

Rafael Gustavo Bordin

**Estudos sobre a localização de usinas de biodiesel com
utilização de tecnologia SIG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Cadastro Técnico Multifinalitário.

Orientador: Prof. Jürgen Wilhelm Philips, Dr.

Florianópolis

2009

Catálogo feita pela Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina

B729e Bordin, Rafael Gustavo

Estudos sobre a localização de usinas de biodiesel com utilização de tecnologia SIG [dissertação] / Rafael Gustavo Bordin ; orientador, Jürgen W. Philips. - Florianópolis, SC, 2009.

93 p.: Il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Logística de biodiesel. 3. Estudos de localização. 4. SIG. I. Philips, Jurgen Wilhelm. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Estudos sobre a localização de usinas de biodiesel com
utilização de tecnologia SIG

Dissertação julgada adequada para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil na área de concentração Cadastro
Técnico Multifinalitário no Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de novembro de 2009.

Prof^a. Dr.-Ing. Janaíde Cavalcante Rocha – Coordenadora do
PPGEC

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wilhelm Philips – Orientador
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Norberto Hochheim – PPGEC/UFSC.



Prof. Dr. Milton Luiz Paiva de Lima – PPGEQ/FURG.

Dr.-Ing. Alexandre Hering Coelho – LABTRANS/UFSC.

“Ele mostrou a você, ó homem, o que é bom e o que o Senhor exige: pratique a justiça, ame a fidelidade e ande humildemente com o seu Deus”

Miquéias 6:8

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, mãe, pai, Cledes, Kuka, Marininho, Dani e Raque pelo amor e incentivo. E a minha esposa amada Amanda, que compartilhou comigo o desafio de realizar este mestrado.

Vocês torcem por mim o tempo todo e me alegram a seguir em frente!

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus pelo Seu amor incondicional e por estar no controle da minha vida;

À minha família, que, como um alicerce, está sempre ao meu lado; principalmente aos meus pais por sua preocupação com meus estudos;

A minha esposa Amanda pelo carinho, incentivo e ajuda na revisão do trabalho;

Ao Prof. Dr.-Ing Jürgen Wilhelm Philips que orientou, e me contemplou com sua vasta experiência na realização deste estudo;

Ao Dr.-Ing Alexandre Hering Coelho pela amizade, pelas idéias repassadas e atenção dispensada nas fundamentais contribuições ao trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC pela oportunidade de poder participar do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC e poder utilizar suas instalações.

Aos meus colegas do Laboratório de Transportes e Logística – Labtrans pela amizade e profissionalismo nos projetos e estudos que me renderam um envolvimento integral na área de transportes.

À toda equipe docente do PPGEC da UFSC pelos conhecimentos repassados e dedicação ao trabalho;

A secretária do PPGEC, Marinea Vieira pela prestatividade em atender sempre minhas solicitações e esclarecerem minhas dúvidas.

A todas os colegas e amigos de Florianópolis que de alguma forma contribuíram com a realização desta dissertação.

RESUMO

Estudos sobre a localização de usinas de biodiesel com utilização de tecnologia SIG

Com o início da utilização de biodiesel em larga escala em 2008 no Brasil, dois dos pontos cruciais no planejamento da cadeia logística do produto se tornaram evidentes: a localização de suas usinas, e o dimensionamento das capacidades de produção. Este trabalho teve como objetivo principal mostrar as possibilidades existentes em tecnologia SIG para a área de planejamento de transportes e infra-estrutura, visando a solução em um problema de localização de instalações. Foi feito um estudo de caso para avaliar o posicionamento de projetos de usinas de biodiesel na Região Sul do Brasil assim como analisar seus volumes de produção. O modelo de simulação desenvolvido baseou-se na organização do sistema de distribuição de biodiesel com projeção de oferta e demanda anual e buscando a redução dos custos logísticos globais considerando a infraestrutura existente para um período definido entre 2008 e 2020. O método aplicado foi dividido em cinco etapas: estudo da ferramenta SIG utilizada, levantamento dos custos unitários de transporte, aquisição e organização dos dados de oferta e demanda, montagem dos cenários, inserção dos dados no SIG e simulação dos 31 cenários propostos. Os resultados gráficos e tabelados fornecidos pelas funcionalidades da ferramenta indicaram as melhores cidades sob o ponto de vista logístico para implantação de usinas de biodiesel e também possibilitaram a verificação dos dimensionamentos dos projetos em questão de volumes. Avaliou-se que através da utilização de ferramentas básicas de SIG em estudos de localização, pode-se obter informações fundamentais para estimar mercados a curto, médio e longo prazos e auxiliar na análise de viabilidade para implantação de futuras instalações.

Palavras-chave: logística de biodiesel, estudos de localização, SIG.

ABSTRACT

Studies about the localization of biodiesel plants with GIS technology

With the beginning of their use of biodiesel on a large scale in 2008 on Brazil, two of the key issues in supply chain planning product became apparent: the location of their plants, and scaling of production capacities. The main aim of this dissertation is to show the existing possibilities in GIS technology at the transport planning and infrastructure area, aimed at solving problems of facilities localization. A study case was made to evaluate the positioning of biodiesel facilities projects at the South of Brazil and also to analyze its volumes and productions. The developed simulation model was based on the organization of the biodiesel distribution system with annual supply and demand projection and also seeking for the reduction on global logistics costs considering the existent infrastructure to the defined period between 2008 and 2020. The applied method was divided into five topics: the Sislog software study, obtaining transport unit costs, the acquisition and organization of data supply and demand, assembly scenarios, the insertion of data in GIS, and simulation of the 31 proposed scenarios. The graphics and tabulated results provided by the functionalities of the software indicated the best cities from the logistics point of view to the biodiesel facilities and also enable to check the sizing of the projects concerning to its values. It was evaluated that using the basics GIS software in localization studies, it is possible to obtain important information to estimate markets in a short, medium and long term and to help in analyses of feasibility for implementation of future facilities.

Key words: biodiesel logistic, localization studies, GIS.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ações no mercado de biodiesel no mundo	20
Tabela 2 – Usinas de biodiesel autorizadas pela ANP	23
Tabela 3 – Modelo de entrada de dados para determinação de caminhos mínimos no Sislog	50
Tabela 4 – Modelo de relatório de caminhos mínimos de saída do Sislog	51
Tabela 5 – Informações sobre os modais rodoviário e hidroviário para óleo vegetal	53
Tabela 6 – Informações sobre o modal ferroviário para óleo vegetal	54
Tabela 7 – Projeto de usinas considerados no estudo	56
Tabela 8 – Cenários de demanda (bases de distribuição)	58
Tabela 9 – Apresentação do primeiro e último cenário de cada ano	60
Tabela 10 – Cenários de oferta (usinas)	60
Tabela 11 – Volumes anuais de produção nas usinas	61
Tabela 12 – Resultado das simulações	66
Tabela 13 – Volumes transportados no cenário 4/2010	69
Tabela 14 – Volumes transportados no cenário 4/2012	71
Tabela 15 – Volumes transportados no cenário 6/2014	73
Tabela 16 – Volumes transportados no cenário 5/2016	75
Tabela 17 – Volumes transportados no cenário 5/2018	77
Tabela 18 – Volumes transportados no cenário 6/2020	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Enfoques dos mercados consumidores de biocombustíveis (EUA, UE e Brasil)	19
Figura 2 – Legislação atual para o uso de biodiesel	22
Figura 3 – Processo de obtenção do biodiesel por transesterificação	25
Figura 4 – Espécies vegetais utilizadas pra produção de biodiesel no Brasil	26
Figura 5 – Custos logísticos em relação ao PIB Brasil x EUA	30
Figura 6 – Visão geral da cadeia de produção do biodiesel e desafios enfrentados	34
Figura 7 – Volume de vendas de combustíveis no Brasil	35
Figura 8 – Projeção do balanço oferta-demanda anual de biodiesel no Brasil	36
Figura 9 – Componentes de um SIG	38
Figura 10 – Exemplo de solução de 3-mediana no ArcView	41
Figura 11 – Exemplo de solução MILP/TransCAD da alocação e localização de dois CD's	42
Figura 12 – Exemplo de solução para localização de instalações no SIG com p-mediana	43
Figura 13 – Principais etapas do trabalho	44
Figura 14 – Exemplo de simulação de área de influência no Sislog	48
Figura 15 – Exemplo de simulação de caminhos mínimos no Sislog	49
Figura 16 – Malha viária da Região Sul utilizada no Sislog	52
Figura 17 – Projeção do consumo de diesel no Brasil	57
Figura 18 – Sistemática das simulações através do Sislog	62
Figura 19 – Simulação do cenário 4/2010	68
Figura 20 – Simulação do cenário 4/2012	70
Figura 21 – Simulação do cenário 6/2014	72

Figura 22 – Simulação do cenário 5/2016	74
Figura 23 – Simulação do cenário 5/2018	76
Figura 24 – Simulação do cenário 7/2020	78
Figura 25 – Distância média percorrida em cada agrupamento anual de cenários	81
Figura 26 – Divisão modal em cada agrupamento anual de cenários	82
Figura 27 – Custo logístico médio	83
Figura 28 – Custo logístico total	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

ALL – América Latina Logística

ANP – Agência Nacional do Petróleo

CD – Centro de Distribuição

CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário

DCP – Demonstrativo de Controle de Produtos

ESALQ/LOG – Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial

EUA – Estados Unidos da América

EVTE – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

FL – *Facility Location*

Labtrans – Laboratório de Transportes e Logística da UFSC

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MILP – *Mixed Integer Linear Programming*

OVEG - Programa Nacional de Energia de Óleos Vegetais

PIB – Produto Interno Bruto

PNPB – Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel

Pró-óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos

PROBIODIESEL – Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico de Biodiesel

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TP – *Transportation Problem*

UE – União Européia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
2	MERCADO DE BODIESEL	18
2.1	CONTEXTO NO MUNDO	18
2.2	CONTEXTO NO BRASIL	20
2.3	PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BODIESEL	24
2.4	FONTES DE BODIESEL NO BRASIL	25
2.5	ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO USO DE BODIESEL	27
3	LOGÍSTICA, BODIESEL E A UTILIZAÇÃO DE SIG EM ESTUDOS DE LOCALIZAÇÃO	29
3.1	LOGÍSTICA E A TEORIA DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES	29
3.2	LOGÍSTICA DO BODIESEL E SEUS DESAFIOS	33
3.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	37
3.4	EXPERIÊNCIAS NA APLICAÇÃO DE SIG EM ESTUDOS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES	39
4	MÉTODO	44
4.1	A FERRAMENTA SISLOG	45
4.1.1	Malha viária utilizada e área de abrangência do estudo	51
4.2	LEVANTAMENTO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DE TRANSPORTE	53
4.3	AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE OFERTA E DEMANDA	54
4.3.1	Levantamento dos projetos de usinas (dados de oferta)	55
4.3.2	Levantamento do consumo por base de distribuição e projeção (dados de demanda)	57
4.4	MONTAGEM DOS CENÁRIOS	59
4.5	INSERÇÃO DOS DADOS NO SISLOG E SIMULAÇÕES	62

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	65
5.1 SEIS CENÁRIOS ENTRE 2010 E 2020	67
5.2 ANÁLISE GLOBAL DE CENÁRIOS	80
6 CONCLUSÕES	84
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXO A - CD ANEXO	93

1 INTRODUÇÃO

Em um curto espaço de tempo, no início do século XXI, o mundo passou por uma transformação de um estado de indiferença para um grau de alarme geral diante a uma crise que já se anunciava há anos: a do esgotamento dos seus recursos naturais. O uso desenfreado de óleos fósseis, como fonte de energia, ajudou a erguer potências nos cinco continentes. No entanto, o resultado dessa exploração trouxe-nos como consequência o desequilíbrio ambiental.

Nesse contexto, duas urgências se cruzaram: uma por fontes renováveis de energia e outra pela redução na emissão de poluentes. Uma solução que visa atender às duas questões é o uso de biocombustíveis, ou seja, qualquer combustível de origem biológica desde que não seja de origem fóssil. Podendo ser biomassa, bioetanol, biodiesel e biogás.

Visando atender a essa demanda, o Brasil reúne, neste momento, uma vastidão de terras férteis para produção das matérias-primas que originam os “combustíveis verdes” e se beneficia ainda de décadas de experiência e tecnologia nessa área, adquirida através da produção e uso do álcool combustível.

Dessa forma, em um cenário de expansão de oferta e demanda, a distribuição de combustíveis, que sempre aconteceu no sentido da costa marítima para o interior, a partir do uso dos bicombustíveis em larga escala, poderá ter mão inversa tão forte (ou, quem sabe, um dia ainda mais intensa) quanto à rota feita pelos derivados de petróleo.

Desenvolvido a partir de óleos vegetais ou gordura animal, o biodiesel é um combustível usado em motores diesel que atende às especificações brasileiras da Agência Nacional do Petróleo (ANP) contidas em sua resolução nº42 de 24 de novembro de 2004.

Com o início de sua utilização em larga escala no ano de 2008, dois dos pontos cruciais no planejamento da cadeia logística do biodiesel se tornaram evidentes: a localização de suas usinas, e o dimensionamento das capacidades de armazenagem e produção do produto.

Os centros coletores e usinas devem ter posicionamento estratégico, levando em consideração variáveis como condições

climáticas, ambientais, malha viária, estrutura de armazenagem e infraestrutura logística existente da região.

Segundo Romero (2006) em sua dissertação sobre análise de localização de plataformas logísticas, a importância da análise de localização de instalações foi primeiramente reconhecida em meados do século XIX por Joachim von Thünen. Para ele, “o desenvolvimento econômico era determinado pelo preço da terra e o custo de transporte entre produção e mercado”. Tais premissas continuam sendo fundamentais e utilizadas juntamente com técnicas modernas desenvolvidas para auxiliar essas análises.

Conforme Mapa (2005) “a importância de um estudo de localização decorre dos altos investimentos envolvidos e da influência sobre os custos logísticos”, já que esta é uma decisão definitiva. Ballou (2001) relata que os custos de transportes representam de um a dois terços dos custos logísticos totais, fato que estimula a correta tomada de decisões e justifica a abordagem otimizada dos estudos logísticos.

Ainda de acordo com Romero (2006), a importância estratégica da localização das instalações está relacionada com o valor de contribuição desta decisão para o sistema, a médio e longo prazos. Com vistas ao comércio de biocombustíveis, Xavier (2007) relata que, a importância de usinas e estoques estratégicos também se relaciona com o comportamento dos preços, com as oportunidades de exportação e com o crescimento do mercado.

Assim sendo, o estudo de diferentes métodos de localização de instalações se mostra fundamental para que se tenham usinas estrategicamente posicionadas, visando a otimização da logística dos biocombustíveis. A utilização desses modelos em conjunto com as ferramentas de Sistemas de Informação Geográficas (SIG) aplicados à área de planejamento dos transportes pode contribuir de forma eficaz na tomada de decisão em estudos de localização de instalações, sendo uma forma preventiva e economicamente viável para realização de análises espaciais.

Neste trabalho, são realizadas simulações de transporte de biodiesel para diferentes cenários de localização de usinas

projetadas, com o horizonte de análise até 2020, buscando determinar a redução de custos globais que cada projeto proporciona, utilizando para tal, uma ferramenta SIG, amplamente difundida na área de Cadastro Técnico Multifinalitário.

Espera-se que, com a utilização do método proposto, seja possível, de uma forma prática, auxiliar na localização de instalações e análise de cenários para a distribuição de biodiesel no mercado brasileiro, focando a minimização dos custos de transporte e considerando as possibilidades da malha viária existente.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é utilizar uma ferramenta SIG para simular os projetos de usinas a serem autorizados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), e avaliar seus benefícios, levando em consideração o transporte do biocombustível da usina até as bases de distribuição.

Objetivos específicos:

1. elaborar um modelo de simulação para ser utilizado em estudos de viabilidade de usinas e outras instalações relacionadas à logística de biodiesel;
2. demonstrar a utilidade de uma ferramenta SIG no planejamento de transportes.

2 MERCADO DE BIODIESEL

Este capítulo apresenta a caracterização do mercado de biodiesel no Brasil e no mundo, processo de produção, matérias-primas, vantagens e desvantagens da utilização do produto.

2.1 CONTEXTO NO MUNDO

A produção do biodiesel tem servido como alavanca para o desenvolvimento econômico de várias partes do Brasil e do mundo. Tendo em vista a facilidade para sua obtenção, possibilita explorar a melhor alternativa de matéria-prima para cada região.

O consumo do biodiesel, misturado ou não com o diesel, pode ajudar na diminuição da dependência do petróleo e contribuir para a redução da poluição atmosférica. Sua composição é livre de enxofre e ainda prestigia áreas geográficas normalmente desfavorecidas para outras atividades econômicas. Promove assim, alternativa de emprego e renda. A Figura 1 mostra os três principais enfoques de três importantes mercados dos biocombustíveis.

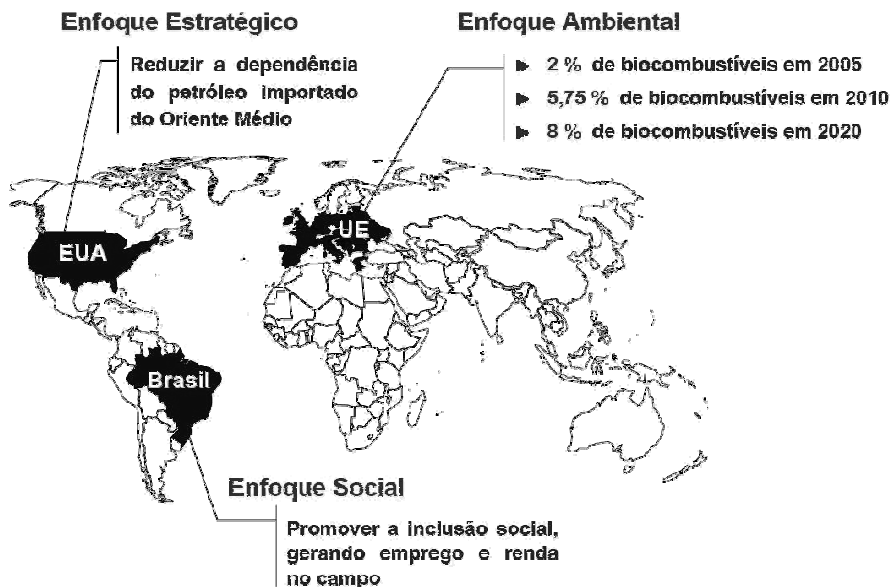


Figura 1 – Enfoques dos mercados consumidores de biocombustíveis (EUA, UE e Brasil)

Fonte: Nappo (2004)

Vários países e blocos econômicos já fixaram alíquotas mínimas para o uso de biodiesel em seus territórios. A Tabela 1 mostra as principais ações de incentivo no mercado de biodiesel no mundo segundo Junqueira (2007).

