



MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA DE COMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO

Lenise Rodrigues da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Elton Fernandes

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2017

MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA DE COMBUSTÍVEL DE
AVIAÇÃO

Lenise Rodrigues da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO
ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE
ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Elton Fernandes, PhD

Prof. Virgílio José Martins Ferreira Filho, DSc

Dr. Ricardo Rodrigues Pacheco, DSc

Dr. Paulo Sérgio Rodrigues Alonso, DSc

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

FEVEREIRO DE 2017

Silva, Lenise Rodrigues

Modelo de previsão de demanda de combustível de aviação – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

IX, 57 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elton Fernandes

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 54-57.

1. Combustível. 2. Aviação regular e não regular. 3. Previsão. I. Fernandes, Elton. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA DE COMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO

Lenise Rodrigues da Silva

Fevereiro/2017

Orientador: Elton Fernandes

Programa: Engenharia de Produção

A demanda doméstica do transporte aéreo de passageiros mais do que duplicou nos últimos dez anos. Esse crescimento exige um esforço de programação das distribuidoras de combustíveis para evitar o desabastecimento ou custos excessivos de estoque. Neste sentido, a modelagem de previsão de demanda é fator essencial. A presente pesquisa apresenta uma modelagem para a previsão da demanda de combustível de aviação para o transporte aéreo doméstico regular de passageiros utilizando método quantitativo de regressão combinado com séries temporais, a partir de um *panel data* não balanceado de 2000 a 2014 de variáveis operacionais das empresas aéreas que operam esse tipo de tráfego no Brasil. Os resultados encontrados para o total da amostra já mostram um alto coeficiente de determinação entre as variáveis estudadas e o consumo de combustível (R^2 ajustado=0,990750), no entanto o estudo ainda apresenta a modelagem para grupos específicos de aeronaves. O trabalho visa contribuir para a literatura da área com a identificação de modelos de previsão de demanda de combustíveis de aviação a partir de dados históricos. Além de servir como instrumento de estimação de demanda de combustível para as empresas distribuidoras.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

AVIATION FUEL FORECASTING MODEL

Lenise Rodrigues da Silva

February/2017

Advisor: Elton Fernandes

Department: Production Engineering

Domestic passenger air transport demand more than doubled in the last ten years. This growth requires a programming effort of fuel distributors to avoid shortages or excessive inventory costs. In this sense, the predictive demand modeling is an essential factor. This research presents a model for predicting the demand of aviation fuel for regular domestic passengers air transport using quantitative regression method combined with time series from an unbalanced panel data from 2000 to 2014 of airlines companies operating variables that operate this type of traffic in Brazil. The results for the total sample already show a high coefficient of determination between variables and fuel consumption (R^2 adjusted = 0.990750), however the study also presents a model for specific groups of aircraft. The work aims to contribute to the literature of the area with the identification of demand forecasting models of aviation fuel from historical data. In addition to serving as estimation instrument of fuel demand to the distribution companies.

Sumário

Capítulo 1.....	1
Introdução	1
1.1 Descrição da Situação Problema.....	2
1.2 Objetivo.....	3
1.3 Delimitações do Estudo.....	4
1.4 Relevância do Estudo/Justificativa	4
1.5 Organização do Estudo	5
Capítulo 2.....	7
Revisão de Literatura	7
2.1 O setor aéreo no Brasil.....	7
2.1.1 Histórico do setor aéreo brasileiro.....	8
2.1.2 O mercado brasileiro de aviação	9
2.2 Logística de abastecimentos nos aeroportos	13
2.3 Métodos de previsão	16
2.4 Estudos anteriores	19
Capítulo 3.....	23
Metodologia	23
3.1 Classificação da Pesquisa.....	23
3.2 Técnica de Coleta de Dados	24
3.4 Estrutura Metodológica do Estudo.....	25
3.5 Limitações do Método.....	26
Capítulo 4.....	28
Estudo de caso	28
4.1 Rede de Aeroportos no Brasil	28
4.2 Controle de estoque de combustível de aviação no Brasil.....	31
4.3 Distribuição de combustíveis de aviação.	35
4.3.1 Fluxo logístico de distribuição na região Norte	38
4.3.2 Fluxo logístico na região Nordeste.....	39
4.3.3 Fluxo logístico na região Sudeste e Centro-oeste.....	40

