



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

Mapeamento e Projeção do Consumo de Óleo Diesel no Brasil

Lucas Pereira Caetano

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção da Escola Politécnica,
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientadora: Rosemarie Bröker Bone

Rio de Janeiro
Dezembro de 2013

MAPEAMENTO E PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NO BRASIL

Lucas Pereira Caetano

PROJETO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

Examinada por:

Prof. Rosemarie Bröker Bone DSc. (Orientadora)

Prof. Paulo Couto DSc.

Prof. Thereza Cristina Nogueira de Aquino DSc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

Dezembro de 2013

Lucas Pereira Caetano

Mapeamento e Projeção do Consumo de Óleo Diesel no Brasil– Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

X, 67 p

Orientadora: Rosemarie Broker Bone

Projeto Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia de Produção, 2013.

Referencias Bibliográficas: p.64-66.

1.Óleo Diesel 2.Derivados 3.Projeção de Demanda
4.Método Forward I. Broker Bone, Rosemarie II.
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Curso de Engenharia de Produção. III. Titulo.

À dedicação de meus pais e avós,
que permitiram que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Dimitri e Márcia Caetano, sempre os maiores entusiastas e incentivadores de meus estudos, e que muitas vezes se sacrificaram para que eu tivesse todas as oportunidades na vida; e ao meu irmão Breno Caetano, com o qual eu aprendo algo todos os dias.

Aos meus avós Laurito e Tatiana Caetano e Osmar José e Maria Onete Pereira, que, na rara ausência dos meus pais, souberam me educar e me impor limites, sem perder a ternura e o carinho que sempre se encontra na casa dos avós.

À minha grande família, repleta de tios e primos, que me enchem de alegria a cada vez que nos reunimos. Um agradecimento destacado aos meus compadres Carlos Alberto Camponez e Michelle Madeira, que me presentearam com o meu afilhado Pedro, que ilumina a vida de todos ao seu redor.

Aos meus companheiros de profissão Rodrigo, Lucimar e Thales Dantas, assim como Reginaldo Castro, que me inspiraram e incentivaram a cursar a Engenharia.

Aos meus amigos do colégio e de infância que, após tantos anos, continuam ao meu lado e, mesmo nos momentos mais críticos, não me deixaram esmorecer.

Aos meus companheiros de faculdade e trabalho, que participaram intensamente do meu desenvolvimento, com agradecimentos especiais a Evelyn Costa, Marcos D'Elia e Luís Pereira, sem os quais esse trabalho não seria idealizado ou concretizado.

À minha professora e orientadora Rosemarie Broker Bone, que me ajudou de todas as formas possíveis a atingir os meus prazos para esse trabalho, por mais apertados que estes fossem.

A Deus, que me protege e acompanha, apesar do meu deísmo.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

MAPEAMENTO E PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NO BRASIL

Lucas Pereira Caetano

Dezembro/2013

Orientadora: Rosemarie Bröker Bone

Curso: Engenharia de Produção

O presente trabalho trata de um mapeamento do mercado e projeção de consumo de óleo diesel no Brasil, utilizando de uma análise descritiva do setor e de ferramentas estatísticas para projetar o consumo desse combustível em um horizonte de 4 anos. A importância do óleo diesel para a economia nacional, assim como a importância do setor de transporte rodoviário para o consumo de óleo diesel são comprovados nesse estudo, que também exemplifica a aplicação de uma metodologia específica de projeção, denominada método *forward* de Regressão Múltipla, além de realizar diversos testes de correlação entre diversas variáveis relevantes para o consumo. Ciente dessa importância estratégica do óleo diesel para a produtividade do país, esse estudo buscou, através da análise do consumo projetado, encontrar oportunidades que o futuro reserva para o setor, assim como necessidades e dificuldades que serão enfrentadas por ele.

Palavras-chave: Óleo Diesel, Derivados, Projeção de Consumo, Método Forward

Abstract of the Graduation Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Industrial Engineer.

DEMAND MAPPING AND PROJECTION OF DIESEL OIL IN BRAZIL

Lucas Pereira Caetano

December/2013

Advisor: Rosemarie Bröker Bone

Course: Industrial Engineering

This study addresses a demand mapping of the diesel Market, and a demand projection for this oil product in Brazil, using a descriptive analysis of the sector and statistic tools to project this oil consumption in a 4 years horizon. The importance of the diesel oil for the national economy, as well as the importance of the road transport sector for the diesel consumption, are proved in this study, that also is an example of how to use a specific projection methodology called *Forward Methodology for Multiple Regressions*, and realizes a variety of correlation tests between variables considered relevant for the oil consumption. Aware of the strategic importance of the diesel oil for the Brazilian economy, this study seeks opportunities in the market, as well as gaps and needs that will have to be handled by it.

Keywords: Diesel Oil, Oil Products, Consumption Projection, Forward Method

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Relevância do Tema.....	1
1.2.	Objetivos.....	1
1.3.	Método de pesquisa e estrutura do trabalho.....	2
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	4
2.1.	O que é Óleo Diesel.....	4
2.2.	Biodiesel.....	6
2.3.	A Importância do Óleo Diesel.....	9
2.4.	Mercado.....	13
2.4.1.	Consumo.....	13
2.4.2.	Produção.....	18
2.4.3.	Distribuição.....	20
2.4.4.	Preço.....	22
2.4.1.	Exportação e Importação.....	23
2.5.	Principais Problemas do Óleo Diesel Brasileiro.....	25
2.5.1.	Alto Teor de Enxofre.....	26
2.5.2.	Degrabilidade do Óleo Diesel B5.....	28
2.5.3.	Adulteração de Combustíveis.....	29
3.	REFERÊNCIA METODOLÓGICA.....	30
3.1.	Metodologias de Projeção.....	30
3.1.1.	Projeções Macroeconômicas.....	31
3.1.2.	Projeções com Desagregação Setorial.....	32
3.1.1.	Outras Metodologias de Projeção.....	33
3.2.	Metodologias de Validação de Variáveis.....	35
4.	CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	37
4.1.	Validação de Variáveis.....	39
4.1.1.	Regressões.....	39
4.1.1.1.	Nível de Atividade Econômica e PIB.....	39
4.1.1.2.	Preço.....	41
4.1.1.3.	Movimentação de Cargas.....	43
4.1.1.4.	Frota Diesel Circulante.....	45
4.1.1.5.	Geração de Energia Elétrica.....	46
4.1.1.6.	Importação e Exportação.....	48
4.1.2.	Matriz de Correlação.....	51
4.2.	Método Progressivo.....	52
4.3.	Projeção de Variáveis.....	53
5.	RESULTADOS.....	55
5.1.	Resultados do Modelo.....	55
5.2.	Validação das Projeções.....	56
5.3.	Impactos no mercado.....	58
6.	CONCLUSÃO.....	60
6.1.	Setores usuários de diesel.....	60
6.2.	Oportunidades.....	61
6.3.	Limitações da Projeção.....	61
6.4.	Considerações Finais.....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do Processo de Destilação Fracionada	4
Figura 2: Sistema de Aquecimento Solar em Oinofyta, Grécia	12
Figura 3: Saldo entre importações e exportações de diesel para as diversas regiões	24
Figura 4: Projeção das Porcentagens de Consumo por Tipo de Diesel, 2009-2020.....	27
Figura 5: Limite máximo de enxofre nas especificações vigentes de óleo diesel rodoviário em 2010 por país.....	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem de Produção de Biodiesel por Origem de MP, AGO/2013	6
Gráfico 2: Histórico de Produção de Biodiesel na Região Centro-Oeste, 2012-2013	7
Gráfico 3: Histórico de Produção de Biodiesel na Região Sul, 2012-2013	7
Gráfico 4: Porcentagem de Vendas e Produção em 2012, por Combustível, 2012.....	10
Gráfico 5: Evolução do Comportamento do PIB e da Demanda de Diesel, 1995-2011	11
Gráfico 6: Consumo de Derivados de Petróleo no Brasil, 1970-2006	13
Gráfico 7: Crescimento Relativo do Consumo de Derivados de Petróleo no Brasil, 1970-2006	14
Gráfico 8: Evolução do Consumo Mundial de Derivados de Petróleo, 1972-2008	14
Gráfico 9: Histórico de Vendas de Óleo Diesel pelas Distribuidoras, 2000-2012.....	15
Gráfico 10: Consumo Total de Derivados de Petróleo e Gás Natural por Setor, 1973-2011	16
Gráfico 11: Consumo Percentual no Setor de Transportes por Modal, 2012.....	17
Gráfico 12: Histórico de Vendas de Óleo Diesel por Região (m ³), 2000-2012	17
Gráfico 13: Histórico de Produção das Refinarias e Venda das Distribuidoras, 2000-2012	18
Gráfico 14: Produção de Óleo Diesel por Refinaria, 2012.....	19
Gráfico 15: Produção de Óleo Diesel por Estado, 2012.....	20
Gráfico 16: Participação das Distribuidoras nas Vendas de Óleo Diesel, 2012.....	22
Gráfico 17: Comparação dos preços do diesel nos mercados internacional e nacional, 2006-2012.....	23
Gráfico 18: Saldo líquido entre importações e exportações de óleo diesel, em volume, 1970-2005	25
Gráfico 19: Consumo de Óleo Diesel (m ³) x PIB (10 ⁹ x R\$), 2000-2012.....	40
Gráfico 20: Regressão Linear entre o Consumo de Óleo Diesel e o PIB	40
Gráfico 21: Consumo de Óleo Diesel (m ³) e Preço do Diesel (R\$), 2000-2012	42
Gráfico 22: Regressão Linear entre o Consumo e o Preço do Diesel.....	42
Gráfico 23: Consumo de Óleo Diesel (m ³) e Movimentação Rodoviária (10 ⁶ t-km), 2000-2012.....	44
Gráfico 24: Regressão Linear entre Consumo e Movimentação Rodoviária	44
Gráfico 25: Consumo de Óleo Diesel (m ³) e Frota Diesel (Número de Veículos), 2000-2012	45
Gráfico 26: Regressão Linear entre Consumo e Frota Diesel	46
Gráfico 27: Consumo de Óleo Diesel (m ³) e Geração de Energia (GWh), 2000-2012..	47
Gráfico 28: Regressão Linear entre Consumo e Geração de Energia	48
Gráfico 29: Consumo de Óleo Diesel (m ³) e Importações (m ³)	49

Gráfico 30: Consumo de Óleo Diesel (m ³) e Exportações (m ³)	49
Gráfico 31: Regressão Linear entre Consumo e Importação.....	50
Gráfico 32: Regressão Linear entre Consumo e Exportação.....	50
Gráfico 33: Evolução dos F's ao longo dos passos	53
Gráfico 34: Cenários para Movimentação de Cargas, 2000-2016.....	54
Gráfico 35: Projeções da Demanda de Óleo Diesel, por Cenário, 2000-2016	55
Gráfico 36: Histórico da razão entre o consumo em novembro ou dezembro e a soma do consumo entre janeiro e outubro	57
Gráfico 37: Projeção da Capacidade de Refino por Derivado, 2012-2020	58
Gráfico 38: Projeção do Saldo entre Consumo e Capacidade Produtiva de Óleo Diesel, 2013-2016.....	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e o PIB	41
Tabela 2: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e o Preço do Diesel	43
Tabela 3: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e a Movimentação de Cargas	45
Tabela 4: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e a Frota Diesel	46
Tabela 5: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e a Geração de Energia ..	48
Tabela 6: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo, a Importação e a Exportação	51
Tabela 7: Matriz de Correlação de Pearson.....	52
Tabela 8: Histórico e Projeção do Consumo de Óleo Diesel por Cenário	56

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação Teórica do Modelo de Regressão Linear Simples	53
Equação 2: Equação Resultante do Modelo	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ajuste da Movimentação de Cargas para uma Equação de 2o Grau	67
Anexo 2: Ajuste da Movimentação de Cargas para uma Equação Exponencial.....	67

1. Introdução

1.1. Relevância do Tema

Em 1796, após descrever a construção e estrutura de um poço em Baku, no Azerbaijão, do qual era extraído óleo mineral, I. T. Drenyakin complementou: “(...) Além disso, em muitos lugares existem fontes que produzem óleo negro, usado gratuitamente pelos residentes para lubrificarem as rodas das suas carroças.” (ALIEVA, 2009). Hoje, mais de 200 anos após esse relato, tanto a importância econômica do petróleo quanto a sua gama de aplicações aumentaram exponencialmente.

Segundo Maugeri (2006), nenhum outro recurso teve um impacto tão grande na geografia do nosso mundo, ou na forma como a nossa sociedade interage ou é organizada. Podemos dizer que grande parte do conforto e comodidade dos dias de hoje só são possibilitados com o uso direto e indireto do petróleo e dos seus diversos derivados, e suas aplicações são inúmeras e espalhadas por diversos setores: transporte, geração de energia, indústria, etc.

Os derivados de petróleo mais conhecidos são descritos por Silva (2010) como sendo: gás liquefeito (GLP ou gás de cozinha), gasolina, nafta, óleo diesel, querosene de aviação (QAV) e de iluminação, óleo combustível, asfalto, lubrificante, combustível marítimo, solventes, parafinas e coque de petróleo. Entre eles, o mais representativo é o óleo diesel (tanto em volume consumido quanto em importância e dispersão entre os setores da economia).

A importância estratégica do óleo diesel para a produtividade do país pode ser notada tanto pelo alinhamento do seu consumo com importantes indicadores econômicos, quanto pelas políticas governamentais de regulação do preço e investimentos em capacidade instalada desse insumo. Em um setor complexo como o desse derivado, é preciso compreender profundamente as suas dinâmicas de produção e de consumo, de forma a antecipar tendências, necessidades e nichos passíveis de serem explorados economicamente.

1.2. Objetivos

Um dos principais objetivos desse trabalho é mapear o mercado de óleo diesel no Brasil, verificando o grau de importância do modal rodoviário no modelo viário. O setor de

derivados, como um todo, possui uma dinâmica diferente de outros setores (como bens de consumo ou produtos da indústria de base, por exemplo) e seu entendimento precisa ser ainda aprofundado, de forma que decisões possam ser embasadas não através de conhecimentos tácitos e subjetivos (mais sujeitos ao viés e à manipulação), mas de forma científica e estruturada.

Ainda nessa linha, é também um objetivo (específico) desse trabalho fornecer mais *inputs* para tomadas de decisões (previsões de capacidade e demanda, aspectos técnicos, projeções de crescimentos setoriais, principais barreiras, etc.) que tangenciam posicionamento estratégico, ações governamentais, investimentos estruturais (Ex: capacidade produtiva) e de infraestrutura (Ex: capacidade portuária de escoamento), etc (HAYES et al., 2008).

Finalmente, é natural (e se torna mais um dos objetivos específicos desse trabalho) que na trajetória para compreender o funcionamento do consumo sejam validadas relações com diversas variáveis econômicas e operacionais que possam estar relacionadas com essa demanda, de forma que, projetando essas variáveis, seja possível projetar também o consumo agregado do óleo diesel em si. Mais do que a projeção do consumo, esse trabalho irá procurar validar, estatisticamente, essas relações, explicando de forma objetiva cada passo e decisão de incluir no modelo econômico (ou excluir dele) algumas variáveis.

1.3. Método de pesquisa e estrutura do trabalho

Esse estudo se estruturou em uma análise descritiva do mercado de óleo diesel, que serviu como ferramenta para o levantamento e validação de variáveis que poderiam explicar o consumo de óleo diesel em nível nacional. Uma vez validadas, essas variáveis seriam inseridas no modelo através do método *forward* (progressivo) de regressão linear múltipla, até que ele atingisse o seu poder máximo de explicação, segundo critérios que serão explicados mais adiante. Uma vez pronto o modelo, são construídos cenários que projetam as variáveis independentes, de forma que a variável dependente, que é também o objeto de estudo desse trabalho, possa ser também projetada.

Sendo assim, o primeiro capítulo deste estudo dedica-se a realizar uma introdução sobre o assunto e a sua relevância, incluindo também os objetivos do trabalho, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, é realizada uma contextualização do diesel no Brasil, analisando esse mercado como um todo: principais ofertantes, principais demandantes, tipos de óleo diesel, tipos de consumo, e uma série de outras análises que nos permitam separar, de forma empírica, um número de variáveis nas quais hipóteses de correlação e significância podem ser testadas.

No terceiro capítulo é realizada primeiramente uma revisão bibliográfica do assunto, relacionada às diversas metodologias de projeção de demanda e consumo de derivados. Para isso, foram usados teses e artigos acadêmicos relacionados, assim como relatórios e publicações realizadas tanto por órgãos do setor público, como a Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis (ANP), o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE); como do setor privado, por exemplo: o Instituto de Logística e *Supply Chain* (ILOS). Com o embasamento dessa revisão bibliográfica, são escolhidas as metodologias estatísticas de validação de relações e de construção do modelo de projeção.

A validação das variáveis e a construção efetiva do modelo compõem o quarto capítulo desse trabalho. Para validar as variáveis são utilizadas técnicas estatísticas como a análise da matriz de correlação entre as variáveis independentes, e modelos de regressão linear simples entre as variáveis independentes ($X_1, X_2, X_3, \text{etc.}$) e a variável dependente (Y). Na construção do modelo, foi utilizado o método *forward* (progressivo), um dos procedimentos padrões para se chegar a um modelo de regressão linear múltipla.

No quinto capítulo, são apresentados os resultados do modelo, nos quais são realizadas análises qualitativas e de sensibilidade. Além disso, são verificados os impactos que esse número poderá ter para o setor.

No sexto e último capítulo deste trabalho são apresentadas conclusões sobre os setores usuários de Diesel, as suas carências no mercado brasileiro, e quais as oportunidades nesse cenário projetado. Além disso, serão explicadas as limitações do modelo, de forma a incentivar outros estudos que aprofundem o conhecimento científico do funcionamento do setor de derivados de petróleo.

2. Contextualização

2.1. O que é Óleo Diesel

O óleo diesel é um derivado do petróleo utilizado em motores de combustão interna e ignição por compressão (também chamados motores do Ciclo Diesel e que possuem rendimento superior aos motores do Ciclo Otto, ou seja, alimentados por gasolina ou etanol), que, por sua vez, possuem grande aplicação em diversas áreas do setor econômico. Os motores do ciclo diesel estão presentes em carros, ônibus, caminhões, pequenas embarcações marítimas, máquinas industriais de grande porte, locomotivas, navios e geradores estacionários (SANTANA, 2012).

O processo produtivo do óleo diesel ocorre na refinaria, onde ele é separado dos outros derivados (que diferem, entre outras coisas, no número de carbonos por molécula) através de destilação fracionada. Na destilação fracionada, o petróleo é colocado em uma caldeira, forno ou fornalha, e ligado a uma torre de destilação com diferentes níveis. Também chamados de pratos ou bandejas. Esses níveis possuem borbulhadores, pelos quais passam as frações no estado gasoso, e a temperatura da torre diminui de acordo com o aumento da altura¹. O processo pode ser visto na Figura 1.

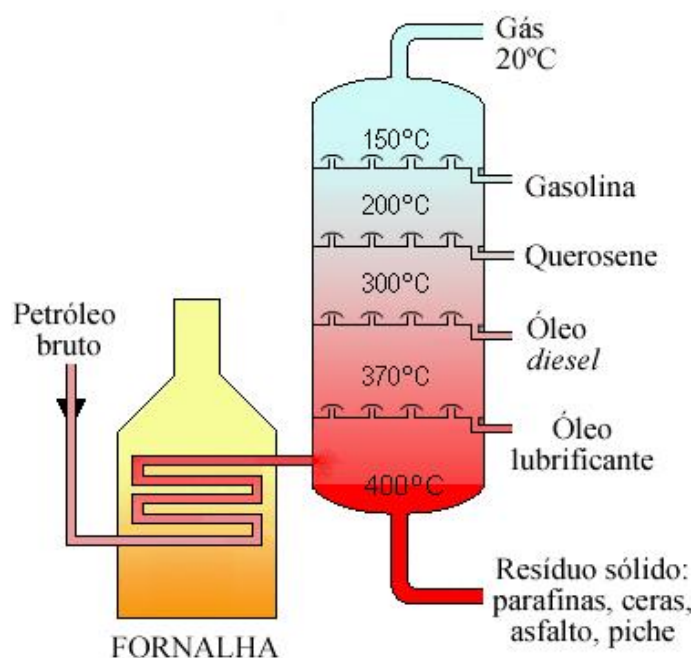


Figura 1: Esquema do Processo de Destilação Fracionada
Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/refino-petroleo.htm>

¹ Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/refino-petroleo.htm>

Existem diversas formas de se classificar o óleo diesel. Uma das mais primárias é a classificação por tipo de uso: óleo diesel rodoviário, marítimo, agropecuário, industrial e de geração elétrica. A regulamentação da comercialização desse derivado no Brasil foi feita pela ANP (2011) e pode ser verificada na sua Resolução no. 65, que aprofunda especialmente para o óleo diesel rodoviário. Segundo o artigo 2º dessa Resolução:

“Para efeitos desta Resolução o óleo diesel de uso rodoviário classifica-se em:

I - Óleo diesel A: combustível produzido por processos de refino de petróleo, centrais de matérias-primas petroquímicas ou autorizado nos termos do § 1º do art. 1º desta Resolução, destinado a veículos dotados de motores do ciclo Diesel, de uso rodoviário, sem adição de biodiesel;

II - Óleo diesel B: óleo diesel A adicionado de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente.”

Apesar de definir o óleo diesel A como “destinado a veículos (...) de uso rodoviário”, a própria resolução elimina esse uso direto do óleo diesel A no transporte rodoviário através do artigo 6º:

“O óleo diesel B de uso rodoviário comercializado no país deverá conter biodiesel em percentual determinado pela legislação vigente.”

De acordo com essa primeira classificação, podemos nos referir mundialmente ao óleo diesel explicitando se ele tem ou não tem adição de biodiesel, assim como a quantidade desse biocombustível que foi introduzida na mistura, através da seguinte terminologia: A (sem biodiesel) ou B (com biodiesel), seguido da porcentagem de biodiesel, em número absoluto. Utilizando como exemplo a conjuntura atual, na qual está regulamentado na Resolução ANP no. 14, que se misture sempre 5% de biodiesel ao diesel antes de comercializá-lo e, com isso, ele passa a ser chamado de Óleo Diesel B5 (ANP, 2012).

Podemos ainda classificar o óleo diesel rodoviário pelo seu teor máximo de enxofre presente na composição (mg/kg). As faixas limítrofes são 10, 50, 500 e 1800 mg/kg, e a nomenclatura do produto, segundo essa classificação, é composta da letra S (Símbolo do enxofre na tabela periódica), seguida da faixa na qual o diesel está inserido. O óleo diesel com menos de 10 mg de enxofre por kg é conhecido como S10. É comum a

combinação das 2 classificações, indicando ao mesmo tempo se já houve a adição de biodiesel e a quantidade de enxofre (Por exemplo, Óleo Diesel A S500) (ANP, 2011).

O enxofre é um elemento químico indesejável, tanto do ponto de vista dos motores, pois corrói as suas partes metálicas, quanto do ponto de vista ambiental, no que diz respeito às emissões de SO₂ e SO₃. Por conta disso, está regulamentado que todo o óleo diesel do tipo S50 (A ou B) deveria ser substituído pelo tipo S10, a partir de janeiro de 2013, e todo o óleo diesel do tipo B S1800 deveria ser substituído pelo óleo diesel B S500 (ANP, 2011).

2.2. Biodiesel

O biodiesel é um combustível renovável de queima limpa, derivado de óleos vegetais (extraídos da soja, do girassol, da mamona, do babaçu e de demais oleaginosas), ou de gorduras animais (porco, frango, gado, etc.). No Brasil, as matérias primas de origem vegetal e animal mais representativas na produção de óleo diesel são, respectivamente, a soja e a gordura bovina, originando mais de 94% de toda a produção nacional do mês de agosto de 2013, por exemplo. Podemos verificar esses e outros percentuais menores no Gráfico 1.