Tabela 1 – Ações no mercado de biodiesel no mundo

País	Medidas
EUA	2% obrigatório em Minnesota, 20% já autorizado nos estados
Brasil	2 e 3% obrigatório em 2008, 4% obrigatório em 2009 e 5% em 2013
Alemanha	5% obrigatório, 100% autorizado
França	5% obrigatório, ônibus urbanos utilizam 30%
Canadá	500 milhões l/ano até 2010
Japão	1% c/ projeto de 5% a 10%, veículos gov. 20%

Fonte: Junqueira (2007)

Nesse sentido, alguns países também são destaques na pesquisa e produção de biocombustível no mundo. Segundo a BiodieselBR (2007a) a Malásia se destaca na pesquisa a partir do óleo de palma e dendê. Já a Alemanha é pioneira nesta área por estabelecer um expressivo programa de produção deste combustível a partir da canola, sendo hoje o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel, com capacidade de gerar um milhão de toneladas anuais.

2.2 CONTEXTO NO BRASIL

A história do biodiesel no Brasil já vem apresentando seu destaque há algumas décadas. Conforme Nogueira (2006), em especial, algumas datas marcaram o mercado brasileiro de energia e deram incentivo à sua produção:

- 1920 - início dos estudos no Brasil. Surgiram iniciativas para promover no Brasil o uso de óleos vegetais em motores, com resultados e tecnologia limitados;
- 1973 - crise mundial do petróleo. Com a escassez de petróleo no mundo, surgem no Brasil os programas Pro-óleo e o Programa OVEG em 1980, na tentativa do governo em incentivar o uso de biocombustíveis;

- 2002 - PROBIODIESEL. Em 2002 foi constituída a Rede de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico PROBIODIESEL pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) viabilizado em 2004 pelo governo brasileiro, teve como meta a implantação do uso do biodiesel. Sua maior preocupação é de que esse uso ocorra de forma sustentável, técnica e economicamente, proporcionando a fusão dos recursos renováveis com os esgotáveis.

Segundo Nappo (2004) o biodiesel:

substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores automotivos como de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, ou estacionários, como geradores de eletricidade e de calor. Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. Porém, o nome biodiesel é confundido com a mistura diesel+biodiesel, disponível nos postos de combustível. A designação correta para a mistura vendida nestes postos deve ser precedida pela letra B (do inglês *blend* ou mistura). Neste caso, a mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

No PNPB, a regulamentação e fiscalização do produto são feitas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) através da sua resolução nº42 (2004) que estabelece as especificações do biodiesel no Brasil. O percentual de mistura com o diesel fóssil é estabelecido pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), sendo de responsabilidade das refinarias e distribuidoras autorizadas à realização da mistura e posterior comercialização.

Portanto, de acordo com a Lei nº 11.097/2005 é introduzido o biodiesel na matriz energética brasileira sendo obrigatória a mistura de 2% no diesel de petróleo desde 2008. Em julho do mesmo ano, o governo através do CNPE aumentou o percentual de mistura obrigatório para 3% e, posteriormente, em julho de 2009 o percentual novamente foi acrescido para 4%, como ilustrado na Figura 2 .

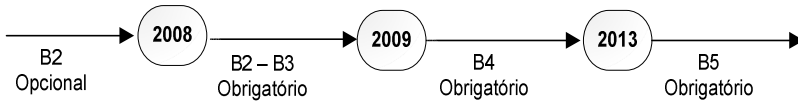


Figura 2 – Legislação atual para o uso de biodiesel

Fonte: ANP (2009)

Com o otimismo apresentado pelos consecutivos aumentos do percentual de biodiesel no diesel de petróleo, o governo considera a possibilidade de implementar a mistura B5 antes de 2013, tendo assim que duplicar a produção em pouco tempo. Há de se destacar também que a utilização do biodiesel em outros percentuais também acontece em situações isoladas no Brasil. Por exemplo, em trechos na malha ferroviária da Vale e da América Latina Logística (ALL) onde é utilizado o B20, em parte de algumas frotas de ônibus em cidades brasileiras como em Campinas e no Rio de Janeiro assim como em grandes empresas como a Tetra Park e Coca-Cola (JUNQUEIRA, 2007).

Segundo a Jus Brasil o preço do biodiesel disponível para as distribuidoras varia de acordo com a matéria-prima utilizada, ficando em média 30% acima do valor normal do diesel (R\$2,31 para o biodiesel e R\$1,77 para o diesel em junho de 2009).

A Tabela 2 mostra as usinas que estão em funcionamento desde 2007 no Brasil.

Tabela 2 – Usinas de biodiesel autorizadas pela ANP

Empresa	Local	UF	Capacidade Autorizada (m³/dia)	Capacidade Anual Estimada (10³ m³/ano)	Capacidade anual por UF (10³ m³/ano)
Brasil Ecodiesel	Iraquara	BA	360	108,00	127,50
IBR	Simões Filho	BA	65	19,50	
Brasil Ecodiesel	Crateús	CE	360	108,00	108,72
NUTEC	Fortaleza	CE	2,4	0,72	
Granol	Anápolis	GO	333,3	100,00	221,50
Binatural	Formosa	GO	30	9,00	
Caramuru	SãoSimão	GO	375	112,50	
Brasil Ecodiesel	São Luis	MA	360	108,00	108,00
Fusermann	Barbacena	MG	30	9,00	21,72
Soyminas	Cássia	MG	40	12,00	
Ambra	Varginha	MG	2,4	0,72	
Barralcóol	Barrado Bugres	MT	166,7	50,00	168,20
BioCamp	Campo Verde	MT	154	46,20	
CLV	Colider	MT	75	22,50	
Renobras	Dom Aquino	MT	20	6,00	
COOPERBIO	Lucas do Rio Verde	MT	10	3,00	
KGB	Sinop	MT	5	1,50	
Usibio	Sinop	MT	20	6,00	
Araguassú	Sorriso	MT	100	30,00	
COOAMI	Sorriso	MT	10	3,00	
Brasil Ecodiesel	Floriano	PI	135	40,50	
Biopar	Rolândia	PR	120	36,00	45,00
Biolix	Rolândia	PR	30	9,00	
PonTe di Ferro	Manguinhos	RJ	160	48,00	48,00
Ouro Verde	Rolim de Moura	RO	17	5,10	5,10
Bsbios	Passo Fundo	RS	345	103,50	309,60
Brasil Ecodiesel	Rosário do Sul	RS	360	108,00	
Oleoplan	Veranópolis	RS	327	98,10	
Granol	Campinas	SP	133	39,90	325,04
Fertibom	Catanduva	SP	40	12,00	
Biocapital	Charqueada	SP	186	55,80	
Frigol	Lençóis Paulistas	SP	40	12,00	
Bertim	Lins	SP	333	99,90	
Innovatti	Mairinque	SP	30	6,74	
Dhaymers	Taboão da Serra	SP	26	7,80	
Biopetrosul	Taubaté	SP	213	63,90	
PonTe di Ferro	Taubaté	SP	90	27,00	
Brasil Ecodiesel	Porto Nacional	TO	360	108,00	
			5.464	1.636,88	

Fonte: ANP (2007c)

Segundo a ANP, em 2007 pelo menos 38 usinas espalhadas por 34 cidades brasileiras já estavam em condições de lançar no mercado cerca de 900 milhões de litros/ano necessários para que a mistura B2, que conta com 2% de biodiesel adicionado ao diesel, entrasse em vigor em 2008.

2.3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL

O biodiesel, por ser um combustível biodegradável, pode ser decomposto por microorganismos no meio ambiente. É normalmente obtido com a reação química de óleos ou gorduras, de origem animal ou vegetal, com um álcool na presença de um catalisador. Reação conhecida como transesterificação. Outros dois processos também podem ser utilizados: o craqueamento¹ e a esterificação². A Figura 3 mostra o processo de obtenção do biodiesel mais utilizado, por transesterificação.

1 O craqueamento térmico ou pirólise é o processo que provoca a quebra de moléculas por aquecimento a altas temperaturas, isto é, pelo aquecimento da substância na ausência de ar ou oxigênio a temperaturas superiores a 450°C, formando uma mistura de compostos químicos com propriedades muito semelhantes às do diesel de petróleo (BIODIESELBR, 2007c).

2 Por meio dessa reação é possível a separação da glicerina dos óleos vegetais (BIODIESELBR, 2007d).

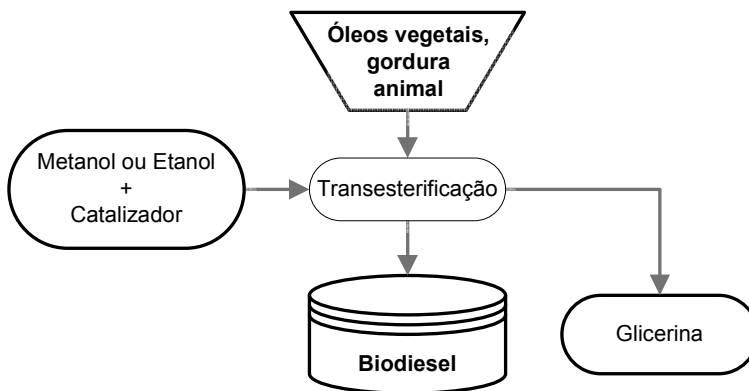


Figura 3 – Processo de obtenção do biodiesel por transesterificação

Fonte: adaptado de Nappo (2004)

Cabe destacar que os catalizadores utilizados normalmente são ácidos, dentre os quais o ácido sulfúrico é o mais empregado. A glicerina, subproduto da fabricação do biodiesel, tem diversos usos, principalmente na indústria química. Podendo destacar suas aplicações como: síntese de resina (18%), aplicações farmacêuticas (7%), uso em cosméticos (40%), uso alimentício (24%) e outros (11%) (BODIESELBR, 2008).

Segundo Leiras (2006), dependendo das condições de estocagem dedicada ao B100, pode ser estocado por até um ano, utilizando-se aditivos e evitando o contato com o ar, água e luz do sol. Na presença de água o biodiesel degrada até 80% em 28 dias, necessitando drenagens frequentes.

2.4 FONTES DE BODIESEL NO BRASIL

As fontes para a obtenção de biodiesel são basicamente: óleos vegetais, gordura animal e gorduras residuais. Destacam-se as matérias-primas usadas como fonte de óleo: algodão (caroço), amendoim, dendê, canola, girassol, mamona, nabo

forrageiro, palma, pinhão manso, resíduos de óleo de fritura e soja. Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes e a banha de porco (BIODIESELBR, 2009).

No Brasil, devido aos diferentes biomas em cada região, várias espécies vegetais são utilizadas para a obtenção do biodiesel conforme mostra a Figura 4 .



Figura 4 – Espécies vegetais utilizadas pra produção de biodiesel no Brasil

Fonte: adaptado de Biodiesel BR (2009)

Segundo dados da ANP (2009a), o óleo de soja responde por 83,29% da produção brasileira de biodiesel. Em segundo lugar, a gordura bovina é usada em 10,33% da produção.

2.5 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO USO DE BIODIESEL

Para explicar alguns aspectos provenientes do uso do biodiesel, são relacionadas vantagens e desvantagens conforme PNPB (2007).

Vantagens:

- Contribui para a geração de empregos no setor primário, o que no Brasil é de suma importância para o desenvolvimento social. Com isso, diminui o êxodo do trabalhador no campo, reduzindo o inchaço das grandes cidades e favorecendo o ciclo da economia auto-sustentável, essencial para a autonomia do país.
- Devido à incidência de petróleo em poços cada vez mais profundos, torna-se cada vez mais onerosa a sua exploração, existindo assim, a necessidade de se explorar também os recursos da superfície, já que o cultivo e a colheita de plantas oleaginosas, tais como a mamona e o pinhão manso, não requerem investimentos relevantes.
- Não há necessidade de modificação nos atuais motores do tipo ciclo diesel para misturas de biodiesel até 20%. Percentuais acima dessa taxa requerem avaliações detalhadas do desempenho do motor.

Desvantagens:

- Não se sabe ao certo como o mercado irá assimilar a grande quantidade de glicerina disponível (entre 5 e 10% do produto bruto).
- No Brasil e na Ásia, por exemplo, lavouras de soja e dendê, cujos óleos são fontes potencialmente importantes de biodiesel, estão invadindo florestas tropicais que são importantes bolsões de biodiversidade. Muitas espécies poderão deixar de existir em consequência do avanço das áreas agrícolas.

- A produção intensiva da matéria-prima de origem vegetal leva a um esgotamento das capacidades do solo, o que pode ocasionar a destruição da fauna e flora natural, aumentando assim o risco de erradicação de espécies e o possível aparecimento de novos parasitas.
- Há controvérsias sobre o balanço de CO₂ do biodiesel. Apesar de ter origem renovável, não se tem certeza se a absorção das plantas equilibra a emissão de gases dos veículos. É preciso levar em conta a energia necessária para a produção de adubos, para a locomoção dos tratores agrícolas, para a irrigação, para o armazenamento e transporte dos produtos.
- Cogita-se que possa haver uma elevação nos preços dos alimentos, ocasionada pelo aumento da demanda de matéria-prima para a produção de biodiesel. Como exemplo, pode-se citar alguns fatos ocorridos em Portugal, no início de julho de 2007, quando o milho era vendido a 200 euros por tonelada (152 euros em julho de 2006).

Acredita-se, portanto que os aspectos positivos e negativos são inerentes a comercialização de qualquer outro produto. De tal forma que se fazem necessários estudos e esforços para que as vantagens sejam otimizadas e as desvantagens minimizadas.

3 LOGÍSTICA, BIODIESEL E A UTILIZAÇÃO DE SIG EM ESTUDOS DE LOCALIZAÇÃO

Este capítulo apresenta uma revisão dos principais assuntos envolvidos com o método utilizado para determinação do potencial logístico das usinas de biodiesel na área de estudo.

3.1 LOGÍSTICA E A TEORIA DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

Pela definição do *Council of Logistics Management*³ (2007):

logística é a parte do gerenciamento da cadeia de abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semiacabados e produtos acabados, bem como as informações a eles relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Em outras palavras, pode-se definir logística como sendo a área responsável por fornecer recursos, equipamentos e informações para a execução das atividades de uma empresa. Entre elas pode-se destacar o transporte, a movimentação de

³ O Conselho de Gestão de Logística (*Council of Logistics Management* - CLM) é um organismo internacional sediado em Illinois, nos Estados Unidos.

materiais, o armazenamento, o processamento de pedidos e o gerenciamento de informações.

Para que as ações da logística sejam otimizadas torna-se fundamental o investimento em planejamento e aprofundamento dos estudos logísticos. Especialmente no Brasil onde buscamos um equilíbrio na matriz de transportes e conseqüentemente a redução dos pesados custos logísticos ocasionados pela falta de infraestrutura aliada a problemas de capacidade e disponibilidade. A pesquisa de Lima (2006), sobre custos logísticos na economia brasileira, reflete bem a situação do país frente ao mercado norte americano. A Figura 5 apresenta esta comparação com dados de 2004.

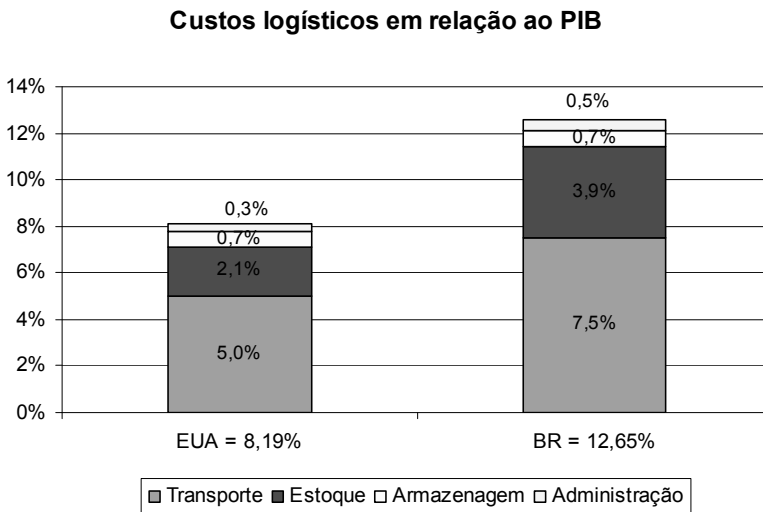


Figura 5 – Custos logísticos em relação ao PIB Brasil x EUA

Fonte: adaptado de Lima (2006)

Dentre as áreas em que o estudo logístico pode ser aprofundado destaca-se a localização de instalações. Segundo Randhawa e West apud Romero (2006) o correto posicionamento de uma infra-estrutura pode não só gerar

significantes melhorias de produtividade, mas ainda “possibilita novos mercados e novos negócios, enquanto localizações sub-ótimas podem gerar ineficiências em transporte, mão-de-obra inadequada e gastos adicionais de capital investido em instalações e operações”.

De acordo com Novaes (1989):

o problema da localização de instalações tem sido relatado de modo bastante amplo na literatura, englobando desde problemas com a localização de uma única instalação, até problemas bastante complexos, com diversas instalações, em diversos níveis de uma cadeia produtiva ou de serviços.

De acordo com Gouveia (1995), existem vários métodos para determinação do local “ótimo” para uma nova instalação. Normalmente esse tipo de estudo é catalogado segundo:

- problema de localização única: caso simplificado onde o que está em discussão é apenas a localização de um depósito;
- problema de localização múltipla: inclui o estudo de quantos pontos de distribuição devem ser implantados e quais as suas fronteiras de atuação.

Para Silva (2004):

o problema de localização de uma única instalação pode ocorrer quando se pretende que haja apenas uma instalação ou quando uma possível instalação estará tão isolada das demais que a demanda a ser atendida por ela pode ser considerada independente da demanda a ser atendida pelas “ n ” instalações. Permitindo então a decomposição do problema de localização de “ n ” instalações em “ n ” problemas independentes de localização de uma instalação. Desta forma, essa abordagem simplifica o problema a ser resolvido, que passa a se basear na busca do local que permite otimizar uma função objetivo, seja ela voltada para a maximização dos lucros da empresa, para a minimização dos custos envolvidos, ou para a minimização das distâncias ou dos tempos de transporte

associados ao atendimento das demandas consideradas.

Em um estudo de otimização tenta-se maximizar (ou minimizar) uma função das variáveis de decisão. A função que deverá ser maximizada ou minimizada chama-se função objetivo, e poderá ser linear ou não-linear (PORTO, 2008).

Para Buarque (1984) os fatores básicos que regem normalmente a determinação da localização de instalações industriais são:

- localização dos materiais de produção (insumos);
- disponibilidade de mão-de-obra;
- terrenos disponíveis, clima, fatores topográficos;
- distância da fonte de combustível industrial;
- facilidades de transporte;
- distância e dimensão do mercado e facilidades de distribuição;
- disponibilidade de energia, água, telefones, rede de esgotos;
- condições de vida, leis e regulamentos, incentivos;
- estrutura tributária.

A análise simultânea dessas variáveis requer técnicas específicas que as agrupem e facilitem o entendimento do estudo e a tomada de decisão, já que elas possuem interdependência entre si e, portanto, não devem ser analisadas de forma seqüencial ou segmentadas.

Segundo Xavier (2008), o advento da programação linear possibilitou o desenvolvimento e modelagem de problemas mais complexos, possibilitando assim, a inserção de “n” regiões de oferta e demanda.