4.3.4 Fluxo logístico na região Sul.....	42
4.4 Consumo de combustíveis em um aeroporto.	43
Capítulo 5.....	45
Aplicação do estudo de caso.....	45
5.1 Descrição da base de dados.....	45
5.2 Resultados e discussão	45
Capítulo 6.....	51
Considerações finais	51
6.1 Síntese da pesquisa.....	51
6.2 Conclusões	52
6.3 Recomendações.....	53
Referências Bibliográficas	54

Lista de Figuras

Figura 1: Transporte regular de aviação com algumas linhas aéreas nacionais. ...	11
Figura 2: Linhas Aéreas especiais.	12
Figura 3: Logística de suprimento para aeroportos.	14
Figura 4: Logística de abastecimento de aeronaves.....	15
Figura 5: Esquema de divisão da análise de dados.	25
Figura 6: Estrutura metodológica do estudo	26
Figura 7: Infraestrutura logística do sistema nacional de abastecimento.	32
Figura 8: Cadeia de petróleo	35
Figura 9: Rede de abastecimento no Brasil, por empresas distribuidoras.	37
Figura 10: Fluxos logísticos na região Norte.....	38
Figura 11: Fluxos logísticos na região Nordeste.	39
Figura 12: Fluxos logísticos na região Sudeste e Centro-oeste.	41
Figura 13: Fluxos logísticos na região Sul.....	42
Figura 14: Esquema de ligação entre aeroportos.	43

Lista de Tabelas

Tabela 1: Características das abordagens qualitativa e quantitativa.....	17
Tabela 2: Demanda de combustível por região (em milhões de toneladas).	20
Tabela 3: Aeroportos em ordem de movimentação de passageiros.....	29
Tabela 4: Cidades que possuem aeroportos com voos domésticos.	30
Tabela 5: Estoque de segurança (ES) por região.	35
Tabela 6: Análise de regressão dos dados de 2000-2014.	47
Tabela 7: Aeronaves pequenas (com menos de 100 assentos).	48
Tabela 8: Aeronaves médias (com mais de 100 assentos e menos de 150).....	48
Tabela 9: Aeronaves grandes (com mais de 150 assentos).....	49

Capítulo 1

Introdução

Previsões de consumo ou demanda desempenham um papel-chave em diversas áreas de gestão das organizações, sendo essenciais na operacionalização de diversos aspectos do gerenciamento da produção, destacando a importância das técnicas estatísticas para modelagem de dados de demanda (PELLEGRINI, 2000). As previsões são realizadas para diminuir o impacto das incertezas relacionadas ao futuro, criando diferencial competitivo para as empresas e auxiliando-as a atravessar momentos de crise de maneira menos turbulenta ou maximizando seu lucro (SOARES, 2011). Previsões de demanda são elaboradas utilizando: (i) métodos quantitativos, (ii) métodos qualitativos, ou (iii) combinações de métodos quantitativos e qualitativos. Métodos quantitativos utilizam dados históricos para prever a demanda em períodos futuros, o que requer a construção de modelos matemáticos a partir dos dados disponíveis. As diferentes técnicas disponíveis para construção desses modelos são denominadas técnicas de *forecasting*, sendo a mais difundida a regressão linear simples (PELLEGRINI, 2000). Já os métodos qualitativos baseiam-se em opiniões de especialistas. No entanto, como diferentes indivíduos apresentam preferências distintas, esses métodos são vulneráveis a tendências que podem comprometer a confiabilidade de seus resultados. Dentre os métodos qualitativos mais utilizados, destaca-se o método Delphi, apresentado por Krajewski e Ritzman (1999).