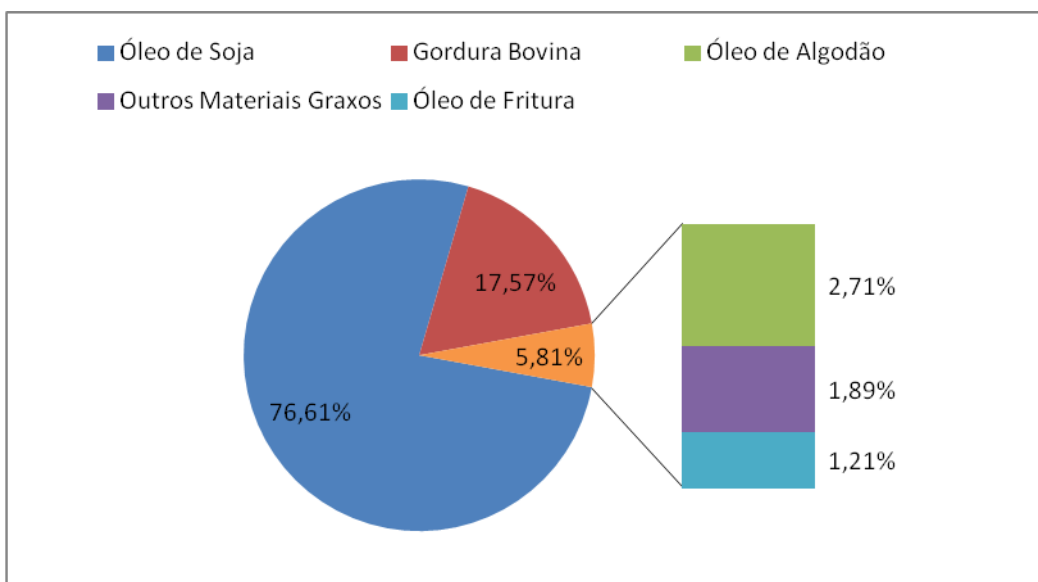


Gráfico 1: Porcentagem de Produção de Biodiesel por Origem de Matéria Prima, Ago./2013
Fonte: Elaboração própria com dados ANP (2013).

Por necessitar de colheita, a soja poderia ficar sujeita a uma certa sazonalidade, mas se analisarmos o histórico recente de produção no Brasil, as 2 regiões mais produtivas (Centro-Oeste e Sul, em ordem decrescente) possuem produção relativamente estável, o que diminui a força dessa sazonalidade esperada. Essa estabilidade pode ser vista nos Gráficos 2 e 3, com o histórico recente das porcentagens de biodiesel produzido de óleo de soja e gordura bovina.

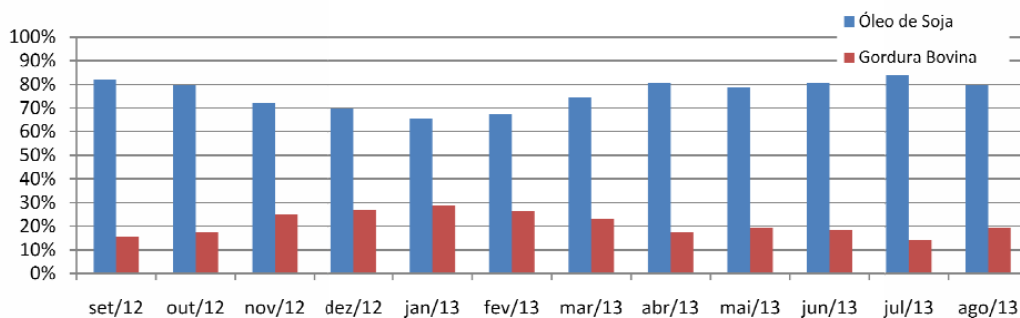


Gráfico 2: Histórico de Produção de Biodiesel na Região Centro-Oeste, 2012-2013
Fonte: Boletim Mensal de Biodiesel (ANP, 2013)

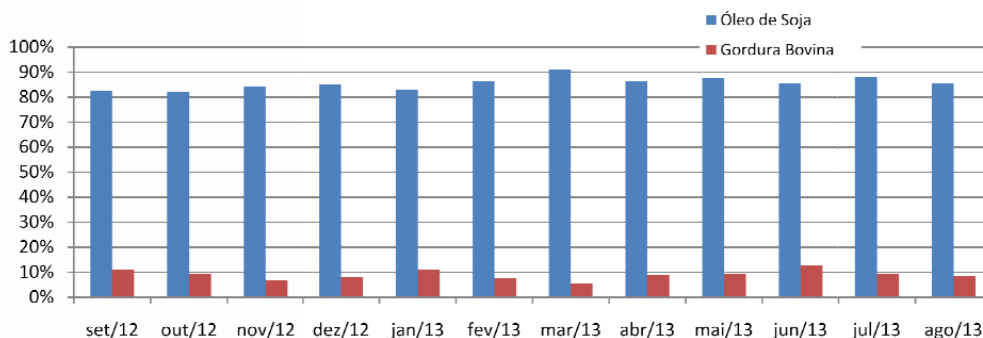


Gráfico 3: Histórico de Produção de Biodiesel na Região Sul, 2012-2013
Fonte: Boletim Mensal do Biodiesel (ANP, 2013).

Podemos resumir o seu processo produtivo da seguinte forma: o óleo retirado das plantas ou da gordura animal é misturado com álcool (ou metanol) e depois estimulado por um catalisador, que é um produto usado para provocar uma reação química entre o óleo e o álcool. Depois o óleo é separado da glicerina (usada na fabricação de sabonetes) e filtrado².

Podendo ser usado em motores a diesel, as misturas em proporções volumétricas entre 5% e 20% são as mais usuais, sendo que para a mistura B5, não é necessário nenhuma

² Fonte: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/o-que-e-biodiesel.htm>

adaptação dos motores. Por conta disso, a regulamentação vigente, no intuito de estimular a produção nacional de biodiesel, somente autoriza a venda do óleo diesel rodoviário se ele for do tipo B5. Além disso, ainda na linha de estimular o desenvolvimento tecnológico na área do biodiesel, o governo vem realizando chamadas públicas para pesquisas através do Ministério da Ciência e Tecnologia, estimulando a curva de aprendizado e tornando o biodiesel nacional mais competitivo, da mesma forma que foi feito com o álcool, em um passado recente³.

Por volta de 1970, após estudos desenvolvidos na Universidade Federal do Ceará, o Brasil obteve uma patente para fabricação de biodiesel com exclusividade, mas essa patente expirou sem que o país desenvolvesse de forma sólida o mercado, apesar desse período ter sido importante para consolidar o conhecimento e as tecnologias envolvidas⁴. Atualmente esse quadro mudou: o país possui 70 plantas autorizadas a produzirem biodiesel, e a capacidade instalada está apta a absorver ainda grandes crescimentos na demanda, que podem vir a ocorrer se o governo confirmar as indicações de que deve aumentar o teor de biodiesel na mistura que compõe o óleo diesel rodoviário B (ANP, 2013b).

Em uma escala global, ganham destaque a União Europeia (em especial a Alemanha), os Estados Unidos e o Brasil como grandes atuantes no mercado de biodiesel (além da Argentina, que possui uma grande produção obtida de oleaginosas), principalmente após os choques do petróleo, que intensificaram as pesquisas e o interesse por combustíveis substitutos ao óleo diesel mineral⁵.

O biodiesel é considerado um combustível ecológico por vários motivos: ele é biodegradável, não é tóxico e não possui os altos níveis de enxofre e aromáticos que o óleo diesel mineral possui. Sua combustão é limpa, não poluente, e o seu uso em um motor de ciclo diesel convencional produz uma quantidade muito inferior de monóxido de carbono e hidrocarbonetos lançados na atmosfera. Entretanto, existem entraves tanto técnicos (que serão explicados em seção posterior) quanto econômicos para uma expansão do consumo do biodiesel, principalmente na mistura com o óleo diesel A. Do ponto de vista econômico, o maior problema é que, uma vez que o preço das matérias-primas utilizadas na produção é, nos últimos anos, maior que preço de venda do óleo

^{3,4} Fonte: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>

⁵ Fonte: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>

diesel A (EPE, 2010), o setor precisa ser subsidiado pelo governo, de forma que a projeção de regulação superior a 5% na mistura final dificilmente será aprovada em um futuro próximo.

2.3. A Importância do Óleo Diesel

Como já comentado, o óleo diesel possui uma vasta gama de aplicações, o que faz com que esse derivado desempenhe um papel de destaque na economia, sendo um fator relevante não só no setor de derivados, mas também em outros setores que o utilizam como principal insumo. No setor de transporte rodoviário de carga, por exemplo, a porcentagem do custo do combustível sobre o custo total do transporte foi de 25,6% em 2012 e esse valor, ainda que representativo, foi o mais baixo dos últimos 10 anos (em 2006, essa porcentagem chegou a 35,7%). No transporte inter-regional de cargas (também conhecido como transporte de longa distância), o custo do diesel equivale a 40,1% do custo total para cargas fechadas e 18,3% do custo total para cargas especiais (LIMA, 2013).

O óleo diesel possui grande importância para o país não só por sua representatividade nos custos de transporte, mas também pela sua representatividade na produção e no consumo de derivados, em volume. Essa representatividade pode ser vista no Gráfico 4.

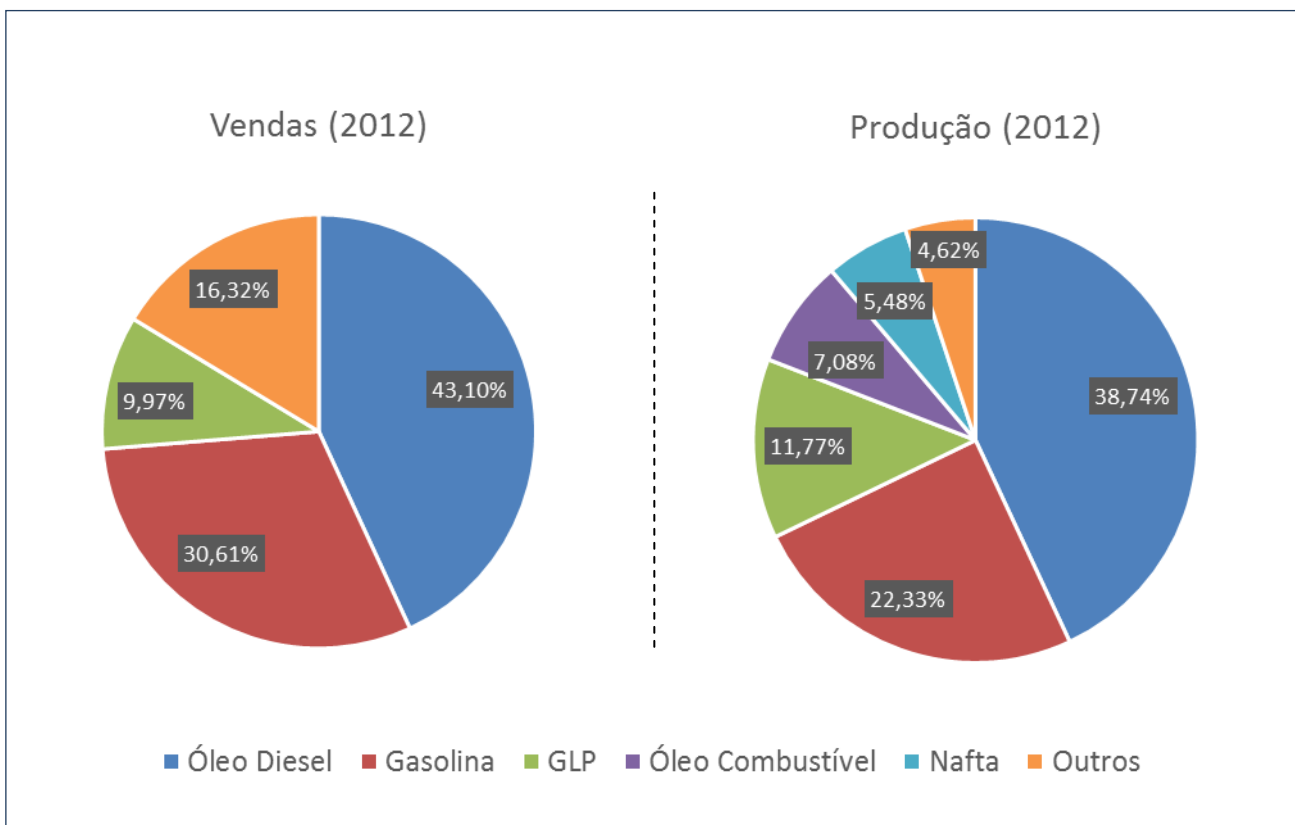


Gráfico 4: Porcentagem de Vendas e Produção em 2012, por Combustível, 2012
Fonte: Elaboração própria com dados da ANP(2013).

Vale ressaltar que as vendas no Gráfico 4, que dizem respeito a Gasolina e Óleo Diesel, se referem à Gasolina C (misturada com etanol) e ao Óleo Diesel B (misturado com o Biodiesel), enquanto a produção se refere à Gasolina A e ao Óleo Diesel A, ambos obtidos por processo de refino.

Os impactos desse derivado são sentidos tanto no nível micro quanto no macroeconômico: no nível micro, há o exemplo da Petrobras, multinacional brasileira do setor de energia (principalmente derivada de combustíveis fósseis), justificou grande parte da queda de 45% do seu lucro líquido do terceiro trimestre de 2013 em relação ao segundo trimestre do mesmo ano com o aumento da demanda por diesel. Segundo relatórios da empresa, a produção, apesar de continuar crescendo, não acompanhou o crescimento da demanda, fazendo com que a necessidade de importação de óleo diesel aumentasse, já que a empresa é responsável por não permitir o desabastecimento de combustíveis em todo o território nacional. Esse aumento da necessidade de importação,

combinado com um aumento do dólar (que atingiu alguns picos no terceiro semestre), impactou no lucro líquido da empresa, causando instabilidade em todo o setor⁶.

Um fato revelante neste processo ocorreu em julho de 2013, quando o governo federal, que no ano anterior havia acionado 39 usinas termelétricas movidas a combustível para suprir a escassez de chuvas e a queda do nível dos reservatórios das hidrelétricas, suspendeu toda a produção dessas usinas, na tentativa de diminuir esse aquecimento da demanda de óleo diesel. Não é interessante para ele o desabastecimento dos municípios, ou que a Petrobras passe por dificuldades financeiras, uma vez que ela é responsável por esse abastecimento, mas também por centenas de outras empresas que à tem como cliente e comunidades que giram em torno das suas atividades⁷.

A forte correlação entre o consumo de óleo diesel e o PIB nacional é outro indicador da sua importância econômica para o país. No Gráfico 5, podemos acompanhar como o comportamento da demanda de diesel acompanha as tendências do PIB, há alguns anos.

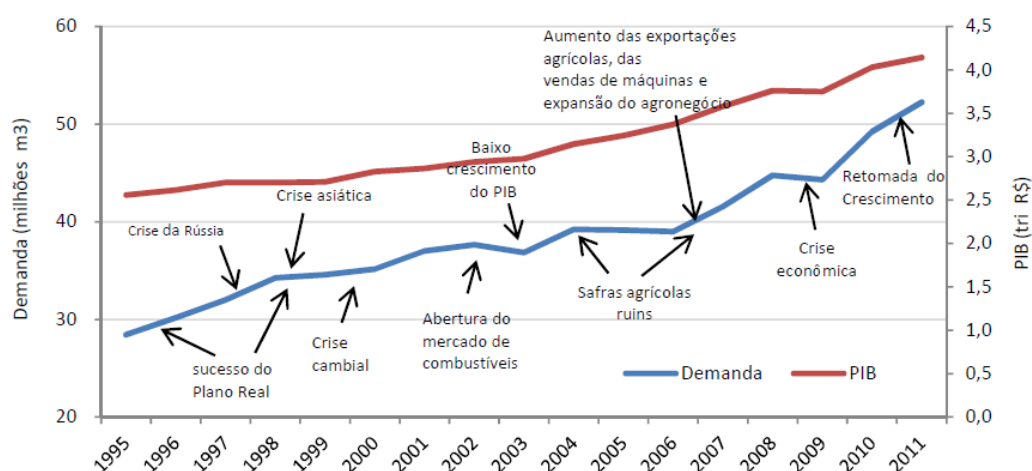


Gráfico 5: Evolução do Comportamento do PIB e da Demanda de Diesel, 1995-2011
Fonte: ANP (2013).

A Grécia é um exemplo de como a importância econômica do diesel não é exclusividade do Brasil: a grande recessão pela qual o país vem passando desde 2008, resultou em uma grande mudança nos (poucos) investimentos feitos em tecnologia pelo país mediterrâneo. Com o óleo diesel internacional a preços elevados, onerando os

⁶ Fonte: <http://agenciabrasil.etc.com.br/noticia/2013-10-28/demanda-por-oleo-diesel-motivou-queda-do-resultado-financeiro-da-petrobras>

⁷ Fonte: <http://economia.ig.com.br/empresas/infraestrutura/2013-07-03/governo-manda-desligar-todas-as-termicas-a-oleo-diesel-e-combustivel.html>

cofres públicos com importações, a Grécia passou a investir sistematicamente em tecnologias de geração de energia solar, tornando-se um país exportador de conhecimentos e tecnologias nessa área, e indo na contramão da sua própria economia, extremamente dependente de importações. As exportações de, por exemplo, aquecedores solares de água, caldeiras de aquecimento e outros equipamentos cresceram 4,7% e 13,4%, respectivamente, em 2011 e 2012⁸. Na Figura 2 podemos observar um gigantesco sistema de aquecimento solar de água na área Oinofyta, localizada ao norte de Atenas. Isso demonstra que um país com baixa produção de óleo diesel, ou dificuldade de acesso a esse combustível, precisa se reinventar para não parar a sua economia.



Figura 2: Sistema de Aquecimento Solar em Oinofyta, Grécia

Fonte: <http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,energia-eletrica-e-oleo-diesel-caros-incentivam-energia-solar-na-grecia,152013,0.htm>

⁸ Fonte: <http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,energia-eletrica-e-oleo-diesel-caros-incentivam-energia-solar-na-grecia,152013,0.htm>

2.4. Mercado

2.4.1. Consumo

Por ser relacionada direta ou indiretamente com uma grande variedade de fatores (econômicos, produtivos e técnicos), a demanda de óleo diesel apresenta uma complexidade incomum e, por conta disso, é objeto de diversos estudos acadêmicos (inclusive este) que tentam compreendê-la, de forma que os *stakeholders* desse mercado possam se posicionar estrategicamente de forma correta.

A primeira análise que foi feita é em relação ao crescimento da demanda brasileira de óleo diesel em comparação com os outros derivados ao longo dos anos, como pode ser visto no Gráfico 6, que apresenta o consumo em barris/dia de 1970 até 2006. É interessante reparar que o óleo diesel, terceiro derivado mais comercializado na década de 70, se tornou o principal subproduto do petróleo consumido nos anos 2000.

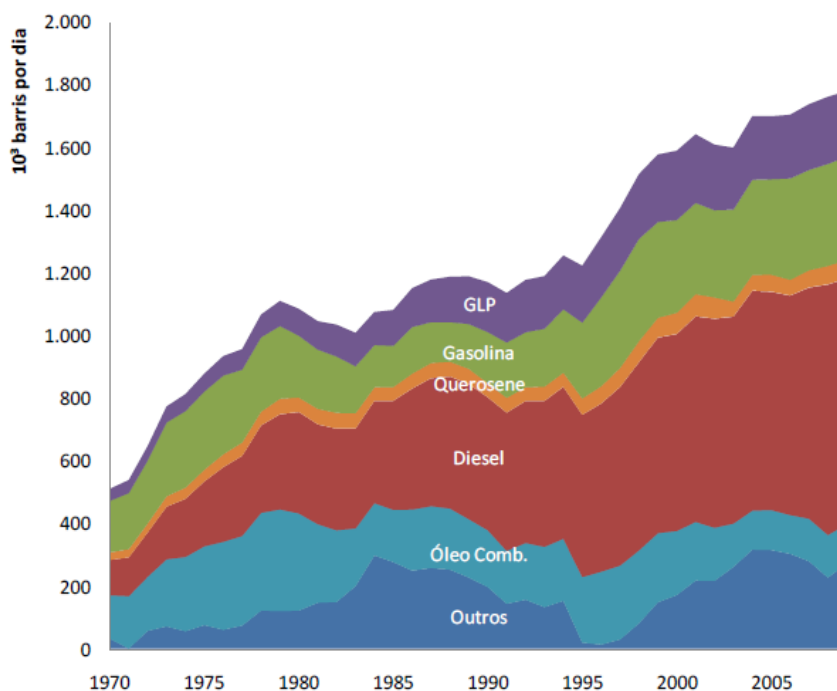


Gráfico 6: Consumo de Derivados de Petróleo no Brasil, 1970-2006

Fonte: BONFÁ (2011).

Outra forma de enxergar essa informação é analisando o crescimento relativo desse consumo (Gráfico 7), ou seja, de quantas vezes esse consumo aumentou de 1970 até 2006. O óleo diesel, mais uma vez, ganha posição de destaque no gráfico 7.

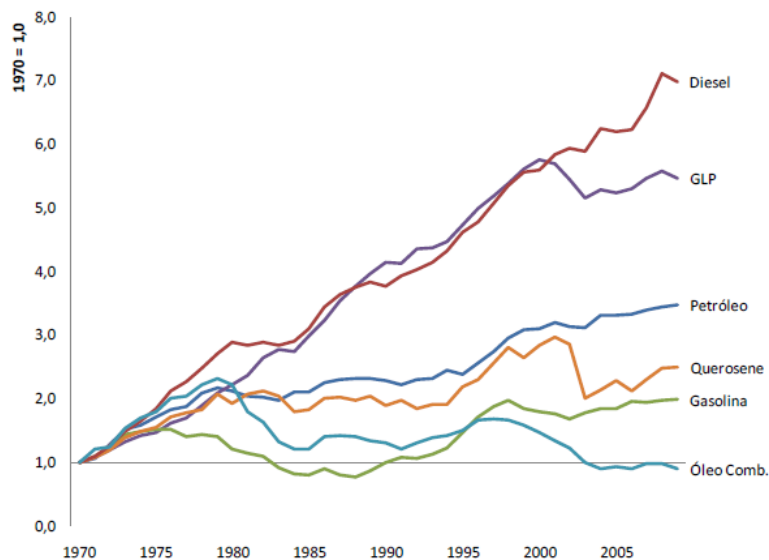


Gráfico 7: Crescimento Relativo do Consumo de Derivados de Petróleo no Brasil, 1970-2006

Fonte: BONFÁ (2011) apud EPE (2010).

Esse aumento de consumo não é uma especificidade do Brasil: nas últimas 4 décadas, o óleo diesel foi o derivado cujo consumo mais se expandiu no mundo, como podemos observar no Gráfico 8.

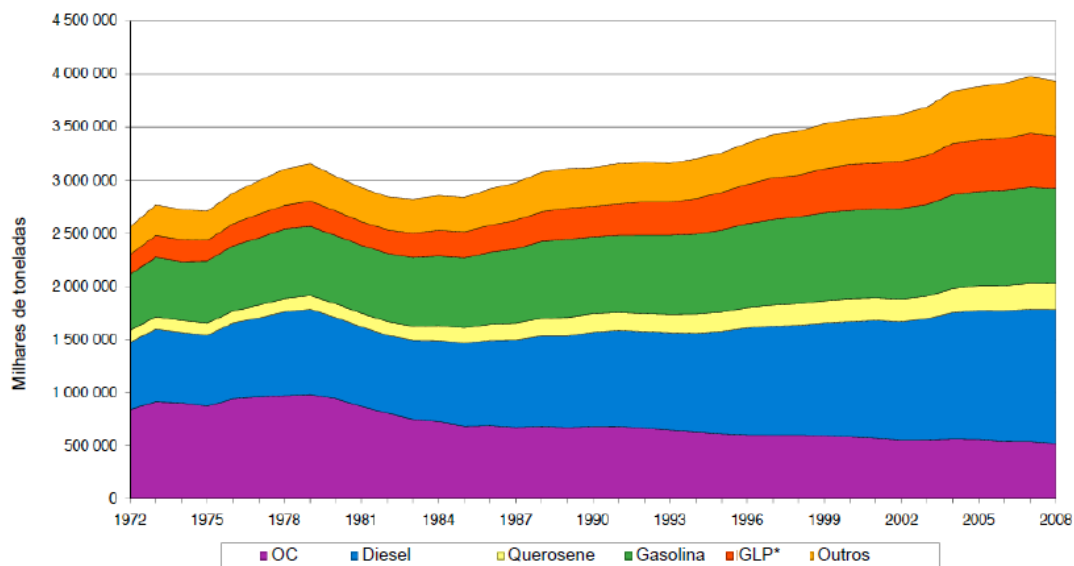


Gráfico 8: Evolução do Consumo Mundial de Derivados de Petróleo, 1972-2008

Fonte: BONFÁ (2011)

Observando o histórico recente de vendas de Óleo Diesel pelas distribuidoras (2000-2012), demonstrado no Gráfico 9, é interessante ressaltar o atípico crescimento entre os anos de 2009 e 2011, período pós-crise internacional. Esse crescimento é apontado por muitos como consequência do crescimento econômico do país nessa época, este puxado pelo aumento do emprego nos setores de comércio e serviços, aumento dos salários e à facilidade de acesso a crédito (BONFÁ, 2011).