Para Novaes (1989) a modelagem do problema de localização envolve, entre outros, considerações sobre a parcela da demanda a ser atendida por cada uma das instalações. Isso significa que:

deve-se buscar respostas para questões relacionadas a quantas instalações implantar, onde implantá-las, o porte de cada uma delas, a área de influência das mesmas e os modais de transporte a serem

utilizados para suprimento das mesmas e distribuição a partir de cada uma delas. A função objetivo, nesse caso, está associada, em geral, à minimização da somatória dos custos associados a cada uma das instalações, sujeita a restrições quanto a porte mínimo ou máximo de cada instalação, distância entre elas, distâncias máximas de cada instalação aos pontos de demanda, além de limitações de capacidade de vias e dos veículos de transporte.

Para Carrara (2007), o estudo de localização de instalações envolve escolher o melhor local para uma ou mais instalações de um conjunto de locais possíveis, considerando instalações existentes na avaliação dos novos locais. Define-se a localização para as novas instalações e se designa clientes a elas.

Em Xavier (2007) consta uma possibilidade para facilitar o entendimento dos estudos de localização, que passa pela construção de modelos integrados e compreensíveis. Priorizando “desenvolver subproblemas simples, com estruturas que se enquadram nas categorias básicas de problemas de localização, dentro do contexto de suporte à tomada de decisão”. Quando possível, a utilização de ferramentas SIG, além de contribuir para a comunicação e explicação dos resultados, pode assimilar modelos e algoritmos específicos para o estudo.

Pode-se destacar que o advento dos softwares de análise de transportes beneficiou o desenvolvimento dos estudos de localização, englobando os algoritmos já conhecidos e possibilitando a implantação de outros através de programação. Além de facilitar o entendimento, obteve-se maior agilidade na obtenção dos resultados.

3.2 LOGÍSTICA DO BIODIESEL E SEUS DESAFIOS

Para Xavier (2007), “a logística do biodiesel abrange toda a cadeia produtiva, desde a origem dos insumos agrícolas até a entrega do produto ao distribuidor no ponto de consumo”. Sendo os principais elementos: o transporte pelos diferentes modais, a

transferência modal ou transbordo, a armazenagem e seus procedimentos administrativos de compra e venda.

Na concepção de Nappo (2004) sobre a cadeia de produção de biodiesel, a ênfase do desenvolvimento logístico está limitada entre a usina e o mercado consumidor. A Figura 6 apresenta essa abordagem, mostrando também os demais desafios enfrentados em cada setor.

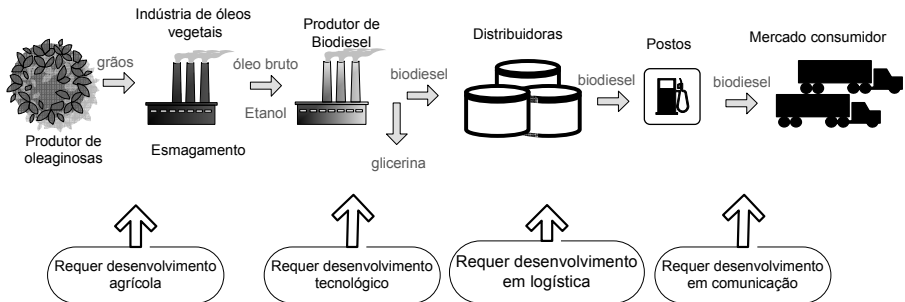


Figura 6 – Visão geral da cadeia de produção do biodiesel e desafios enfrentados

Fonte: adaptado de Nappo (2004)

Conforme a Figura 6 o autor sugere alguns pontos chave para a aplicação de ações de desenvolvimento logístico, tecnológico, agrícola e em comunicação. Especificamente a parte logística é caracterizada pelo transporte entre as usinas e bases de distribuição.

Considera-se, assim, que quanto menor e mais rápido for o trajeto percorrido pelo produto, em menor custo ele estará disponível para o mercado consumidor. Como também menor gasto terá o sistema de distribuição.

Observa-se que na cadeia produtiva também deve ser beneficiado com ações de transporte o suprimento de matéria-prima nas usinas, devido à diversidade de origens agrícolas, sujeitas às condições de safra e mercado. Porém com menos intensidade que a distribuição do produto, pois se considera

como premissa para o posicionamento de uma usina a sua proximidade com as suas fontes de matéria-prima e disposição de insumos⁴.

Leiras (2006) salienta que há também um desafio comercial e logístico para as distribuidoras de acompanhar a disponibilidade do B100 mantendo estoques de “passagem” a preços competitivos.

Conforme ANP (2007d) a logística do biodiesel é semelhante à do álcool, porém em escala dez vezes menor, sendo que devido a sua pequena escala inicial em relação aos outros combustíveis, dificulta retorno de investimentos em infraestrutura como desvios ferroviários e centros de coleta. (LEIRAS, 2006)

A Figura 7 apresenta a relação de venda de combustíveis no Brasil em 2008, onde se pode perceber a dimensão do mercado de biodiesel (B2 e B3).

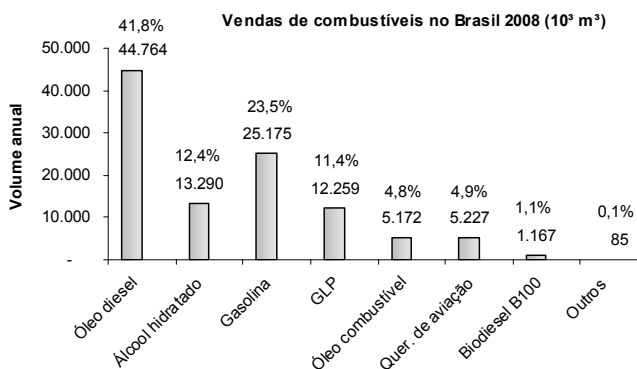


Figura 7 – Volume de vendas de combustíveis no Brasil

Fonte: a partir de ANP (2009b)

⁴ De forma geral considera-se vantajoso transporte do produto final em relação ao da matéria-prima até as usinas. Favorecendo a implantação dessas em locais de fácil acesso aos insumos.

Considerando que em três anos a utilização de biodiesel esteja com concentração igual ou maior que 5%, como observamos atualmente na Europa, teremos em pouco tempo um mercado tão significativo quanto o do álcool. Lembrando que este demorou 10 anos para ser integrado em todo o país (ANP, 2007a).

No Brasil, após a divulgação do PNPB, várias empresas lançaram projetos de construção de usinas para serem autorizados pela ANP. A Figura 8 ilustra a projeção sugerida por Beltrão (2007) atualizada com os dados de Neto (2008) para o potencial de produção de biodiesel, considerando esses projetos, e o consumo estimado nas Regiões Sul, Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste para uma mistura de 5%. Apresenta também o percentual de consumo de diesel/biodiesel por região do país.

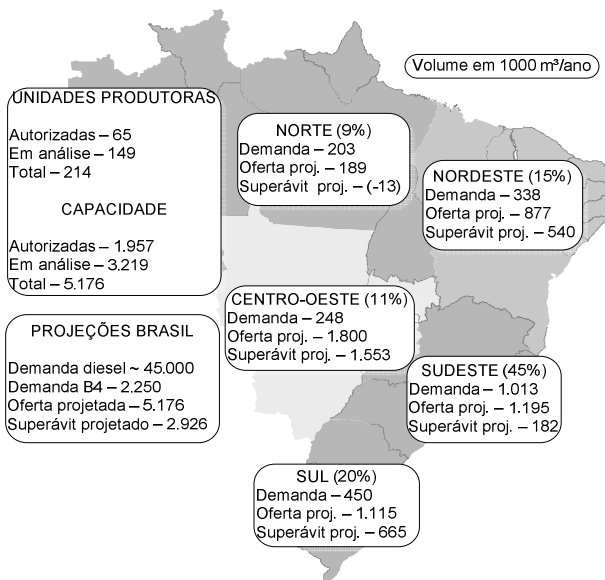


Figura 8 – Projeção do balanço oferta-demanda anual de biodiesel no Brasil

Fonte: Beltrão (2007) com dados de Neto (2008)

Apesar de otimista, a projeção de Beltrão (2007) não apresenta um horizonte de análise definido, ou seja, não é possível saber quando as usinas em análise entrarão em funcionamento. Além de supor que todas as usinas em análise pela ANP (em projeto) estejam produzindo em sua capacidade máxima. De forma que ilustra o potencial no início dos estudos sobre o biodiesel, dando-se a entender que a utilização de B5 poderia ser regulamentada antes do prazo definido em lei.

Portanto, mesmo com o otimismo antes citado pela produção de biodiesel no Brasil, para que a alíquota de concentração passe do patamar de 5% ou para maiores concentrações da mistura, conforme planeja o governo, é necessário que usinas existentes sejam ampliadas e também que os projetos existentes (motivo do superávit apresentado na Figura 8) saiam do papel.

Dessa forma, devem ser observados com propriedade, a localização relativa das áreas de produção e os centros de consumo, e ainda os locais onde se dará a mistura com o diesel de petróleo (BIODIESELBR, 2007b). Em outras palavras, para atender as necessidades do setor logístico do produto torna-se fundamental o estudo e planejamento logístico voltados à otimização do transporte de biodiesel entre usinas e bases de distribuição, e o posicionamento estratégico de usinas em relação aos mercados consumidores.

3.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Segundo Câmara et al (2004) até meados da década passada, as informações coletadas sobre diversos assuntos como distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas eram feitas através de documentos e mapas em papel, o que dificultava uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da informática, se tornou possível realizar o armazenamento, a visualização, combinação e diversos tipos de processamentos dessas informações em ambiente computacional, surgindo assim o geoprocessamento.

Os mesmos autores relatam que:

o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento associadas formam os SIG que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Dessa forma, pode-se dizer que esses sistemas são projetados essencialmente para armazenar, manipular, atualizar, analisar, mapear e apresentar informações referenciadas geograficamente. Sendo uma união organizada de hardware, software, dados geográficos e recursos humanos (Volpi, 2006). Conforme ilustrado na Figura 9 .

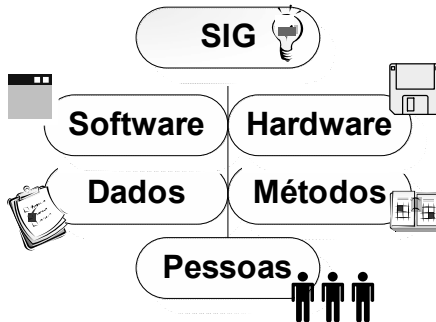


Figura 9 – Componentes de um SIG

Fonte: adaptado de Volpi (2006)

Segundo Thomé (1998):

os SIG têm uma característica básica de integração de informações, tornando-se uma ferramenta que procura agregar, em sua

tecnologia, dados coletados pelo homem, de forma a manipulá-los e apresentá-los de outras maneiras, proporcionando uma nova visão ao usuário.

Rose apud Carrara (2007) escreve que “vários órgãos governamentais e empresas privadas baseiam hoje suas decisões de planejamento em SIG, utilizando suas potencialidades com relação a ferramentas de gerenciamento, banco de dados e processamento de dados”. Também tem sido elemento chave para aprimorar o gerenciamento dos sistemas de transportes existentes.

Cabe destacar que o SIG não soluciona tudo por si só. “É uma ferramenta de análise e otimização de processos, portanto a potencialidade do sistema depende dos desenhos dos algoritmos que devem solucionar os problemas”. Assim como da qualidade dos dados fornecidas pelo operador para a realização de simulações. Deve haver uma organização de pessoas, instalações e equipamentos responsáveis pela implantação e manutenção de um SIG. Além disso, esta organização deve ter um objetivo e recursos para atingi-lo (ROSE apud CARRARA, 2007).

Em síntese, ainda que vários enfoques de SIG sejam defendidos para contemplar a visão de diferentes pesquisadores, pode-se destacar que todas têm um mesmo foco em comum. Tal foco se expressa na capacidade de associar informações geográficas de diversas áreas, oferecendo mecanismos que agreguem as informações, através de algoritmos para análises, consulta, recuperação e visualização.

3.4 EXPERIÊNCIAS NA APLICAÇÃO DE SIG EM ESTUDOS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

Algumas experiências sobre a utilização dos SIG em estudos de localização típicos de logística já foram desenvolvidas nesta década e servem como referência para o trabalho.

Mapa (2006) afirma em seu estudo de localização e roteirização que os SIG permitem analisar e comparar um diversas alternativas e escolher a que se adapta melhor à estratégia pretendida.

Um caso prático de aplicação de SIG à logística urbana é citado por Naruo (2003) apud Mapa (2005). O autor propõe o uso do sistema como:

ferramenta de apoio à decisão durante a localização de aterros para disposição final de resíduos sólidos, além de um estudo de roteirização e programação da frota de veículos. O estudo é aplicado a uma área de proteção ambiental composta por vários municípios. A rotina logística de localização do SIG definiu para os cenários propostos, onde estariam localizados os aterros e quais clientes seriam atendidos por eles, ao menor custo logístico e menor distância total entre os aterros e seus respectivos clientes.

Lima (2003) propõe um estudo de localização e transporte que permite otimizar a distribuição espacial dos serviços de educação e saúde, buscando minimizar os custos de deslocamento dos usuário. Segundo o autor:

Este trabalho enquadra-se essencialmente na tipologia dos problemas de localização de equipamentos pontuais, tendo como característica a preocupação com os critérios de acessibilidade e cobertura da população (demanda) aos equipamentos urbanos de educação e saúde (oferta). Com a utilização de SIG tornou-se possível realizar análises apoiadas na distribuição espacial das informações.

Lorena (2007) integrou um modelo de p-mediana aos SIG ArcView, da empresa ESRI e SPRING (sistema desenvolvido pelo INPE) e abordou um estudo de localização utilizando dados do município de São José dos Campos. A Figura 10 mostra os pontos de demanda (verdes) e solicita ao algoritmo a distribuição de 3 pontos médios.

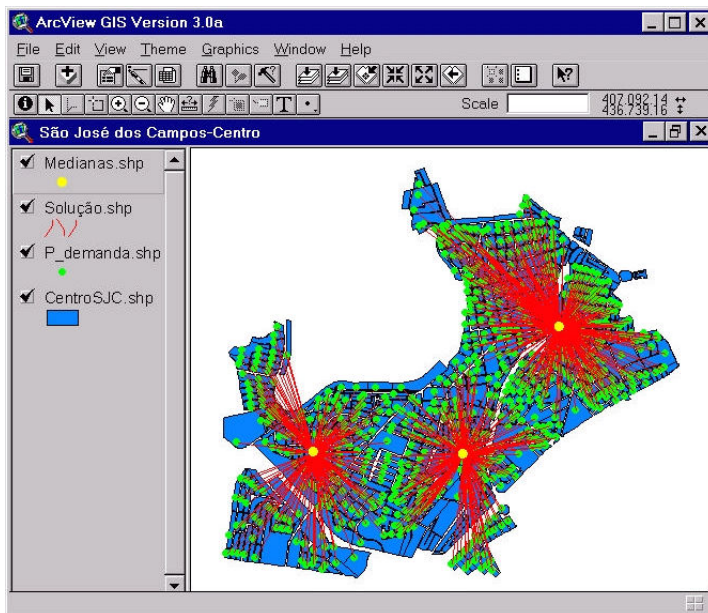


Figura 10 – Exemplo de solução de 3-medianas no ArcView
Fonte: Lorena (2007)

Segundo a autora, “os modelos de localização de facilidades têm sido propostos, há algum tempo, como ferramentas de auxílio à decisão”. Seu uso pode ser aprimorado substancialmente “quando usados juntamente com uma base de dados geograficamente referenciada e SIG” para a análise de dados.

Com o objetivo de apresentar a integração entre algoritmos de localização com uma ferramenta SIG, Mapa et al (2006) simularam o posicionamento de Centros de Distribuição (CD), com dados espaciais do estado de São Paulo e 18 de seus principais municípios, candidatos à abertura de novos CD. Foi utilizada a ferramenta TransCAD através de duas rotinas, para efetuar a localização de instalações e alocação de demanda. Sendo a primeira, chamada *Facility Location* (FL) e a segunda denominada *Transportation Problem* (TP). Além da utilização das funcionalidades disponíveis no SIG, foi empregado um procedimento de pesquisa operacional implantado no sistema,

chamado Programação Inteira Mista, conhecida na literatura como *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP), para confrontar os resultados com aqueles apresentados nos modelos embutidos no SIG. O resultado gráfico da análise é apresentado na Figura 11

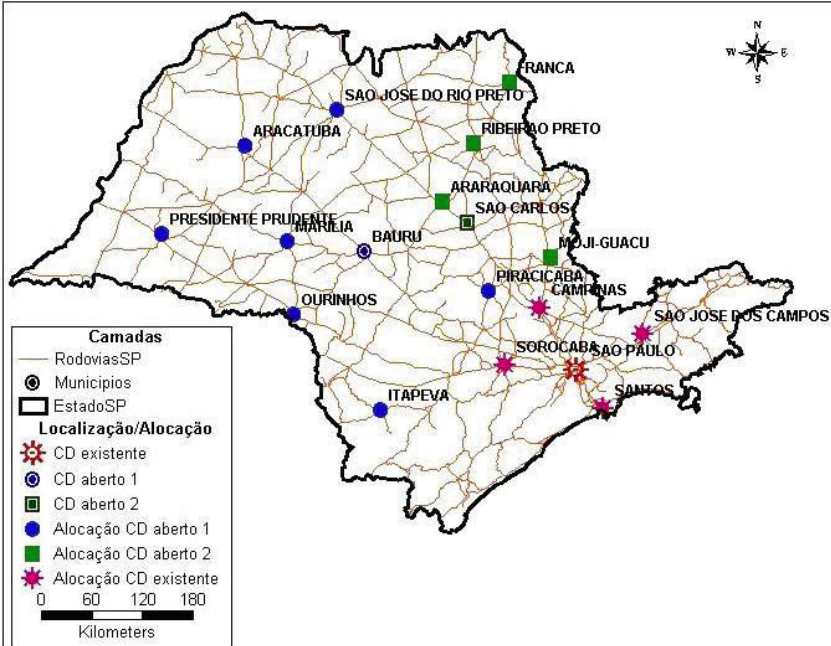


Figura 11 – Exemplo de solução MILP/TransCAD da alocação e localização de dois CD's

Fonte: Mapa et al (2006)

Os autores constataram que a interface entre a programação matemática externa com o SIG obteve os melhores valores para a função objetivo que se desejou minimizar se comparada à solução gerada segundo o modelo embutido no TransCAD. Segundo os autores, “os resultados obtidos mostraram que a realização da interface é viável e, para o

problema estudado, também eficiente”. Concluíram ainda que “a integração do SIG com algoritmos de localização, apesar de bastante promissora, ainda não está totalmente difundida na comunidade científica internacional”.

McAdams (2008) mostra a utilização dos SIG em diferentes áreas da logística como no roteamento de veículos e localização de armazéns com menor custo de distribuição, conforme apresenta a Figura 12 .

