a preços inferiores ao regulado ou no mercado internacional. Devido a isso, seria importante: primeiro consolidar uma indústria local, separadamente da evolução da demanda do diesel, permitindo produções maiores às misturas compulsórias, e segundo, promover a exportação dos excedentes de maneira competitiva.

O governo poderia estabelecer políticas e regulamentos que permitam aos varejistas vender biodiesel em proporções maiores às compulsórias como se faz no Brasil, acompanhadas de medidas técnicas e econômicas que aumentem a infra-estrutura para este

tipo de comercialização. No caso da comercialização dos excedentes no mercado internacional é importante contemplar a inclusão deste item nos próximos acordos comerciais realizados, como já foi mencionado.

Seria conveniente que para sua comercialização o biodiesel colombiano fosse destacado e reconhecido mundialmente pelos benefícios sociais e ambientais. Isso pode ser feito através de esquemas de certificação de organismos tanto nacionais quanto internacionais. Para isso o governo precisaria continuar aplicando controles e sistemas de fiscalização eficientes que garantam o cumprimento dos padrões de qualidade para todo o biodiesel produzido no país.

Outra estratégia chave para o sucesso é estabelecer planos de desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação, visando desenvolver sistemas de transferência tecnológica para o setor, laboratórios de qualidade certificados e um fundo de capital de fomento à pesquisa, assim como grupos e redes nas instituições de ensino, com a finalidade de melhorar a eficiência e os rendimentos nas condições locais.

Conseqüentemente é importante considerar a atualização da normatividade ambiental considerando a produção das matérias-primas destinadas à obtenção do biodiesel e garantir seu cumprimento através de autoridades de fiscalização especializadas.

Também seria preciso implementar dentro das políticas ambientais, assim como nos processos de certificação e aprovação para os novos empreendimentos de grande escala, sistemas de avaliação de impacto ambiental, que considerem temas como planejamento territorial, ambiental, ecoeficiência, biodiversidade e inclusão social.

O governo pode complementar essa estratégia a partir de incentivos a pesquisas ligadas ao planejamento social e gestão ambiental, permitindo aprofundar nos efeitos decorrentes desta cadeia produtiva em cada situação particular, como já foi mencionado. Igualmente, seria fundamental criar órgãos assessores que difundam as normatividades garantindo o acesso coletivo a eles. Além disso deveria facilitar e promover sistemas de produção ambientalmente corretos e capacitações contínuas de difusão das políticas ambientais e convênios de MDL que conscientizem os produtores da importância de proteger o meio ambiente e das conseqüências de poluí-lo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

- Na Colômbia, existem áreas de solo com aptidão agrícola sendo subutilizadas em outras atividades, devido à inviabilidade econômica do setor agrícola nos últimos anos. Essas atividades requerem menor quantidade de pessoas, portanto, não criam oportunidade de emprego nas zonas rurais. Estas áreas poderiam ser disponibilizadas para produção de culturas energéticas economicamente mais eficientes, com vantagens ambientais e sociais, sem necessidade de desmatar nem degradar áreas de preservação.
- Atualmente, a Colômbia está próxima ao ponto de saturação do refino de combustíveis, tendo a necessidade de importar para satisfazer o mercado interno. Esta necessidade pode ser suprida por bicomcombustível e ainda ter excedentes para comercializar no mercado internacional, com a vantagem da renda ficar com os produtores agrícolas do país, alimentando a economia interna do setor agrícola.
- O diesel está se tornando mais importante que a gasolina no país, devido às desigualdades tributárias, resultando em um maior consumo de diesel. As refinarias também não estariam configuradas para suportar essas mudanças do consumo, assim o biodiesel poderia ser uma solução para suprir este aumento na demanda com as vantagens adicionais já mencionadas.
- A Colômbia deveria prever uma adequação e aumento da infra-estrutura de transporte para a comercialização do biodiesel, já que atualmente é insuficiente e não tem segurança, o qual influencia diretamente o custo final do biodiesel.
- O biodiesel na combustão em motores oferece vantagens ambientais, quando são regulados para o uso de biodiesel, e na produção estas vantagens são maiores quando é usado óleo de palma como matéria-prima. Mesmo assim, estas vantagens vão depender das práticas da cultura e do uso do recurso solo.
- A cultura da palma oferece vantagens na produção de energia para o transporte e eletricidade frente às outras matérias-primas e se for implementada sob critérios de qualidade e responsabilidade social, também diminui as emissões de poluentes ao ambiente e reduz as desigualdades sociais no campo.
- A Colômbia possui o potencial de recursos ambientais para a expansão da fase agrícola da cultura da palma sem desmatar. Para isso seria preciso que a expansão se realizasse nas áreas subaproveitadas ou baldias. Este potencial poderia encontrar-se limitado pela disponibilidade de trabalhadores e de insumos agrícolas atual.