O tema desta dissertação consiste na elaboração de um modelo para previsão de demanda de combustível de aviação para o setor de transporte aéreo doméstico de passageiros. O foco da análise será o mercado de aviação regular brasileiro.

1.1 Descrição da Situação Problema

O Brasil é um país deficitário em termos de infraestrutura de transportes, o que dificulta o abastecimento de insumos de produção. O abastecimento da malha aeroportuária brasileira, distribuída em todo o território nacional, com combustível de aviação é uma preocupação estratégica, uma vez que quando uma empresa define sua oferta de voos ela está assumindo um contrato de serviço com consumidores cujo descumprimento gera penalidades e por isso o combustível precisa estar disponível nos aeroportos em quantidade suficiente para que as empresas aéreas possam realizar suas programações de voos nos horários determinados. De outra forma o descumprimento de uma etapa de voo, seja qual for o motivo, gera complicações em toda a programação da malha das empresas aéreas. A cadeia produtiva que resulta na disponibilidade de combustível de aviação nos aeroportos nos momentos e quantidades certos é complexa e encontra vários pontos de dificuldade. Outro problema de qualquer cadeia de suprimento é a necessidade de otimização de seus próprios custos, entre eles o de armazenamento desnecessário. Desta forma, a previsão de demanda do consumo de combustível de aviação no Brasil é essencial para que distribuição e produção atendam de forma adequada a demanda do setor de aviação.

O transporte aéreo encontra-se sob o regime de livre concorrência, cujos principais pilares são a liberdade tarifária – vigente desde 2001 para voos domésticos e desde 2010 para voos internacionais com origem no Brasil – e a liberdade de oferta, que foi instituída em 2005. A demanda doméstica do transporte aéreo de passageiros mais do que duplicou nos últimos dez anos, em termos de passageiros-quilômetros pagos transportados (RPK), com alta de 162,5% entre os anos de 2005 e 2014 e com crescimento médio de 11,3% ao ano. Esse crescimento representou mais de 3 vezes o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e mais de 12 vezes o da população. Com alta de 5,8% em 2014, a demanda doméstica acelerou e atingiu o seu maior nível nos últimos dez anos (Anuário do Transporte Aéreo, Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, 2014).

Com o aumento de voos é natural que se consuma um maior volume de combustível de aviação, sendo o JET A-1 o combustível utilizado em jatos comerciais. O mercado de JET-A1 atualmente movimenta 5,5 bilhões de reais por ano no Brasil e, em média, 4.8 bilhões de litros por ano (Anuário Estatístico Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis ANP, 2015). O consumo de combustível de aviação impacta, ainda, na indústria de petróleo. A localização da demanda de combustíveis de aviação, bem como a quantidade necessárias e expectativas de crescimento de consumo, são informações estratégicas para a decisão da localidade de instalação de refinarias e também sobre quais derivados serão produzidos. No caso brasileiro, juntamente com o óleo diesel e a gasolina, o combustível de aviação e a sua demanda são determinantes na alocação de refinarias e decisão sobre o *mix* de produtos que elas terão, além da logística envolvida no escoamento da produção através dos sistemas de distribuição. Além disso, diversos fatores podem afetar os fluxos logísticos de produção e distribuição do combustível de aviação, tais como: paradas não previstas em refinarias e nível de serviço do transporte marítimo e rodoviário nos canais de distribuição, entre outros. Com este panorama a necessidade de antever o futuro se torna mais evidente e, em muitos casos, quando há necessidade de previsão, as organizações empregam técnicas baseadas em regressão, médias móveis e outras técnicas tradicionais.

Dessa forma, no mercado de combustíveis de aviação um modelo preditivo que permita o investimento correto por parte das empresas distribuidoras, evite o seu desabastecimento, permita antever crises e que se crie respostas mais assertivas a estas crises, faz com que as chances de sucesso das distribuidoras e empresas aéreas aumentem, atingindo um maior grau de satisfação ao cliente, evitando sanções pelo não cumprimento do serviço e ainda reduzindo custos de armazenagem. (SOARES, 2011).