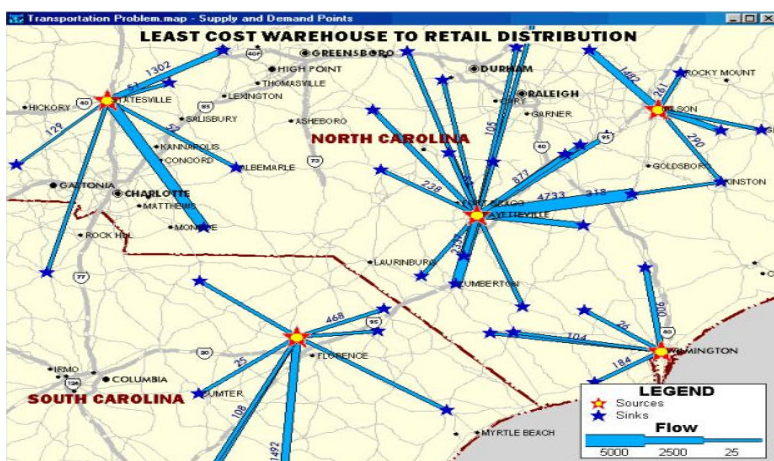


Figura 12 – Exemplo de solução para localização de instalações no SIG com p-medianas

Fonte: MacAdams (2008)

O autor ressalta a eficiência dos resultados de localização obtidos através de ferramentas SIG e destaca que grandes investimentos são feitos tanto no setor público como privado no desenvolvimento desses sistemas envolvendo a área de transportes.

Após apresentadas algumas aplicações de SIG na área de estudos de localização, pode-se dizer que eles transformam os dados em informações úteis gerando subsídios que permitem a tomada de decisões espaciais. Dessa forma a utilização de SIG na área de transporte e logística têm se mostrado um importante auxiliar para tomada de decisão.

4 MÉTODO

Neste trabalho buscou-se o desenvolvimento de um modelo de solução para estudos de localização utilizando a tecnologia SIG. Essa solução tem o foco na minimização dos custos logísticos entre usinas e bases de distribuição assim como a análise de suas capacidades de produção.

O estudo foi dividido em etapas conforme apresenta o fluxograma da Figura 13 .

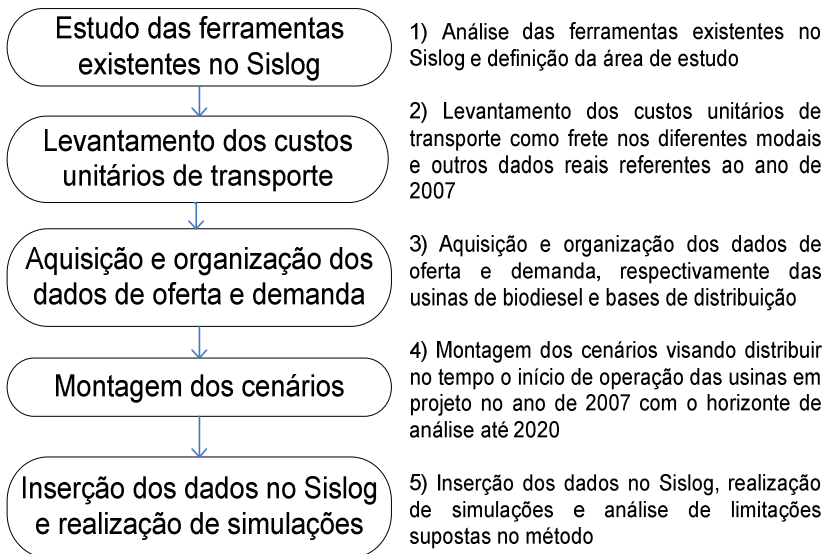


Figura 13 – Principais etapas do trabalho

Foram feitas simulações do transporte de biodiesel entre usinas e bases de distribuição, para avaliar, em termos de custos logísticos, a localização de 19 usinas a serem implantadas na Região Sul do Brasil envolvendo o horizonte de projeto até 2020.

O método aplicado no estudo foi dividido em cinco etapas principais, sendo elas apresentadas nos itens 4.1 a 4.5.

4.1 A FERRAMENTA SISLOG

Neste estudo foi utilizado um sistema de análise de transportes desenvolvido pelo Laboratório de Transportes e Logística (Labtrans) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) a partir de 2002.

O Sislog tem como objetivo geral dar suporte à decisão para estudos logísticos e estudos de planejamento de transportes, bem como, analisar cenários atuais e futuros, considerando investimentos na infra-estrutura logística e/ ou alterações na demanda por sistemas de transportes, permitindo a visualização dos resultados de forma gráfica e tabelada (custos, distâncias, tempos, utilidades e fluxo de carga de cada caminho), de acordo com a simulação realizada (LABTRANS, 2005).

O software tem funcionalidades básicas de um SIG que permitem a entrada e saída de dados geográficos, sua consulta e visualização através de mapas e tabelas, cálculo de distância geodésica, controle de zoom, legendas entre outras. Em sua essência, além desses recursos gerais, a ferramenta possui uma série de funcionalidades voltadas à logística de transporte e desenvolvidas através de técnicas de pesquisa operacional.

As informações de base no Sislog são estruturadas em grafos. Na análise realizada neste estudo, dois conceitos relacionados a grafos são utilizados:

- *Link*: Entidade geométrica correspondente a um caminho que pode ser percorrido;
- *Nó*: Ligação entre os *links*. Possível ponto de partida ou de chegada. Pode ser descrito como um ponto $P(x,y)$.

Os *links*, dentro do Sislog, são representações de caminhos (rodoviários, hidroviários ou ferroviários) que existem na realidade. Sua forma geométrica idealmente corresponde à forma real destes caminhos, o que faz com que os seus comprimentos correspondam às distâncias percorridas sobre eles. Da mesma forma o “nó” representa cidades, portos e terminais (LABTRANS, 2007).

Foram utilizadas três funcionalidades básicas de análise de redes, do Sislog, para auxiliar o desenvolvimento do estudo de localização:

- Cálculo de custos logísticos;
- Determinação de áreas de influência – distribuição de viagens para suprir demandas;
- Determinação de caminhos mínimos – rotas de menor custo.

A seguir é feita uma caracterização de cada uma das funcionalidades utilizadas, conforme o manual do Sislog elaborado no Labtrans em 2005.

Custos logísticos

O cálculo de custos logísticos feito pelo sistema serve como base para determinação das respostas para as funcionalidades de área de influência e caminho mínimo. Leva em conta os seguintes componentes:

- Custo de frete;
- Custo do seguro;
- Custo associado a perdas de carga;
- Custo do estoque em trânsito;
- Custo de armazenagem;
- Custo do transbordo;
- Custo da perda de carga nas operações de transbordo em terminais portuários e ferroviários.

É formado pela soma de quatro parcelas:

1. Parcela referente ao custo de transporte (frete + ICMS + seguro + perda)

$$C_{TR} = (F \times D + Tx_{seg} \times VA + ICMS \times F + Tx_{TRperda} \times VA) \quad (1)$$

Onde:

- F = custo de frete em (R\$/ton.km);
- D = distância percorrida (km);
- Tx_{seg} = taxa de seguro (%);
- VA = valor agregado da carga (R\$/ton);
- ICMS = imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços (%);
- Tx_{TRperda} = taxa de perda de carga no transporte (%);

2. Parcela referente ao transbordo em terminais e portos (movimentação + perda de carga)

$$C_{TB} = Tx_{transb} + (Tx_{TBperda} \times VA) \quad (2)$$

Onde:

- Tx_{transb} = taxa do transbordo (R\$/ton);
- $Tx_{TBperda}$ = taxa de perda de carga no transbordo (%);
- VA = valor agregado da carga (R\$/ton);

3. Parcela referente à armazenagem

$$C_{AR} = C_{armaz} \times T_{armaz} \quad (3)$$

Onde:

- C_{armaz} = custo de armazenagem por dia (R\$/ton.dia);
- T_{armaz} = tempo de armazenagem (dias);

4. Parcela referente ao estoque em trânsito

$$C_{ET} = Tx_{ic} \times VA \times T_{trans} \quad (4)$$

Onde:

- Tx_{ic} = taxa de imobilização de capital (%/dia);
- VA = valor agregado da carga (R\$/ton);
- T_{trans} = tempo de viagem (dias);

O custo logístico, CL é dado pela soma desses itens:

$$CL = \sum_{i=1}^n (C_{TRi} + C_{TBi} + C_{ARi} + C_{ETi}) \quad (5)$$

As informações que possibilitam o cálculo do custo logístico são consideradas dados de entrada para o Sislog e sua obtenção está detalhada no item 4.2.

Determinação de área de influência

A área de influência é uma ferramenta que objetiva a análise da abrangência que determinada origem ou destino de produtos (cidades, portos, terminais) tem em relação aos pontos de oferta ou demanda. Segundo o manual do Sislog é possível escolher um dos três critérios para definir a área de influência:

- Distância;
- Tempo;
- Custo logístico (frete simplificado ou detalhado).

No “frete detalhado” os valores de frete são analisados por faixas de distância nos modais rodoviário e ferroviário e permite a diferenciação de valores entre as concessionárias. No “simplificado” há somente um valor de frete para cada modal.

A partir da definição do parâmetro de decisão escolhido o programa calcula as possibilidades e por fim sugere o melhor destino para a carga. O resultado gráfico de uma simulação e o ambiente de trabalho do Sislog são apresentados na Figura 14 .

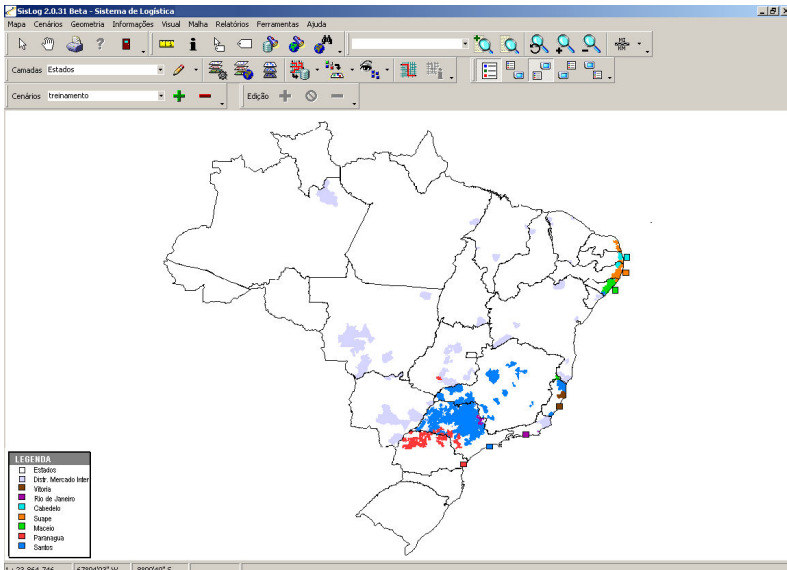


Figura 14 – Exemplo de simulação de área de influência no Sislog

Fonte: Sislog (2008)

Como resultado tabelado a área de influência permite ao usuário a geração de um relatório, em planilha Excel com extensão “csv”, determinando origem, destino e quantidade transportada para a simulação.

Determinação de caminho mínimo

Caminho mínimo é uma ferramenta que possibilita ao usuário a escolha da melhor rota entre dois pontos. Por exemplo, entre cidades, portos ou terminais. Segundo as especificações do Sislog elaborado pelo Labtrans (2005), o programa pode utilizar um dos três critérios para determinação da rota:

- Distância;
- Tempo;
- Custo logístico (frete simplificado ou detalhado).

O Sislog permite a realização de múltiplos caminhos mínimos simultaneamente, otimizando assim o tempo gasto nas simulações. Na Figura 15 é mostrado um exemplo de simulação com múltiplos caminhos mínimos no Sislog.

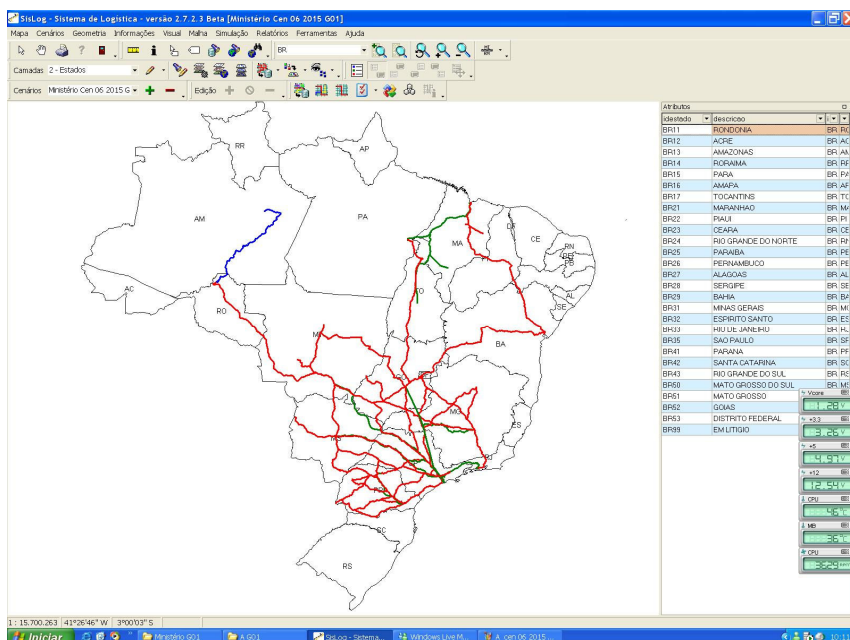


Figura 15 – Exemplo de simulação de caminhos mínimos no Sislog

Na Tabela 3 é apresentado o modelo de entrada de dados para a montagem de uma simulação de múltiplos caminhos mínimos. Nota-se na tabela que além da determinação da origem e destino com seus respectivos códigos de identificação o usuário deve preencher o fluxo de transporte (em toneladas ou m³).

Tabela 3 – Modelo de entrada de dados para determinação de caminhos mínimos no Sislog

ID origem	Origem	ID destino	Destino	Nome camada	Fluxo
BR410180	Araucária	BR410420	Campo Largo	cmn 001 2012_01	3.649
BR411480	Marialva	BR410480	Cascavel	cmn 001 2012_02	7.643
BR411480	Marialva	BR410550	Cianorte	cmn 001 2012_03	3.740
BR410180	Araucária	BR410580	Colombo	cmn 001 2012_04	7.849
BR410180	Araucária	BR410690	Curitiba	cmn 001 2012_05	60.565
BR410180	Araucária	BR410940	Guarapuava	cmn 001 2012_06	9.035
BR412240	Rolândia	BR411370	Londrina	cmn 001 2012_07	18.896
BR411480	Marialva	BR411520	Maringá	cmn 001 2012_08	11.422
BR410180	Araucária	BR411915	Pinhais	cmn 001 2012_09	4.175
BR431410	Passo Fundo	BR412160	Renascença	cmn 001 2012_10	5.704
BR410180	Araucária	BR420710	Ilhota	cmn 001 2012_11	1.313
BR410180	Araucária	BR420820	Itajaí	cmn 001 2012_12	19.356
BR432280	Veranópolis	BR420930	Lages	cmn 001 2012_13	13.508
BR410180	Araucária	BR421620	São Francisco do Sul	cmn 001 2012_14	32.649

Como resposta de uma simulação, o Sislog fornece um relatório descrevendo os caminhos percorridos em estradas, ferrovias e hidrovias, tempo dispensado em cada trecho e o custo logístico representando o valor de transporte final para uma tonelada de carga até chegar ao seu destino, conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4 – Modelo de relatório de caminhos mínimos de saída do Sislog

ID caminho	ID simulacao	ID link	Custo	Fluxo	Fluxo custo	Dist.	Município	UF	Tipo
5266953	54797	8863	1,00	3.649	3.657,5	4,40	Araucária	PR	Rodovia
5266954	54797	5965	0,50	3.649	1.810,7	2,18	Araucária	PR	Rodovia
5266955	54797	14750	4,65	3.649	16.973,7	20,42	Araucária	PR	Rodovia
5266956	54797	6051	1,14	3.649	4.145,0	4,99	Campo Largo	PR	Rodovia
5266957	54798	2044	0,56	7.643	4.244,9	3,44	Mandaguari	PR	Rodovia
5266958	54798	2043	1,11	7.643	8.468,9	6,86	Sarandi	PR	Rodovia
5266959	54798	2042	0,35	7.643	2.640,2	2,14	Sarandi	PR	Rodovia

Cabe destacar na Tabela 4 algumas informações contidas nas colunas: 2) “ID simulação”, que representa o número do caminho mínimo; 3) “ID link”, que representa o fragmento de rodovia utilizado no caminho mínimo; e 4) “Custo” que representa o valor de passagem por tonelada ou m³ através do link.

4.1.1 Malha viária utilizada e área de abrangência do estudo

A malha viária empregada no estudo, estruturada em grafos, representa as informações geográficas e alfanuméricas que descrevem as características da rede rodoviária, ferroviária, hidroviária e seus terminais de transbordo. Tal malha, também chamada de base de dados, foi disponibilizada pelo Labtrans em dezembro de 2008 e atualizada em outros estudos realizados no laboratório anteriormente.

A Figura 16 ilustra a malha viária utilizada e também as bases de distribuição de combustíveis numeradas e dispostas na Tabela 8.

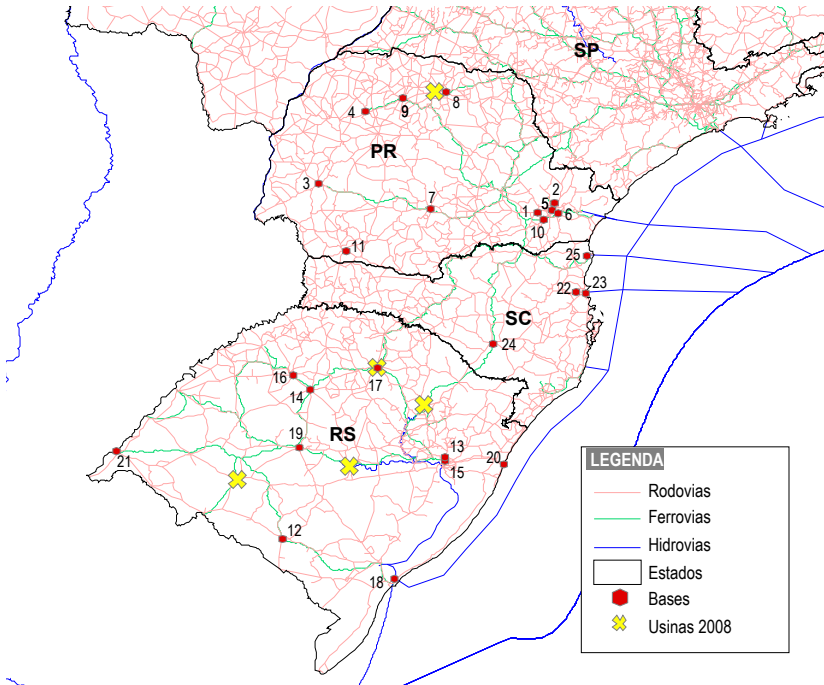


Figura 16 – Malha viária da Região Sul utilizada no Sislog

O estudo abrange toda a Região Sul do Brasil. Optou-se por estudar essa região, devido à facilidade para o levantamento dos dados, tanto na fase de construção do modelo, como na assimilação dos resultados. Portanto, o conjunto de dados envolvidos foi restringido.

A região é composta pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, abrangendo 1188 municípios. Segundo dados de Beltrão (2007) a região é responsável por 20% do consumo de diesel nacional.