- O governo deveria concentrar seu esforço econômico nas populações vulneráveis e os pequenos produtores da fase agrícola, oferecendo todas as garantias para sua produção. Igualmente deveria incentivar aos extratores de óleo e produtores de biodiesel a comprar as produções de fruto de palma dessas populações para inseri-las no mercado dos biocombustíveis.
- A Colômbia criou e estruturou um programa de biodiesel em um curto período de tempo, também estabeleceu como meta a implementação do B5 em um período de cinco anos a partir da criação do programa. Apesar destas metas não serem cumpridas o governo obteve resultados favoráveis nestes cinco anos e o potencial do crescimento dependerá dos investidores e da confiança depositada por estes no novo setor.
- A Colômbia em um período de cinco anos conseguiu constituir um marco legislativo completo, que aborda as misturas compulsórias, a regulação do preço, os critérios de qualidade, as promoções e incentivos aos bicomcombustíveis, mas ainda falta considerar a criação de políticas para aumentar a infra-estrutura, os sistemas de comercialização do biodiesel, os sistemas de transporte e os requerimentos ambientais para sua implementação.
- Na Colômbia, aparentemente, existem mecanismos econômicos suficientes para promover o setor agrícola e favorecer a maioria dos agricultores, mas estes recursos são limitados e com as classificações criadas pelo MADR, terminam concentrando-se nas mãos dos grandes produtores, tirando por completo a função social desses mecanismos. Portanto, estes mecanismos deveriam estar focados exclusivamente a suprir as necessidades do produtor familiar e pequeno, dando oportunidades para estes de se inserirem na economia em igualdade de condições que um grande produtor. Com isso pode-se contribuir para diminuir as desigualdades sociais e atingir o objetivo social do programa.
- Os mecanismos e incentivos para os grandes e médios produtores, assim como para as usinas extratoras e de biodiesel deveriam estar condicionadas à contrapartidas de caráter social ou ambiental, fomentando a inclusão social e a preservação do meio ambiente e premiando as empresas que comprovem seu aporte para atingir estes objetivos.
- Com a produção de 100% da área plantada no ano de 2008 seria possível atingir a meta do B20, sem precisar desabastecer o mercado interno de óleo, dando uma percepção inicial do potencial produtivo do país.