1.2 Objetivo

O objetivo deste estudo é apresentar um modelo para a previsão da demanda de combustível de aviação do setor aéreo doméstico regular de passageiros em litros por semana utilizando método quantitativo de regressão múltipla combinado com

séries temporais a partir dos dados ano, número de decolagens semanais, carga paga da aeronave e distância percorrida. As variáveis foram escolhidas de acordo com o seu potencial de explicação para o consumo de combustível total. Os dados utilizados para compor as bases de dados deste estudo são oriundos da ANAC e formaram um *panel data* não balanceado de 2000 a 2014 de todas as ligações desse tipo de tráfego no Brasil que apresentaram dados sobre consumo de combustível.

O estudo busca atender a dois objetivos. O primeiro visa contribuir para a literatura da área com a identificação de um modelo de previsão de demanda de combustíveis de aviação a partir das programações disponibilizadas pela ANAC sobre o processo de autorização de voos regulares (HOTRAN- Horário de Transporte). O segundo visa fornecer um instrumento de estimação da demanda de combustível para que as empresas distribuidoras possam fazer suas programações e atender harmonicamente a necessidade das empresas aéreas para o cumprimento de suas expectativas de voos. Com isso, o estudo pretende integrar as informações disponíveis de forma a permitir uma maior acurácia na previsão da demanda de combustíveis, propiciando um maior nível de serviço no atendimento da demanda e menor custo de capital investido na forma de estoque.

1.3 Delimitações do Estudo

O estudo foi realizado a partir de dados de voos domésticos de aviação regular de passageiros que apresentaram dados sobre consumo de combustível, os quais foram obtidos por meio de pesquisa documental em acesso direto as informações disponíveis em ambientes públicos.

1.4 Relevância do Estudo/Justificativa

A previsão de demanda viabiliza, nas organizações, a realização de tomadas de decisão mais ágeis e com maior acurácia, as quais se refletirão em maior velocidade de resposta, em menores perdas e, portanto, em uma maior competitividade no mercado. Neste contexto uma empresa distribuidora de combustível de aviação necessita antever a demanda para se tornar mais competitiva e decidir onde deve direcionar seus investimentos, buscando atender corretamente a necessidade de

abastecimento das empresas aéreas, sem que isso aumente o seu investimento em estoque.

Dessa forma, o presente estudo visa contribuir na identificação de um modelo de previsão de demanda de combustíveis de aviação para o setor de transporte aéreo doméstico regular de passageiros a partir das programações de voos das empresas aéreas disponibilizadas pela ANAC.

1.5 Organização do Estudo

O presente estudo divide-se em seis capítulos, com a finalidade de explorar o tema, dos quais o primeiro aborda a parte introdutória, contextualizando os temas centrais a serem abordados, na apresentação da descrição da situação problema, seu objetivo, a delimitação e organização deste estudo.

O segundo capítulo apresenta a contextualização do tema deste estudo e contribui para uma melhor compreensão do problema em questão, mostrando um resumo sobre o setor aéreo no Brasil e a logística de abastecimento dos aeroportos, além de abordar a vertente teórica sobre a análise quantitativa proposta pelo trabalho e um resumo sobre estudos anteriores deste ramo de pesquisa, de forma que se tenha um embasamento teórico suficiente para conhecer as particularidades do setor e como os objetivos traçados no estudo podem contribuir para a área.

O terceiro capítulo consiste na apresentação da metodologia da pesquisa, explicando o método de pesquisa utilizado e suas principais características, os instrumentos de coleta de dados do estudo, as técnicas utilizadas para análise e interpretação dos dados obtidos, a estrutura metodológica utilizada para a conclusão da pesquisa e as limitações deste trabalho.