4.2 LEVANTAMENTO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DE TRANSPORTE

As Tabelas 5 e 6 apresentam os dados referente ao produto óleo vegetal devido à falta de dados sobre o biodiesel. A similaridade dos preços de frete com o álcool, segundo Leiras (2006) também é similar ao valor praticado para óleo vegetal. Para este último foi considerado um valor agregado de R\$ 1.627,50/t e uma taxa de imobilização do capital de 11,50% ao ano (LABTRANS 2007).

Tabela 5 – Informações sobre os modais rodoviário e hidroviário para óleo vegetal

Modal rodoviário		Modal hidroviário	
Tx. Seguro	0,05%	Tx. Seguro	0,025%
Tempo oper.	12,00 horas	Tempo oper.	12 horas
Tx. Perda	0,03%	Tx. Perda	0,03%
Frete Rodoviário		Custo armazen.	R\$ 0,5/t.dia
Distância (km)	Frete (R\$/t.km)	Tempo armazen.	3 dias
0 – 200	0,2278	Tempo transb.	0,010 dias
201- 500	0,1615	Tx. perda porto	0,03%
501 – 800	0,1166	Frete hidroviário	
801 – 1000	0,1073	Distância (km)	Frete (R\$/t.km)
> 1000	0,0892	Qualquer	0,070

Fonte: Ano base 2007 - ANTT, SIFRECA e LABTRANS

Os dados coletados foram obtidos junto a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” e Labtrans (2007).

Tabela 6 – Informações sobre o modal ferroviário para óleo vegetal

Informações Básicas	Empresa	Frete dist. < 500 km (R\$/t.km)	Frete dist. > 500 km (R\$/t.km)
Tx. Seguro de 0,036%	ALL	0,0845	0,0696
Tempo oper. 24 horas	FTC	0,1232	0,1197
Tx. Perda de 0,03%			
Custo Transb. R\$ 5,00/t			
Custo armazen. de R\$ 0,5/t.dia			
Tx. Perda transb. 0,03%			
Tempo transb. de 0,01 horas			
Tempo armazen. 5 dias			

Fonte: Ano base 2007 - Labtrans

Os dados de custos unitários de transporte representam a entrada para o procedimento das rotinas do Sislog. A análise por melhores rotas e conseqüentemente o resultado das simulações é feita com base nessas informações que geram o custo logístico e na malha viária. O ano base de coleta desses dados é de 2007 e as possíveis variações foram desprezadas no estudo.

4.3 AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE OFERTA E DEMANDA

A aquisição de dados esta classificada em duas partes: 1) levantamento dos projetos de usinas; e 2) levantamento e projeção do consumo por base de distribuição.

4.3.1 Levantamento dos projetos de usinas (dados de oferta)

Em consultas ao sítio da ANP e outros especializados em biodiesel, foram pesquisadas informações a respeito de localização, capacidade de produção, nome a empresa para as usinas já existentes e projetos futuros de plantas para a Região Sul do Brasil.

Conforme Neto (2008), a situação em abril de 2008, na área de estudo, é de 38 plantas, sendo 7 usinas de biodiesel autorizadas a produzir, 6 em processo e 25 ainda sem processo para autorização junto a ANP.

Tal levantamento foi considerado como situação inicial para o estudo, sendo que na organização dos dados foram retiradas do conjunto de usinas, aquelas que possuem caráter experimental (usinas piloto) com produção não comercial e em baixa escala. As usinas na mesma cidade foram agrupadas e os casos de ampliação de capacidade de produção considerados na montagem dos cenários (item 4.4).

Assim, obteve-se como resultado do levantamento, um conjunto de 24 usinas, sendo 5 autorizadas, 4 em processo de autorização e 14 ainda sem processo conforme exposto na Tabela 7.

Tabela 7 – Projeto de usinas considerados no estudo

	Status	Cidade	UF	Cap. diária (m³)	Firma
1	autorizada	Rolândia	PR	100.00	Bio Frango/Biopar/Biolix
2		Cachoeira do Sul	RS	409.00	GranDiesel
3		Passo Fundo	RS	345.00	BS Bios
4		Rosário do Sul	RS	360.00	Brasil Ecodiesel
5		Veranópolis	RS	327.00	Oleoplan
6	em processo	Araucária	PR	4.00	Lubeco
7		Marialva	PR	377.00	Agrenco
8		Cruz Alta	RS	135.00	Coceagro
9	sem processo	Içara	SC	1.67	Biodieselsul
10		Andirá	PR	200.00	Conatus Bioenergia
11		Campo Largo	PR	100.00	Expoglobe
12		Céu Azul	PR	34.00	Agrenco
13		Curitiba	PR	0.50	Tecpar
14		Ivaiporã	PR	360.00	Green Fuel Energy
15		Londrina	PR	200.00	Masterbio/Biopetro/Austen Bio/Globalbio
16		Ponta Grossa	PR	187.00	TCS e Louis Dreyfus
17		Roncador	PR	150.00	Ultrabio
18		Santa Helena	PR	400.00	Agrodiesel Mercosul
19		Santa Cruz do Sul	RS	0.75	Afubra
20		Taquaruçu	RS	240.00	Tche Biodiesel
21		Viamão	RS	3.40	Ecosystem
22		Mafra	SC	31.00	Cooperativa Bioerê
23	Monte Castelo	SC	100.00	Petrobio	
24	Saltinho	SC	2.00	Usina Saltinho	

Fonte: Neto (2008)

O conjunto apresentou as usinas em funcionamento em 2008 (“autorizadas”) e as que virão a funcionar no futuro (“em processo” e “sem processo”). Para a simulação de distribuição de biodiesel as informações levantadas das usinas fazem parte dos dados de oferta, ou seja, os pontos de origem do produto a ser transportado.

4.3.2 Levantamento do consumo por base de distribuição e projeção (dados de demanda)

Para a análise da demanda de biodiesel, foi tomado como base o Demonstrativo de Controle de Produto (DCP), obtido junto ao sítio da ANP (2007a). O documento contém informações sobre a entrada, saída e estoque de derivados do petróleo e álcool nas bases das companhias distribuidoras de combustíveis.

Dentre todos os registros de fluxos disponíveis no DCP, foram selecionados aqueles que atenderem aos seguintes critérios:

- Período de registro: ano de 2006;
- Classe de produto: óleo diesel;
- Modais de transporte: ferroviário, rodoviário e hidroviário;

Foram adotadas, para projeção das demandas de diesel, as taxas de crescimento de consumo divulgadas no Plano de Negócios da Petrobras (Petrobras, 2007). Este documento divulgou uma taxa de crescimento de 3,1% a.a. e foi tomado como parâmetro para se projetar linearmente o consumo de diesel.

A Figura 17 mostra a projeção do consumo de diesel no Brasil feita no estudo com base nos dados citados.

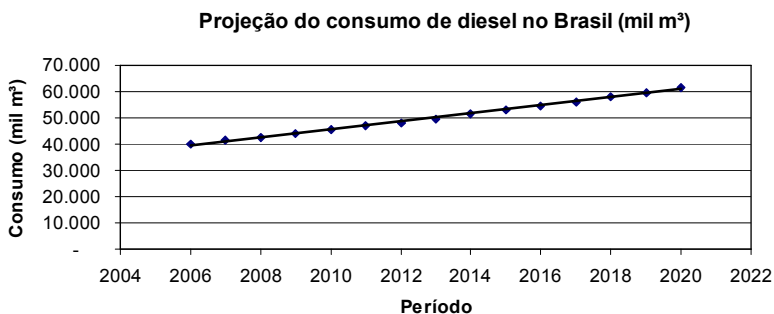


Figura 17 – Projeção do consumo de diesel no Brasil

Fonte: a partir de Petrobrás (2007) e ANP (2007)

Com base na movimentação de diesel entre as bases distribuidoras obtida através do DCP, nas taxas de crescimento de consumo e de posse dos percentuais de mistura de biodiesel autorizados, foi possível obter projeções de consumo do biocombustível puro (B100) nas 25 bases de distribuição da região sul, conforme apresenta a Tabela 8.

Tabela 8 – Cenários de demanda (bases de distribuição)

Base de distribuição da Região Sul		Consumo biodiesel 2007	Biodiesel (m ³)						
			2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
1	Araucária PR	111.179	3.398	3.522	4.006	7.025	7.578	8.205	8.903
2	Campo largo PR		3.095	3.208	3.649	6.398	6.902	7.473	8.108
3	Cascavel PR		6.482	6.720	7.643	13.401	14.457	15.653	16.984
4	Cianorte PR		3.172	3.288	3.740	6.558	7.075	7.660	8.311
5	Colombo PR		6.656	6.901	7.849	13.762	14.846	16.074	17.441
6	Curitiba PR		51.363	53.248	60.565	106.195	114.559	124.035	134.581
7	Guarapuava PR		7.662	7.944	9.035	15.842	17.090	18.504	20.077
8	Londrina PR		16.025	16.613	18.896	33.133	35.742	38.699	41.989
9	Maringá PR		9.687	10.042	11.422	20.028	21.605	23.392	25.381
10	Pinhais PR		3.541	3.670	4.175	7.320	7.897	8.550	9.277
11	Renasença PR		4.838	5.015	5.704	10.002	10.790	11.682	12.676
12	Bagé RS	77.766	2.416	2.487	2.841	4.967	5.324	5.730	6.187
13	Canoas RS		38.962	40.110	45.814	80.115	85.871	92.411	99.783
14	Cruz Alta RS		2.145	2.209	2.523	4.412	4.728	5.089	5.495
15	Esteio RS		10.178	10.477	11.968	20.928	22.431	24.139	26.065
16	Ijuí RS		2.463	2.535	2.896	5.064	5.427	5.841	6.307
17	Passo Fundo RS		4.348	4.476	5.113	8.941	9.583	10.313	11.136
18	Rio Grande RS		3.531	3.635	4.152	7.261	7.783	8.376	9.044
19	Santa Maria RS		5.057	5.206	5.947	10.399	11.146	11.995	12.952
20	Tramandaí RS		4.553	4.687	5.353	9.361	10.034	10.798	11.659
21	Uruguaiana RS		5.405	5.564	6.355	11.113	11.912	12.819	13.841
22	Ilhota SC	56.036	1.107	1.152	1.313	2.301	2.474	2.692	2.942
23	Itajaí SC		16.318	16.981	19.356	33.907	36.459	39.666	43.359
24	Lages SC		11.388	11.851	13.508	23.663	25.444	27.682	30.259
25	São Franc.do Sul SC		27.526	28.644	32.649	57.194	61.499	66.909	73.138
Total (m³)			244.981	251.315	260.186	296.474	519.291	558.657	604.386

* Foi considerada a mistura de 3% de biodiesel a partir de 2008 e 5% a partir de 2013

O conjunto de dados sintéticos apresentados na Tabela 8 representa, no estudo, as informações de demanda de biodiesel usadas nas simulações. As bases distribuidoras são consideradas os pontos de destino do produto a ser transportado.

4.4 MONTAGEM DOS CENÁRIOS

A partir da definição dos projetos de usinas a serem autorizados, seus volumes de produção e do consumo nas bases de distribuição da Petrobrás, foram montados cenários de oferta e demanda para simular no Sislog o comportamento da distribuição do biodiesel.

Para simular a atividade das usinas que estavam em projeto (“em processo” e “sem processo”) em 2007, foi considerada a demanda por biodiesel a partir do ano de 2010.

Devido à falta de cronograma oficial para a o início de funcionamento das usinas, os cenários de oferta foram montados com base nos projetos levantados em 2007, supondo que a cada dois em dois anos um grupo de usinas entre em operação.

Assim, as usinas foram agrupadas da seguinte forma:

- 2008 → apenas usinas “autorizadas” (5 usinas);
- 2010 → usinas “autorizadas” + 50% das usinas “em processo” (+2 usinas);
- 2012 → usinas “autorizadas” + 100% das usinas “em processo” (+2 usinas);
- 2014 → usinas “autorizadas” + usinas “em processo” + 27% das usinas “sem processo” (+ 4 usinas);
- 2016 → usinas “autorizadas” + usinas “em processo” + 47% das usinas “sem processo” (+ 3 usinas);
- 2018 → usinas “autorizadas” + usinas “em processo” + 67% das usinas “sem processo” (+ 3 usinas);
- 2020 → usinas “autorizadas” + usinas “em processo” + 100% das usinas “sem processo” (+ 5 usinas).

Assim obteve-se um conjunto de 31 cenários. O primeiro e o último cenário de cada ano (2010, 2012, 2014, 2016, 2018 e 2020) simularam, respectivamente, a ausência das usinas agregadas no ano e todas as usinas daquele ano, conforme a Tabela 9 e a Tabela 10 apresenta os outros 19 cenários.

Tabela 9 – Apresentação do primeiro e último cenário de cada ano

Cenário	Projeto analisados	Cenário	Projeto analisados	Cenário	Projeto analisados
1\2010	Nenhum de 2010	1\2014	Nenhum de 2014	1\2018	Nenhum de 2018
4\2010	Todos de 2010	6\2014	Todos de 2014	5\2018	Todos de 2018
1\2012	Nenuma de 2012	1\2016	Nenuma de 2016	1\2020	Nenhum de 2020
4\2012	Todos de 2012	5\2016	Todos de 2016	7\2020	Todos de 2020

Tabela 10 – Cenários de oferta (usinas)

	<i>Projetos</i>			<i>Prod. Anual (m³)</i>	<i>Cenário</i>
Autorizadas	Usina 1	Rolândia	PR	100.000	base
	Usina 2	Cachoeira do Sul	RS	409.000	
	Usina 3	Passo Fundo	RS	345.000	
	Usina 4	Rosário do Sul	RS	360.000	
	Usina 5	Veranópolis	RS	327.000	
Em processo	Usina 6	Araucária	PR	4.000	2\2010
	Usina 7	Marialva	PR	377.000	3\2010
	Usina 8	Cruz Alta	RS	135.000	2\2012
	Usina 9	Içara	SC	1.667	3\2012
Sem processo	Usina 10	Andirá	PR	200.000	2\2014
	Usina 11	Campo Largo	PR	100.000	3\2014
	Usina 12	Céu Azul	PR	34.000	4\2014
	Usina 13	Curitiba	PR	500	5\2014
	Usina 14	Ivaiporã	PR	360.000	2\2016
	Usina 15	Londrina	PR	200.000	3\2016
	Usina 16	Ponta Grossa	PR	187.000	4\2016
	Usina 17	Roncador	PR	150.000	2\2018
	Usina 18	Santa Helena	PR	400.000	3\2018
	Usina 19	Santa Cruz do Sul	RS	750	4\2018
	Usina 20	Taquaruçu	RS	240.000	2\2020
	Usina 21	Viamão	RS	3.400	3\2020
	Usina 22	Mafra	SC	31.000	4\2020
	Usina 23	Monte Castelo	SC	100.000	5\2020
	Usina 24	Saltinho	SC	2.000	6\2020

Fonte: a partir de Neto (2007)

A simulação feita dessa forma possibilitou a análise de cada usina (em separado) e também o funcionamento delas em conjunto. Considerou-se a premissa de que a partir de 2010 as cinco regiões brasileiras sejam auto-suficientes na produção de biodiesel.

Foi utilizado apenas um cenário de demanda (pontos de destino do biodiesel) considerando o conjunto de bases de distribuição atual e consumo crescente conforme a Tabela 8 já citada.

Essa simplificação considera que a rede de bases fique inalterada, sem a adição de novos projetos durante o período. Contudo, considera o aumento no volume e na demanda por biodiesel como ocorre na realidade. A Tabela 11 apresenta a projeção de produção e consumo feita, respectivamente, através dos cenários montados e dados de demanda.

Tabela 11 – Volumes anuais de produção nas usinas

Usina	UF	Projeção da produção e consumo de biodiesel para a Região Sul do Brasil (m³/ano)						
		2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
1 Rolândia	PR	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000	21.000
2 Cachoeira do Sul	RS	85.890	85.890	85.890	85.890	85.890	85.890	85.890
3 Passo Fundo	RS	72.450	72.450	76.650	76.650	76.650	76.650	76.650
4 Rosário do Sul	RS	75.600	75.600	75.600	92.400	92.400	92.400	92.400
5 Veranópolis	RS	68.670	68.670	68.670	138.600	138.600	138.600	138.600
6 Araucária	PR	-	840	840	252.840	252.840	252.840	252.840
7 Marialva	PR	-	79.170	79.170	79.170	79.170	79.170	79.170
8 Cruz Alta	RS	-	-	28.350	28.350	28.350	32.550	32.550
9 Içara	SC	-	-	350	350	350	350	350
10 Andirá	PR	-	-	-	42.000	42.000	42.000	42.000
11 Campo Largo	PR	-	-	-	21.000	21.000	21.000	21.000
12 Céu Azul	PR	-	-	-	7.140	7.140	7.140	7.140
13 Curitiba	PR	-	-	-	105	105	105	105
14 Ivaiporã	PR	-	-	-	-	75.600	75.600	75.600
15 Londrina	PR	-	-	-	-	42.210	42.210	42.210
16 Ponta Grossa	PR	-	-	-	-	39.270	39.270	39.270
17 Roncador	PR	-	-	-	-	-	31.500	31.500
18 Santa Helena	PR	-	-	-	-	-	84.000	84.000
19 Santa Cruz do Sul	RS	-	-	-	-	-	158	158
20 Taquaruçu	RS	-	-	-	-	-	-	50.400
21 Viamão	RS	-	-	-	-	-	-	714
22 Mafra	SC	-	-	-	-	-	-	6.510
23 Monte Castelo	SC	-	-	-	-	-	-	21.000
24 Saltinho	SC	-	-	-	-	-	-	420
Produção (mil m³/ano)		323.610	403.620	436.520	845.495	1.002.575	1.122.433	1.201.477
Consumo (mil m³/ano)		251.315	260.186	296.474	519.291	558.657	604.386	655.896

Fonte: a partir de Neto (2007)

Considera-se que nos seis agrupamentos anuais (2010, 2012, 2014, 2016, 2018 e 2020), o último cenário é melhor

representativo, devido à presença de todas as usinas testadas no respectivo ano.

Cabe salientar que as informações sobre o aumento de produção de algumas usinas (ampliação de capacidade) foram obtidas juntamente com a pesquisa de obtenção de dados explanada no item 4.3, e assim consideradas na montagem dos cenários e na análise de volumes do estudo.

4.5 INSERÇÃO DOS DADOS NO SISLOG E SIMULAÇÕES

As simulações de distribuição de biodiesel realizadas neste trabalho utilizaram duas funcionalidades do Sislog: área de influência e caminho mínimo múltiplo.

Para cada um dos 31 cenários foi realizada uma simulação de cada passo conforme ilustrado na Figura 18 .

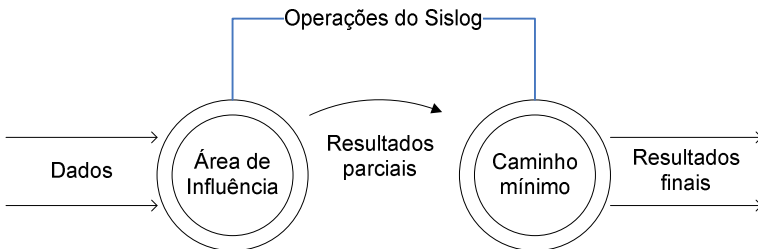


Figura 18 – Sistemática das simulações através do Sislog

A inserção dos custos unitários de transporte no Sislog foi montada através de uma única planilha, salva com extensão “csv” e editada no *software* Excel. A cada simulação, o sistema solicita a localização do arquivo para a entrada de dados.