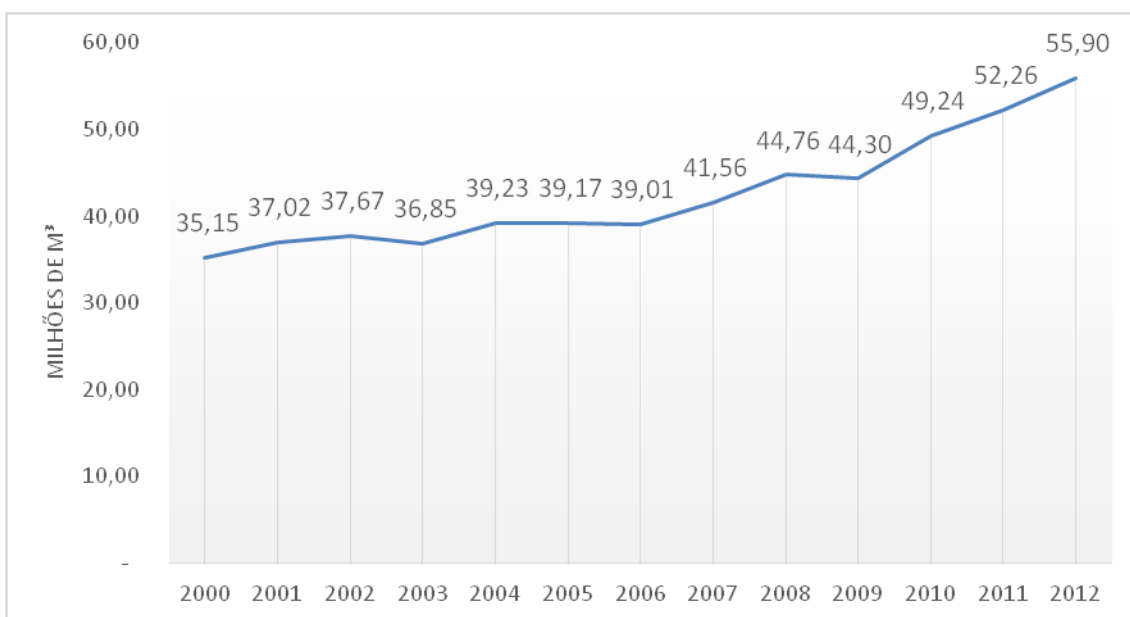


Gráfico 9: Histórico de Vendas de Óleo Diesel pelas Distribuidoras, 2000-2012
Fonte: Elaboração própria com dados da ANP (2013).

Por possuir uma forte ligação com as atividades econômicas e industriais do país, o consumo de óleo diesel tende a acompanhar as tendências de crescimento do PIB, salvo algumas diferenças por conta de fatores exógenos. Em um estudo sobre a evolução do mercado de combustíveis, a ANP (2013c) demonstra um paralelo entre a evolução do PIB e a evolução do consumo de óleo diesel, explicando também os possíveis pequenos desvios nessa relação. Esse paralelo pode ser visto, mais uma vez, no Gráfico 5.

Um outro fator que é considerado essencial quando se avalia a demanda de diesel (e de outros derivados) é o nível de atividade do setor de transporte. A relação do óleo diesel com esse setor é direta, uma vez que na maioria dos modais (exceto o aéreo), o uso de óleo diesel como combustível é dominante. Além do mais, entre os derivados do petróleo e gás natural, o setor de transportes é o mais representativo no consumo, sendo equivalente a mais que 6 vezes o 2º setor de maior consumo (Não-Energético). Essa

representatividade pode ser vista no Gráfico 10, em toneladas equivalentes de petróleo (tep).

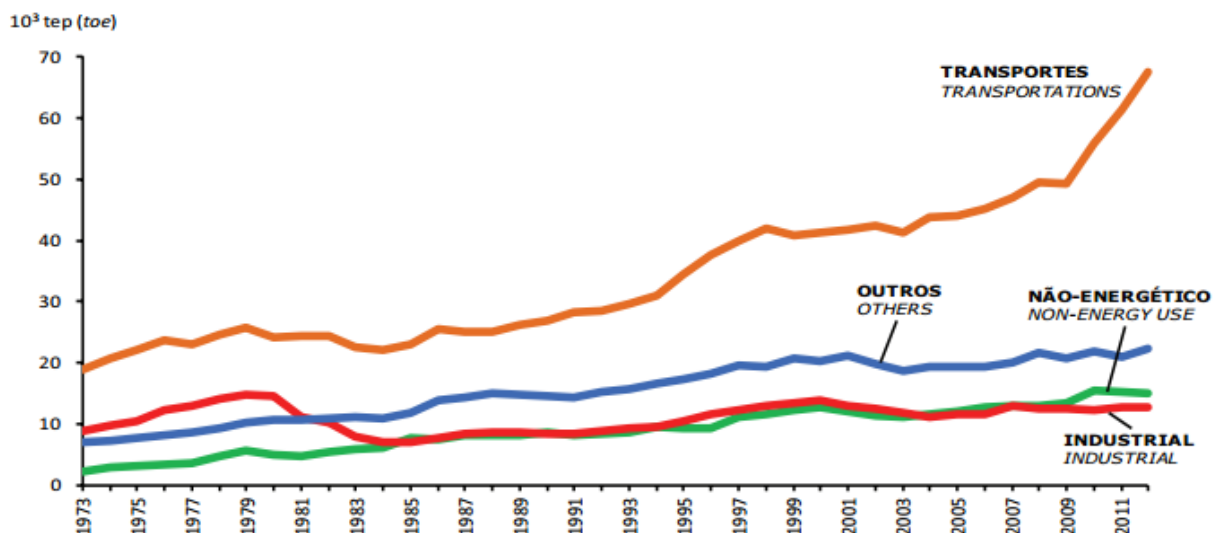


Gráfico 10: Consumo Total de Derivados de Petróleo e Gás Natural por Setor, 1973-2011
Fonte: EPE (2013).

Abrindo o setor de transportes em modais que utilizam o óleo diesel como combustível, (Gráfico 11), percebemos a grande representatividade do transporte rodoviário sobre o total consumido pelo setor. Apesar de iniciativas como a privatização de portos e ferrovias, o modal rodoviário ainda é dominante na matriz de transporte (FLEURY et al., 2000).

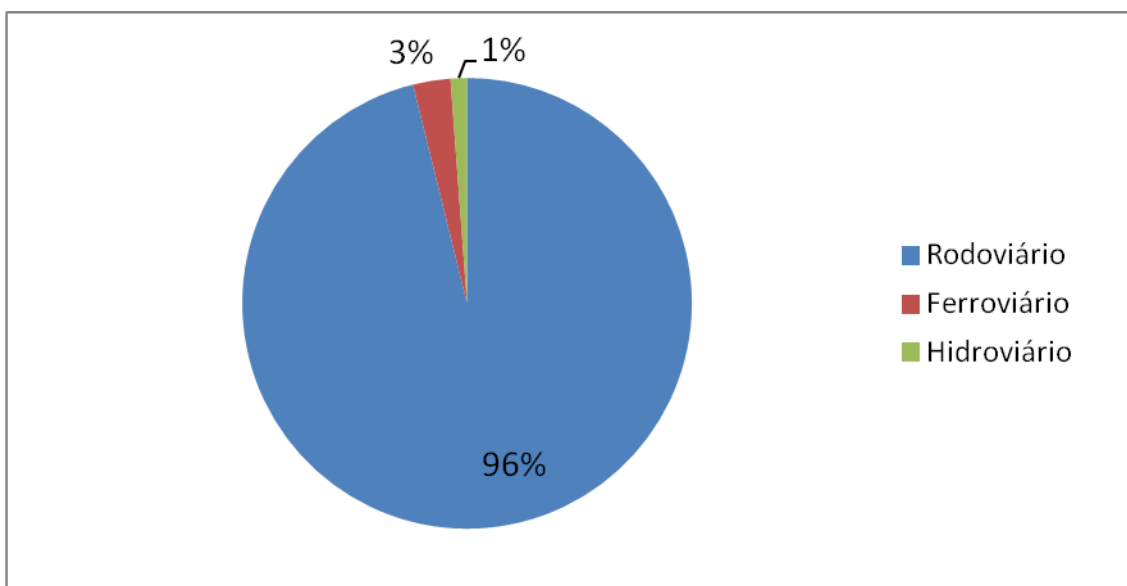


Gráfico 11: Consumo Percentual no Setor de Transportes por Modal, 2012
 Fonte: Elaboração Própria com dados de BEN (2012).

Em um país com dimensões continentais, é importante uma visão geográfica de onde está concentrada essa demanda por transporte. É possível visualizar no Gráfico 12, onde a demanda anual é dividida por regiões.

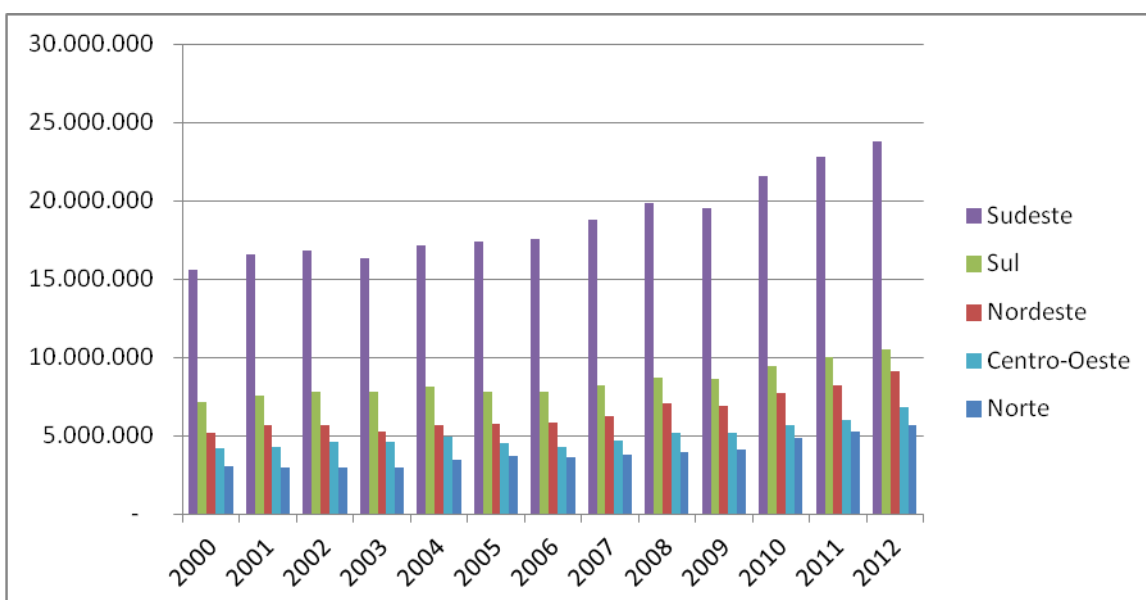


Gráfico 12: Histórico de Vendas de Óleo Diesel por Região (m³), 2000-2012
 Fonte: Elaboração Própria com dados da ANP (2013).

Podemos perceber que grande parte da demanda está concentrada na Região Sudeste, com uma média de 45% da demanda nacional (mas com tendências a perder *market share* para o Norte e Nordeste), seguida da demanda do Sul, cujo percentual diminuiu um pouco nessa última década, e do Nordeste, em pleno crescimento percentual. O Centro-Oeste cresce na mesma medida da demanda nacional, ou seja, não apresenta evoluções percentuais, e o Norte, apesar de apresentar o menor consumo, aumenta a sua participação no número do país. Apesar da distribuição desse consumo estar mudando, todas as regiões apresentaram crescimento significativo ao longo da última década (2000-2012).

2.4.2. Produção

Para compreender a produção de óleo diesel, o primeiro passo é analisar a sua evolução ao longo dos anos (2000-2012) juntamente com o consumo, como mostra o Gráfico 13. Por um curto período, a produção, impulsionada por expansões das refinarias Landulpho Alves (RLAM) e de Paulínia (REPLAN), chegou ao mesmo patamar da demanda. Entretanto, por já estar trabalhando perto dos limites de capacidade (e por se tratar de um ativo de alto investimento), as refinarias não conseguiram acompanhar o ritmo da demanda, aumentando o *gap* entre eles a partir de 2006.

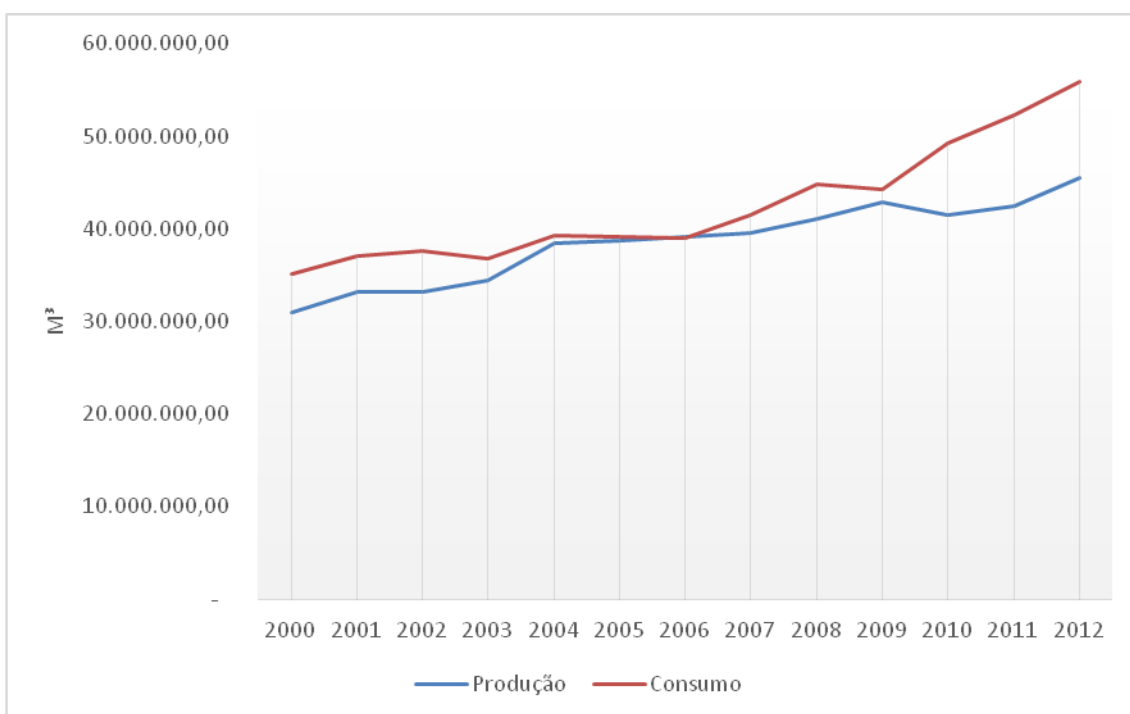


Gráfico 13: Histórico de Produção das Refinarias e Venda das Distribuidoras, 2000-2012
Fonte: Elaboração Própria com dados ANP(2013).

Com base no histórico recente de produção, pode-se dizer que existem 14 refinarias que produzem óleo diesel, sendo que dessas 14, somente 2 não pertencem à Petrobras (Dax Oil e Riograndense). Essas 2 refinarias, juntamente com a Lubnor (que é da Petrobras, mas cujo principal produto não é o óleo diesel, e sim o asfalto), são as que possuem menor histórico de volume de produção dentre todas as plantas nacionais. Podemos ver no Gráfico 14, o que cada uma das 14 refinarias produziu durante o ano de 2012. Também pode-se verificar alguns aspectos importantes da produção, sendo um deles, o fato de que a Petrobras foi responsável por mais de 99% de todo o óleo diesel mineral refinado no Brasil ano passado, o que demonstra o completo monopólio da empresa nesse setor.

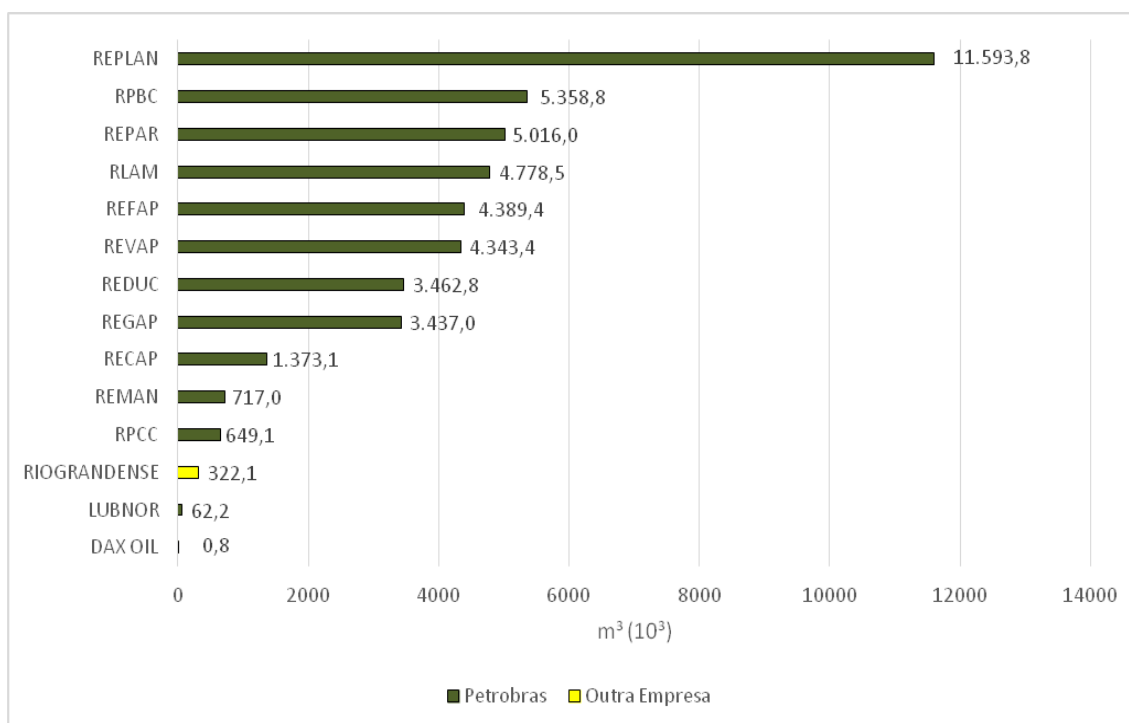


Gráfico 14: Produção de Óleo Diesel por Refinaria, 2012
Fonte: Elaboração Própria com dados da ANP (2013).

É sempre interessante uma visão geográfica de como está distribuída a produção no território brasileiro. O Gráfico 15 mostra a produção separada por unidade da federação em 2012. Vale ressaltar que São Paulo, Estado no qual se concentram mais refinarias⁹, foi responsável por praticamente metade da produção de 2012, e a Região Sudeste, com

⁹ Em São Paulo se localizam a Refinaria de Paulínia (REPLAN), a Refinaria Henrique Lage (REVAP) em São José dos Campos, a Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) em Cubatão e a Refinaria de Capuava (RECAP)

o apoio de Minas Gerais e Rio de Janeiro, produziu 65% de todo o óleo diesel mineral refinado neste mesmo ano.

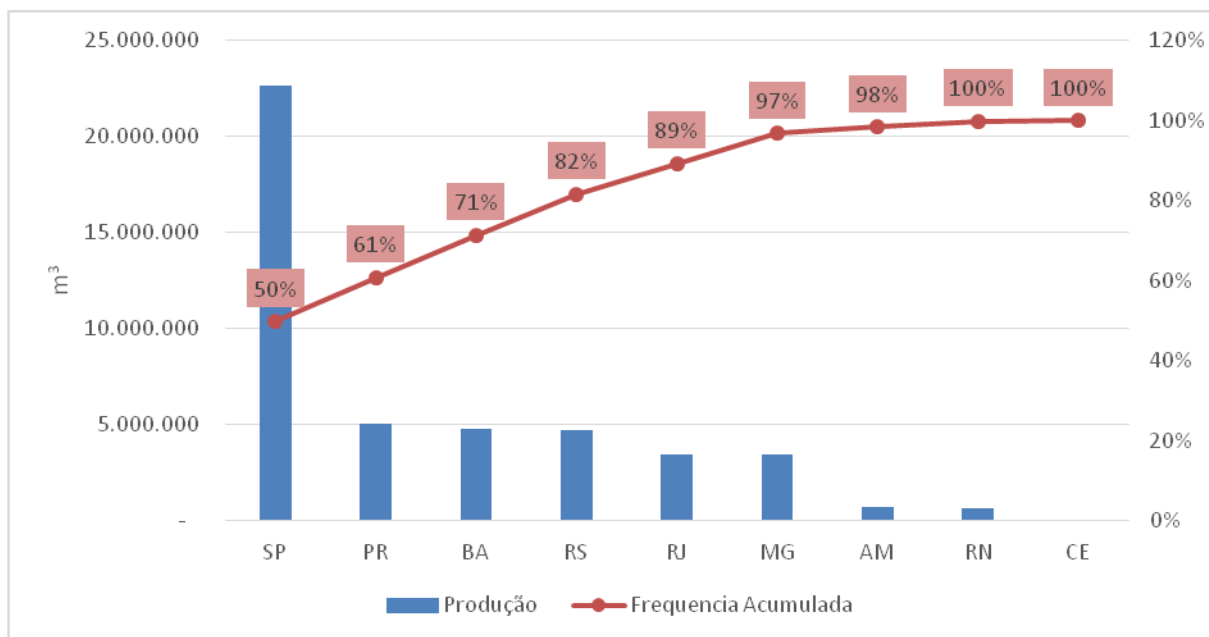


Gráfico 15: Produção de Óleo Diesel por Estado, 2012
Fonte: Elaboração Própria com dados da ANP (2013).

Concluimos que a produção de óleo diesel mineral é concentrada nas mãos da Petrobras, mas que, em contrapartida, é responsável pelo não desabastecimento de derivados no Brasil. Veremos nas seções seguintes como isso afeta tanto o país quanto a empresa, no que diz respeito a preço e importações.

2.4.3. Distribuição

Uma vez refinado, o óleo diesel mineral é levado das refinarias até o consumidor final através das distribuidoras, empresas responsáveis por toda essa etapa final da cadeia logística. A primeira parte do transporte, normalmente feita por dutos e navios (apesar de algumas vezes os modais rodoviário e ferroviário serem utilizados), leva os derivados das refinarias até as Bases Primárias pertencentes às Empresas Distribuidoras.

Após armazenar o produto nessas Bases Primárias (em geral com grande capacidade de tancagem – ou seja, o armazenamento de líquidos em tanques), as Distribuidoras levam-no para as Bases Secundárias, menores e mais pulverizadas pelo território brasileiro. Nesse segundo trecho do transporte, os modais rodoviário (para rotas de baixo volume e pequena distância) e, principalmente, ferroviário (para rotas de maior volume e maior distância não cobertas pelo modal dutoviário), ganham mais representatividade, uma

vez que a infraestrutura atual de transporte no Brasil não é suficiente para atender aos trechos necessários.

É importante ressaltar que o modal dutoviário, mais seguro (para esse tipo de distribuição), e menos custoso, ainda é pouco utilizado aqui no Brasil. Um estudo feito por Figueiredo (2006) indica que, há menos de 10 anos, grandes investimentos para esse modal não se justificariam, basicamente por 2 motivos: (a) o país não possuía escala suficiente para dar retorno rápido desses investimentos; (b) o alto custo de capital do país, quando combinado ao volume de investimentos necessários para estruturar a malha dutoviária brasileira, faz com que o risco do investimento aumente, inibindo possíveis financiadores.

O último trecho da cadeia de distribuição de óleo diesel é o transporte entre as bases secundárias e os postos revendedores ou os grandes clientes (indústrias, empresas com consumo elevado, plantas de geração de energia, etc.). É no início desse transporte que, normalmente, é feita a mistura do óleo diesel de origem mineral (A) com o biodiesel, originando o óleo diesel B. Essa mistura é adiada até o último instante dentro da cadeia, uma vez que o biodiesel possui especificações químicas que aumentam a complexidade da operação de transporte do combustível, e normalmente é feita dentro do caminhão-tanque que irá transportar o produto até os postos revendedores. Por ser extremamente ramificado, esse trecho é feito quase que exclusivamente por modal rodoviário.

O setor de distribuição é controlado por 3 grandes Distribuidoras (BR, Ipiranga e Raízen) que foram responsáveis por 66,8% de todas as vendas em no ano de 2012. Elas (e outras) podem ser observadas no Gráfico 16, que mostra a participação dessas empresas nas vendas nacionais de óleo diesel.