- Os rendimentos de óleo na Colômbia podem melhorar consideravelmente implementando variedades de palma de alto rendimento como na Malásia e otimizando as extratoras para ter taxas de extração maiores. A partir destas duas variáveis os rendimentos poderiam ser duplicados e os custos por hectare diminuiriam consideravelmente, colocando a Colômbia em ótimas condições de competitividade.
- O parque extrator da Colômbia precisa inicialmente ser atualizado melhorando sua capacidade e eficiência de extração, já que atualmente aproximadamente 80% têm rendimentos e fatores de carga baixos. Adicionalmente, considerando os cenários seria necessário no mínimo duplicar a capacidade do parque atual, e na melhor das hipóteses, deveriam estar integradas às usinas de biodiesel.
- A partir da cultura da palma se obtém grande quantidade de resíduos com alto conteúdo energético. Com a implementação de sistemas de cogeração nas usinas extratoras, seria possível fornecer a totalidade de energia requerida pelo sistema e ainda ter excedentes de aproximadamente 100% para venda na rede.
- Apesar da cultura de palma não ter os maiores índices de emprego do setor agrícola, ela tem a possibilidade de criar vagas adicionais às atualmente existentes nas outras culturas, em sua maioria de mão-de-obra não qualificada. Adicionalmente quando se fomenta a agricultura familiar é possível que os benefícios desses empregos se extrapolem para famílias inteiras, aumentando o poder aquisitivo dessas populações e a abrangência do programa.
- Para um ótimo desempenho e incorporação do biodiesel no mercado nacional a Colômbia precisa retomar o controle nas áreas rurais, garantindo segurança e trabalho para seus habitantes. Além do mais, o Estado poderia incentivar o retorno da população às atividades agrícolas, evitando uma futura escassez do recurso humano e concorrência por trabalhadores entre culturas energéticas e de alimentos.
- O biodiesel oferece vantagens ambientais quando na sua produção não é emitido CO₂, devido à mudança no uso do solo. Sob estas condições o biodiesel pode reduzir as emissões de GEE até em 15% quando é usada a rota metílica e até 61% quando é usada rota etílica.
- O fomento do uso de etanol para produzir biodiesel, assim como o desenvolvimento de tecnologias condizentes, deveria ser o principal objetivo do governo, se pretende assumir seriamente o desafio ambiental. O etanol conta com vantagens econômicas e ambientais entre outras, por ser produzido localmente e ser renovável como o

biodiesel, que finalmente podem superar suas desvantagens frente ao metanol, viabilizando seu uso.

- A produção de óleo de palma para biodiesel na Colômbia precisa para ser competitiva, melhorar a produtividade, e com esse fim deve desenvolver atividades que diminuam os custos de produção e ativem a comercialização. Além de fortalecer a inovação tecnológica, fomentar o uso da assistência técnica e o estabelecera processos ambientais, sociais e econômicos mais eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEPALMA, Estúdio de factibilidad para el establecimiento de un vivero y la siembra de 1,500 has de Palma Aceitera en la região de las Llanuras del Tortuguero. Costa Rica: ACEPALMA, 2006

ANUARIO Estadístico 2007, La agroindustria de La palma de aceite en Colombia y en el mundo 2002-2006. Bogotá: FEDEPALMA, 2007.

ANUARIO Estadístico 2008, La agroindustria de La palma de aceite en Colombia y en el mundo 2003-2007. Bogotá FEDEPALMA, 2008.

ARRIETA, F.R.P., TEIXEIRA, F.N., YAÑEZ, E., LORA, E., CASTILLO, E. Cogeneration potential in the Columbian palm oil industry: Three case studies. Biomass and Bioenergy. v. 31, n. 7, J p. 503-511, Jul., 2007

ARIAS, Andres F. Los biocombustibles en Colombia. Santa Marta: s.n., 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM D 975 2006:.. Standard specification for diesel fuel oils. Philadelphia, 2006.

AVALIAÇÃO do Biodiesel no Brasil . Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2004.

BACOVSKY, D., KÖRBITZ, W., MITTELBACH, M., WÖRGETTER, M. Biodiesel Production: Technologies and European Providers. IEA: s.n., 2007. 104p. Task 39 Report T39-B6

BALANCE del setor palmero en el primer trimestre de 2006: unidad de Economía y comercio de FEDEPALMA . Bogotá: FEDEPALMA 2007

BALANCE Económico FEDEPALMA. Balance económico del setor palmero colombiano en el primer trimestre de 2008. Bogotá FEDEPALMA, 2008.

BASIRON, Y. Palm Oil. In: Shahidi, F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley & Sons, 2005. p. 333-429

BASTOS, T. X. Aspectos agroclimáticos do dendezeiro na Amazônia Oriental. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.) A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 47- 59 .

BASTOS, T. X.; MÜLLER, A. A.; PACHECO, N. A.; SAMPAIO, S. M.; ASSAD, E. D.; MARQUES, A. F. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do dendê no estado do Pará: resultados preliminares. In: MÜLLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J. (Ed.). Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 213-216 .

BERNAL, Fernando. El Cultivo de la Palma de Aceite y su Beneficio: guía general para el nuevo palmicultor. . Bogotá : FEDEPALMA, 2001.