Para cada cenário proposto, foi montada uma planilha em Excel, salva com a extensão “csv”, com todas as origens (usinas) e destinos (bases de distribuição) possíveis, e a quantidade consumida anualmente por cada base.

Primeiramente, foi utilizada a área de influência para definir a matriz origem-destino e os volumes transportados. A partir da

demanda de biodiesel em cada uma das bases de distribuição o sistema indicou quais seriam as usinas a suprirem essa necessidade pelo menor custo logístico, porém sem detalhar tais custos.

Posteriormente, com o resultado da simulação de área de influência, foram montadas as planilhas de caminhos mínimos múltiplos, indicando origem, destino e quantidade a ser transportada.

Através da simulação de caminho mínimo múltiplo, para cada cenário, o sistema expediu um relatório, conforme Tabela 4 já citada, contendo as informações de custo logístico necessárias para a análise.

Devido à limitação do sistema, na funcionalidade área de influência foi considerado que cada uma das usinas poderia abastecer todas as bases, ou seja a capacidade é considerada ilimitada na simulação. Essa escolha é feita devido à complexidade do desenvolvimento de uma solução com a inserção de novos algoritmos no Sislog.

Essa forma de simulação possibilitou a análise de capacidade de produção para as usinas que estavam em projeto em 2007. De modo que, tendo a capacidade livre foi possível comparar o resultado da área de influência com o seu real potencial.

O método aplicado no trabalho está sujeito a outras simplificações e hipóteses adotadas na elaboração do modelo. Dentre elas, podem ser destacadas:

- em cidades com mais de uma usina, foi considerada a existência de apenas uma com a produção condizente com a do conjunto;
- não há economia de escala no transporte, ou seja, mesmo o custo logístico independe do volume transportado;
- não foram consideradas questões de negociação de preços de biodiesel entre usinas e distribuidoras, o que pode interferir no roteamento de fluxos;

- dentre os modais de transporte foram considerados o rodoviário, ferroviário e o hidroviário, ficando de fora apenas o dutoviário⁵ (para o caso de transporte de combustíveis);
- não foi considerado o aumento no número de bases distribuidoras entre os períodos das simulações, ou seja, o biodiesel produzido nas várias usinas tem como destino sempre o mesmo conjunto de bases.

Na versão do Sislog empregada (2.7.2.3 Beta), o sistema não considera a produção e consumo na mesma cidade. Por causa dessa limitação algumas usinas (que estavam no mesmo município das bases) foram deslocadas para municípios vizinhos a fim de possibilitar a simulação. Tal simplificação não faz com que se perca a realidade do método empregado no estudo.

As simulações foram feitas para analisar as 19 usinas que devem entrar em funcionamento depois de 2008. Para as cinco usinas já existente e em funcionamento foi realizada a análise de volumes.

Os cenários foram simulados em um computador do Laboratório de Transporte e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina. Esse equipamento conta com processador AMD 2.8 GHz e 1 Gb de RAM. O tempo médio de uma simulação foi de 2 minutos e não foram detectados erros no processamento dos dados.

Num exame inicial nos dados e imagens geradas, não foram localizados resultados incoerentes como identificações de cidade errada, caminhos de transporte absurdos e custos de transporte alterados. Desta forma, as informações geradas foram utilizadas nas análises.

⁵ Cabe destacar que a Região Sul do Brasil no ano de 2008 não possuía nenhum duto ligando usinas de biodiesel à bases de distribuição. Portanto o modal foi desconsiderado no estudo.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após as simulações previstas, este capítulo apresenta os resultados para os cenários considerados no trabalho, conforme o método proposto.

A Tabela 12 mostra os resultados das simulações realizadas com as usinas (em projeto no ano de 2007), sendo as principais colunas relativas à:

- identificação do cenário no agrupamento anual (2010, 2012, 2014, 2016, 2018 e 2020) e geral (de 1 até 31), com a respectiva da usina analisada (do conjunto de 19 “em processo” e “sem processo” de autorização) e sua capacidade;
- resultado R\$/ano – mostra a soma dos valores de todos os caminhos mínimos necessários para atender a demanda de biodiesel das bases de distribuição no ano considerado, também chamado de custo logístico global por caracterizar o custo de todo o sistema de distribuição;
- redução anual do custo logístico global – relação do resultado (R\$/ano) entre o cenário analisado e o primeiro do respectivo agrupamento anual, refletindo a economia provocada pela inclusão de uma nova usina na simulação;
- custo logístico médio – relação entre o resultado (R\$/ano) e o volume consumido de biodiesel na Região Sul em determinado ano, apresentando o custo de transporte médio por tonelada entre usinas e bases de distribuição;
- consumo anual de biodiesel na Região Sul - a ser atendido pelas usinas já “autorizadas” em 2007 e também por aquelas que entrarão em funcionamento, analisadas neste estudo.

Nota-se que a inserção de algumas usinas nas simulações não refletiu nenhuma redução nos custos logísticos. Isso porque o Sislog, na determinação da área de influência, não acionou o ponto na escolha (por custo logístico) dos melhores pares origem-destino.

Tabela 12 – Resultado das simulações

Cenários		Usina avaliada			Resultado (R\$/ano)	Red. anual no custo logístico (R\$/ano)	Consumo Região Sul (m³/ano)	Custo logístico (R\$/m³)
1	1 2010				11.285.868,51		260.186	43,38
2	2 2010	Usina 6	Araucária	PR	6.338.843,00	(4.947.025,52)		24,36
3	3 2010	Usina 7	Marialva	PR	11.088.206,99	(197.661,52)		42,62
4	4 2010				6.165.187,77	(5.120.680,75)		23,70
5	1 2012				7.025.043,16		296.474	23,70
6	2 2012	Usina 8	Cruz Alta	RS	6.922.199,83	(102.843,33)		23,35
7	3 2012	Usina 9	Içara	SC	7.011.610,10	(13.433,06)		23,65
8	4 2012				6.908.766,77	(116.276,39)		23,30
9	1 2014				12.101.096,24		519.291	23,30
10	2 2014	Usina 10	Andirá	PR	12.101.096,24	-		23,30
11	3 2014	Usina 11	Campo Largo	PR	12.101.096,24	-		23,30
12	4 2014	Usina 12	Céu Azul	PR	11.707.052,20	(394.044,04)		22,54
13	5 2014	Usina 13	Curitiba	PR	11.318.373,18	(782.723,06)		21,80
14	6 2014				10.900.800,38	(1.200.295,86)		20,99
15	1 2016				11.727.159,60		558.657	20,99
16	2 2016	Usina 14	Ivaiporã	PR	11.667.348,52	(59.811,09)		20,88
17	3 2016	Usina 15	Londrina	PR	11.671.562,23	(55.597,38)		20,89
18	4 2016	Usina 16	Ponta Grossa	PR	11.587.408,85	(139.750,76)		20,74
19	5 2016				11.587.408,85	(139.750,76)		20,74
20	1 2018				12.535.898,92		604.386	20,74
21	2 2018	Usina 17	Roncador	PR	12.535.898,92	-		20,74
22	3 2018	Usina 18	Santa Helena	PR	12.535.898,92	-		20,74
23	4 2018	Usina 19	Sta Cruz do Sul	RS	12.470.526,35	(65.372,57)		20,63
24	5 2018				12.470.526,35	(65.372,57)		20,63
25	1 2020				13.533.351,78		655.896	20,63
26	2 2020	Usina 20	Taquaruçu	RS	13.414.039,33	(119.312,45)		20,45
27	3 2020	Usina 21	Viamão	RS	10.738.129,31	(2.795.222,47)		16,37
28	4 2020	Usina 22	Mafra	SC	13.533.351,78	-		20,63
29	5 2020	Usina 23	Monte Castelo	SC	13.533.351,78	-		20,63
30	6 2020	Usina 24	Saltinho	SC	13.344.471,16	(188.880,62)		20,35
31	7 2020				10.547.256,40	(2.986.095,38)		16,08

Com base na Tabela 12 é possível destacar as seguintes observações sobre os agrupamentos anuais de cenários sob as condições estipuladas no método:

- Para 2010 a solução indicou uma redução expressiva dos custos logísticos com a implantação da usina de Araucária/PR e de menor relevância com a presença da usina de Marialva/PR;
- Para 2012 a solução indicou redução dos custos logísticos com a implantação da usina de Cruz Alta/RS e também com a presença da usina de Içara/SC;
- Para 2014 a solução indicou redução dos custos logísticos com a implantação das usinas de Céu Azul/PR e Curitiba/PR. Na presença das outras usinas não foi constatada nenhuma economia no custo logístico;
- Para 2016 a solução indicou redução dos custos logísticos com a implantação de cada uma das três usinas. Porém quando simulado o conjunto das três, apenas a usina de Ponta Grossa apresentou economia, ou seja, apenas ela forneceu biodiesel;
- Para 2018 a solução indicou redução dos custos logísticos somente com a implantação da usina de Santa Cruz do Sul. As demais não interferiram positivamente na distribuição de biodiesel;
- Para 2020 a solução indicou redução dos custos logísticos com a implantação das usinas de Taquaruçu/RS, Viamão/RS e Saltinho/SC.

No Anexo A deste trabalho se encontram as imagens das 31 simulações de caminhos mínimos feitas através do SIG. Com base na Tabela 12 e nos resultados da área de influência para cada cenário são apresentadas figuras e feitas considerações sobre análise de volume para os agrupamentos anuais nos itens 5.1 e 5.2.

5.1 SEIS CENÁRIOS ENTRE 2010 E 2020

O cenário para 2010 levou em consideração a atual capacidade instalada e em operação (2007), e testou a existência de outras duas usinas (em Araucária/PR e

Marialva/PR). A Figura 19 representa o quarto e último cenário de 2010.

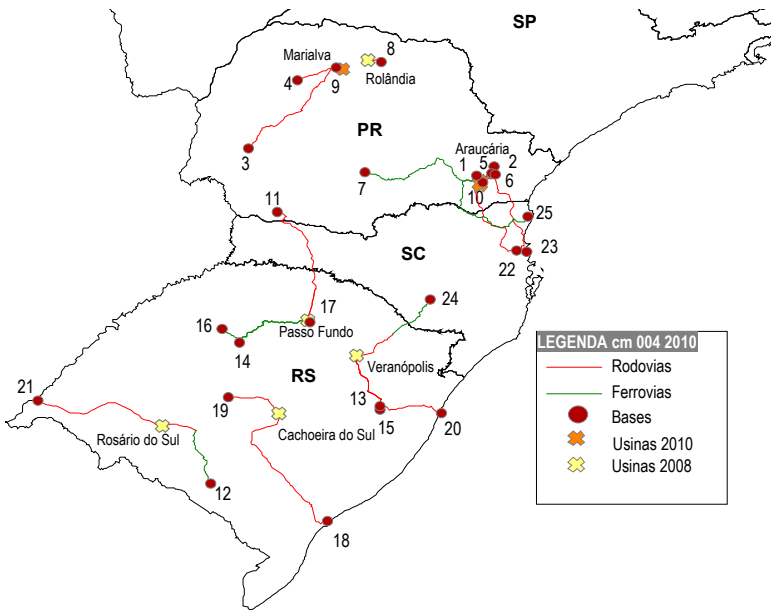


Figura 19 – Simulação do cenário 4/2010

Todas as usinas deste agrupamento anual de cenário foram acionadas no Sislog como verificado na Figura 19 .

A 0 apresenta o resultado dos volumes transportados no cenário 4/2010.

Tabela 13 – Volumes transportados no cenário 4/2010

Origem		Volume anual projeto (m³)	Destino (bases)			Volume transportado (m³)	Volume acumulado (m³)
Araucária	PR	840	Araucária	PR	1	3.523	125.271
Araucária	PR		Campo Largo	PR	2	3.208	
Araucária	PR		Colombo	PR	5	6.901	
Araucária	PR		Curitiba	PR	6	53.248	
Araucária	PR		Guarapuava	PR	7	7.944	
Araucária	PR		Pinhais	PR	10	3.670	
Araucária	PR		Ilhota	SC	22	1.152	
Araucária	PR		Itajaí	SC	23	16.981	
Araucária	PR		São Francisco do Sul	SC	25	28.644	
Cachoeira do Sul	RS	85.890	Rio Grande	RS	18	3.635	8.841
Cachoeira do Sul	RS		Santa Maria	RS	19	5.206	
Marialva	PR	79.170	Cascavel	PR	3	6.720	20.050
Marialva	PR		Cianorte	PR	4	3.288	
Marialva	PR		Maringá	PR	9	10.042	
Passo Fundo	RS	72.450	Renascença	RS	11	5.015	14.235
Passo Fundo	RS		Cruz Alta	RS	14	2.209	
Passo Fundo	RS		Passo Fundo	RS	17	4.476	
Passo Fundo	RS		Ijuí	RS	16	2.535	
Rolândia	PR	21.000	Londrina	PR	8	16.613	16.613
Rosário do Sul	RS	75.600	Bagé	RS	12	2.487	8.051
Rosário do Sul	RS		Uruguaiana	RS	21	5.564	
Veranópolis	RS	68.670	Lages	SC	24	11.851	67.125
Veranópolis	RS		Canoas	RS	13	40.110	
Veranópolis	RS		Esteio	RS	15	10.477	
Veranópolis	RS		Tramandaí	RS	20	4.687	
						260.186	

A última coluna da tabela, “volume acumulado”, representa a quantidade de produção requisitada para a usina no Sislog, devido a suposição de capacidade ilimitada já citada no método.

A análise dos volumes indica o aumento de produção para a usina de Araucária/PR e uma boa utilização da capacidade da usina de Veranópolis/PR.

O cenário para 2012 levou em consideração a capacidade atual instalada, a implantação das usinas dos cenários até 2010 e testou a existência de outras duas usinas (Cruz Alta/RS e Içara/SC). A Figura 20 representa o quarto e último cenário de 2012.

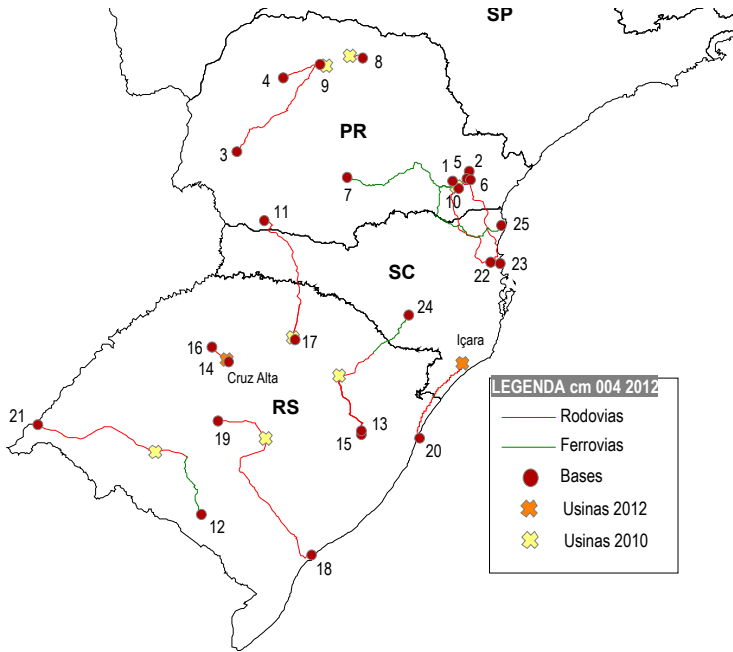


Figura 20 – Simulação do cenário 4/2012

A Figura 20 mostra que a usina de Içara/SC, sendo a única da região sul de Santa Catarina, passou a atender também a base de Tramandaí/RS e a usina de Cruz Alta/RS passou a atender o noroeste gaúcho.

A Tabela 14 apresenta o resultado dos volumes transportados no cenário 4/2012.

Tabela 14 – Volumes transportados no cenário 4/2012

Origem		Volume anual projeto (m³)	Destino (bases)			Volume transportado (m³)	Volume acumulado (m³)
Araucária	PR	840	Araucária	PR	1	4.006	142.597
Araucária	PR		Campo Largo	PR	2	3.649	
Araucária	PR		Colombo	PR	5	7.849	
Araucária	PR		Curitiba	PR	6	60.565	
Araucária	PR		Guarapuava	PR	7	9.035	
Araucária	PR		Pinhais	PR	10	4.175	
Araucária	PR		Ilhota	SC	22	1.313	
Araucária	PR		Itajaí	SC	23	19.356	
Araucária	PR		São Francisco do Sul	SC	25	32.649	
Cachoeira do Sul	RS	85.890	Rio Grande	RS	18	4.152	10.099
Cachoeira do Sul	RS		Santa Maria	RS	19	5.947	
Cruz Alta	RS	28.350	Cruz Alta	RS	14	2.523	5.418
Cruz Alta	RS		Ijuí	RS	16	2.896	
Içara	SC	350	Tramandaí	RS	20	5.353	5.353
Marialva	PR	79.170	Cascavel	PR	3	7.643	22.805
Marialva	PR		Cianorte	PR	4	3.740	
Marialva	PR		Maringá	PR	9	11.422	
Passo Fundo	RS	76.650	Renascença	PR	11	5.704	10.817
Passo Fundo	RS		Passo Fundo	RS	17	5.113	
Rolândia	PR	21.000	Londrina	PR	8	18.896	18.896
Rosário do Sul	RS	75.600	Bagé	RS	12	2.841	9.196
Rosário do Sul	RS		Uruguaiana	RS	21	6.355	
Veranópolis	RS		Lages	SC	24	13.508	
Veranópolis	RS	68.670	Canoas	RS	13	45.814	71.290
Veranópolis	RS		Esteio	RS	15	11.968	
						296.471	

Nota-se na Tabela 14 que alguns pares origem-destino mudaram em relação ao agrupamento anual de cenários de 2010, devido a inserção de novas origens com melhor posicionamento logístico em relação às bases de distribuição.

A análise dos volumes indica o aumento de produção para a usina de Araucária/PR, Veranópolis/PR e Içara/SC além da boa utilização da capacidade da usina de Rolândia/PR.

O cenário para 2014 levou em consideração a capacidade atual instalada, a implantação das usinas dos cenários até 2012 e testou a existência de outras quatro usinas (Andirá/PR, Campo Largo/PR, Céu Azul/PR e Curitiba/PR). A Figura 21 representa o sexto e último cenário de 2014.