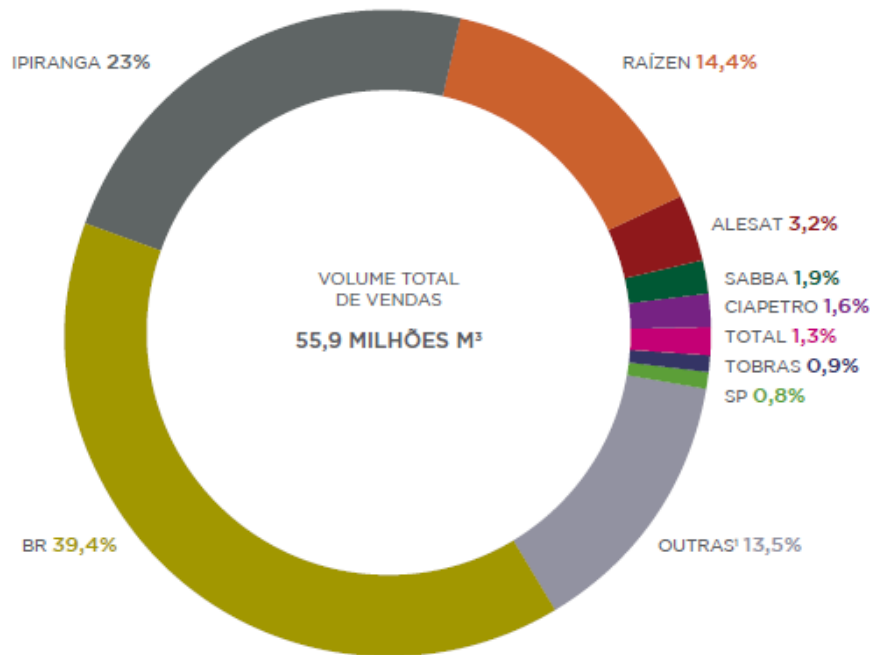


Gráfico 16: Participação das Distribuidoras nas Vendas de Óleo Diesel, 2012
Fonte: ANP (2013).

2.4.4. Preço

O preço máximo do óleo diesel no Brasil é regulado e controlado pelo governo, uma vez que, por movimentar grandes contas, e interferir no preço de milhares de outros produtos (ele infere nos seus custos de transporte), o combustível é utilizado como ferramenta de controle indireto da inflação, segundo Moreira (1996). Se o óleo diesel aumenta, o custo nacional de transporte acompanha esse crescimento, levando a um aumento geral dos preços, ou seja, inflação. Essa regulação se traduz em políticas de importação de óleo diesel pelos preços praticados no mercado internacional, e comercialização desse diesel a preços compatíveis com o mercado interno, ou seja, preços mais baixos. Em resumo, o preço é uma função do que o Governo deseja e, por apresentar um grande descompasso entre a oferta e a demanda, o país apresenta sérios problemas em sua balança comercial, como será visto em seções posteriores.

Apesar de essa política representar uma interferência direta do Estado no mercado, essa regulação já foi mais intensiva. Em 1978, quando o órgão regulador do setor de petróleo equalizou o preço dos derivados em todas as localidades do país (e não mais apenas em nível do atacado), os preços dos derivados deveriam ser praticados de igual forma ao longo de todo o país, sem variação de qualquer espécie. Somente nos anos 90 iniciou-se

um processo de desregulação desse preço no território inteiro, permitindo aos revendedores o uso de ferramentas de vendas, como os descontos (contanto que não ultrapassassem o valor máximo, que continuava sob controle do órgão regulador) (SATHLER & TOMALSQUIM, SD).

No Gráfico 17, podemos ver a comparação entre os preços de venda de diesel praticados no mercado internacional (em vermelho) e os preços praticados no Brasil, (em verde). É possível observar como a volatilidade do mercado internacional não é repassada para o mercado interno, uma vez que este é protegido através de subsídios da Petrobras.

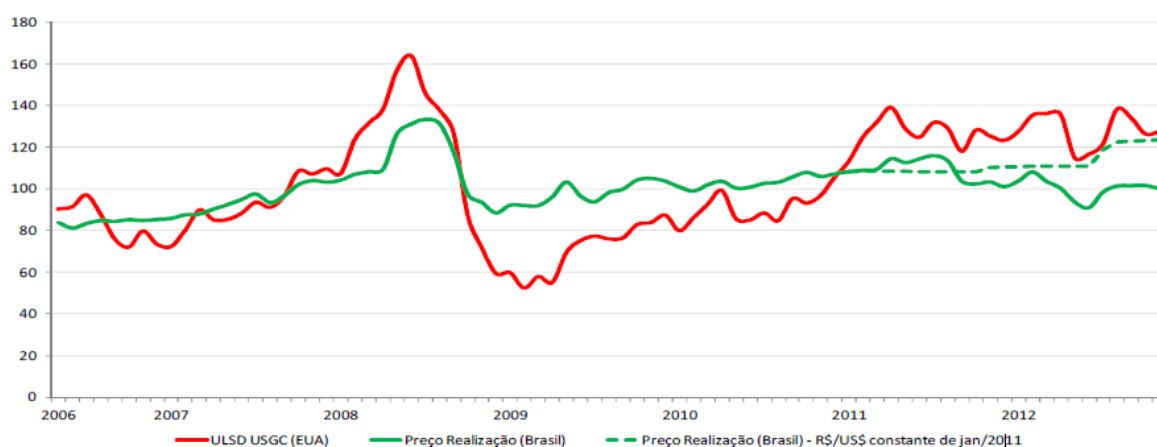


Gráfico 17: Comparação dos preços do diesel nos mercados internacional e nacional, 2006-2012
Fonte: ANP (2013c).

2.4.1. Exportação e Importação

Como é possível verificar na Figura 3, a América Latina possui um perfil importador de óleo diesel, assim como a Europa, a África e a Oceania. Por outro lado, regiões com um histórico de pioneirismo no setor de óleo e gás representam a oferta de óleo diesel que atende a essas demandas das outras regiões.

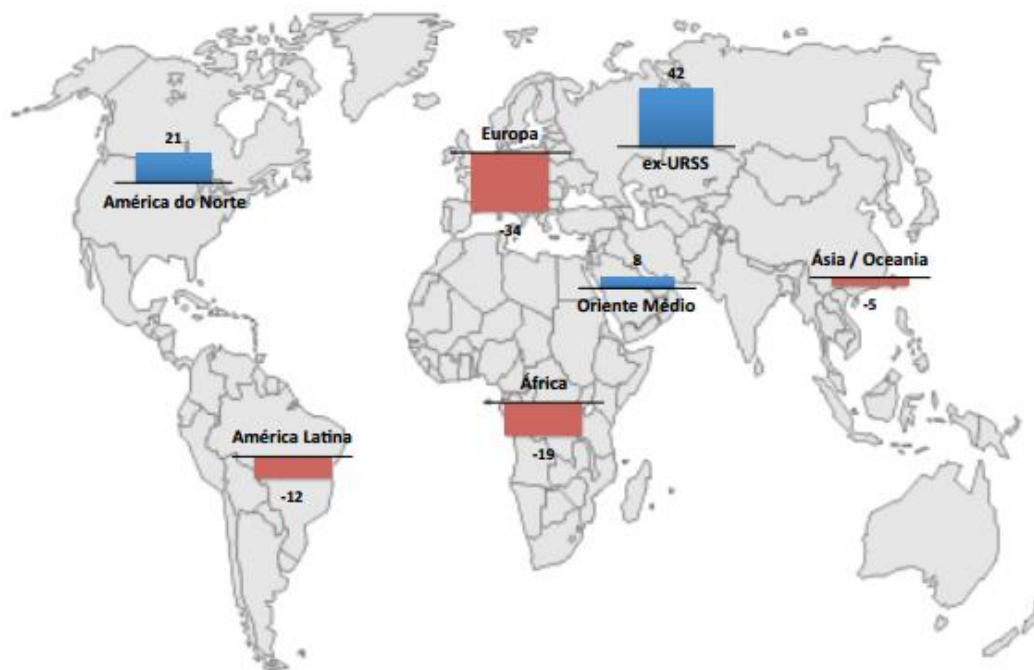


Figura 3: Saldo entre importações e exportações de diesel para as diversas regiões em 2008 (10⁶ t/ano)
 Fonte: BONFÁ (2011).

O Brasil, apesar de apresentar um parque de refino relativamente grande, desde o início da década de 90, ele deixou de ser um país essencialmente exportador de óleo diesel, e passou a ser um país importador. Alguns fatores podem explicar esse fenômeno: suas dimensões continentais, quando combinadas com uma matriz de transporte extremamente dependente do modal rodoviário (principal consumidor de óleo diesel no país), fazem com que a demanda esteja sempre num patamar acima da produção nacional. Além disso, o fato do óleo diesel possuir um preço subsidiado contribui para um aumento do consumo, desequilibrando as forças mercadológicas, e acrescentando um pouco de assimetria na relação de oferta e demanda. Os EUA foram o principal fornecedor de óleo diesel importado em 2012, com 41,7% de todo o volume (ANP, 2010).

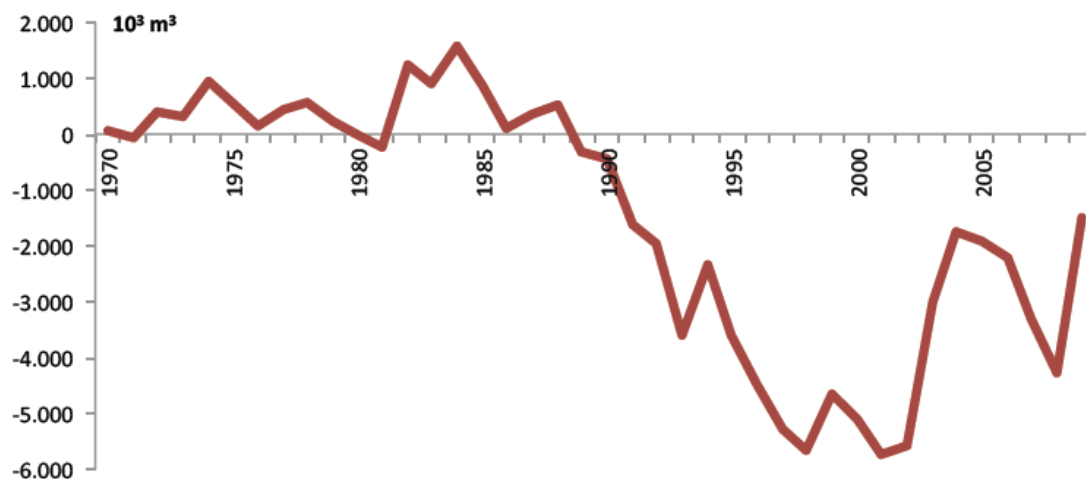


Gráfico 18: Saldo líquido entre importações e exportações de óleo diesel, em volume, 1970-2005
Fonte: BONFÁ (2011).

Apesar do saldo líquido entre importações e exportações ter se tornado negativo, o Brasil continua exportando uma quantidade significativa de óleo diesel, uma vez que existem contratos da Petrobras com clientes da América Central e do Sul que devem ser cumpridos (apesar da clara desvantagem de se exportar óleo diesel nacional a preço subsidiado e importar óleo diesel estrangeiro a preço praticado pelo mercado internacional). Além disso, existem especificações de qualidade que a oferta interna não consegue suprir em sua totalidade, de forma que, em geral, o Brasil exporta diesel de qualidade mais baixa, e importa diesel de qualidade mais alta, fato que não aparece no Gráfico 18. Este fato contribui de forma negativa para a balança comercial, dado que os produtos possuem preços distintos.

Levando-se ainda em conta apenas o *déficit* acumulado gerado por esse comércio internacional de óleo diesel ao longo do período 2000-2010, calcula-se um total de mais de 20 bilhões de dólares de diferença, um pouco menos do que o governo estimou para a construção da Refinaria Premium I no Maranhão (EPE, 2010).

2.5. Principais Problemas do Óleo Diesel Brasileiro

Existem três grandes problemas, do ponto de vista de qualidade, no óleo diesel produzido e comercializado no Brasil: o alto teor de enxofre, elemento químico indesejável para o meio ambiente e para os motores diesel; a degrabilidade do óleo diesel B5, que pode causar o entupimento de filtros ou o surgimento de borras, entre outros problemas; e, finalmente, a adulteração do óleo diesel, principal causador, por

exemplo, de corrosões em peças de motores (e muitos outros problemas). Nas seções seguintes, esses problemas serão abordados mais profundamente (CNT, 2012).

2.5.1. Alto Teor de Enxofre

Por ser uma mistura de várias composições químicas (gasóleos, querosene, nafta, etc.), o óleo diesel possui hidrocarbonetos, nitrogênio e enxofre, sendo esse último extremamente maléfico tanto para o meio ambiente quanto para os motores no qual o óleo é queimado.

Os óxidos de enxofre, produzidos na combustão em diferentes quantidades de acordo com o tipo (S10, S50, S500, S1800), quando combinados com a água da atmosfera, podem produzir chuva ácida ou desequilibrar ecossistemas marinhos através do arraste de metais pesados do solo para lagos e rios¹⁰.

Além disso, quando colocados em contato com seres humanos, alguns reagem com a água de seus pulmões e formam ácido sulfuroso, provocando hemorragias e podendo levar ao óbito, principalmente no caso de crianças, idosos e portadores de doenças respiratórias.

Por conta desses males, desde 1994, a legislação separa o óleo diesel em 2 categorias, de acordo com o máximo teor de enxofre: o óleo diesel metropolitano, que permite uma menor concentração deste elemento, já que a concentração de veículos é maior e a renovação do ar é menor do que em áreas campestres; e o óleo diesel interior, com permissão para maiores concentrações na mistura. O uso e comercialização dessas categorias é regulado pelas Resoluções 63 e 65 da ANP, que informam quais municípios estão autorizados a trabalhar com qual categoria de combustível.

Com a substituição do óleo diesel S50 pelo S10 em 2013 e do S1800 pelo S500 em 2014, o Brasil utilizará apenas essas 2 concentrações máximas para fins de transporte rodoviário, o que representa um grande avanço do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), segundo consta na Resolução 65 (ANP, 2011). Esse avanço pode ser visto na Figura 4, que representa uma projeção do cenário 2009 – 2020 de consumo de óleo diesel por tipo, realizada pela Petrobras. Podemos reparar no gráfico, a quebra no consumo automotivo dos tipos S50 e S1800 nos anos de 2013 e 2014, respectivamente, assim como a quebra do consumo não automotivo de

¹⁰ Fonte: http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html

S1800 em 2018. Entretanto, além dessa mudança na matriz de consumo, é preciso que haja renovação da frota de veículos a diesel, uma vez que mais de 50% da frota circulante possui motores da fase P2 ou modelos anteriores, que apresentam maior emissão de poluição atmosférica.

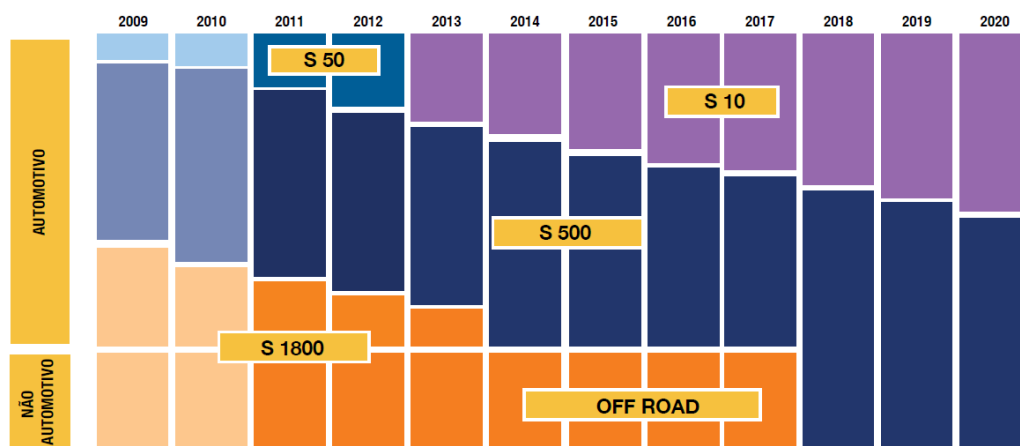


Figura 4: Projeção das Porcentagens de Consumo por Tipo de Diesel, 2009-2020
Fonte: CNT (2012).

Apesar desse avanço, se comparado com o cenário internacional, o Brasil ainda está muito atrás na regulamentação de níveis menores de enxofre no óleo diesel. Na Figura 4, podemos verificar o teor máximo de enxofre regulado pelo mundo, por país. É importante frisar que um alto (ou baixo) limite não implica necessariamente que não haja produtos de melhor qualidade do que o teto máximo permitido. Essa visão demonstra como a legislação brasileira, assim como a latino-americana, a africana, e a asiática, em geral, precisam ainda se desenvolver para atingir níveis de excelência praticados, por exemplo, por países como EUA, Canadá e Japão, ou continentes como a Europa ou a Oceania.

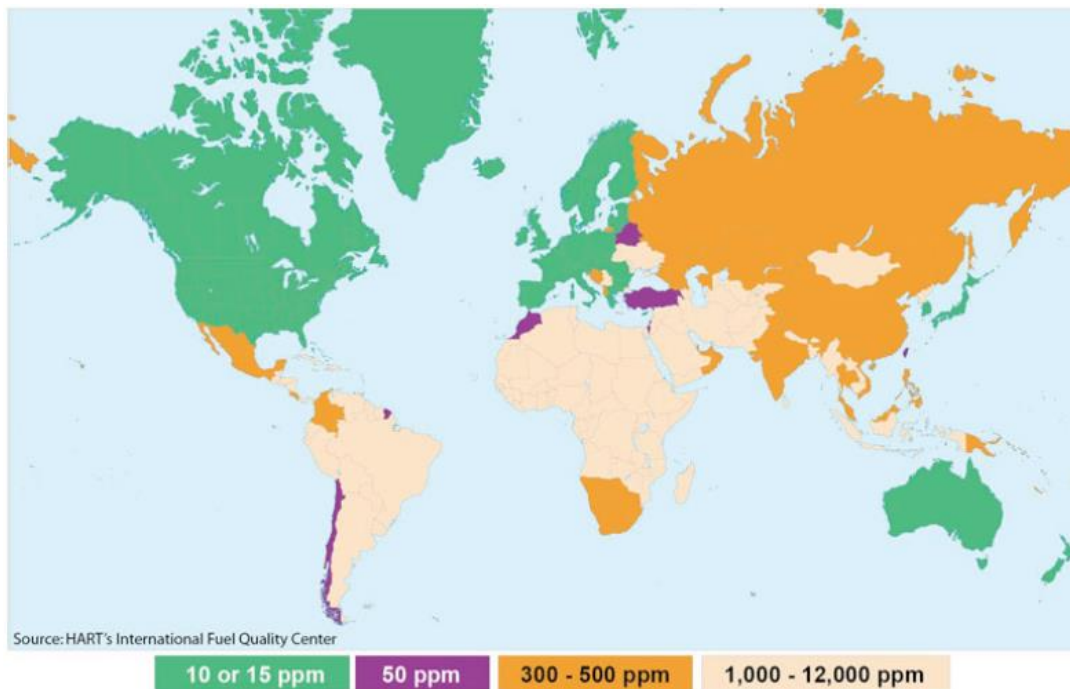


Figura 5: Limite máximo de enxofre nas especificações vigentes de óleo diesel rodoviário em 2010 por país
Fonte: BONFÁ (2011).

2.5.2. Degradabilidade do Óleo Diesel B5

Apesar do uso do biodiesel na mistura do combustível reduzir as emissões e aumentar a capacidade de lubrificação dentro do motor, ele também causa um grande aumento na biodegradabilidade do próprio óleo diesel (que, dentre todos os derivados do petróleo, é um dos mais suscetíveis à presença de sedimentos de origem biológica e química) que, por sua vez, ocasiona alteração das propriedades físicas e químicas do combustível.

Entre os problemas mais frequentes estão o surgimento de borras nos tanques e o entupimento de filtros, que começaram a aparecer após a obrigatoriedade da comercialização de óleo diesel B5 no uso rodoviário. Apesar desses problemas serem fruto da mistura de 5% de biodiesel no óleo diesel comercializado, somente os postos revendedores foram condenados a indenizar os consumidores, o que gera um grande desconforto em todo o setor (CNT, 2012).

A Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes, por exemplo, é contra o aumento da adição de biodiesel ao óleo diesel até que os problemas gerados pela mistura sejam resolvidos¹¹.

Uma vez que está regulamentado o uso de biodiesel na mistura, existem diversos procedimentos para garantir a qualidade do combustível. Muitos deles estão presentes na Resolução ANP no. 07 de 2008 e são eles aplicados em toda a cadeia logística (transporte, recebimento, armazenamento), desde a saída das usinas à estocagem nos postos revendedores. Um exemplo de alternativa para estes seria a adoção de rígidas rotinas de estocagem, com limpeza periódica dos tanques, em ciclos de 10 dias. Além disso, uma solução viável seria o uso de biocidas, prática internacional que envolve o uso de substâncias químico-biológicas para controlar o efeito de algum organismo nocivo ao produto final, e que ainda não é permitida no Brasil¹².

2.5.3. Adulteração de Combustíveis

Esse problema não é específico somente no comércio de óleo diesel, mas também comum a outros combustíveis no país, principalmente aqueles comercializados nos postos revendedores, cuja fiscalização é limitada e diminui conforme nos afastamos dos grandes centros urbanos. Existem várias formas de se adulterar o diesel, desde a adição de álcool ou solventes, até a própria diluição do combustível com água. O uso de óleo de soja no lugar do biodiesel da mistura B5, por exemplo, é também uma fraude diagnosticada que pode causar sérios prejuízos (CNT, 2012).

Outra forma considerada adulteração é a revenda de óleo diesel interior em lugares onde só é permitido o comércio de óleo diesel metropolitano, ou seja, com menor teor de enxofre. Para coibir esse comércio ilegal, o governo faz uso de corantes vermelhos, que são adicionados à mistura S1800 (e será também adicionada à S500, a partir de 2014). As distribuidoras também possuem planos de acompanhamento e controle dos produtos revendidos nas suas bandeiras, se responsabilizando pela qualidade e preço dos combustíveis e fechando o cerco sobre os casos de adulteração (CNT, 2012).

Do ponto de vista microeconômico, o uso de combustíveis adulterados é extremamente desvantajoso para as empresas, uma vez que, com o aumento do número de entupimento

^{11,12}Fonte:http://www.sindpese.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1267:fecombustiv eis-e-contra-o-aumento-da-mistura-de-biodiesel&catid=68:iceslider

nos filtros de combustível e de bicos injetores, perda de potência, problemas no sistema de injeção, corrosão, etc., levam para maiores custos de manutenção, trocas de peças e até perda de motores.

Na seção 2, foram abordados todos os aspectos relevantes do mercado de óleo diesel, de forma a compreender a demanda, a oferta, a distribuição, os aspectos técnicos e econômicos, etc. As principais informações obtidas nessa seção são a grande força explicativa do PIB no consumo de óleo diesel (mas que vem diminuindo no passado recente), assim como a importância desse combustível no setor de transportes (principalmente rodoviário). Além disso, a dinâmica de preços desse combustível também é relevante, pois não permite uma abordagem econômica clássica de oferta, demanda e preço, devido a fatores externos de regulação. Todos os conhecimentos discutidos nessa seção serão utilizados na definição das variáveis que serão testadas para verificar se elas devem ou não ser inseridas no modelo.

Na seção 3 será abordado tudo que estiver relacionado com as metodologias utilizadas para testar e projetar variáveis, de forma que, juntamente com os conhecimentos de mercado descritos na seção 2, obtenha-se uma boa projeção de consumo de óleo diesel.

3. Referência Metodológica

Este tópico busca apresentar os principais conceitos e definições envolvendo projeções de consumo, com foco no setor de derivados. A apresentação desses quadros teóricos visa orientar a construção do modelo proposto, sendo dividida em metodologias de projeção e metodologias de validação de variáveis.

3.1. Metodologias de Projeção

Segundo Woiler (2010), as projeções de demanda podem se dividir em 2 grupos distintos: o grupo composto pelas projeções macroeconômicas e o composto pelas projeções com desagregação setorial. Enquanto a primeira é feita com uso de modelos econométricos (comum em projetos por ter uma obtenção menos custosa e mais rápida), a segunda permite que sejam obtidos os valores projetados de consumo em cada setor, que se somam para compor o consumo final. Tal projeção desagregada demora mais tempo para ser feita e custa mais caro, porque é necessário que seja analisada a demanda setor a setor. Além disso, quando aumentamos o nível de desagregação, podemos perder tendências e comportamentos que somente o consumo como um todo possui.

No caso dos derivados, como eles apresentam fortes relações com a atividade econômica nacional (e uma maior complexidade e um grande número de fatores relevantes que os afetam), a literatura apresenta uma maior abundância de projeções macroeconômicas.

3.1.1. Projeções Macroeconômicas

A seguir, serão apresentados alguns estudos que utilizaram modelos de projeções macroeconômicas, mais abundantes na literatura.

Moreira (1996) apresenta dois modelos de projeção de longo prazo do consumo de óleo diesel no Brasil: um para o nível nacional e outro para o regional. Em nível nacional, após buscar um grande número de variáveis que poderiam ser consideradas como determinantes do consumo de óleo, o autor concluiu que apenas o preço e o nível global de atividade eram relevantes, e construiu um modelo com previsões condicionadas no preço do combustível e no nível de atividade (PIB), se baseando na estimativa de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre estas variáveis. Em nível regional, o autor projetou as tendências de crescimento da parcela de cada região no consumo final, projetou essas parcelas, e dividiu o valor obtido da projeção de nível global entre as regiões, segundo essas parcelas projetadas. A principal conclusão desse trabalho, além da importância das 2 variáveis para uma projeção de óleo diesel, é a validação da metodologia de se projetar primeiro o consumo a nível nacional, e utilizar as tendências de crescimento regional para dividir esse número geograficamente entre o território, metodologia bastante utilizada em projeções de qualquer natureza.