O quarto capítulo discorre sobre o estudo de caso pesquisado e oferece mais informações a respeito da dinâmica de funcionamento do mercado aéreo brasileiro, tais como a rede de aeroportos no Brasil, o funcionamento do controle de estoque de combustíveis de aviação e, também, os fluxos de distribuição de combustível de aviação em cada região do país a fim de detalhar os processos das distribuidoras no atendimento da demanda nacional aeroportuária.

O quinto capítulo apresenta a pesquisa em si, assim como os seus resultados e a discussão destes no estudo realizado a fim de obter respostas aos objetivos definidos, ou seja, a equação encontrada a partir dos dados para a demanda de combustíveis, bem como a discussão sobre como cada variável escolhida no estudo se comporta frente a variável esperada. O capítulo apresenta, ainda, a discussão acerca dos diferentes tipos de aeronaves em que foi subdividida a pesquisa a fim de obter maiores detalhes de como a demanda de combustíveis de aviação pode variar a depender do tipo de aeronave utilizada.

O sexto capítulo apresenta as considerações finais do estudo e recomendações relacionadas à pesquisa, além de fornecer indicações para trabalhos futuros dentro deste segmento.

Capítulo 2

Revisão de Literatura

O presente capítulo apresenta a revisão de literatura, onde efetua-se um enquadramento teórico e conceitual do estudo, com base na literatura nacional e internacional disponível, de forma a fornecer uma fundamentação teórica para a análise da situação problema. Este capítulo divide-se em 4 partes fundamentais. Inicialmente, são apresentadas as perspectivas sobre o setor aéreo no Brasil, seu conceito, origem, dimensões e particularidades da demanda. A segunda parte é relativa ao sistema logístico de abastecimento de combustíveis nos aeroportos pelas empresas distribuidoras, apresentando suas principais características, seguida da terceira parte que se refere aos modelos de previsão, com ênfase na análise de regressão. A quarta parte do capítulo refere-se à pesquisa de trabalhos com objetivos similares a este, de forma a contribuir com o desenvolvimento deste trabalho e para demonstrar o estado atual dos conhecimentos sobre o tema.

2.1 O setor aéreo no Brasil

Pode-se definir como setor aéreo todo o conjunto de entidades presentes no funcionamento do sistema de transporte aéreo, o qual é o responsável pelo movimento de pessoas e mercadorias pelo ar. O transporte aéreo é normalmente utilizado para movimentar passageiros ou mercadorias urgentes ou de alto valor e trouxe nova face para a logística e o transporte de pessoas, reduzindo a relação distância-tempo, ao percorrer rapidamente longas distâncias, oferecendo comodidade, rapidez e segurança (SOUBRE, 2010).

2.1.1 Histórico do setor aéreo brasileiro

A aviação civil brasileira passou por inúmeras transformações desde 1927, ano do voo inaugural da primeira empresa de aviação civil do Brasil. De um mercado incipiente, na década de 1920, em que a constituição de empresas aéreas era livre e a regulação praticamente inexistente, o país passou a ter um setor com empresas de porte e com marco regulatório definido, contando, inclusive, com uma agência reguladora dedicada – ANAC, criada em 2005.

O crescimento e a diversificação da economia brasileira entre 1920 e o início da década de 1960 resultaram na forte expansão da demanda pelo transporte aéreo. Nas décadas de 1920 e 1930, o setor era dominado por empresas estrangeiras europeias. Nas décadas de 1940 e 1950, houve um processo de difusão tecnológica no setor de transporte aéreo, o que reduziu as barreiras à entrada, tornando o setor acessível ao capital nacional. A partir de então, o mercado passou a ser dividido por empresas nacionais e estrangeiras (BIELSCHOWSKY e CUSTÓDIO, 2011). Com o governo militar instaurado no Brasil a partir de 1960, os militares desenvolveram um sistema que uniu a infraestrutura da rede civil de aeroportos às bases já prontas pela Força Aérea Brasileira, fazendo com que a maior parte dos principais aeroportos nacionais pudesse ser utilizado tanto pelo tráfego civil quanto militar.