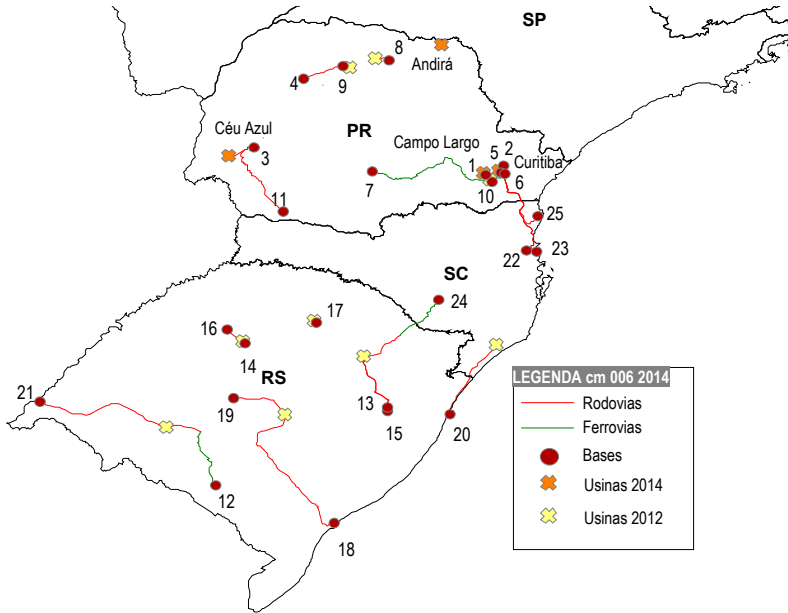


Figura 21 – Simulação do cenário 6/2014

A Figura 21 mostra que a usina de Céu Azul/PR passa a atender o oeste paranaense, a usina de Campo Largo/PR atende ao centro do estado e a de Curitiba/PR supre o norte catarinense e região metropolitana de Curitiba/PR.

A 0 apresenta o resultado dos volumes transportados no cenário 6/2014.

Tabela 15 – Volumes transportados no cenário 6/2014

Origem		Volume anual projeto (m³)	Destino (bases)			Volume transportado (m³)	Volume acumulado (m³)
Araucária	PR	252.840	Araucária	PR	1	7.025	7.025
Cachoeira do Sul	RS	85.890	Rio Grande	RS	18	7.261	17.660
Cachoeira do Sul	RS		Santa Maria	RS	19	10.399	
Campo Largo	PR	21.000	Campo Largo	PR	2	6.398	22.240
Campo Largo	PR		Guarapuava	PR	7	15.842	
Céu Azul	PR	7.140	Cascavel	PR	3	13.401	23.403
Céu Azul	PR		Renascença	PR	11	10.002	
Cruz Alta	RS	28.350	Cruz Alta	RS	14	4.412	9.475
Cruz Alta	RS		Ijuí	RS	16	5.064	
Curitiba	PR	105	Colombo	PR	5	13.762	220.680
Curitiba	PR		Curitiba	PR	6	106.195	
Curitiba	PR		Ilhota	SC	22	2.301	
Curitiba	PR		Itajaí	SC	23	33.907	
Curitiba	PR		Pinhais	PR	10	7.320	
Curitiba	PR		São Francisco do Sul	SC	25	57.194	
Içara	SC	350	Tramandaí	RS	20	9.361	9.361
Marialva	PR	79.170	Cianorte	PR	4	6.558	26.586
Marialva	PR		Maringá	PR	9	20.028	
Passo Fundo	RS	76.650	Passo Fundo	RS	17	8.941	8.941
Rolândia	PR	21.000	Londrina	PR	8	33.133	33.133
Rosário do Sul	RS	92.400	Bagé	RS	12	4.967	16.080
Rosário do Sul	RS		Uruguaiana	RS	21	11.113	
Veranópolis	RS	138.600	Canoas	RS	13	80.115	124.706
Veranópolis	RS		Esteio	RS	15	20.928	
Veranópolis	RS		Lages	RS	24	23.663	
						519.290	

A análise dos volumes indica o aumento de produção para a usina de Içara/SC, a boa utilização da capacidade das usinas de Campo Largo/PR, Veranópolis/RS, Araucária/PR e Curitiba/PR, considerando as últimas duas como um grupo devido à proximidade entre as cidades. Apenas a usina de Andirá/PR não foi acionada nas simulações deste agrupamento. Possivelmente devido a sua distância até as bases de distribuição.

O cenário para 2016 levou em consideração a capacidade atual instalada, a implantação das usinas dos cenários até 2014 e testou a existência de outras três usinas (Ivaiporã, Londrina e Ponta Grossa). A Figura 22 representa o quinto e último cenário

de 2016 e mostra que a usina de Ponta Grossa/PR passou a atender a região central do Paraná.

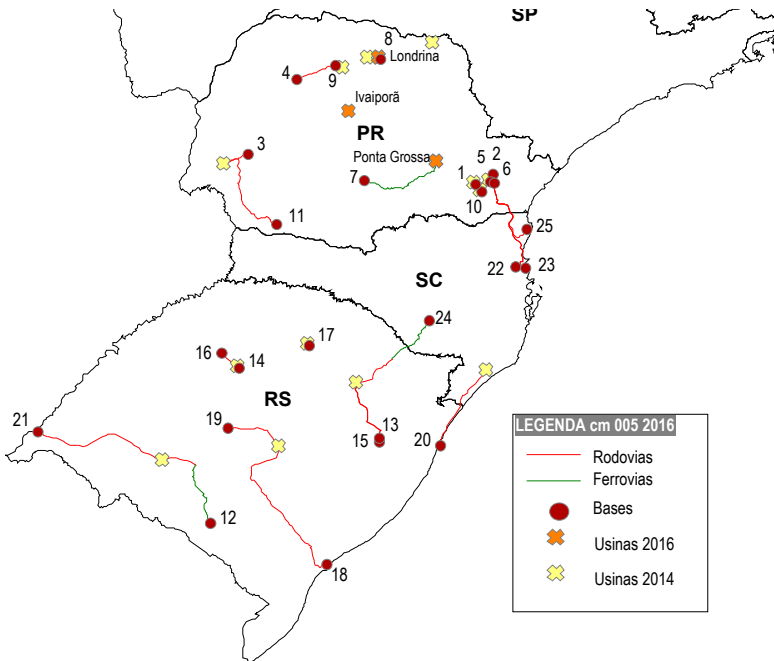


Figura 22 – Simulação do cenário 5/2016

A Tabela 16 apresenta o resultado dos volumes transportados no cenário 5/2016.

Tabela 16 – Volumes transportados no cenário 5/2016

Origem		Volume anual projeto (m³)	Destino (bases)			Volume transportado (m³)	Volume acumulado (m³)
Araucária	PR	252.840	Araucária	PR	1	7.578	7.578
Cachoeira do Sul	RS	85.890	Rio Grande	RS	18	7.783	18.929
Cachoeira do Sul	RS		Santa Maria	RS	19	11.146	
Campo Largo	PR	21.000	Campo Largo	PR	2	6.902	6.902
Céu Azul	PR	21.000	Cascavel	PR	3	14.457	25.247
Céu Azul	PR		Renascença	PR	11	10.790	
Cruz Alta	RS	28.350	Cruz Alta	RS	14	4.728	10.156
Cruz Alta	RS		Ijuí	RS	16	5.427	
Curitiba	PR		Colombo	PR	5	14.846	
Curitiba	PR	105	Curitiba	PR	6	114.559	237.734
Curitiba	PR		Ilhota	SC	22	2.474	
Curitiba	PR		Itajaí	PR	23	36.459	
Curitiba	PR		Pinhais	PR	10	7.897	
Curitiba	PR		São Francisco do Sul	SC	25	61.499	
Içara	SC	350	Tramandaí	RS	20	10.034	10.034
Londrina	PR	42.210	Londrina	PR	8	35.742	35.742
Marialva	PR	79.170	Cianorte	PR	4	7.075	28.680
Marialva	PR		Maringá	PR	9	21.605	
Passo Fundo	RS	76.650	Passo Fundo	RS	17	9.583	9.583
Ponta Grossa	PR	39.270	Guarapuava	PR	7	17.090	17.090
Rosário do Sul	RS	92.400	Bagé	RS	12	5.324	17.236
Rosário do Sul	RS		Uruguaiana	RS	21	11.912	
Veranópolis	RS	138.600	Canoas	RS	13	85.871	133.746
Veranópolis	RS		Esteio	RS	15	22.431	
Veranópolis	RS		Lages	SC	24	25.444	
						558.657	

A análise dos volumes indica um aumento de produção para a usina de Céu Azul/PR e Içara/SC, além da boa utilização da capacidade das usinas de Londrina/PR, Veranópolis/RS, Araucária/PR e Curitiba/PR, considerando as últimas duas como um grupo devido à proximidade entre as cidades. Apenas a usina de Ivaiporã/PR não foi acionada nas simulações deste agrupamento anual.

O cenário para 2018 levou em consideração a capacidade atual instalada, a implantação das usinas dos cenários até 2016 e testou a existência de outras três usinas (Roncador, Santa Helena e Santa Cruz do Sul). A Figura 23 representa o quinto e último cenário de 2018.

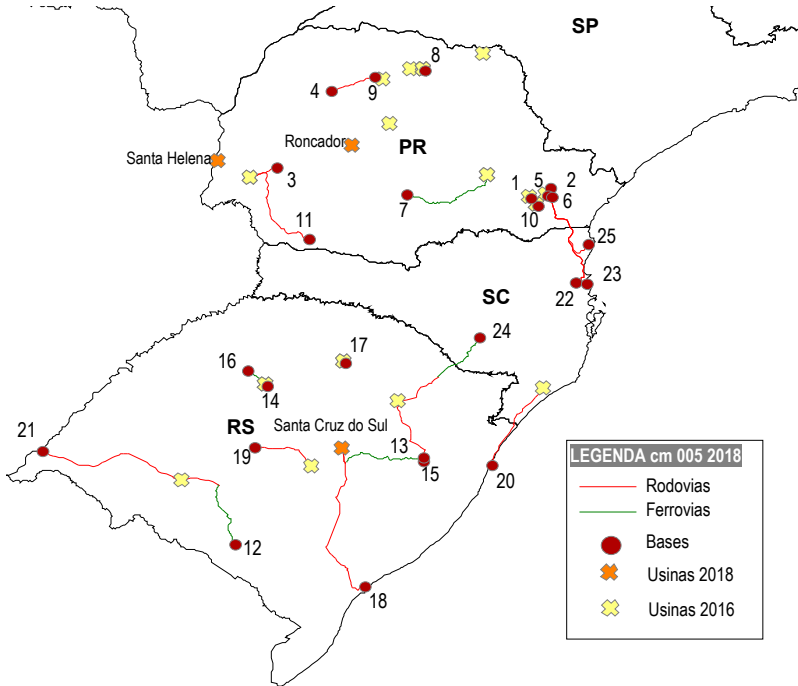


Figura 23 – Simulação do cenário 5/2018

A Tabela 17 apresenta o resultado dos volumes transportados no cenário 5/2018.

Tabela 17 – Volumes transportados no cenário 5/2018

Origem		Volume anual projeto (m³)	Destino (bases)			Volume transportado (m³)	Volume acumulado (m³)
Araucária	PR	252.840	Araucária	PR	1	8.205	8.205
Cachoeira do Sul	RS	85.890	Santa Maria	RS	19	11.995	11.995
Campo largo	PR	21.000	Campo largo	PR	2	7.473	7.473
Céu Azul	PR	7.140	Cascavel	PR	3	15.653	27.335
Céu Azul	PR		Renascença	PR	11	11.682	
Cruz Alta	RS	32.550	Cruz Alta	RS	14	5.089	10.929
Cruz Alta	RS		Ijuí	RS	16	5.841	
Curitiba	PR	105	Colombo	PR	5	16.074	257.926
Curitiba	PR		Curitiba	PR	6	124.035	
Curitiba	PR		Ilhota	SC	22	2.692	
Curitiba	PR		Itajaí	SC	23	39.666	
Curitiba	PR		Pinhais	PR	10	8.550	
Curitiba	PR		São Francisco do Sul	SC	25	66.909	
Içara	SC	350	Tramandaí	RS	20	10.798	10.798
Londrina	PR	42.210	Londrina	PR	8	38.699	38.699
Marialva	PR	79.170	Cianorte	PR	4	7.660	31.052
Marialva	PR		Maringá	PR	9	23.392	
Passo Fundo	RS	76.650	Passo Fundo	RS	17	10.313	10.313
Ponta Grossa	PR	39.270	Guarapuava	PR	7	18.504	18.504
Rosário do Sul	RS	92.400	Bagé	RS	12	5.730	18.549
Rosário do Sul	RS		Uruguaiana	RS	21	12.819	
Santa Cruz do Sul	RS	158	Canoas	RS	13	92.411	100.787
Santa Cruz do Sul	RS		Rio Grande	RS	18	8.376	
Veranópolis	RS	138.600	Esteio	RS	15	24.139	51.821
Veranópolis	RS		Lages	SC	24	27.682	
						604.387	

A Figura 23 mostra que a usina de Santa Cruz do Sul/RS passa a atender a região metropolitana de Porto Alegre e o sul do Estado do Rio Grande do Sul.

A análise dos volumes indica um aumento de produção para a usina de Céu Azul/PR, Santa Cruz do Sul/RS, Araucária/PR e Curitiba/PR, considerando as últimas duas como um grupo devido à proximidade entre as cidades. Além da boa utilização da capacidade das usinas de Londrina/PR. As usinas de Roncador/PR e Santa Helena/PR não foram acionadas nas simulações deste agrupamento anual.

O cenário para 2020 levou em consideração a capacidade atual instalada, a implantação das usinas dos cenários até 2018 e, por fim, testou a existência de outras cinco usinas (Taquaruçu/RS, Viamão/RS, Mafra/SC, Monte Castelo/SC e Saltinho/SC).

A Figura 24 representa o sexto e último cenário de 2020 e mostra que a usina de Saltinho/SC passa a atender o sudoeste paranaense e a usina de Viamão/RS a região metropolitana de Porto Alegre/RS.

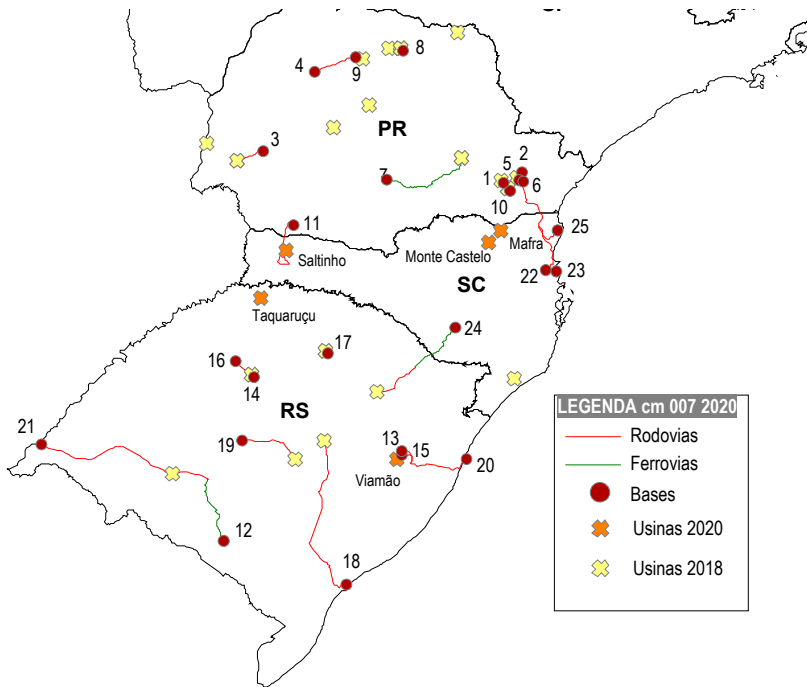


Figura 24 – Simulação do cenário 7/2020

A Tabela 18 apresenta o resultado dos volumes transportados no cenário 7/2020.

Tabela 18 – Volumes transportados no cenário 6/2020

Origem		Volume anual projeto (m³)	Destino (bases)			Volume transportado (m³)	Volume acumulado (m³)
Araucária	PR	252.840	Araucária	PR	1	8.903	8.903
Cachoeira do Sul	RS	85.890	Santa Maria	RS	19	12.952	12.952
Campo largo	PR	21.000	Campo largo	PR	2	8.108	8.108
Céu Azul	PR	7.140	Cascavel	PR	3	16.984	16.984
Cruz Alta	RS	32.550	Cruz Alta	RS	14	5.495	11.801
Cruz Alta	RS		Ijuí	RS	16	6.307	
Curitiba	PR	105	Colombo	PR	5	17.441	280.738
Curitiba	PR		Curitiba	PR	6	134.581	
Curitiba	PR		Pinhais	PR	10	9.277	
Curitiba	PR		São Francisco do Sul	SC	25	73.138	
Curitiba	PR		Ilhota	SC	22	2.942	
Curitiba	PR		Itajaí	PR	23	43.359	
Londrina	PR	42.210	Londrina	PR	8	41.989	41.989
Marialva	PR	79.170	Cianorte	PR	4	8.311	33.692
Marialva	PR		Maringá	PR	9	25.381	
Passo Fundo	RS	76.650	Passo Fundo	RS	17	11.136	11.136
Ponta Grossa	PR	39.270	Guarapuava	PR	7	20.077	20.077
Rosário do Sul	RS	92.400	Bagé	RS	12	6.187	20.028
Rosário do Sul	RS		Uruguaiana	RS	21	13.841	
Saltinho	SC	420	Renascença	PR	11	12.676	12.676
Santa Cruz do Sul	RS	158	Rio Grande	RS	18	9.044	9.044
Veranópolis	RS	138.600	Lages	SC	24	30.259	30.259
Viamão	RS	714	Canoas	RS	13	99.783	137.507
Viamão	RS		Esteio	RS	15	26.065	
Viamão	RS		Tramandaí	RS	20	11.659	
						655.895	

A análise dos volumes indica um aumento de produção para a usina de Céu Azul/PR, Santa Cruz do Sul/RS, Viamão/RS, Saltinho/SC, Araucária/PR e Curitiba/PR, considerando as últimas duas como um grupo devido à proximidade entre as cidades, além da boa utilização da capacidade das usinas de Londrina/PR. As usinas de Taquaruçú/RS, Mafra/SC e Monte Castelo/SC não foram acionadas nas simulações deste agrupamento anual.

5.2 ANÁLISE GLOBAL DE CENÁRIOS

De posse dos resultados indicados na Tabela 12, a partir da análise da redução dos custos logísticos anuais que cada usina projetada proporciona ao sistema de distribuição, é possível avaliar a sua localização em relação ao mercado consumidor.

O projeto das usinas que apresentaram, no estudo, redução nos custos logísticos anuais e também tiveram aumento de volume requisitado pelo sistema podem ser considerados como competitivos sobre o ponto de vista logístico. Destacam-se os seguintes projetos que apresentaram essas características:

- Araucária/PR;
- Viamão/RS.
- Curitiba/PR;
- Céu Azul/PR;
- Santa Cruz do Sul/RS; e
- Içara/SC;

Os três resultados de maior redução de custo logístico indicaram uma tendência de concentração junto aos grandes centros de consumo como Araucária, Viamão e Curitiba. Para essas respostas, deve ser analisados ainda a disponibilidade de matéria-prima próxima às usinas para que seja tomada a decisão por investir ou não em tais projetos. Nas demais, devido a não proximidade a grandes conurbações, os projetos podem ser analisados sem essa premissa.

Na análise de volumes realizada, os valores que ultrapassam o limite de produção das usinas supostamente serão absorvidos, por outras que não foram acionadas e, portanto não tiveram redução no custo logístico ou por aquelas cuja sua produção é maior do que a quantidade requisitada na análise.