Anater (2011) propõe uma projeção através da relação do consumo de diesel com o crescimento da frota veicular com motores desse ciclo, projetada através da taxa de sucateamento da frota. Nessa projeção, é considerado que a participação do biodiesel crescerá paulatinamente conforme a política já definida pelo governo federal, e foi feito também uma análise da capacidade instalada de produção do biodiesel no Centro-Oeste, terminando com o cálculo da expansão necessária para suprir o mercado regional e nacional. O modelo obtido nesse trabalho parece bastante razoável, uma vez que o próprio mercado também está utilizando essa metodologia de sucateamento de frota para diversas projeções de consumo de derivados.

Brafman (2009) criou um modelo de projeção de consumo de ciclo otto (que utiliza gasolina, álcool e GNV na combustão) e ciclo diesel (que utiliza óleo diesel) no Brasil e

comparou-o com um modelo de referência chamado ARMA (modelo auto-regressivo de média móvel), verificando qual deles seria o melhor para ser utilizado pelos principais *stakeholders* do processo de distribuição e venda de combustíveis. Para realizar o objetivo proposto, foram utilizados dados a partir de janeiro de 2001 a abril de 2008 para rodar o modelo e de maio de 2008 a abril de 2009 para rodar a previsão (12 meses), observando se a diferença entre a previsão e o observado era pequena o suficiente para validar o modelo, e concluindo que o seu modelo proposto é mais efetivo do que o modelo ARMA de referência.

3.1.2. Projeções com Desagregação Setorial

Alguns exemplos mais raros de projeções com desagregação setorial podem ser encontrados a seguir:

Segundo o seu Plano Nacional de Energia (PNE), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) realizou projeções individuais de longo prazo para cada um dos setores mais relevantes no consumo de óleo diesel (Transporte e Agropecuário), tomando como premissa que não haverá alteração estrutural relevante no setor de transporte. Os valores projetados correspondiam à demanda potencial do diesel, que seria, em tese, atendida pela produção das refinarias de petróleo, em que se insere também o processamento de óleos vegetais e a produção de biodiesel, aproveitando as vantagens competitivas que o país apresenta na área agroindustrial. A demanda real dependia do equilíbrio entre ela própria e a oferta, através de políticas e estratégias detalhadas no próprio estudo (EPE, 2007).

Kouris (1983) e Gately (1989) propuseram projeções do consumo anual de combustível nos Estados Unidos (a nível nacional) construídas com base em diferentes segmentos do mercado nacional de veículos (automóveis, caminhões leves e pesados), decompondo o consumo numa medida de eficiência média dos veículos (quilômetros percorridos por unidade de combustível consumida, por exemplo) e na distância total percorrida. Além disso, eles introduziram variáveis indicadoras de restrições legais sobre a eficiência mínima dos veículos novos, como planos governamentais, por exemplo, e concluíram, através dos seus modelos, que é possível calcular a elasticidade-preço implícita e a elasticidade-renda de longo prazo do consumo.

A própria EPE, alguns anos depois, apresentou no seu Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 (EPE, 2012), um estudo detalhado, que não só dividia as projeções em

setores, mas também dividia-os em modais: o setor de transportes, por exemplo, foi aberto em modais, cada um com os seus relacionamentos específicos com as variáveis de entrada do modelo. A projeção da demanda de óleo diesel para transporte utilizou dados de veículos rodoviários pesados (ônibus e caminhões), de veículos comerciais leves, e dos modais aquaviário (embarcações nacionais) e ferroviário. A parcela referente à demanda de diesel por embarcações estrangeiras foi contabilizada como exportação.

Tomando como exemplo o cálculo do modal rodoviário, que concentra a maior demanda de diesel do transporte, foram estabelecidas metodologias específicas por tipo de veículo (abordagem metodológica do tipo *bottom-up*). Em linhas gerais, foram projetadas variáveis-chaves como frota, consumo específico (l/km), quilometragem média anual e fator de ocupação. No caso da projeção de frota, foram elaboradas curvas de sucateamento para ônibus e caminhões, bem como para os veículos comerciais leves. Além de taxas diferenciadas, os sucateamentos tiveram como premissa básica uma vida útil de 30 anos para os veículos pesados e 40 anos para os leves. As projeções de vendas de veículos leves e pesados foram estabelecidas em consonância com as expectativas para o transporte rodoviário de passageiros e carga, consideradas as avaliações históricas de taxa de crescimento e elasticidade-renda das vendas, e a perspectiva de crescimento da atividade modal rodoviária dentro da matriz nacional. A partir de 2012, consideraram-se incrementos de 0,7% e 1,0% ao ano, respectivamente, nos rendimentos médios dos veículos novos leves e pesados.

A principal conclusão desse estudo é que, com a dinâmica projetada de preços, demanda e oferta, haverá uma necessidade grande de importações no horizonte projetado, resultado do saldo negativo significativo entre capacidade produtiva e demanda.

3.1.1. Outras Metodologias de Projeção

Além dos 2 tipos de projeções exemplificados nas seções anteriores, existem formas mais simples e genéricas de se realizar uma projeção de demanda agregada para qualquer tipo de bem. Entre elas, se encontram as projeções com o uso de taxas, as equações de equilíbrio e as regressões lineares (simples ou múltiplas)

Utilizar a taxa de crescimento (aritmética, geométrica, etc.) observada no passado para projetar uma série de consumo aparente é bastante comum, segundo Woiler (2010). Este critério parte da hipótese que continuará a ocorrer no futuro o que ocorreu no passado

em termos de crescimento. De acordo com o cálculo da média pelo método escolhido, multiplica-se o valor atual pela taxa para se obter a projeção para o próximo período de acordo com a unidade de tempo considerada. Pode-se usar ponderações para aumentar a influência do histórico recente das variáveis na projeção final (e diminuir a representatividade dos relacionamentos mais antigos), assim como critérios subjetivos (advindos da experiência e do bom senso) na hora de se definir as tendências de crescimento.

Outra metodologia muito utilizada é a conhecida como equações simultâneas, estimadas por mínimos quadrados, e utilizadas por Barbosa (SD). Esta abordagem se tornou relevante como uma solução para o problema de identificação (identificar a curva de demanda a partir de dados de mercado, como preço e quantidade). Como não é trivial definir com uma única equação se está sendo estimada, a curva de demanda ou a de oferta, se faz necessário estimar as duas para que se identifique a da demanda.

Segundo Gujarati (2000), estima-se em um modelo de regressão linear simples, a função para relacionar duas variáveis, sendo o consumo em geral a variável dependente (Eixo Y) e o tempo, a variável independente (eixo X). Além do tempo, pode-se usar quaisquer elementos fortemente correlacionados com o consumo, para realizar a projeção do mesmo a partir de projeções existentes para esses elementos (PIB, consumo de produto complementar ou substituto, preço, etc.). A escolha da variável independente a ser utilizada depende de uma análise econômica prévia, da disponibilidade de dados e da possibilidade de se projetar esta variável.

Para Salles (2013), uma evolução do modelo de regressão linear simples é o modelo de regressão linear múltipla, no qual é verificada a interação conjunta da variável dependente (no caso o consumo) com várias outras variáveis independentes. Dentro dessa metodologia, existem diversos métodos de se definir as variáveis, que podem ser divididos em 2 abordagens: a abordagem exaustiva, que constrói um grande número de modelos, combinando todas as regressões possíveis entre as variáveis independentes; e a abordagem alternativa, que procura montar uma estratégia para diminuir o número de modelos construídos. Ainda segundo Salles (2013), as principais limitações da primeira abordagem são que as decisões dependem da escolha do critério de qualidade de ajuste (MSE, R^2 , etc.), e o número de modelos possíveis para seleção cresce exponencialmente com a adição de mais uma variável, aumentando o esforço para construção de modelos e diminuindo a chance de se analisar qualitativamente os resultados por conta do grande

volume de projeções (Para 10 regressores existem 1023 modelos possíveis, por exemplo).

Entre os métodos de abordagem alternativa, podemos destacar o método de seleção *forward* (ou progressivo), o método de seleção *backward* (ou regressivo) e o método de seleção *stepwise* (passo a passo), que combina os 2 anteriores (SALLES, 2013).

No método *forward*, parte-se da suposição de que não há inicialmente variável no modelo, apenas o intercepto. A ideia do método é adicionar uma variável de cada vez, sendo a primeira variável selecionada aquela com maior correlação com a variável dependente. São feitos testes de hipótese t e F para se decidir por incluir uma nova variável, ou parar a seleção (SALLES, 2013).

Enquanto o primeiro método começa sem nenhuma variável no modelo e vai adicionando variáveis a cada passo, o método *backward* segue o sentido oposto: incorpora inicialmente todas as variáveis e depois vai eliminando do modelo as variáveis com baixa contribuição ao modelo. A decisão de retirada da variável é tomada baseando-se também em testes F parciais, que são calculados para cada variável como se ela fosse a última a entrar no modelo (SALLES, 2013).

O método de seleção *stepwise* é, simplesmente, uma combinação entre os 2 métodos anteriores, no qual a cada passo do *forward*, depois de incluir uma variável, aplica-se o *backward* para ver se será descartada alguma das variáveis que compõem aquele modelo (SALLES, 2013).

3.2. Metodologias de Validação de Variáveis

As metodologias de validação de variáveis são utilizadas em diversas etapas da construção de um modelo de previsão. Primeiramente, quando se está buscando as variáveis que serão posteriormente testadas e, se aptas, incluídas no modelo, parâmetros estatísticos como p-valor, R^2 (ajustado ou não) e F-calculado podem ser a primeira forma de triagem de variáveis, no caso de uma regressão múltipla com abordagem exaustiva, ou ser o direcionador de como o modelo deve começar, no caso de uma regressão com abordagem alternativa. Além disso, esses parâmetros (entre outros) podem ser utilizados como critérios de avaliação e escolha de qual modelo é o melhor, entre todos os construídos.

De acordo com Salles (2013), para testar a existência de regressão entre a variável dependente Y e a variável independente X, ou seja, demonstrar que o coeficiente de variação $\beta_2 \neq 0$, podemos utilizar a análise de variância, através de uma tabela ANOVA, que nos fornece (direta ou indiretamente) alguns parâmetros que podem ser utilizados como critérios de decisão. Outra forma de se obter esses parâmetros é através da Regressão Linear usando o programa Excel/Microsoft.

Os principais parâmetros avaliados são o valor p (ou o *Stat t*), o R^2 (ajustado ou não) e o F-calculado. Um valor p menor do que o nível de significância adotado (5%, em geral); um parâmetro *Stat t* grande o suficiente, ou um R^2 próximo o suficiente de 1 são usualmente utilizados como fatores de decisão, mas eles requerem bases mais robustas e modelos mais estáveis. Para projeções com poucos dados, o parâmetro mais indicado é o F, parâmetro proporcional à significância do modelo. Quanto maior é o F, mais significativo o modelo é. No método progressivo, por exemplo, esse é o parâmetro que indica qual das próximas variáveis a serem adicionadas no modelo apresenta maior contribuição marginal, além de representar também um parâmetro de corte, ou seja, ao se deparar com modelos que apresentem F menor do que um F_{in} estabelecido (ou que diminuam o F de um passo para o outro, dependendo do critério), retorna-se ao modelo anterior (SALLES, 2013).

De forma a simplificar as análises posteriores, podemos classificar esses parâmetros em 2 tipos: *maior-melhor* e *menor-melhor*. Parâmetros do primeiro tipo são aqueles que, quanto maiores eles são, melhor é a relação entre as variáveis representada por eles, independentemente de haver um limite superior ou não. O R^2 , o *Stat t* e o F se encaixariam nesse tipo. No segundo tipo, há, por exemplo, o valor p, que quanto menor, maior é a significância da relação entre as variáveis representadas por ele. Obviamente, isso é uma simplificação grande das análises que devem ser feitas para cada um (por exemplo: se o valor p for menor que o grau de significância adotado, não é tão importante se ele é maior ou menor que o de outra variável), mas, na hora de analisar todos esses parâmetros em uma tabela e compará-los exaustivamente com outras séries, essa classificação será de grande ajuda.

Outra forma preliminar de se realizar uma triagem de variáveis, segundo Lira (2004) é a matriz de correlação (de Pearson, por exemplo). Quando se tem $p > 2$ variáveis, e o interesse é conhecer as correlações existentes entre elas, duas a duas, ou seja, X_i com X_j , $i \neq j$, obtém-se a matriz de correlações, a partir de coeficientes simples. Com a ajuda

dessa matriz, vemos o coeficiente de correlação de Pearson para cada par de variáveis, verificando que pares possuem esse parâmetro perto o suficiente de 1 (0.9, por exemplo, o que indica forte correlação) para, em seguida, decidir se elimina-a (ou não) uma das variáveis.

Essas são formas genéricas de se validar variáveis e modelos de regressão. No caso de derivados, a literatura mostra exemplos de metodologias mais complexas e rebuscadas para atacar esse problema. Moreira (1996) testa, através do p-valor e da variação de medida de informação *Hanna Quinn*, se vetores de variáveis incorporam informações adicionais para a previsão do consumo de óleo diesel. Nos seus resultados, nenhuma das variáveis adicionais aumentava a capacidade preditiva do modelo em relação ao proposto inicialmente, que já incluía o PIB e o preço. Já no modelo proposto por Brafman (2009), foram utilizadas técnicas de raiz unitária e cointegração para checar o melhor modelo de previsão, não tendo como preocupação as elasticidades de curto e longo prazo. Para mais detalhes dessas metodologias, aconselha-se a leitura das referências indicadas.

Nesse capítulo foram verificadas diversas metodologias de projeção (tanto gerais quanto aplicadas no mercado de combustíveis), de forma que fosse possível escolher uma para ser utilizada nesse trabalho. A princípio, não foi encontrada uma metodologia que se destaque como sendo a melhor entre todas, mas sim metodologias que são melhor aplicadas de acordo com a conjuntura (dados em mãos, horizonte que se quer projetar, tipo de variável a ser projetada, etc). No capítulo seguinte, a escolha da metodologia será explicada e desenvolvida, sempre utilizando como *input* os conhecimentos discutidos anteriormente.

4. Construção do Modelo

A metodologia escolhida para a construção da projeção foi através de um modelo de regressão linear múltipla, utilizando-se a abordagem alternativa (ou não exaustiva) conhecida como método *forward*. Os principais fatores para essa decisão foram o número reduzido de dados confiáveis e estruturados (anteriores a 2000, por exemplo) que compõem as amostras, a robustez da metodologia (indicada para diversos setores e tipos de projeções) e a sua simplicidade de compreensão e implementação.

A primeira etapa consistiu em, através da contextualização descrita nas seções anteriores, mapear de forma empírica quais fatores seriam relevantes para uma projeção

de consumo de óleo diesel. Analisando toda a dinâmica do setor, chegou-se à conclusão de que o consumo de óleo diesel poderia ser influenciado pelo nível de atividade nacional, pelo seu preço, pela movimentação de cargas, pelo tamanho da frota, pelos fluxos de importação e exportação, ou pela geração de energia.

Em seguida, procurou-se dados que representassem, de alguma forma, esses possíveis direcionadores de demanda, de forma que fosse possível comprovar estatisticamente as relações entre eles e o consumo. Nessa etapa, foi dada preferência para dados disponíveis publicamente e que viessem de fontes confiáveis.

Na etapa seguinte, foram feitos modelos de regressão linear simples entre cada variável independente X_i (nível de atividade, frota, etc.) e a variável dependente Y (consumo de óleo diesel), no intuito de avaliar parâmetros estatísticos (valor p , R^2 , $Stat\ t$ e etc.) de cada um dos modelos, e foi construída uma matriz de correlação de Pearson. O objetivo dessa etapa é retirar do modelo final possíveis redundâncias (pela matriz de correlação) ou possíveis excessos de informação vindos de variáveis pouco significantes (através da identificação de, por exemplo, valores p menores do que o nível de significância adotado – 5%).

Utilizou-se também os modelos de regressão linear simples para escolher qual variável seria a primeira a incluir no modelo, utilizando como critério o F -calculado da tabela de análise de variância ANOVA, gerada no Excel. Aquele modelo que tivesse maior parâmetro F seria o ponto de partida da construção do modelo através do método *forward*. Uma vez definido esse ponto de partida, a cada inclusão de variáveis foi realizada uma rodada de testes, seguindo o método proposto.

Após a última variável ser incluída no modelo, procurou-se por projeções publicadas recentemente dessas variáveis incluídas no modelo. Na ausência de informações, atribuiu-se o melhor *fit* estatístico a cada uma delas, de forma que tenhamos um horizonte de médio prazo, suficiente para projetar a nossa variável dependente, uma vez que essas projeções individuais servem como *input* final do modelo proposto.

4.1. Validação de Variáveis

4.1.1. Regressões

4.1.1.1. Nível de Atividade Econômica e PIB

É de conhecimento geral dentro do setor de combustíveis que a relação entre o PIB e o consumo de óleo diesel, em nível nacional, é significativa. Entretanto, é preciso compreender o significado dessa relação, para que a variável independente e a sua relação com a variável dependente sejam estudadas de forma correta.

O PIB nacional é a soma de todos os bens e serviços produzidos pelo país e é, por si só, um indicador do nível de atividade econômica. Na realidade, é esse nível de atividade econômica que possui uma forte relação com o consumo do óleo diesel, e o PIB é o seu principal indicador. Com isso em mente, é preciso ter um certo cuidado para saber de que forma essa atividade econômica será incluída no modelo, uma vez que um crescimento no PIB não significaria necessariamente um crescimento nesse nível de atividade econômica. Isso ocorre porque o PIB, por ser um indicador contábil, faz uso dos preços dos bens e serviços produzidos, logo, se somente os preços aumentarem (sem um aumento da produção), o PIB irá aumentar, mesmo que o nível de atividade econômica tenha continuado estagnado. Esse é o impacto da inflação nessa conta nacional.

A partir deste entendimento, foram analisados os dados do PIB com preços atuais constantes, o que exclui a influência da inflação nesse indicador. Essa série foi plotada em um gráfico junto com o consumo de óleo diesel (Gráfico 19) para uma análise prévia da correlação entre as 2 variáveis.

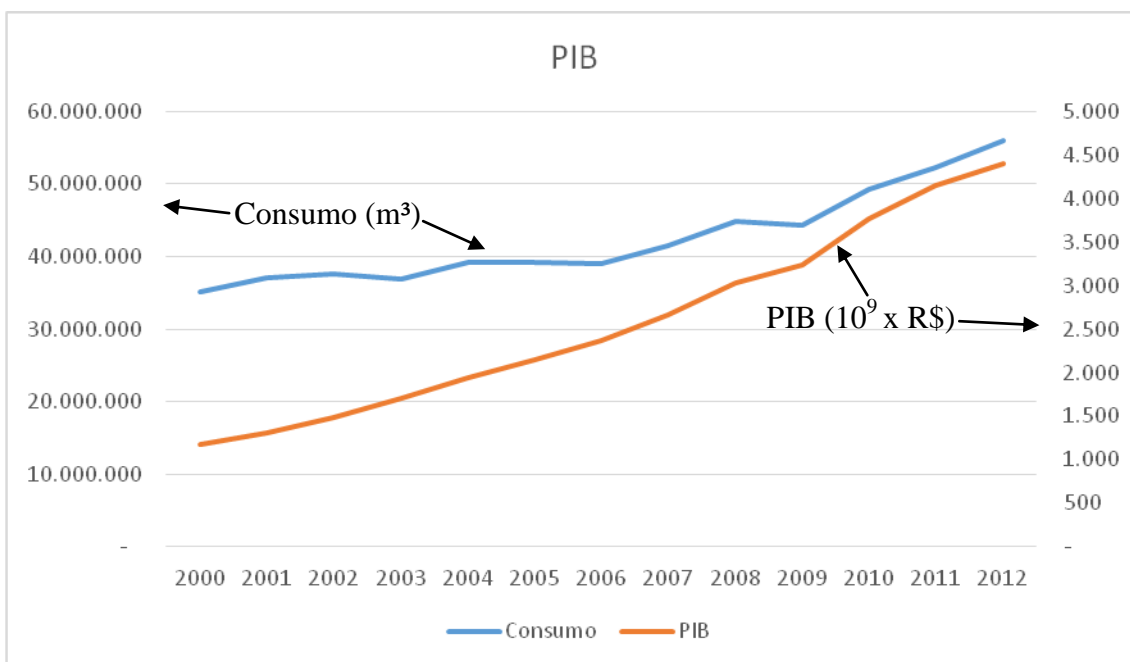


Gráfico 19: Consumo de Óleo Diesel (m³) x PIB (10⁹x R\$), 2000-2012
Fonte: Elaboração Própria com dados do IBGE (2013).

Analisando o Gráfico 19, podemos perceber que a curva de PIB, apesar de ter tendências de crescimento da mesma forma que o consumo de óleo diesel, vem aumentando a sua inclinação a cada ano. O consumo, por sua vez, teve um pico nos últimos 2 anos. Fazendo a regressão linear essas variáveis, obtemos o Gráfico 20 e a Tabela 1: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e o PIB, com os parâmetros dessa regressão :

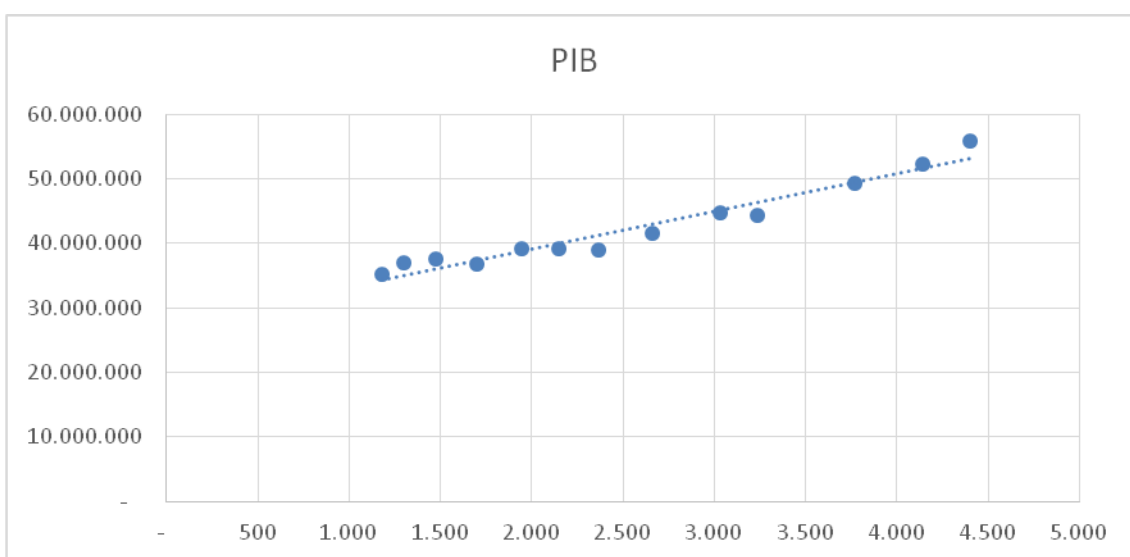


Gráfico 20: Regressão Linear entre o Consumo de Óleo Diesel e o PIB
Fonte: Elaboração Própria.

R ²	0,944674
Valor p	2,94E-08
F	187,8221

Tabela 1: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e o PIB

Fonte: Elaboração Própria.

Analisando os gráficos e parâmetros de ambas as variáveis, podemos perceber bons resultados, que indicam grande relevância tanto do PIB como do consumo de óleo diesel, com os parâmetros do tipo *maior-melhor* suficientemente grandes e o valor p (do tipo *menor-melhor*) inferior ao nível de significância estabelecido. Apesar dessa razoável relação, ela ainda não é suficiente para garantir que o PIB estará incluído na projeção, pois se uma outra variável fortemente correlacionada com o PIB conseguir explicar melhor o consumo, isso pode significar a sua exclusão.

4.1.1.2. Preço

A variável escolhida para representar o preço do óleo diesel foi a média anual do preço médio de revenda praticado pelos postos revendedores. Essa informação é publicada pela ANP mensalmente e a série histórica disponível possui valores praticados desde julho de 2001. Como todas as outras variáveis levantadas possuíam como início da série, o ano de 2000, foram feitas 2 estimativas para a média de revenda dos 2 primeiros anos. A estimativa feita para o ano de 2000 utilizou como base as 3 portarias interministeriais¹³ publicadas nesse mesmo ano (portarias 069, 212 e 417), que estabeleciam o preço de revenda do diesel, fazendo uma média entre esses valores para se obter a média anual. Já a estimativa feita para o ano de 2001, que só possuía em sua série histórica dados a partir de julho, utilizou a relação entre a média do segundo semestre e a média anual (por conta da sazonalidade, a primeira supera a segunda, em média, em 15%) dos 2 anos seguintes para poder projetar a média do ano inteiro, e não utilizar só um semestre, o que seria prejudicial ao modelo por conta da sazonalidade.