Embora apresentasse avanço, Malagutti (2001) afirma que no início dos anos 1960, a aviação comercial brasileira enfrentou uma forte crise, decorrente da instabilidade política e econômica, dos elevados custos de manutenção e da forte concorrência no mercado de transporte aéreo. Em 1972 foi criada a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - INFRAERO, que se tornou responsável pela administração dos principais aeroportos do país. É a quarta maior operadora aeroportuária do mundo em relação à movimentação de passageiros e a segunda maior em quantidade de aeroportos (SOUBRE, 2010). Durante a década de 1980, a economia brasileira ingressou em um longo período de estagnação, que se estendeu até 2002, o que fez com que as maiores empresas do setor aéreo brasileiro chegassem aos anos 1990 numa situação financeira insustentável.

Essa crise, associada ao colapso do regime regulatório do período anterior e à falência do estado, motivou a desregulamentação progressiva do mercado de transportes aéreos no Brasil, realizada em três rodadas: a primeira em 1992, a segunda em 1997-98, e a terceira em 2001-02 (BIELSCHOWSKY e CUSTÓDIO, 2011). Após esse processo de desregulação do setor, o mercado de aviação civil encontrou-se com outro impasse, cujo efeito visível é o gargalo de infraestrutura (SILVA, 2010).

Durante muitos anos, o Brasil não investiu o necessário em obras de infraestrutura devido à crise fiscal pela qual o Estado atravessava e pelo baixo crescimento da economia (NETO e SOUZA, 2011). No entanto, o uso intenso dos sistemas de conexão de voos acarretou uma concentração da malha aérea em um número menor de aeroportos, além do uso muito intenso de poucos aeroportos centrais saturando rapidamente a infraestrutura. Tal concentração resultou em significativos prejuízos, com atrasos recorrentes, além de configurar um fator limitador para crescimento do setor e do país (SILVA, 2010). Dessa forma, o Governo Federal optou pela concessão de alguns dos principais aeroportos brasileiros, em uma parceria com a iniciativa privada, para viabilizar e agilizar a realização dos investimentos necessários para a adequação da infraestrutura aeroportuária, da modernização dos espaços e inovações tecnológicas, promovendo melhorias no atendimento e nos níveis de qualidade dos serviços prestados aos usuários do transporte aéreo no país. A participação da Infraero na gestão dos aeroportos concedidos permanece, no entanto, é indireta e exercida por meio de seus conselheiros, indicados de acordo com a participação societária (INFRAERO, 2016).

2.1.2 O mercado brasileiro de aviação

O Brasil tem papel de relevante destaque no transporte aéreo global. Possui um dos maiores tráfegos aéreos do mundo e figura como um dos 191 países membros do Conselho da Organização da Aviação Civil Internacional – OACI, desde sua fundação em 1944 (SOUBRE, 2010) e como Membro-fundador da OACI, o Brasil tem participado ativamente nas discussões e elaboração das normativas e recomendações técnicas emitidas pelo Organismo. Eleito sucessivamente como

Membro do Grupo I do Conselho, o Brasil dispõe de uma Delegação Permanente junto ao Conselho da OACI (ANAC, 2014).

A OACI é uma agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU) criada durante a Conferência de Aviação Civil Internacional, em que 52 países assinaram uma Convenção de Aviação Civil Internacional. Desde então, a Organização tem sido responsável por estabelecer padrões, normas e procedimentos internacionais para a aviação civil, nos campos de segurança operacional, segurança contra atos de interferência ilícita, eficiência, regularidade e proteção ambiental (ANAC, 2014).

No mercado brasileiro, foram realizadas mais de 50 milhões de viagens por ano, número que cresceu à expressiva taxa de 10% ao ano entre 2003 e 2008, na esteira da melhoria da economia como um todo (crescimento do PIB de 4,7% ao ano no período) e da inclusão de passageiros das classes B e C. Já no segundo semestre de 2009, apesar da crise financeira global, observou-se forte retomada da demanda por serviços aéreos no mercado doméstico e início de retomada no mercado internacional, gerando um tráfego anual acumulado no mesmo patamar de 2008 (McKinsey & Company, 2010). Hoje, especialistas já preveem a retração na demanda por voos muito em razão da queda de poder aquisitivo da classe C, que impulsionou o aumento da demanda no passado. Além disso, as viagens a negócios também estão retraídas, uma vez que, com uma recessão econômica, o ambiente para negócios não é propício.