BERTHAUD, A.; NUNES, C. D. M.; BARCELOS, E.; CUNHA, R. N. V. da. Implantação e exploração da cultura do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.) A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 193-227.

BOCHNO Hernandez, Elzbieta. Entrevista pessoal. O papel do MADR na implementação do programa de biodiesel. Novembro 2008.

BRITISH PETROLEUM BP Statistical Review of World Energy. Londres: s.n. 2008.

BUENO Trujillo, Carlos. Entrevista pessoal, Biocastilla, futura produtora de biodiesel. Janeiro 2009.

CALA Hederich, David. Entrevista pessoal. A importância do governo na produção de biodiesel e o participação dos componentes privados. Janeiro 2009.

CANDEIA, R. A.; FREITAS, J. C. O.; CONCEIÇÃO, M. M.; SILVA, F. C.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Análise Comparativa do Biodiesel Derivado do Óleo de Soja obtido com Diferentes Álcoois. In: BIODIESEL CONGRESS, 2.,2006. Anais. São Paulo, 2006.

CHANDRAN, M.R. Sustainability of Malaysian Palm Oil Industry: challenges and opportunities. biomass Asia Forum Japan. 2006. [Palestra]

COELHO, S. GUARDABASSI, P. Brazilian Biofuels Experience.In: IBEROAMERICAN MINISTERIAL MEETING. Montevideo, 2006

COLÔMBIA. DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística Censo General 2005: nivel nacional. Bogotá, Fevereiro 2008.

_____. Setor Agrícola: informe estadístico:- superficie total y aprovechamiento de la tierra. Colombia – 2005. Bogotá, 2006

_____. Setor Población: informe estadístico: proyecciones municipales de población 2005-2011 sexo y grupos de edad. Colombia, 2005

_____. .Ministerio de Agricultura e Desarrollo Rural. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2007. Bogotá, 2007.

_____. .Ministerio de Agricultura e Desarrollo Rural. Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2008. Bogotá, 2008.

_____. .Ministerio de Agricultura e Desarrollo Rural. Balances Energéticos 1975 – 2006. Bogotá, 2007.

_____. Ministerio de Minas y Energía. Estadísticas del setor agropecuario 2008. Bogotá, 2008.

_____. Ministerio de Transportes. Anuario Estadístico del Setor de Transportes 2007. Bogotá, 2007.

_____. Unidad De Planeación Minero Energética. La cadena del petróleo. Bogotá, 2006.

_____. Potencialidades de los cultivos energéticos y residuos agrícolas en Colombia. Bogotá, 2003.

_____. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Documento Conpes 3510, estrategia para el desarrollo competitivo del setor palmicultor colombiano. Bogotá, 2008.

_____. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Documento Conpes 3477, estrategia para el desarrollo competitivo del setor palmicultor colombiano. Bogotá, 2007.

_____. Presidência da República. Ministério de Minas e Energia. Resolução 181780 de dezembro 29 de 2005, Por la cual se define la estructura de precios del ACPM mezclado con

biocombustible para uso en motores diesel. Diario Oficial n.º 46.138 de 31 de diciembre de 2005.

CONCEIÇÃO, H. E. O. da; MÜLLER, A. A. Botânica e morfologia do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.) A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 31-45.

CORFINSURA, Investigaciones Económicas e Estratégias. Disponível em: http://www.corfinsura.com.co/inveconomicas/home/homeinfo.aspx?../espanol/indicadores/economicosHijos_ext.asp?id=31. Acessado em: Ago. 2008.

COTTON, W. R.; PIELKE, R.A. Human impacts on weather and climate. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. Importância e evolução da dendeicultura na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia de 1990 – 2002. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2005. 23 p (Documentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros, 77).

DEMIRBAS, Ayhan. Biodiesel: a Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines. s.n.: Springer, 2008.

DNP. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008, La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. PNUD, 2009.

DORNELLES, R. Combustíveis, Lubrificantes e Aditivos: panorama automotivo do Brasil.:São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Automotiva , março de 2005. Apresentação São Paulo

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS. Bogotá, 2007. Disponível em: <<http://www.ecopetrol.com.co/>> Acessado em: Agosto. 2007.