Com esses dados já trabalhados, é possível plotar a curva de preços em um gráfico com a curva de consumo, de forma a realizarmos uma primeira análise de correlação entre essas 2 variáveis. Essa plotagem pode ser verificada no Gráfico 21.

¹³ Fonte: <http://www.sincopetro.org.br/conteudo.asp?xmenu=112>

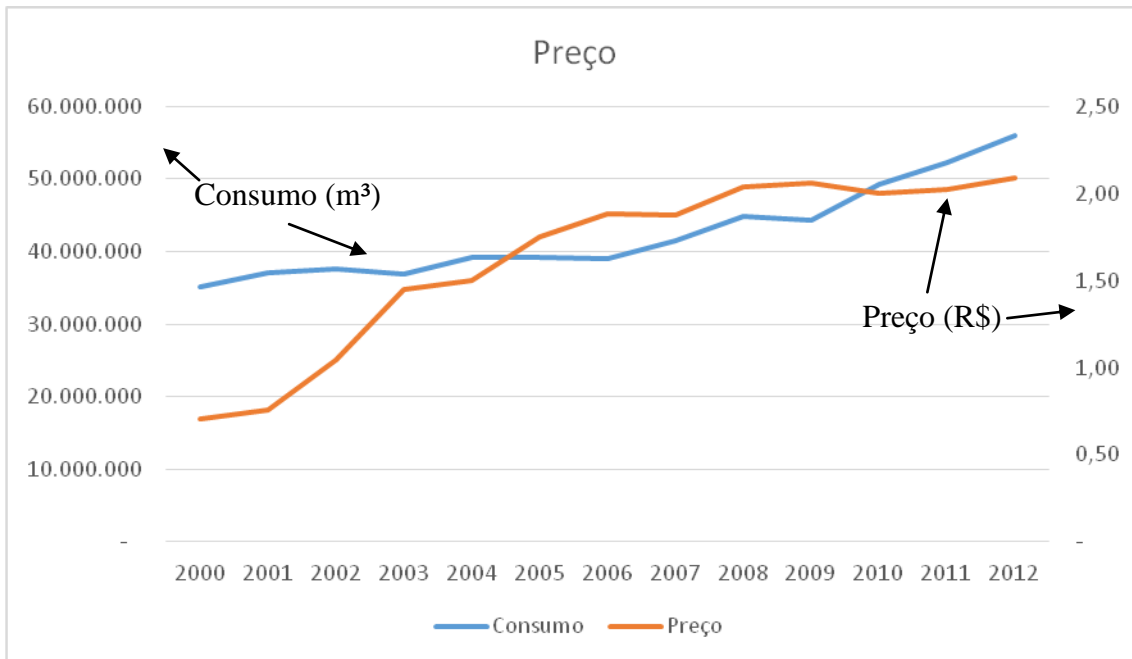


Gráfico 21: Consumo de Óleo Diesel (m³) e Preço do Diesel (R\$), 2000-2012
Fonte: Elaboração Própria com dados da ANP e SINCOPEPETRO.

O segundo passo foi fazer uma análise da regressão entre esse preço e a curva de demanda. Os resultados gráficos e paramétricos dessa análise podem ser vistos no Gráfico 22 e na Tabela 2.

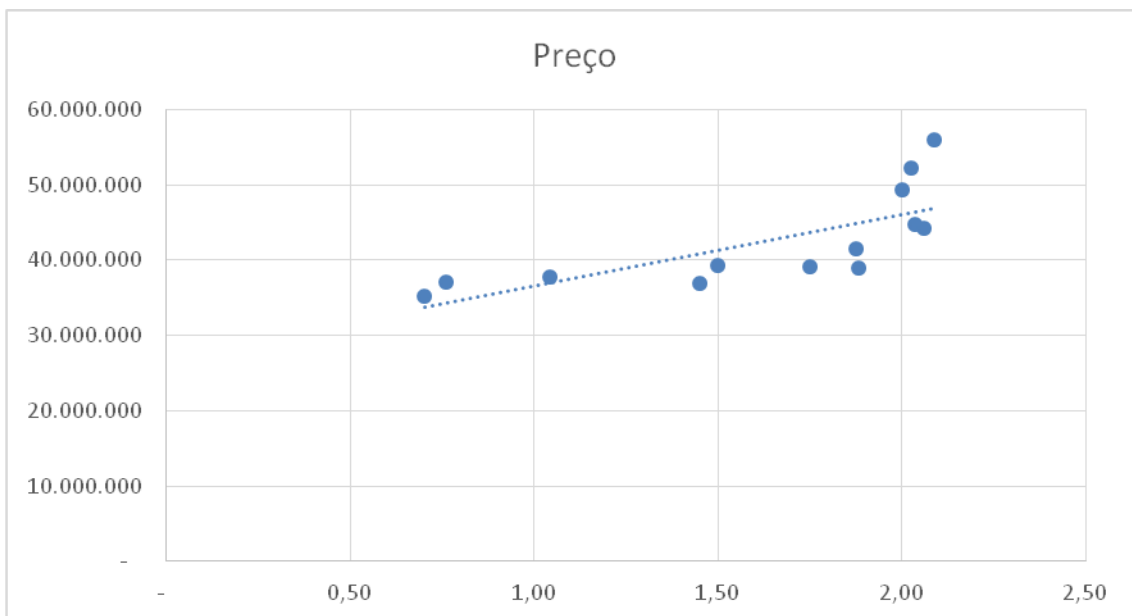


Gráfico 22: Regressão Linear entre o Consumo e o Preço do Diesel
Fonte: Elaboração Própria.

R ²	0,538271
Valor p	0,004311
F	12,8235

Tabela 2: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e o Preço do Diesel

Fonte: Elaboração Própria.

Em uma análise isolada, (tanto os gráficos quanto a tabela de parâmetros da regressão) vemos que o desempenho dessa variável em explicar o consumo não é muito alto. Apesar do valor p estar dentro do nível de significância esperado (menor que 5%), o R² e o F pequenos apontam baixa correlação e pouca significância.

4.1.1.3. Movimentação de Cargas

Como vimos em seções anteriores, o modal rodoviário é o que apresenta a maior parte do consumo de óleo diesel no país (96%). Por conta dessa grande representatividade, a sua série histórica foi a escolhida para representar a influência da movimentação de cargas dentro do modelo, e a fonte desses dados foi um estudo divulgado pela EPE (2012b), no qual consolidou-se a base de dados de 1970 até 2010 relativas às movimentações de cargas de diversos modais. Para trabalharmos sempre com o mesmo horizonte de análise (2000 – 2012), os anos de 2011 e 2012 foram estimados, com o auxílio de uma pesquisa realizada pelo Instituto de Logística e *Supply Chain* (ILOS) e ajustando as unidades para a série de dados utilizada.

Após o tratamento da série de dados, foi possível plotá-la em um gráfico juntamente com o consumo, de forma que se possa analisar se há, em um primeiro momento, grande correlação. O Gráfico 23 mostra essa plotagem.

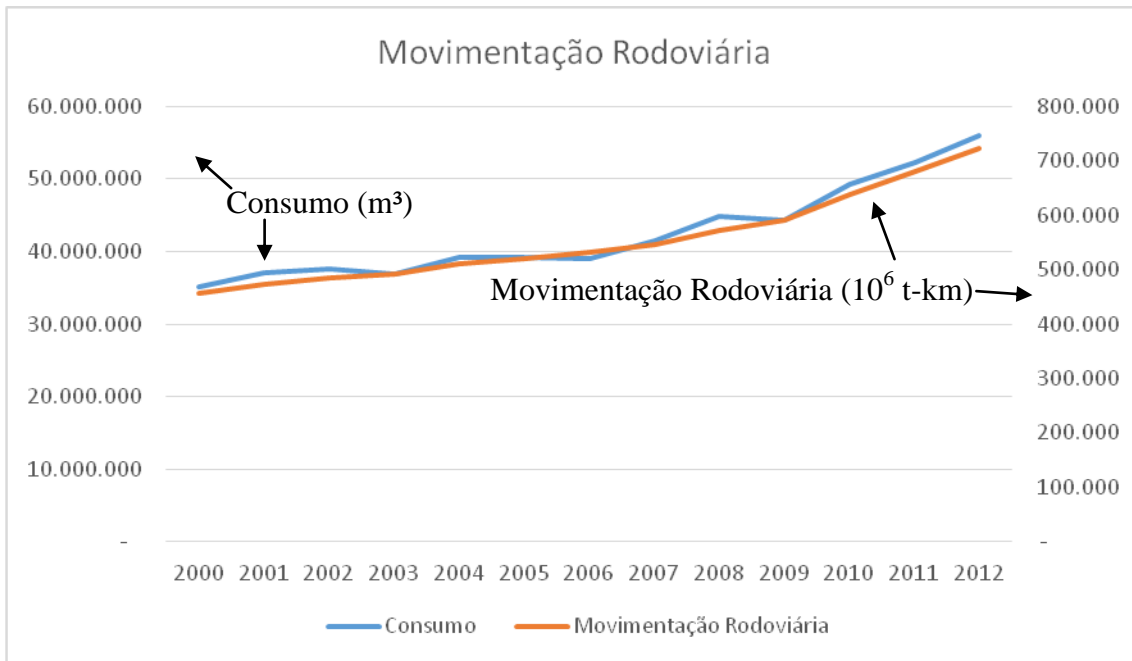


Gráfico 23: Consumo de Óleo Diesel (m³) e Movimentação Rodoviária (10⁶ t-km), 2000-2012
Fonte: Elaboração Própria com dados da EPE (2012b).

Em seguida, como nos outros casos, foi feita a regressão das 2 variáveis, gerando 1 gráfico (Gráfico 24) e uma tabela de parâmetros (Tabela 3).

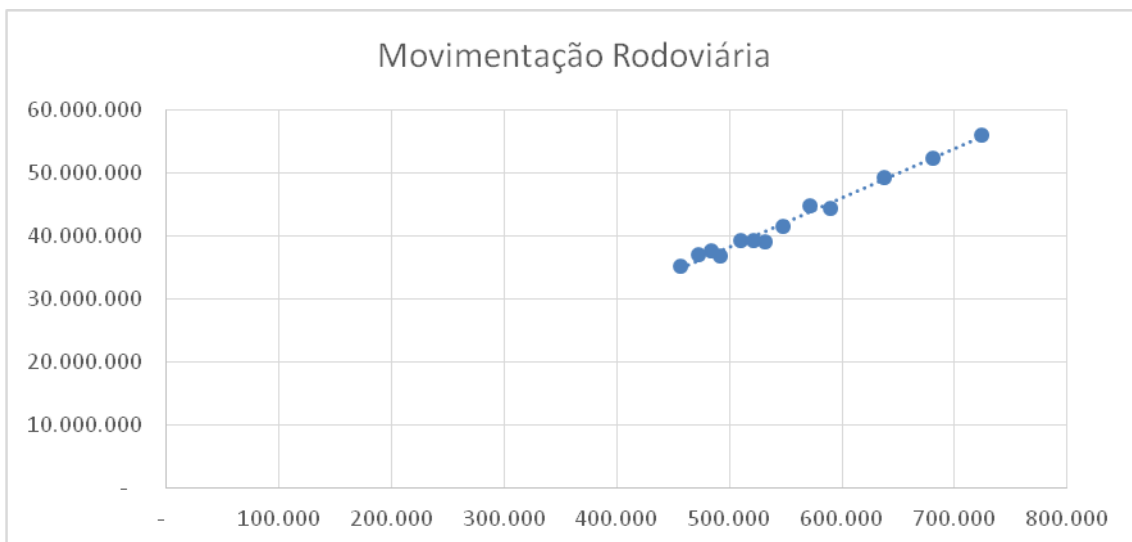


Gráfico 24: Regressão Linear entre Consumo e Movimentação Rodoviária
Fonte: Elaboração Própria.

R ²	0,984751
Valor p	2,41E-11
F	710,3535

Tabela 3: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e a Movimentação de Cargas
Fonte: Elaboração Própria.

Os resultados obtidos com a regressão entre o consumo de óleo diesel e as movimentações de cargas demonstram uma grande influência da segunda variável na primeira, com valores altíssimos para R² e F e o valor p bem pequeno (e dentro do nível de significância utilizado como restrição).

4.1.1.4. Frota Diesel Circulante

Para analisar a influência da frota usuária de diesel no modelo, foram utilizados os dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), que disponibiliza em seu *site* a série histórica de veículos emplacados, por tipo de veículo. Os tipos de veículos que utilizam o óleo diesel como principal combustível (caminhões, ônibus, tratores, etc.) foram somados para compor o que esse estudo chama de frota diesel circulante.

Podemos ver a evolução da frota diesel circulante no Gráfico 25, juntamente com o consumo.

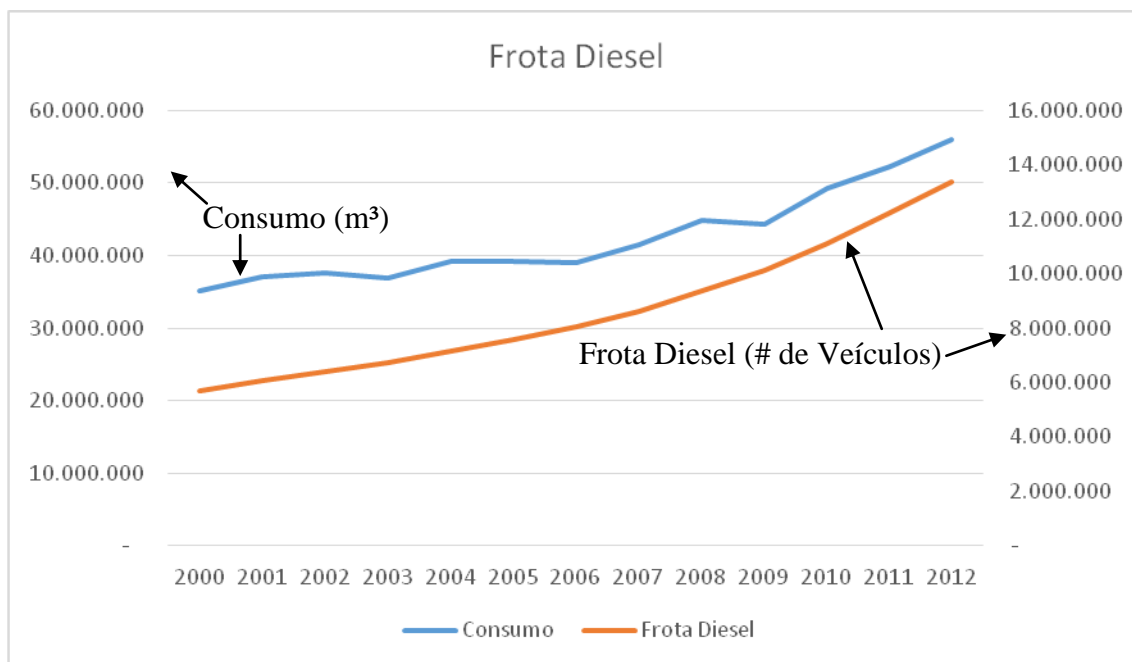


Gráfico 25: Consumo de Óleo Diesel (m³) e Frota Diesel (Número de Veículos), 2000-2012
Fonte: Elaboração Própria com dados do DENATRAN.

Como feito para as outras variáveis, podemos ver a regressão dessa variável com o consumo de diesel, assim como a tabela de parâmetros, no Gráfico 26 e na Tabela 4.

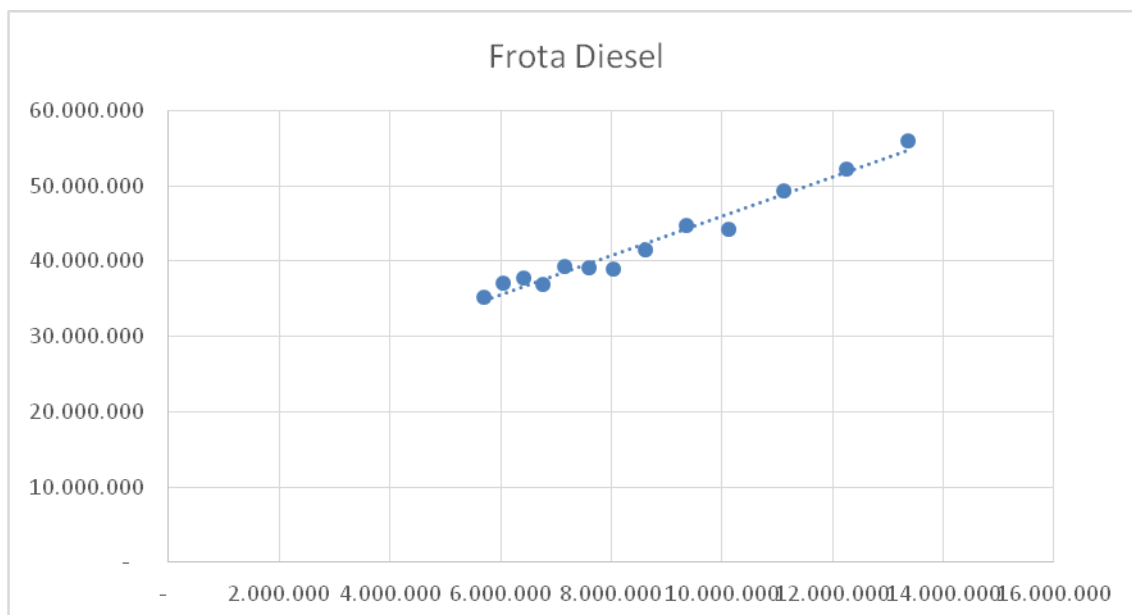


Gráfico 26: Regressão Linear entre Consumo e Frota Diesel
Fonte: Elaboração Própria.

R ²	0,97191
Valor p	6,98E-10
F	380,5978

Tabela 4: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e a Frota Diesel
Fonte: Elaboração Própria

É possível verificar tanto de forma gráfica quanto pela tabela de parâmetros da regressão que existe uma relação forte entre a frota diesel e o consumo de diesel. Os altos valores do R² e do F, assim como o valor p bem abaixo do nível de significância esperado, corroboram o Gráfico 25, cuja plotagem se aproxima suficientemente de uma reta.

4.1.1.5. Geração de Energia Elétrica

Vimos em seções anteriores que, apesar do consumo no setor de transportes ser o mais representativo, outros setores (se agregados), possuem também uma certa representatividade. Dentro desses outros setores, está o setor de geração de energia elétrica que, apesar de se ter fechado recentemente várias termelétricas movidas a

combustíveis fósseis, podem ser responsáveis por uma parcela de explicação da demanda passada de óleo diesel.

No caso do consumo de óleo diesel, é razoável imaginar que a demanda desse combustível está diretamente relacionada com a oferta de energia elétrica gerada com ele como matéria prima. Logo, para representar a geração de energia elétrica, foi escolhida uma série histórica de geração de energia elétrica proveniente de fonte térmica convencional, que, aqui no Brasil, significa queima de combustíveis fósseis. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) divulga essas informações periodicamente em seu *site*, de onde os dados foram retirados.

Como ocorreu para as outras variáveis, observamos no Gráfico 27 a geração térmica convencional de energia elétrica, juntamente com o consumo de óleo diesel para o mesmo período de tempo.

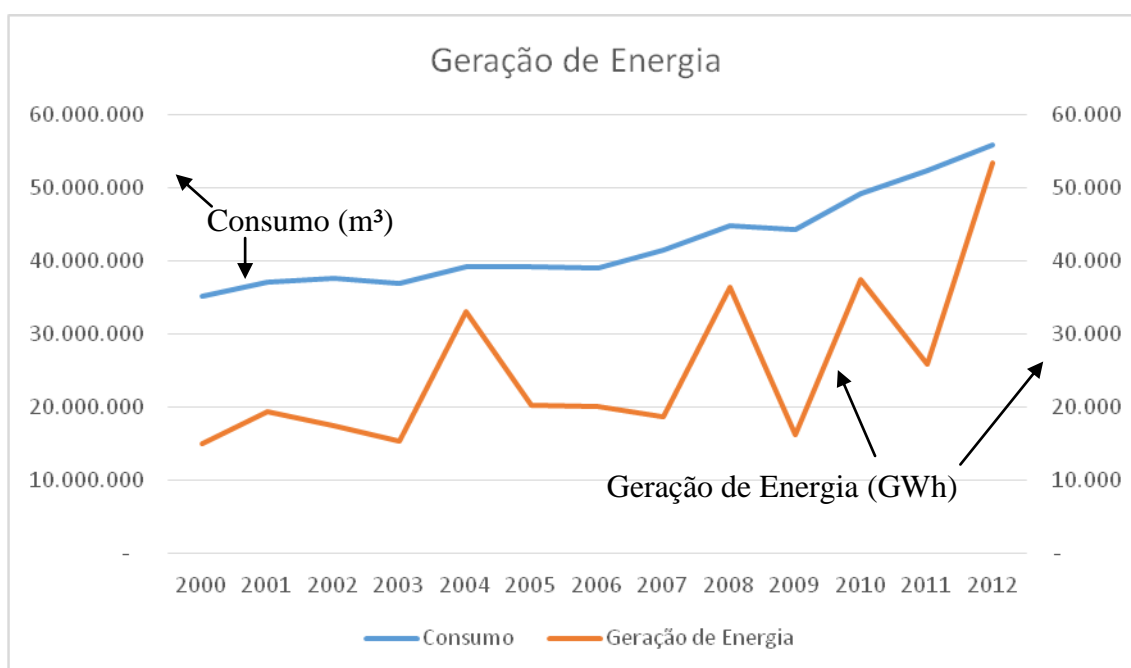


Gráfico 27: Consumo de Óleo Diesel (m³) e Geração de Energia (GWh), 2000-2012
Fonte: Elaboração Própria com dados do ONS.

Analisando o consumo e a geração de energia no mesmo gráfico, já podemos verificar que não existe muita coordenação entre essas duas séries. Enquanto a demanda de óleo diesel é quase sempre crescente e mais estável, a geração de energia oscila mais, com grandes crescimentos e grandes quedas. Isso varia, principalmente, de acordo com a política do governo e a sua capacidade de suprir a demanda de energia elétrica sem o

uso de combustíveis fósseis, que são mais poluentes do que outras fontes de energia como hidrelétrica, eólica e etc.

Em seguida, temos a regressão e a tabela de parâmetros para uma análise mais profunda. Podemos observar essas informações no Gráfico 28 e na Tabela 5.

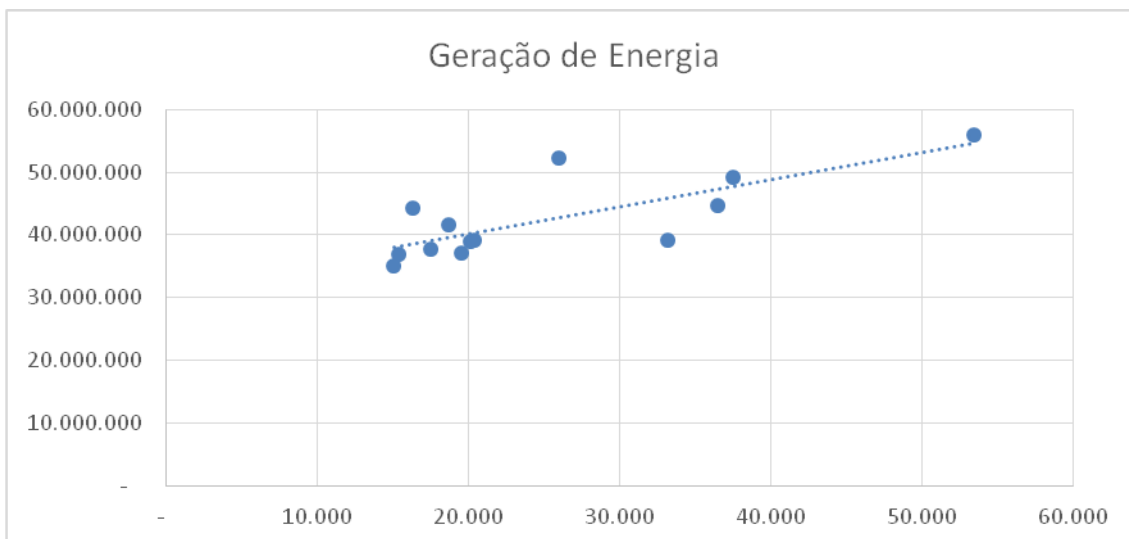


Gráfico 28: Regressão Linear entre Consumo e Geração de Energia
Fonte: Elaboração Própria.

R ²	0,593049176
Valor p	0,00207274
F	16,03029294

Tabela 5: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo e a Geração de Energia
Fonte: Elaboração Própria.

A regressão linear e a tabela de parâmetros também confirmam o que foi constatado anteriormente, com a análise gráfica dos dados: existe pouca correlação entre a demanda de óleo diesel e a geração de energia elétrica. Os baixos valores do R² e do F corroboram essa constatação, o que confirma que, dentro da agregação definida anteriormente como “Outros Setores” para o consumo de óleo diesel, o setor elétrico não é representativo (apesar do valor p ainda estar dentro do nível de significância exigido).