O setor de transporte aéreo brasileiro de passageiros compreende o transporte regular, o transporte não regular e as Linhas Aéreas Especiais. O transporte aéreo regular consiste na operação das linhas aéreas internacionais (linhas que têm como origem ou destino um aeroporto no exterior) e linhas aéreas nacionais ou domésticas (linhas que tem rotas com origem e destino em território brasileiro) e que são o objeto deste estudo, podendo ser observadas na Figura 1. O transporte não regular se refere aos voos *charter*, serviços de táxi aéreo, entre outros serviços especializados.

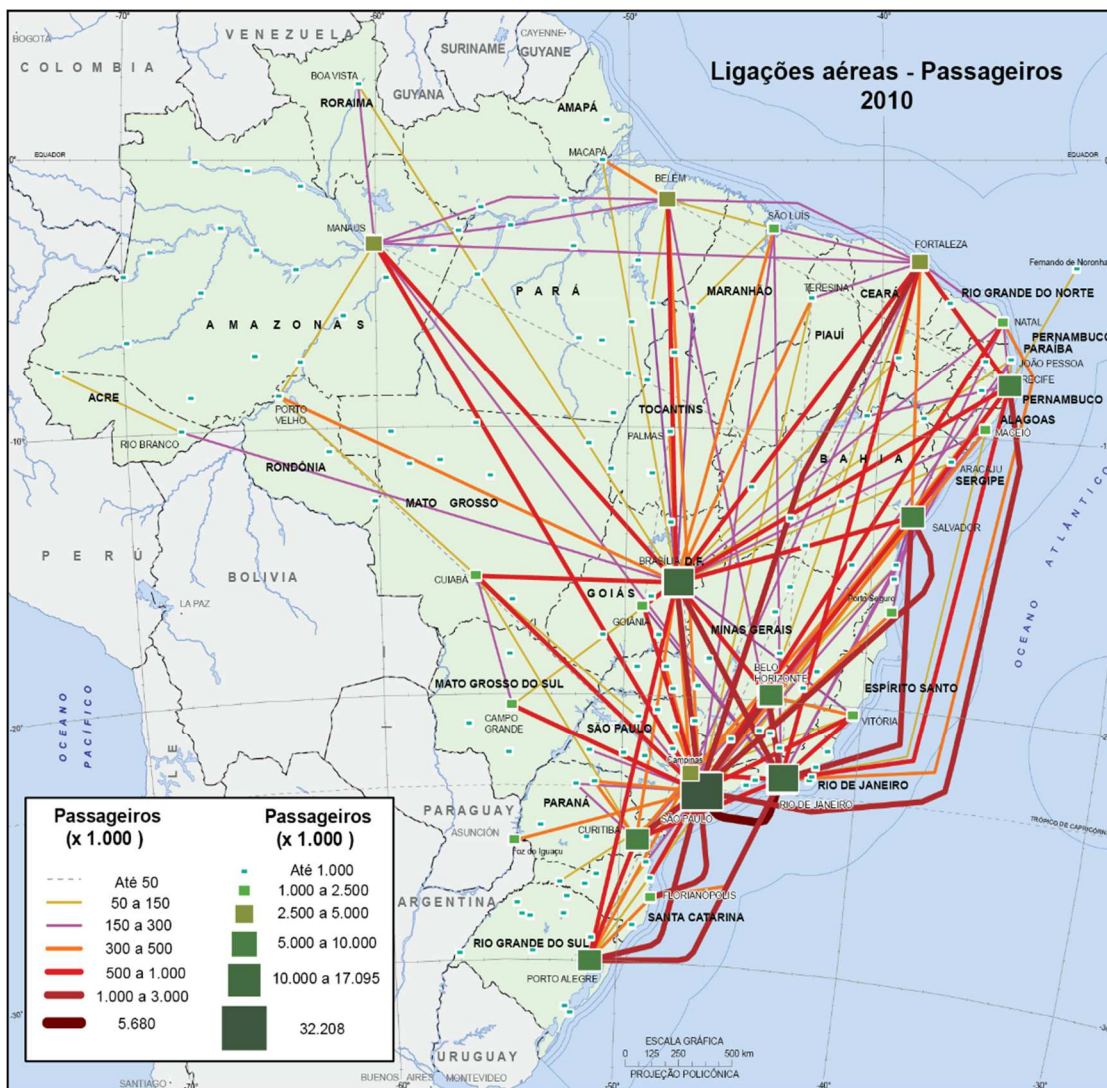


Figura 1: Transporte regular de aviação com algumas linhas aéreas nacionais. Fonte: Adaptado de ANAC (2010).

Finalmente, as Linhas Aéreas Especiais compreendem as ligações entre os aeroportos centrais – Santos Dumont no Rio de Janeiro, Congonhas em São Paulo e Pampulha em Belo Horizonte – e destes com o Aeroporto Internacional de Brasília, como mostrado na Figura 2.