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS. Bogotá, 2008. Disponível em: <<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=30&conID=36274>> Acessado em: 03 mar. 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Vulnerabilidade da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação às emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999.

EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. Projeto de Dendê/Palma Amazonas. Manaus: Embrapa-CPAA, julho 2002. Disponível em: <<http://www.cpa.embrapa.br/portifolio/sistemadeproducao/dende/projetodedendepalmaamazonas.pdf>> Acesso em: 20 fev. 2006

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, Office of Energy Markets and End Use. Annual Energy Review 2007. Washington, DC. Junho 2008. Cap. 10, P 277-298. Cap. 11 P 299-338.

_____. The International Energy Outlook 2006. Washington, DC. Junho 2006. Cap. 1, P 7-16. Cap. 2 P 17-24. Cap. 7 p 71-76

ENERS. La production de biocarburants dans le monde en 2007. Disponível em : <http://www.biofuels-platform.ch/en/media/index.php?topic=2&id=188>. Acesso em 02 nov. 2009.

ENERS. La production de biocarburants dans le monde en 2008. Disponível em : <http://www.biofuels-platform.ch/en/media/index.php?topic=2&id=265>. Acesso em 02 nov. 2009.

SIPG. Disponível em : <http://www.sipg.gov.co/Inicio/Precios/Estructura/tabid/97/Default.aspx>. Acesso em 02 nov. 2009.

FARINA, E.M.M.Q; AZEVEDO, P.F; SAES, M.S.M. Competitividade: mercado, estado e organizações. São Paulo: Singular, 1997. 285 p.

FEDEPALMA 2008, Actualización de costos de producción de aceite de palma. Bogotá: 2008.

LA AGROINDUSTRIA de la palma de aceite en Colombia. 2 Ed. Bogotá FEDEPALMA, 2006.

FERWERDA, J. D. Ecophysiology of the african oil palm. In: ALVIM, P. de. (Coord.). Ecophysiology of tropical crops. Ilheus: Ceplac, v. 2. 1975. p. 1-49.

FINAGRO. Manual de servicios de FINAGRO, 2006. Disponível em: <<http://www.finagro.com.co/@manual/docs/MANUAL%20DE%20SERVICIOS.pdf>>. Acessado em 03/2008

GOLDEMBERG, J. The promise of clean energy. *Energy Policy* 34 (2006). Available online 13 May 2005.

_____, COELHO. S. Renewable energy—traditional biomass vs. modern biomass. national reference center on biomass, University of São Paulo, Brazil. *Energy policy* v.32, p.. 711–714, 2004.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a Sustainable Energy Future. *Science*, v. 315, p. 808-810, 2008.

GONÇALVES, A. C. R. Dendzeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.). In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Coord.) *Ecofisiologia de culturas extrativas: canade-açúcar, seringueira, coqueiro, dendzeiro e oliveira*. Cosmópolis: Stoller do Brasil. 2001. p. 95-112.

_____, NIGRO. F, COELHO. S. Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152 p.

HARTLEY, C. W. S. La palma de aceite. México: Compãnia Editorial Continental, 1986. 2. ed. 933 p.

HOLANDA, Ariosto. Biodiesel e inclusão social. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. 200p. (Série cadernos de altos estudos; n.1).

HUSAIN, Z., ZAINAL, Z.A., ABDULLAH, M.Z. Analysis of biomass-residue-based cogeneration system in palm oil mills. *Biomass & Bioenergy*, v 24, p.117-124, 2003.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2001: atmospheric chemistry and greenhouse gases*. Cambridge: University Press, 2001. 873p.

_____. Special report on land use, land-use change and forestry. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-sp.pdf> >. Acesso em: 01 nov. 2009

_____. *Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura: resumen para responsables de políticas*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático del IPCC . 2000. 30p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Biofuels for transport*. Paris, 2004

_____. World Energy Outlook. France : OECD/IEA., 2006.

KALTNER, F. J. Agroindústria do Óleo de Palma no Pará. Pará, 1997

KRUPA, S. V. Air Pollution, People, and Plants: an introduction. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1997.