4.1.1.6. Importação e Exportação

A ANP divulga mensalmente dados relativos a importações e exportações de petróleo e derivados, logo, a séries históricas desses fluxos relativos ao óleo diesel foram retiradas

dessa fonte, sem nenhum tipo de tratamento ou premissa. O histórico dessas 2 variáveis independentes, juntamente com o consumo, pode ser visto no Gráfico 29 e Gráfico 30.

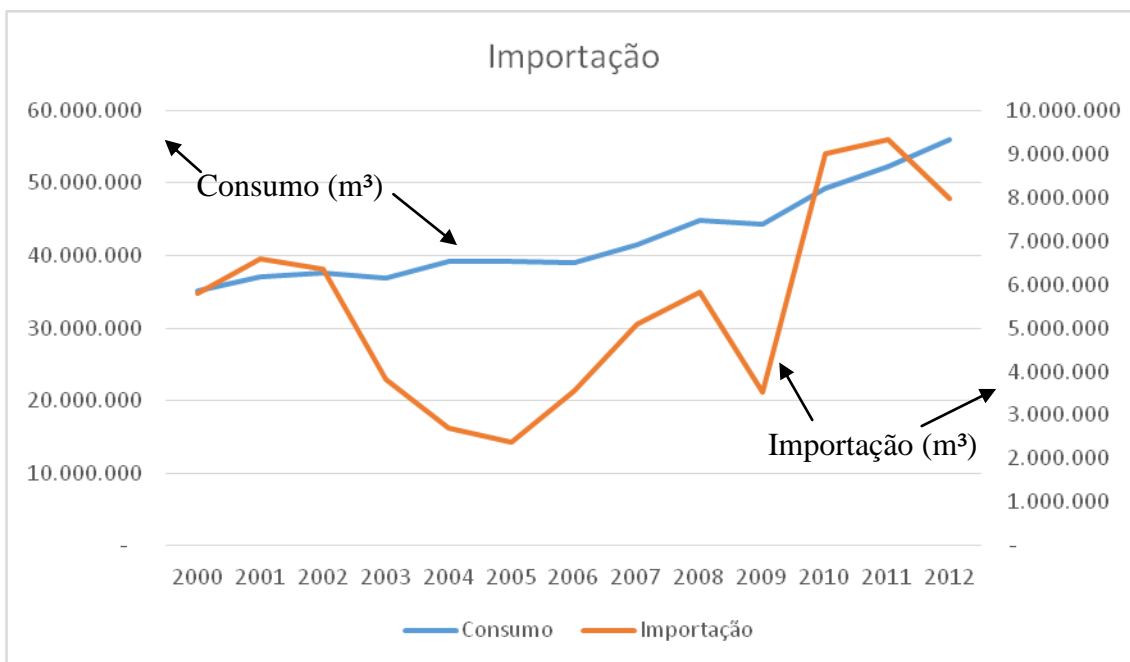


Gráfico 29: Consumo de Óleo Diesel (m³) e Importações (m³)
Fonte: Elaboração própria com dados da ANP.

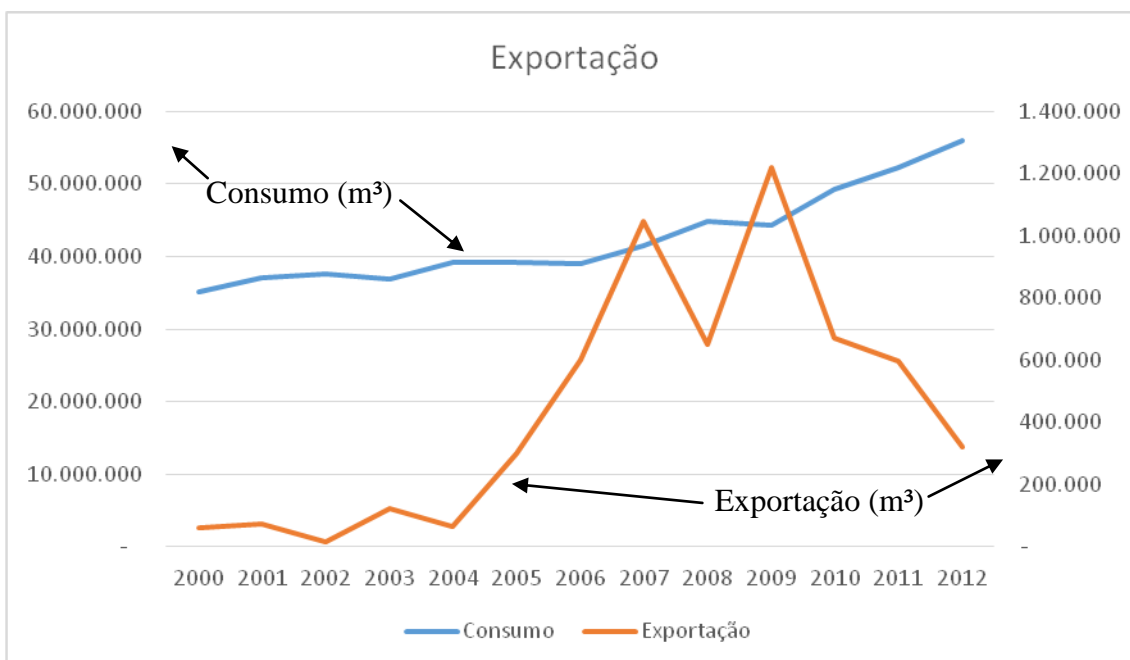


Gráfico 30: Consumo de Óleo Diesel (m³) e Exportações (m³)
Fonte: Elaboração própria com dados da ANP.

A regressão linear entre o consumo e as importações de óleo diesel pode ser verificada no Gráfico 31 e a regressão entre o consumo e as exportações pode ser vista no Gráfico 32. Os parâmetros das 2 regressões são mostrados juntos, na Tabela 6.

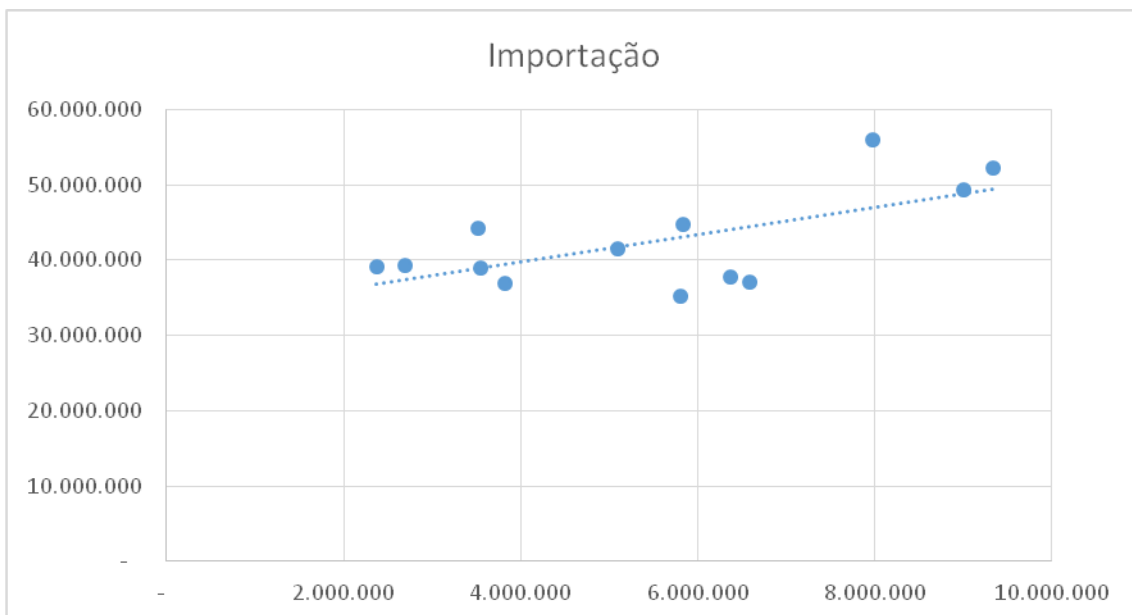


Gráfico 31: Regressão Linear entre Consumo e Importação
Fonte: Elaboração Própria.

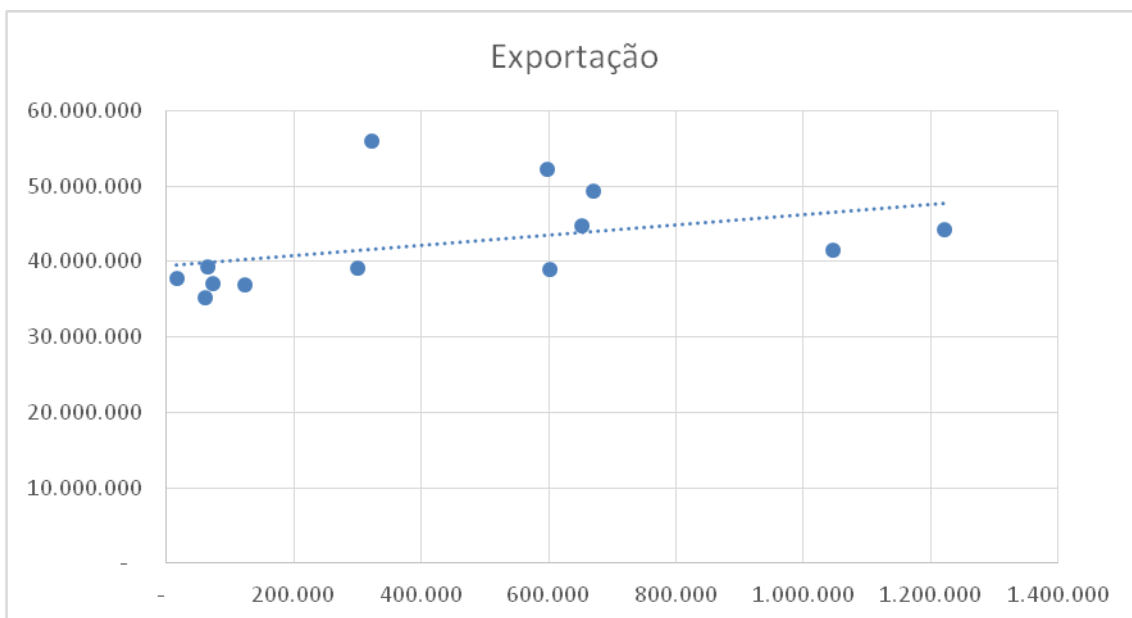


Gráfico 32: Regressão Linear entre Consumo e Exportação
Fonte: Elaboração própria.

	Importações	Exportações
R ²	0,415633074	0,168998744
Valor p	0,017364493	0,16286567
F	7,823789484	2,237043768

Tabela 6: Parâmetros da Regressão Linear entre o Consumo, a Importação e a Exportação
Fonte: Elaboração Própria.

Tanto em relação à importação quanto à exportação, observamos valores bem pequenos para o R² e o F, principalmente se compararmos com outras variáveis já analisadas, como o PIB e a Frota Diesel Circulante. Além disso, no caso da exportação, o valor p referente ao coeficiente de inclinação da curva não atende ao critério de significância imposto (<5%) pelas restrições pré-estabelecidas.

4.1.2. Matriz de Correlação

Após realizadas as regressões, foi analisada também a matriz de correlação entre todas as variáveis independentes, de forma a evitar inserir no modelo redundâncias desnecessárias.

Com a matriz de correlação, demonstrada na Tabela 7, foram observados grandes coeficientes de correlação (acima de 90%) entre as variáveis PIB, Frota Diesel Circulante e Movimentação de Cargas (Modal Rodoviário). Utilizando como critério o F gerado pelas regressões, descartou-se as variáveis Frota Diesel Circulante e PIB, que, apesar de possuírem F's relativamente grandes, não eram suficientemente grandes para superar o F calculado na regressão entre o consumo de óleo diesel e a movimentação de cargas por modal rodoviário no Brasil.

	<i>Movimentação de Cargas</i>	<i>PIB</i>	<i>Geração de Energia</i>	<i>Preço</i>	<i>Importação</i>	<i>Exportação</i>	<i>Frota Diesel</i>
<i>Movimentação de Cargas</i>	1	-	-	-	-	-	-
<i>PIB</i>	0,986	1	-	-	-	-	-
<i>Geração de Energia</i>	0,730	0,686	1	-	-	-	-
<i>Preço</i>	0,785	0,858	0,501	1	-	-	-
<i>Importação</i>	0,582	0,527	0,448	0,086	1	-	-
<i>Exportação</i>	0,462	0,582	0,006	0,725	0,020	1	-
<i>Frota Diesel</i>	0,997	0,995	0,704	0,816	0,557	0,526	1

Tabela 7: Matriz de Correlação de Pearson
Fonte: Elaboração própria.

4.2. Método Progressivo

Conforme descrito anteriormente, foi aplicado o método progressivo, avaliando primeiramente a estatística F dos modelos gerados. Não foi necessário utilizar outros parâmetros como critério de desempate, já que os valores F entre os modelos foram suficientemente diferentes.

Apesar do método progressivo permitir a parada de inserção de variáveis no modelo (com base na avaliação do F atual e dos novos F's gerados pela adição de novas variáveis no modelo), esse estudo procurou ser exaustivo na busca do melhor ajuste, ou seja, mesmo após o valor F dos modelos começar a diminuir (e, com isso, o seu caráter explicativo), continuou-se gerando modelos com mais variáveis, na tentativa de compreender a variação de capacidade explicativa entre cada passo da metodologia. A evolução desse parâmetro ao longo dos passos pode ser verificada no Gráfico 32.

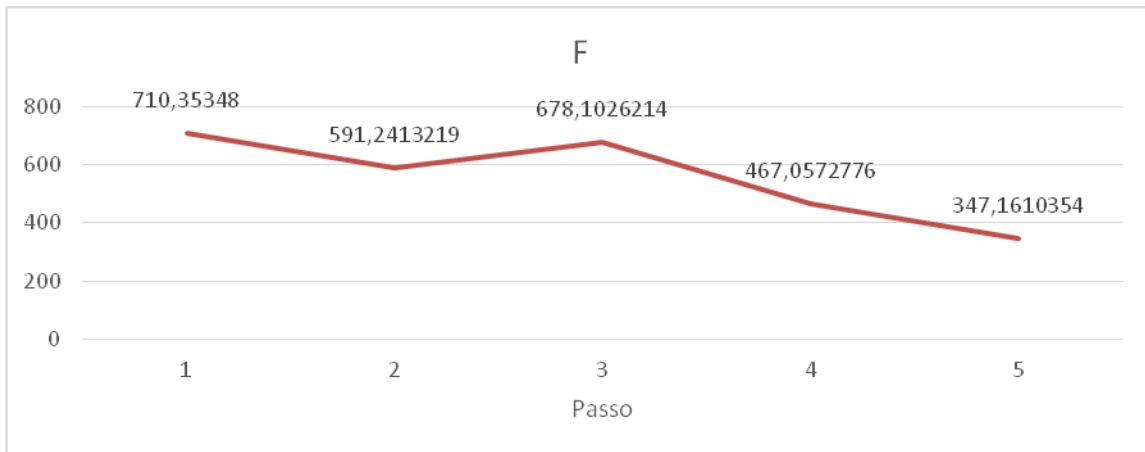


Gráfico 33: Evolução dos valores da estatística F ao longo dos passos
Fonte: Elaboração Própria.

Como o maior valor de F foi obtido no primeiro passo (no qual o modelo só possui em sua composição uma variável independente), o melhor modelo obtido com essa metodologia foi um modelo de regressão linear simples, cuja variável independente é a Movimentação de Cargas.

A equação teórica do modelo de regressão linear pode verificada na Equação 1, na qual Y_i é a variável dependente, X_i é a variável independente, β_2 é o coeficiente de inclinação e β_1 é o intercepto, podendo ele ser positivo ou negativo.

$$Y_i = \beta_2 \times X_i \pm \beta_1$$

Equação 1: Equação Teórica do Modelo de Regressão Linear Simples

Esse modelo, por se tratar de uma regressão linear simples, já foi obtido durante a validação das variáveis, e pode ser verificado no Gráfico 24. A equação da reta obtida com a regressão pode ser verificada na Equação 2, na qual x representa a variável Movimentação de Cargas.

$$y = 77,833x - 739925$$

Equação 2: Equação Resultante do Modelo

4.3. Projeção de Variáveis

Como o modelo final obtido só possui uma variável independente (Movimentação de Cargas), somente ela precisa ser projetada para se obter a projeção do consumo de óleo

diesel. Entretanto, uma vez que a quantidade de dados é reduzida, é interessante que se faça uma análise de sensibilidade através do uso de cenários, que podem ser construídos em cima da variável independente a ser projetada.

Para a projeção de Frota Diesel Circulante, foi pensado o uso de 2 cenários: o Cenário 1, que tem como principal premissa a continuidade do crescimento recente da movimentação de cargas e que foi obtido do melhor ajuste estatístico (polinômio do 2º grau, com R^2 de 0,99, considerado altíssimo para um ajuste estatístico) entre todos os testados (Exponencial, Linear, Logarítmica, Polinomial e Potência); e o Cenário 2, mais coerente com o histórico anterior ao grande crescimento obtido nos últimos 4 anos e que foi obtido através de um ajuste para uma função Exponencial (com R^2 de 0,95, igualmente muito bom). Os 2 cenários podem ser vistos no Gráfico 34, enquanto os seus ajustes estatísticos que levaram a esses cenários podem ser vistos nos Anexos 1 e 2.

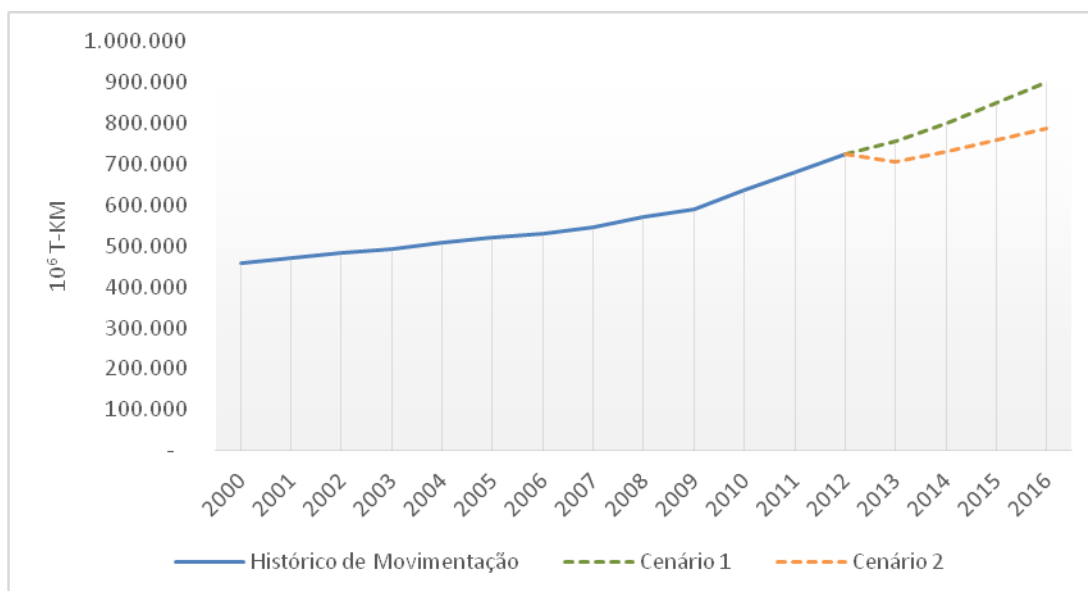


Gráfico 34: Cenários para Movimentação de Cargas, 2000-2016

Fonte: Elaboração própria.

É importante ressaltar que nem sempre o melhor ajuste estatístico significa a melhor projeção. Após o uso de ferramentas de estatística, é sempre recomendável uma análise qualitativa dos números obtidos, de forma, por exemplo, a categorizar os cenários em ordem de alinhamento com a realidade e com o histórico. A informação de que o mercado não acredita que o crescimento da economia nos últimos 3 anos não deve se manter para o curto ou médio prazo é um input para a análise qualitativa da projeção acima, tornando o Cenário 2 mais coerente do que o Cenário 1, já que aquele leva em

conta a tendência de crescimento da década inteira e minimiza o impacto do crescimento recente na projeção.

5. Resultados

5.1. Resultados do Modelo

A projeção obtida para os 2 cenários de movimentação de cargas no modal rodoviário pode ser verificada no Gráfico 35, onde aparece também o histórico do consumo de óleo diesel desde 2000.

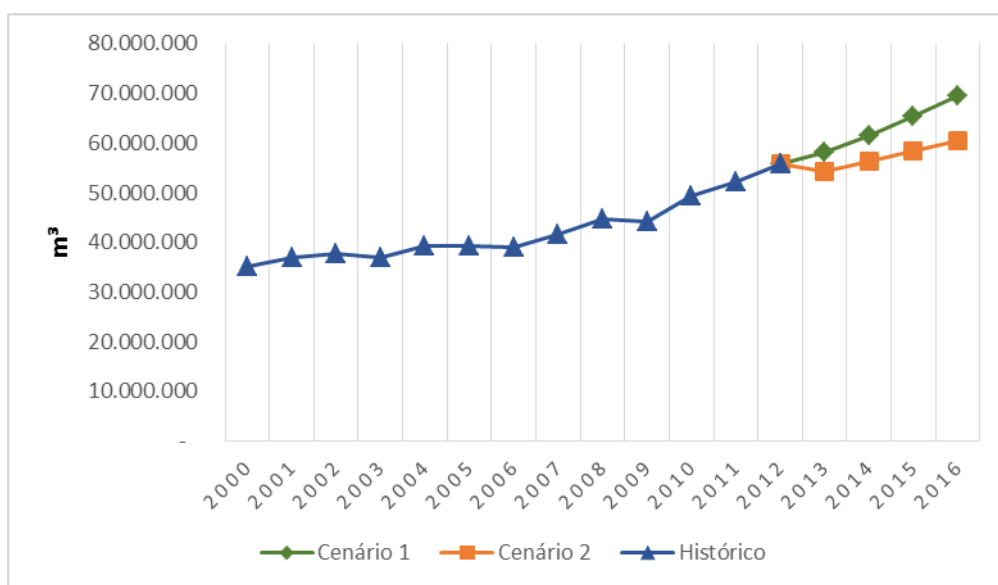


Gráfico 35: Projeções da Demanda de Óleo Diesel, por Cenário, 2000-2016
Fonte: Elaboração Própria.

Outra forma de visualizar essa informação é através da Tabela 8, que apresenta os números de cada cenário projetado.

	Cenário 1	Cenário 2	
2000	35.151.264	35.151.264	HISTÓRICO
2001	37.024.903	37.024.903	
2002	37.668.348	37.668.348	
2003	36.853.254	36.853.254	
2004	39.225.675	39.225.675	
2005	39.167.155	39.167.155	
2006	39.008.397	39.008.397	
2007	41.558.180	41.558.180	
2008	44.763.952	44.763.952	
2009	44.298.463	44.298.463	
2010	49.239.039	49.239.039	
2011	52.263.912	52.263.912	
2012	55.900.364	55.900.364	
2013	58.091.689	54.262.579	PROJEÇÃO
2014	61.623.961	56.267.340	
2015	65.416.382	58.345.172	
2016	69.468.951	60.498.737	

Tabela 8: Histórico e Projeção do Consumo de Óleo Diesel por Cenário
Fonte: Elaboração própria.

Com os números da projeção em mãos, foram feitas análises para validar as projeções e para entender o que esses números representam para o mercado.

5.2. Validação das Projeções

Uma vez obtidos os resultados dos dois cenários, é possível analisar os números qualitativamente, de forma a validar a projeção. Uma forma de se realizar essa validação é utilizando outra metodologia de projeção de curto prazo para validar a projeção de consumo de 2013, com base nos valores já realizados de janeiro a outubro. Para isso, foi utilizada uma projeção baseada em taxas, que se baseia, segundo Woiler (2010), na continuidade das relações que ocorreram no passado.

Para validar a premissa de continuidade, foi verificada a variação da relação entre os meses de novembro e dezembro com base no valor consumido de janeiro a outubro. Como pode ser observado no Gráfico 36, essa relação é estável para ambos os meses, o que permite uma projeção de consumo para novembro e dezembro de 2013, e, por

consequência, para todo o ano de 2013, possibilitando uma projeção alternativa que será utilizada como validação da projeção realizada.