Cabe destacar, que essas usinas podem ter viabilidade técnica e econômica ao analisar-se a região em que estão inseridas, e se existirem outras usinas próximas que estão sendo requisitadas com volume acima da sua capacidade.

As Figuras 25 e 26 apresentam, respectivamente, a distância média percorrida nos cenários representativos de cada

agrupamento anual e também a divisão modal obtida nas simulações realizadas.

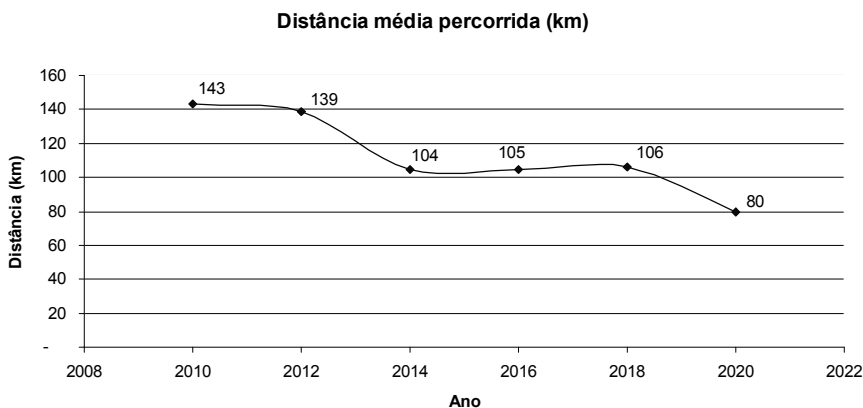


Figura 25 – Distância média percorrida em cada agrupamento anual de cenários

Devido ao acréscimo no número de usinas projetado com o passar dos anos, a distância média percorrida entre essas e as bases de distribuição tende a diminuir conforme mostrado através da Figura 25 . Em 2010 com a presença de 7 usinas no sistema de distribuição, a distância média percorrida por caminho mínimo foi de 143 km. No último cenário, em 2020, simulando 24 usinas o valor encontrado foi de 80 km.

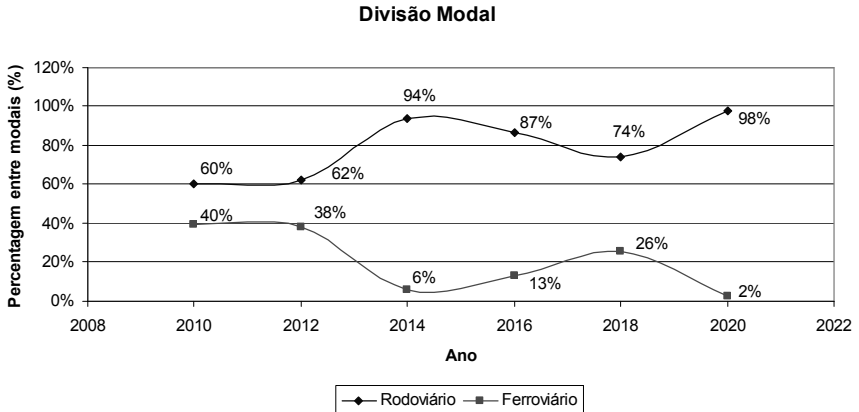


Figura 26 – Divisão modal em cada agrupamento anual de cenários

Na divisão modal apresentada na Figura 26, pode-se perceber com o passar dos anos, devido à implantação de novas usinas e diminuição da distância média por caminho mínimo que existe uma tendência de utilização do modal rodoviário. Isso porque, este é vantajoso para a distância mais curta e modal ferroviário para maiores deslocamentos.

As Figuras 27 e 28 apresentam, respectivamente, o custo logístico médio em R\$/m³ e o custo logístico total em R\$ obtido nos cenários mais representativos de cada agrupamento anual, conforme os dados apresentados na Tabela 12.

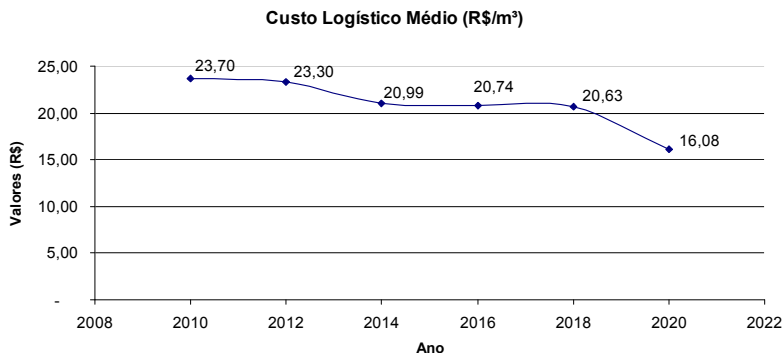


Figura 27 – Custo logístico médio

Destaca-se na coluna do custo de transporte por m³ o benefício da inserção de cada usina na simulação de distribuição. A tendência, com a inserção de pontos de oferta no mercado, é que a distância percorrida pela carga seja cada vez menor, gerando economia ao sistema de distribuição.

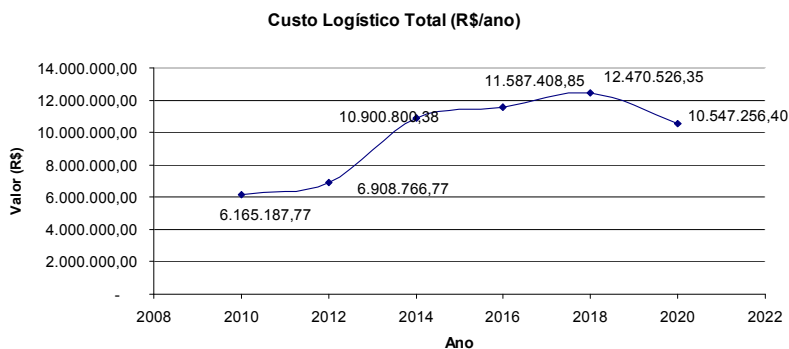


Figura 28 – Custo logístico total

Nota-se que com o passar dos anos, com o aumento do consumo de biodiesel há um tendência de acréscimo nos custos logísticos relativos à distribuição do produto entre usinas e bases. Pode-se perceber também a deflação nos valores em

2020 devido a implantação de novas usinas, que acontece no decorrer do tempo.

6 CONCLUSÕES

No atual ambiente de expansão do comércio de biocombustíveis no Brasil se faz oportuna a elaboração de estudos que permitam a otimização do mercado e que possam representar o seu comportamento sob o ponto de vista de custos logísticos e de distribuição desses combustíveis no país.

O presente trabalho teve como um dos seus objetivos a avaliação de um estudo de localização na logística de transporte de biocombustíveis apoiada em uma ferramenta SIG.

Foi demonstrado que esse tipo de sistema, além de auxiliar na gestão territorial através da necessidade de implantação de infraestrutura, também é considerado uma tecnologia adequada à realização de estudos dessa natureza, pela confiabilidade e objetividade dos dados obtidos, facilitando o processo de planejamento e gerenciamento, e auxiliando o processo de tomada de decisão.

Para possibilitar o uso do modelo recorreu-se a um conjunto de ferramentas disponíveis no programa como a análise e a visualização de dados georreferenciados, caminhos mínimos entre origem e destino e área de influência de usinas em relação às bases de distribuição.

Através do método aplicado, foi possível obter as informações e estudar as melhores localizações para as usinas de biodiesel. Além da geração de imagens, visualização das rotas de caminho mínimo e modais de transporte (rodoviário e ferroviário).

Com as informações obtidas através do Sislog pode-se concluir que esse software atende as funcionalidades exigidas de um SIG como visualização e geração de dados geográficos e ainda cumpre com sua essência, de ser um sistema de análise de transportes.

O desenvolvimento do método proposto possibilitou contribuir para o aperfeiçoamento da ferramenta Sislog com

sugestões dadas aos técnicos que trabalham na implantação de funcionalidades no sistema. Cabe destacar que, a utilização dessa ferramenta foi fundamental para alcançar os objetivos propostos.

Com os dados provenientes da simulação de construção de uma usina através do Sislog, abre-se um leque de possibilidades de utilização dessas informações, como: estimar mercados consumidores e de matéria-prima a curto, médio e longo prazo; definir o lucro e os custos de implantação de uma usina, e auxiliar a fase de projeto ou o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica da obra - EVTE.

Através da bibliografia pesquisada, pôde-se perceber as diversas utilizações dos SIG, adequando-se sempre às necessidades e exigências do mercado. Destaca-se principalmente os modelos matemáticos embutidos e inseridos nos sistemas utilizados com o objetivo de analisar a localização de instalações e auxiliar a área de gestão e planejamento territorial e aprimoramento do gerenciamento do transporte.

As cidades indicadas na análise dos resultados tiveram maior destaque, ao analisarmos os fluxos entre as usinas e bases de distribuição, para receberem investimentos voltados à produção de biodiesel. Cabe, portanto, principalmente nos pontos próximos aos grandes centros, complementar esses resultados envolvendo a parte de abastecimento de matéria-prima na usina.

No mesmo sentido vale ressaltar que a decisão por melhores locais para construção de usinas, como para qualquer outro empreendimento de grande porte, deve sempre levar em primeiro plano a questão ambiental como a preservação de cinturões verdes ao redor das grandes cidades e a utilização de áreas que não tenham sido utilizadas para a produção de alimentos.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como proposta para trabalhos futuros, iniciativas de distribuição direta de biodiesel entre usinas e centros consumidores (postos) sem passar pelas bases de distribuição são cenários que merecem ser estudados visto que os custos de

transporte do produto podem cair significativamente uma vez que além da economia no transporte não é necessário às movimentações de transbordo. Assim como cenários envolvendo a possibilidade de exportação do biocombustível produzido e o fornecimento do combustível nos portos brasileiros como fonte de energia para embarcações marítimas.

A análise dos fluxos nos diferentes modais é algo que pode servir como um estudo logístico à parte, mostrando com o passar do tempo como ficará a matriz de transporte para determinado tipo de produto, podendo servir de base para investimentos em infraestrutura.

Seguindo a mesma linha de raciocínio podem ser realizados estudos detalhados sobre a capacidade de vias e a verificação de pontos críticos como portos, terminais e cidades onde esteja passando um grande volume de mercadorias.

Especificamente para estudos envolvendo o Sislog, podem ser implantados algoritmos que facilitem o trabalho de localização de instalações, como o p-mediana, possibilitando a caracterização de pontos de origem e destino de produtos, capacidade de armazenagem, assim como modelos de roteirização para a entrega de produtos e coleta de matéria-prima.

Enfim, observando o comportamento da distribuição de combustíveis no Brasil e no mundo, uma infinidade de possibilidades pode ser simulada através dos SIG e mesmo com o advento de outras formas limpas de energia ou outros produtos quaisquer o seu uso pode ser ampliado com objetivo de trazer economia e agilidade na logística de transporte.

Sugere-se para outros estudos a análise de viabilidade econômica dos biocombustíveis levando em consideração a cadeia completa de sua produção e o advento de outras alternativas energéticas limpas e renováveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Demonstrativo de Controle de Produtos. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dcp/index.asp>>. Acesso em: 14 abr. 2007a.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Resolução nº42, Especificação para a comercialização de biodiesel (2004). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petro/legis_biodiesel.asp>. Acesso em: 28 out. 2007b.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. Capacidade autorizada de plantas de produção de biodiesel. Disponível em: <www.anp.gov.br/biocombustiveis/capacidade_plantas.asp>. Acesso em: 15 out. 2007c.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. Logística do biodiesel. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/doc/biodiesel/GT%20BIO%20DIESEL%20-%201%C2%AA%20reuni%C3%A3o%2018%20mai%2006%20-%20MME.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2007d.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Principais fontes do biodiesel brasileiro. Disponível em: <<http://www.webtranspo.com.br/modais/rodoviario/13301-biodiesel-nao-pode-depender-da-soja-diz-lula.html>>. Acesso em: 24 out. 2009a.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Volume de petróleo refinado nas refinarias nacionais. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/doc/dados_estatisticos/Processamento_d_e_Petroleo_m3.xls>. Acesso em: 15 mar. 2009b.

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Disponível em: <www.abiove.com.br>. Acesso em: 15 out. 2007.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4ª ed. Tradução: Elias Pereira. Porto Alegre, Bookman, 2001. 532 p.

BELTRÃO, S. C.. Superintendência de Abastecimento da Agência Nacional do Petróleo. O papel da ANP no abastecimento e regulação do biodiesel. 4º Seminário Internacional em Logística Agroindustrial ESALQ/USP. Piracicaba, março de 2007. Disponível em: <http://log.esalq.usp.br/home/pt/zip/2007/beltrao_anp.zip>. Acesso em: 10 out. 2008.

BIODIESEL BR. Biodiesel na Malásia. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/mundo/biodiesel-malasia.htm>>. Acesso em: 18 out. 2007a.

BIODIESEL BR. Principais pontos na logística do biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/economia/biodiesel-logistica.htm>>. Acesso em: 18 out. 2007b.

BIODIESEL BR. Processo de produção de biodiesel por craqueamento. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/processo-producao/craqueamento.htm>>. Acesso em: 18 out. 2007c.

BIODIESEL BR. Processo de produção de biodiesel por esterificação. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/processo-producao/esterificacao.htm>>. Acesso em: 18 out. 2007d.

BIODIESEL BR. Glicerina, sub-produto do biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/glicerina/biodiesel-glicerina.htm>>. Acesso em: 20 out. 2008.

BIODIESEL BR. Matérias-primas para o biodiesel no Brasil. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/lula-diversificacao-producao-biodiesel-23-10-09.htm>>. Acesso em: 24 out. 2009.

BÓRIO C. B.. Um modelo utilizando um sistema de informação geográfica de apoio à logística do transporte rodoviário de veículos. Dissertação de Mestrado em Cadastro Técnico

Multifinalitário. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

BUARQUE, C. Avaliação econômica de projetos. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1984.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; MEDEIROS, J. S. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2004.

CARRARA, C. M.. Uma aplicação do SIG para localização e alocação de terminais logísticos em áreas urbanas congestionadas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2007

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. Definição de logística. Disponível em: <<http://www.mi-clm.org/>>. Acesso em: 16 out. 2007.

GOUVEIA, Luis M. B.. Logística e Gestão de Distribuição. Porto, 1995. Disponível em: <http://www2.ufp.pt/~lmbg/textos/ldg/ldg_ap2.pdf>. Acesso em: 16 out. 2007.

JUNQUEIRA, G.. O biodiesel como um dos fatores diferenciados para a logística de transporte. Venture Partners do Brasil – VPB. 4º Seminário Internacional em Logística Agroindustrial (2007). Disponível em: <http://log.esalq.usp.br/home/pt/zip/2007/junqueira_polo.zip>. Acesso em: 10 out. 2008.

JUSBRAZIL. Com mais biodiesel misturado ao diesel, queda no preço deve ser menor. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/politica/2736909/com-mais-biodiesel-misturado-ao-diesel-queda-no-preco-deve-ser-menor>>. Acesso em: 30 jun. 2009.

LABTRANS - Laboratório de Transportes e Logística. Manual do Usuário do Sistema Sislog. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

LABTRANS – Laboratório de Transportes e Logística. Estudos para caracterização e aprimoramento operacional de fluxos de cargas e passageiros no transporte terrestre. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, outubro de 2007.

LEIRAS, A.. A cadeia produtiva do biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC/RJ. Rio de Janeiro, 2006.

LIMA, M. P.. Custos logísticos na economia brasileira. Coppead/UFRJ. Revista Tecnológica. Rio de Janeiro, janeiro de 2006.

LIMA, R. S. Bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes. 200p. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

LORENA, L. A. N.; SENNE, E. L. F.; PAIVA, J. A. C.; PEREIRA, M. A. Integração de modelos de localização a Sistemas de Informações Geográficas. Gestão e produção, v. 8, n. 2, p. 180-195. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2007.

MAPA, S. M. S. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta suporte a estudos de localização e roteirização. XII SIMPEP, Bauru-SP, 2005.

MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S.; MENDES, J. F. G.. Localização de instalações com o auxílio de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e modelagem matemática. XXVI ENEGEP – Fortaleza, outubro, 2006

NAPPO, M.. Coordenador de Economia e Estatística – ABIOVE. A Indústria de Óleos Vegetais e o Biodiesel no Brasil. 1º Fórum Brasil-Alemanha Sobre Biocombustíveis. São Paulo, novembro de 2004.

NARUO, M. K. O estudo do consórcio entre os municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando Sistemas de Informações Geográficas. São Carlos. 283p. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

NETO, M. C.. Usinas de biodiesel no Brasil. Disponível em: <<http://usinasbr.blogspot.com/2008/04/usinas-de-biodiesel-no-brasil.html>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

NOGUEIRA, L. A. H. Biocombustíveis no Brasil. Universidade Federal de Itajubá/MG (2006). Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/9714070/Biocombustiveis-No-Brasil>>. Acesso em: 20 out. 2008.

NOVAES, A G.. Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física e Produtos. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1989.

PNPB. Programa Nacional de Produção de Biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/programa.html>>. Acesso em: 10 nov. 2007.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A. Plano de Negócios, 2007. Disponível em: <<https://www.petrobras.com.br/ri/port/ApresentacoesEventos/ConfTelefonicas/pdf/PlanoNegocios20072011Port.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2007.

PORTO F. C. U.. Departamento de ciências de computadores. Problemas de otimização: definições. Disponível em: <<http://www.ncc.up.pt/~jpp/cia/node43.html>>. Acesso em: 13 fev. 2008.

ROMERO, B. de C. Análise da Localização de Plataformas Logísticas: aplicação ao caso do ETSP – Entrepasto Terminal São Paulo – da CEAGESP. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

SILVA, Marcos Roberto. Uma Contribuição ao Problema de Localização de Terminais de Consolidação no Transporte de

Carga Parcelada. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

THOMÉ, R.. Interoperabilidade em Geoprocessamento: Conversão entre Modelos Conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e Comparação com o Padrão Open Gis. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, 1998.

VOLPI, E. M. Geoprocessamento. Disponível em: <<http://www.geocities.com/SiliconValley/Station/2678>>. Acesso em: 22 nov. 2006.

XAVIER, C. E. O.. Cenário Atual da Distribuição de Álcool sob as Óticas dos Produtores e Tradings. 4º Seminário Internacional em Logística Agroindustrial (2007). Disponível em: <http://log.esalq.usp.br/home/pt/zip/2007/xavier_esalqlog.zip>. Acesso em: 10 out. 2008.

XAVIER, C. E. O.. Localização de tanques de armazenagem de álcool combustível no Brasil: aplicação de um modelo matemático de otimização. Dissertação de Mestrado em Ciências (Economia Aplicada) Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2008.

XAVIER, M.. Biocombustíveis – Mercado interno, mercado internacional, logística e tributação. FIESP – Federação das Industrias do Estado de São Paulo. Disponível em: <[HTTP://www.fiesp.com.br/agencianoticias/2007/09/14/bio_transporte_milton_xavier13092007.pdf](http://www.fiesp.com.br/agencianoticias/2007/09/14/bio_transporte_milton_xavier13092007.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2007.

ANEXO A