LAPUERTA. M., Armas. O., Rodríguez J. Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, University of Castilla. Ciudad Real, Spain, Available online 29 September 2007. Progress in Energy and Combustion Science 34 (2008) 198–223.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; COSTA, J. T. de M.; CERQUEIRA, L. J. C. de; FERREIRA, E. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004. p. 11-32.

MACEDO, I. C; NOGUEIRA, L. A. H. Avaliação do Biodiesel no Brasil _revisado. CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2004.

MACEDO, J. L. V. de; RODRIGUES, M. do R. L. Solos da Amazônia e o cultivo do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J.M.; MÜLLER, A. A. (Ed.) A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 73-87.

MESA, Jens. The palm oil industry in América Trends, outlook and challenges. In: WORLD PALM OIL SUMMIT AND EXHIBITION, 2008, Jakarta. WPOSE 2008. Proceedings. Jakarta, 2008.

MOREIRA. André de Camargo. Inventário do ciclo de vida do metanol para as condições brasileiras / A.M. de Camargo. -- ed. rev. -- São Paulo, 2007. 117 p.

MORENO, N. P. Glossário botânico ilustrado. México: Continental, 1984. p. 36-48.

NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Biocombustíveis. Brasília: Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica.. 2005.(Cadernos NAE nº. 2)

ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES. World oil outlook 2007. Vienna: OPEC, 2007. Cap. 1, p. 20-31; Cap. 2, p. 35-46. Cap. 3, p. 67-73

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO .Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medio ambiente en américa latina y el caribe. Brasília, 2008.

PARENTE, Expedito. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Tecbio, 2003.

PERALTA, F.; VÁSQUEZ, O.; RICHARDSON, D. L.; ALVARADO, A.; BORNEMIZA, E. Effect of some soil physical characteristics on yeld, growth and nutrition of the palm in Costa Rica. Oléagineux, Paris, v. 40, n. 8/9, p. 423-430, 1985.

PETROBRÁS Disponível em:
<http://www2.petrobras.com.br/portugues/ads/ads_Produtos.html>. Acesso em: 25 abr. 2008.

PRASERTSAN S, SAJJAKULNUKIT B. Biomass and biogas energy in Thailand: potential, oportunities and barriers, Renewable Energy, v. 31, n. 5, p. 599-610, Apr., 2006.

PUERTO R, Julieta A. Programa de biocombustíveis no Brasil e na Colômbia: uma análise da implantação, resultados e perspectivas. São Paulo, 2007 . p 193. Dissertação (Mestrado Em Energia) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

QUINTERO, Montaña. Camilo. Evolución de la política de precios de los combustibles líquidos y proyecciones. Bogotá: UPME ,2004.

RAMÍREZ, Miguel Ángel. Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: una alternativa para la generación de empleos e ingresos: modulo palma Africana. Honduras: Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo ., 2008

RINCON, Hernán; GARAVITO, Aaron Mercado Actual de la Gasolina y del ACPM en Colombia e Inflación. Bogotá: Banco de la República de Colombia, 2004. 35 p..

RITTNER, H. Óleo de Palma: tecnologia e utilização. São Paulo: s.n., 1996.

RODRIGUES, M. do R. L. Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do médio Amazonas. 1993. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ROMERO, Mandius; MORENO, Alba; MUNÉVAR, Fernando. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de palma de aceite. Bogotá: Cenipalma/Corpoica, 1999.

RUEDA Z, Alejandra. La agroindustria de la palma de aceite y el programa nacional de Biodiesel. In: PRIMER FORO AGROINDUSTRIAL | BIOCOMBUSTIBLES: una visión hacia el futuro, 2007, Montería: Universidad Pontificia Bolivariana, 2007

RUIZ, R. R. Desarrollo del racimo y formación de aceite en diferentes épocas del año según las condiciones de la Zona Norte. Palmas, Bogotá, v. 25 n. 4, p. 37-50, 2005.

SANTOS, M. A. S. dos; D'ÁVILA, J. L.; COSTA, R. M. Q. da; COSTA, D. H. M.; REBELLO, F. K.; LOPES, M. L. B. O comportamento do mercado do óleo de palma no Brasil e na Amazônia. Belém: BASA. 27 p. 1998. (Banco da Amazônia. Estudos Setoriais, 11).