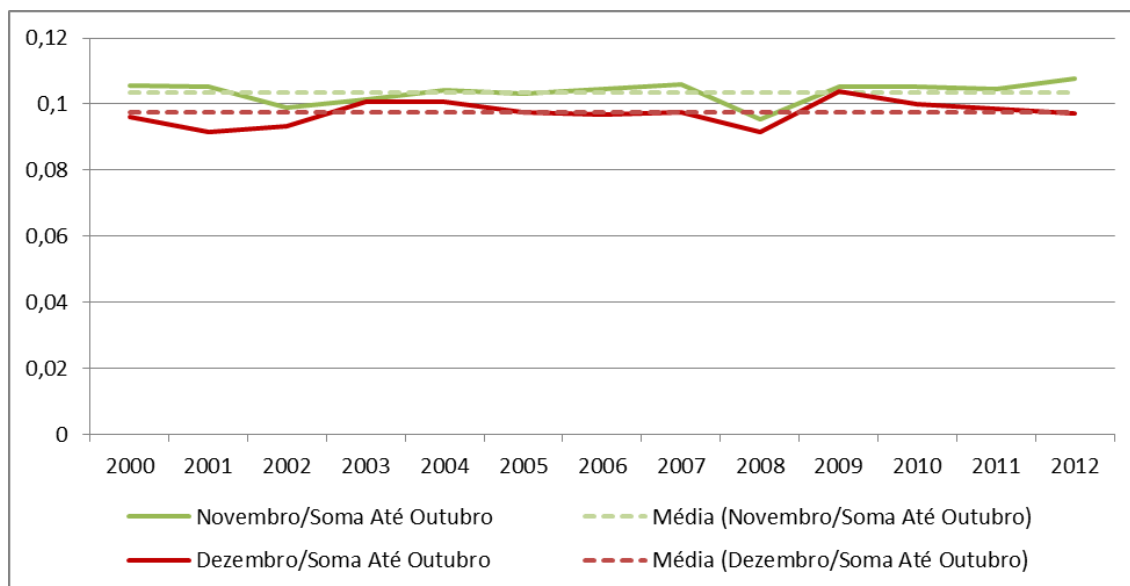


Gráfico 36: Histórico da razão entre o consumo em novembro ou dezembro e a soma do consumo entre janeiro e outubro, 2000-2012

Fonte: Elaboração própria com dados da ANP.

O valor obtido para 2013 é o de 58.771.789 m³ de óleo diesel consumido, que se aproxima bastante do número obtido com o Cenário 1 (58.091.689 m³). Apesar de entrevistas com profissionais do setor indicarem que o grande crescimento de demanda obtido nos últimos 3 anos não iria se manter no curto prazo, o ano de 2013 mostra que essas previsões não estão se concretizando, o que valida o primeiro cenário, menos conservador no que diz respeito a grandes crescimentos.

Outra forma de validar os cenários é comparando-os com outras projeções, como a do PDE 2021, muito utilizada por diversos *stakeholders* do setor, como Refinarias e Distribuidores de Derivados. Segundo essa projeção, o volume de óleo diesel que será consumido em 2016 é de 60.298 milhões de m³, que se aproxima bastante do valor obtido no Cenário 2 para esse mesmo ano. A proximidade desses valores valida também o Cenário 2, mais alinhado com as previsões conservadoras para o horizonte de consumo desse derivado.

Considera-se dessa forma que a projeção obtida, assim como os 2 cenários utilizados, estão devidamente validados, e podem ser utilizados como instrumentos de tomada de

decisão para investimentos, programações de refino ou qualquer outra atividade na qual o consumo é uma variável relevante.

5.3. Impactos no mercado

Para entender os impactos dos números projetados, é preciso olhar também para o espelho da demanda no mercado: a oferta, ou, no caso específico do diesel, a capacidade, uma vez que a Petrobras, maior ofertante do setor, é obrigada a abastecer o território nacional.

Segundo a ANP (2013c), a produção de óleo diesel para os próximos anos sofrerá alguns incrementos, acompanhando o crescimento de capacidade que a entrada das novas refinarias da Petrobras no Nordeste (RNEST¹⁴, Premium I e Premium¹⁵ II) e no Sudeste (COMPERJ¹⁶) irá gerar. Esse crescimento pode ser visto no Gráfico 37, que mostra também o aumento da capacidade de refino para outros derivados¹⁷.

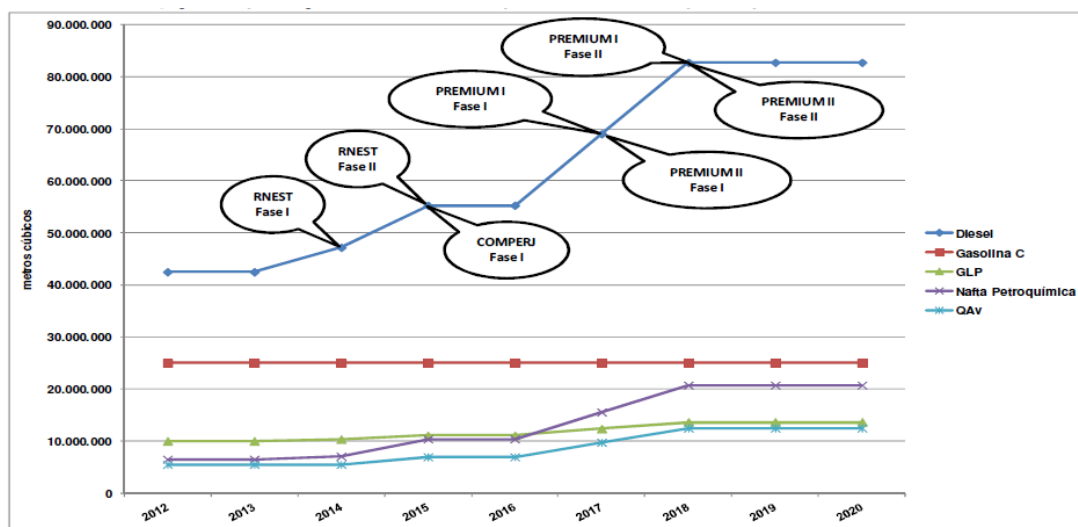


Gráfico 37: Projeção da Capacidade de Refino por Derivado, 2012-2020
Fonte: ANP (2013c).

Com as 2 projeções, é possível calcular um saldo entre a oferta e a demanda, que, por ser extremamente estratégica para a produtividade nacional, será atendida através de

¹⁴ Sigla para Refinaria do Nordeste

¹⁵ Nome relacionado com a estratégia de produzir somente diesel de qualidade superior (S10)

¹⁶ Sigla para Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro

¹⁷ A produção de Gasolina se manterá constante, uma vez que o perfil das novas refinarias não inclui unidades de produção desse derivado.

importações, por mais que essa solução seja catastrófica economicamente para a Petrobras e para o Governo. Esse saldo pode ser visualizado no Gráfico 38.

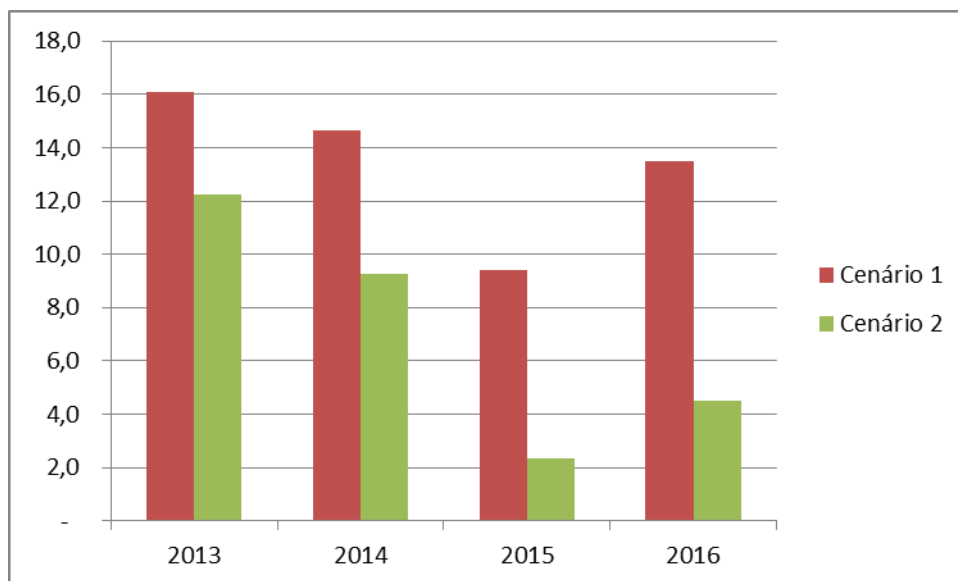


Gráfico 38: Projeção do Saldo entre Consumo e Capacidade Produtiva de Óleo Diesel, 2013-2016
Fonte: Elaboração própria, com dados da projeção e da ANP.

Analisando o Gráfico 38, podemos ver que inicialmente o saldo é o maior em um horizonte de 4 anos (aproximadamente 16 milhões de m³ no Cenário 1, e mais de 12 milhões de m³ no Cenário 2), uma vez que o consumo, que já supera a produção atualmente, continua crescendo, enquanto a produção só irá obter incrementos com a entrada das refinarias novas, sendo que essas refinarias não estarão rodando todas as suas linhas até o fim do horizonte de projeção. Além disso, esse déficit acumulado nesses 4 anos é de aproximadamente 53 milhões para o primeiro cenário e 28 milhões para o segundo.

O impacto desse crescimento do consumo de óleo diesel, é, de forma mais direta, um aumento substancial no volume de importações desse derivado, causando um grande déficit na balança comercial brasileira. Esse déficit tende a piorar, uma vez que o governo sinalizou que no máximo até o próximo ano não irá segurar mais o preço do mercado nacional, fazendo com que esse valor aumente para o patamar do mercado internacional. Isso, somado aos custos de importação, pode ter consequências tanto para o mercado de óleo diesel quanto para outros setores da economia, uma vez que os custos de transporte de qualquer mercadoria estão ligados diretamente ao preço do combustível utilizado.

De qualquer forma, aqueles envolvidos em atividades de movimentação (principalmente internacional e de longo curso) de combustíveis devem se preparar para absorver a demanda de serviços gerada por essa grande diferença entre oferta e demanda, que tende a diminuir com a entrada completa das refinarias em um horizonte posterior ao estudado nesse trabalho.

6. Conclusão

6.1. Setores usuários de diesel

A importância do setor rodoviário no consumo de óleo diesel foi apresentada duas vezes ao longo desse trabalho. A primeira demonstração foi ao longo da contextualização, quando o consumo foi dividido por setor e modal, apontando a grande representatividade do setor de transporte no consumo entre setores, e do modal rodoviário no consumo dentro do setor de transportes.

A segunda demonstração ocorreu na construção do modelo, na qual a variável movimentação de cargas no modal rodoviário teve significância tão grande na explicação do consumo de óleo diesel, que a inclusão de todas as outras variáveis foram refutadas.

Essa significância do volume de movimentações de cargas do modal rodoviário na explicação do consumo de óleo diesel, se não é surpreendente, intriga pelo fato de que ela superou a significância do PIB, principal fator utilizado pelo setor para realizar projeções. A maior utilização do PIB como variável explicativa pode ser justificada, entretanto, pela maior confiabilidade das projeções de PIB (se comparadas com as projeções de movimentações de cargas), pelo menos no curto prazo.

A grande representatividade do setor de transporte rodoviário no consumo de diesel é uma consequência direta da matriz de transporte brasileira, que utiliza em grande parte o modal rodoviário, apesar de ser um país de grandes dimensões e abundantes bacias hidrográficas, o que favoreceria o transporte ferroviário e o aquaviário (fluvial e cabotagem).

6.2. Oportunidades

Esse estudo apontou algumas oportunidades dentro do setor de óleo diesel, justificadas tanto pelo desajuste entre a oferta e a demanda, quanto pelas características geográficas desses 2 fatores.

Em relação ao saldo negativo entre produção e consumo para o horizonte de 4 anos, é preciso investir em infraestrutura (principalmente portuária), de forma que o país possa absorver o grande volume de importações que será necessário, com o mínimo de custo possível (para não repassar esse custo para o combustível, que aumentará o custo de transporte de outras mercadorias, gerando inflação).

A Petrobras também precisa se preparar para esses cenários de demanda, acelerando a construção de suas refinarias, e tentando absorver o máximo da demanda com a produção interna (e minimizando as importações, extremamente custosas para o seu orçamento). A construção de 2 das 4 refinarias (as refinarias Premium) previstas para essa década está paralisada, o que, no longo prazo, pode causar muitos problemas financeiros à empresa, que está tentando diminuir os custos de projeto e buscando parceiros para reduzir o volume de capital próprio investido¹⁸.

Além do saldo negativo, existe também o fato que a distribuição geográfica da produção e da demanda de óleo diesel irá sofrer grandes mudanças. Se atualmente a demanda e a oferta estão concentradas nas mesmas regiões (Sul e, principalmente, Sudeste), em um horizonte próximo a produção no Nordeste dará um salto, o que exigirá uma melhor articulação logística das distribuidoras para não arcar com grandes custos no transporte desse combustível. Mais uma vez, é preciso melhorar a infraestrutura portuária para que o transporte inter-regional de combustível seja o menos custoso possível.

6.3. Limitações da Projeção

A relativa escassez de fontes e dados estatísticos (principalmente anteriores a 2000) representa um dos maiores limitadores do modelo de projeção obtido. Para projeções dessa natureza é indicado o uso de amostras grandes, o que não foi possível devido ao fato de que muitas informações só começaram a ter um acesso facilitado a partir de do início desse milênio.

¹⁸ Fonte: http://brasileconomico.ig.com.br/noticias/refinarias-premium-devem-ser-licitadas-no-inicio-de-2014_136174.html

Além disso, são inúmeras as possibilidades de testes estatísticos e de metodologias de projeção que podem ser aplicadas na projeção de consumo de óleo diesel. O tempo foi, mais uma vez, limitador, no que tange a escolha de uma metodologia para ser aplicada. Apesar disso, esse estudo espera incentivar outros trabalhos a seguirem essa linha de raciocínio, verificando outras variáveis não testadas aqui, ou aplicando outras metodologias de projeção.

O método *forward* de inclusão de variáveis, apesar de ser muito utilizado, não é totalmente exaustivo, uma vez que não realiza todos os modelos possíveis com as variáveis dadas. Uma possibilidade seria utilizar uma metodologia exaustiva, estabelecendo parâmetros para classificar os modelos e escolhendo o melhor entre eles, segundo esses parâmetros.

Como a projeção foi desenhada para ser fruto de uma Regressão Linear Múltipla (mas parou com a introdução de somente uma variável, pois sua força explicativa superava qualquer outro modelo com a inclusão de outras variáveis), a estimação das variáveis explicativas seguiu uma metodologia simples de melhor ajuste, entre os disponíveis nas ferramentas de análise estatística utilizadas. Entretanto, assim como foi feito para a projeção do consumo de óleo diesel, existem formas mais robustas de se estimar variáveis, e esse trabalho espera incentivar outros trabalhos a tentarem essa abordagem.

6.4. Considerações Finais

Apesar de ter sido escolhida uma metodologia específica de regressão linear múltipla e se ter obtido um modelo de regressão linear simples (devido ao fato de que a correlação entre o consumo de óleo diesel e as cargas movimentadas pelo modal rodoviário é tão forte que não permitiu a entrada de outras variáveis no modelo), esse trabalho pode considerar o seu objetivo alcançado, uma vez que validou as diversas relações entre o consumo de óleo diesel e outras variáveis produtivas, econômicas e sociais, além de ter conseguido realizar uma projeção factível e alinhada com as expectativas do mercado, e identificado oportunidades no setor.

Mais do que isso, o presente estudo pode constatar o que muitos outros estudos não conseguiram: a movimentação de cargas rodoviárias, mais do que o PIB (amplamente utilizado no mercado para projeções de demanda de diesel), é a variável que possui maior poder de explicação sobre o consumo de diesel, uma vez que somamos a

dependência do transporte de cargas pelo modal rodoviário e o fato de que a frota brasileira de caminhões é movida à diesel em quase sua totalidade.

Isso significa que uma boa projeção de transporte de cargas pelo modal rodoviário, levando em consideração as distâncias entre os polos produtores e demandantes, os tipos de fluxos entre eles, e a estrutura logística na qual eles estão inseridos, é o caminho mais correto para uma projeção acurada do consumo de diesel para os próximos anos. O grau de dificuldade de uma previsão desse nível não é, entretanto trivial, mas a importância do produto no país certamente atrairá candidatos a tentar.

Finalmente, esse estudo também serve como fonte consolidada de informações atualizadas e que, normalmente, estão espalhadas em diversas fontes e bases de dados, facilitando o acesso às informações desse setor, que são ainda muito mal divulgadas.

Referências Bibliográficas

- Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Anuário Estatístico**. Brasília: ANP, 2013a
- Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Boletim Mensal do Biodiesel**. Brasília: ANP, 2013b
- Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Evolução do mercado de combustíveis e derivados: 2000-2012**. Brasília: ANP, 2013c
- Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Resolução 14**. Brasília: ANP, 2012
- Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Resolução 65**. Brasília: ANP, 2011
- ALIEVA, Leila. **The Baku oil and local communities: a history**. Qanun: The Center for National and International Studies – CNIS, 2009.
- ANATER, Mônica Joelma, et al. **Projeção da produção e consumo de diesel e biodiesel da região Centro-Oeste até o ano de 2030**. Grandes Dourados: UFGD, 2011.
- BARBOSA, Fernando de Holanda. **Modelo de Equações Simultâneas**. Rio de Janeiro: FGV, 1983.
- BONFÁ, Marcio. **Diesel S10: Impacto sobre o rendimento do parque de refino brasileiro em 2020 e propostas mitigadoras**. Rio de Janeiro: COPPEAD, 2011.
- BRAFMAN, Ilana. **Modelo econométrico para a projeção do consumo aparente de combustível no Brasil - Otto e Diesel**. Rio de Janeiro: IBMEC, 2009.
- Confederação Nacional dos Transportes – CNT. **Os impactos da má qualidade do óleo diesel brasileiro**. Brasília: CNT, 2012.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília: EPE, 2007.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2019**. Brasília: EPE, 2010.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2021**. Brasília: EPE, 2012a.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Consolidação da Base de Dados do Setor de Transporte**. Brasília: EPE, 2012b.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco energético nacional 2013**. Brasília: EPE, 2013.

FIGUEIREDO, Renata. **Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira**. Rio de Janeiro: ILOS, 2006.

FLEURY, Paulo, et al. **O papel do transporte na estratégia logística**. Rio de Janeiro: ILOS, 2000.

GATELY, Dermot. **The US demand for highway travel and motor fuel**. The Energy Journal (v. 11, n.3), 1990.

GUJARATI, Damodar. **Basic Econometrics**. New York: The McGraw–Hill Companies, 2004.

HAYES, Robert, et al. **Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

KOURIS, George. **Fuel consumption for road transport in the USA**. Energy Economics (v. 5, n. 2), 1983.

LIMA, Maurício. **Pesquisa ILOS de Custos de Transporte**. Rio de Janeiro: ILOS, 2013

LIRA, Sashiko. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. Curitiba: UFPR, 2004

MAUGERI, Leonardo. **The Age of Oil - Mythology, History and Future of the World Most Controversial Resource**. Westport: Praeger Publishers, 2006.

MOREIRA, Ajax R.B.. **Modelos para a projeção do consumo nacional e regional de Oleo Diesel**. Brasília: IPEA, 1996.

SALLES, André. **Apostila de Estatística Aplicada**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

SANTANA, Ildefonso. **Emissão de gases poluentes por descarga de veículos do ciclo diesel provocadores de deterioramento do meio ambiente: busca de soluções para amenizar ou controlar o problema**. Belo Horizonte: FEAMIG, 2012.

SATHLER, Márcio. & TOMALSQUIM, Maurício. **A formação de preços dos derivados de petróleo no Brasil**.

SILVA, Juliana Rodrigues de Melo. **Implicações Econômicas do Uso do Óleo Diesel no Setor de Transporte Rodoviário Brasileiro**. Brasília: IPEA, 1996.

WOILER, Samsão, et al. **Projetos: planejamento, elaboração, análise**. São Paulo: Atlas, 2ª Edição, 2010.

Acessado em outubro de 2013:

Departamento Nacional Do Trânsito - Denatran. **Frota 2000-2012.**

Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/>

Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis – ANP. **Dados**

Estatísticos Mensais. Disponível em: www.anp.gov.br

Universidade de São Paulo - USP. **Poluição atmosférica e chuva ácida.** Disponível

em: http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html

Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo - SINCOPEPETRO. **Histórico**

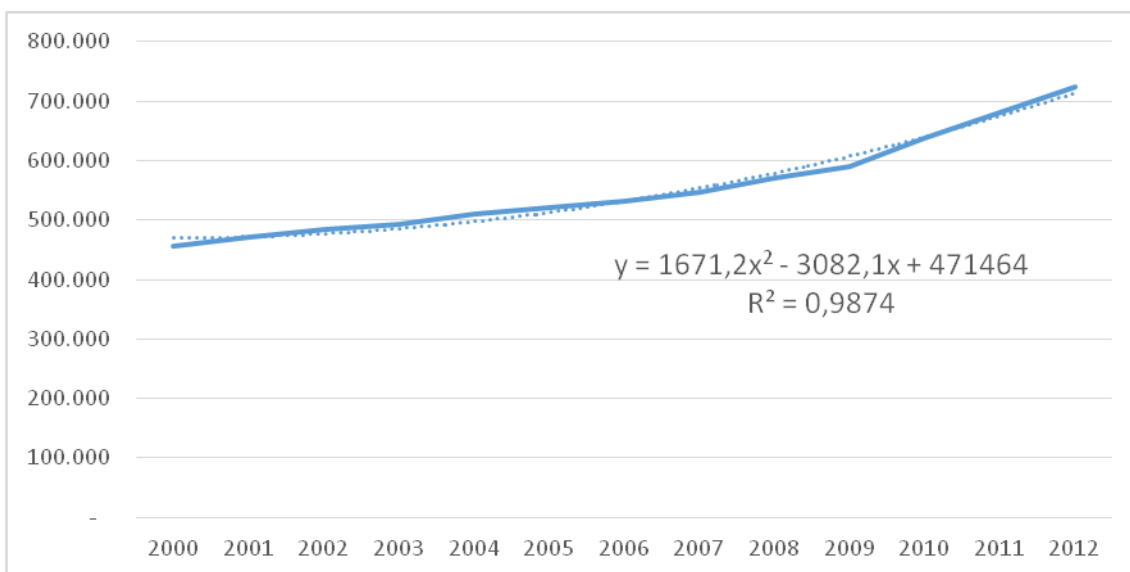
de Preços Diesel.

Disponível em: <http://www.sincopetro.org.br/conteudo.asp?xmenu=112>

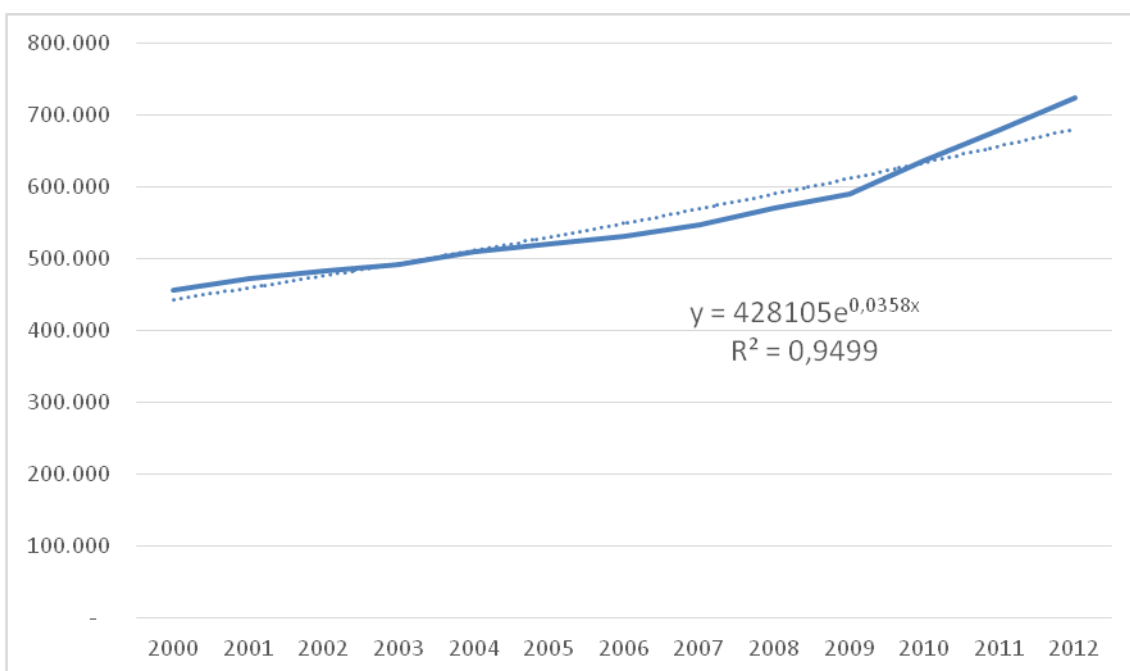
Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. **Histórico de Geração de Energia.**

Disponível em: http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx

Anexos



Anexo 1: Ajuste da Movimentação de Cargas para uma Equação de 2o Grau



Anexo 2: Ajuste da Movimentação de Cargas para uma Equação Exponencial