Disponível em: <<http://www.bancoamazonia.com.br/download/estsetorial11.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2005.

SANTOS, Mauro Alves dos. Inserção do biodiesel na matriz energética brasileira: aspectos técnicos e ambientais relacionados ao seu uso em motores de combustão. 2007. 116f.. Dissertação (Mestrado em Energia) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2007.

SCHARMER, K. Biodiesel: energy and environmental evaluation. Bonn: UFOP, 2001.

SCHOMBERG, H. H.; FORD, P. B.; HARGROVE, W. L. Influence of crop residues on nutrient cycling and soil chemical properties. In: UNGER, P. W. (Ed.). Managing Agricultural Residues. Boca Raton: Lewis, 1994. p. 99-121.

SILVA Galvão, Aziz. Entrevista pessoal. Fevereiro 2009.

SIPG. Disponível em :
<http://www.sipg.gov.co/Inicio/Precios/Estructura/tabid/97/Default.aspxS>. Acesso em 02 nov. 2009.

SPANISH ASSOCIATION FOR STANDARDISATION AND CERTIFICATION. UNE EN-590: Automotive fuels: diesel: requirements and test methods, Genova, 2004.

STERLING, F.; ALVORADO, A.; Determinación del estado de madurez Del racimo de palma aceitera asociado con la maxima tasa de extracción de aceite. *Agronomía Costarricense*, San Jose, v. 2, n. 17, p. 71-76, 1993.

STORY, Louise. An Oracle of Oil Predicts \$200-a-Barrel Crude. *The New York Times, Business*, 21 May. 2008. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2008/05/21/business/21oil.html>>. Acessado em: 15 July. 2008

SURRE, C.; ZILLER, R. La palmera de aceite. Barcelona: Ed. Blume, 1969. p. 11-28.

TOBON, J, L. Los biocombustibles em Colômbia. In: ENCONTRO INTERAMERICADO DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 1. 2006. . São Paulo. Anais. São Paulo: IICA, 2006

TORRES, José Eddy. Desarrollo y Consolidación del Mercado de Biocombustibles en Colombia. Bogotá: UPME, 2007.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA Boletín Estadístico de Minas y Energía 2003 – 2008. Bogotá: Republica de Colombia. 2008. 174 p.

_____. Estudio impactos técnicos, económicos y ambientales de la dieselización del parque automotor en Colombia y posibles soluciones. Bogotá: Republica de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. 2003.

_____. Programa estratégico para la producción de biodiesel: combustible automotriz a partir de aceites vegetales. Bogotá; UPME, 2003.

UNITED STATE. , Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy. Biodiesel handling and use guideines. Oak Ridge: U.S. Department of Energy, 2006

VAN GERPEN, Jon; KNOTHE, Gerhard. Biodiesel production. In: KNOTHE, G; VAN GERPEN, J; KRAHL, J. The Biodiesel handbook. Champaign: AOCS Press, 2005. Cap.4, p.34-69.

VELÁSQUEZ A, H I. Avaliação exergética e exergo-ambiental da produção de biocombustíveis / H. I. Velásquez Arredondo. São Paulo, 2009. 235 p.

VIANNA, Fernanda C. Análise de ecoeficiência: avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e petrodiesel. São Paulo, 2006. 181f.. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WADEN, L. G. Chemical organic. 5TH ed. New york: Prentice Hall, 2004.

WEINDORF, Werner. Bioenergie am beispiel palmöl: klimakiller. Münchner Pflanzenöltage. München. 2007. [Palestra].

WEISZ PB, HAAG WO; RODEWALD,PG. Catalytic production of high-grade fuel (gasoline) from biomass compounds by shape-selective catalysis. Science,v. 206, n. 4414,p.57-58, Oct. 1979.

WORLD ENERGY COUNCIL. Survey of Energy Resources. Londres: WEC, 2007. Cap. 2, p. 41-92.;Cap. 9, p. 333-381

Youssof S. Renewable energy from Palm oil—innovation on effective utilization of waste. Journal of Cleaner Production 2006;14:87–93.