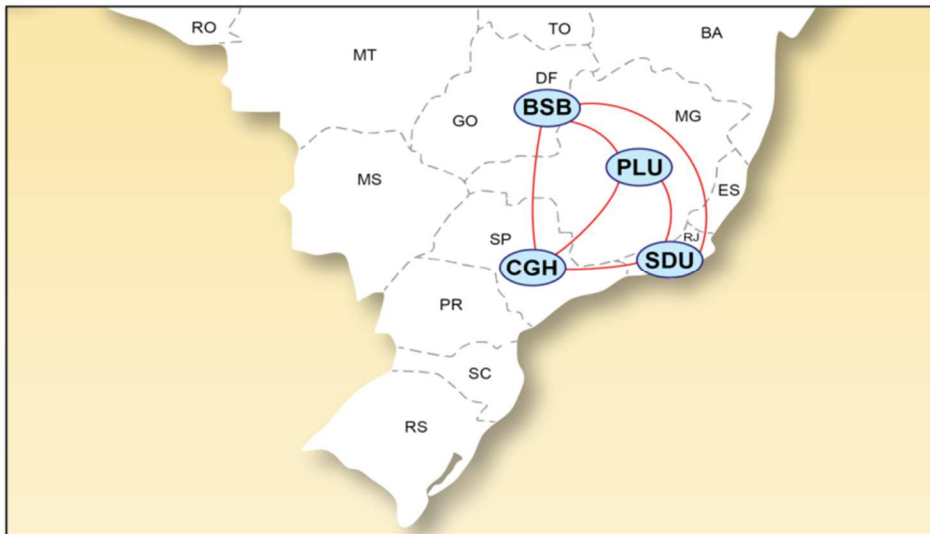


Figura 2: Linhas Aéreas especiais.

Fonte: Elaborado pela autora.

A demanda por transporte aéreo de passageiros está associada a duas grandes categorias de consumidores: aqueles que viajam a negócios e aqueles que viajam a turismo. Laplane (2005) afirma que a parcela majoritária das viagens no segmento doméstico é motivada por negócios enquanto o principal motivo das viagens internacionais é o turismo. Além da motivação da viagem, outros fatores influenciam a demanda por transporte aéreo, tais como: a concorrência com outras modalidades de transporte, o desempenho econômico dos locais onde as companhias atuam e os choques externos. Logo, pode-se constatar que a demanda por transporte aéreo de passageiros apresenta duas características principais: a) ela possui um comportamento pró-cíclico, ou seja, tem uma relação direta com o desempenho econômico, e b) ela é segmentada, pois há dois grupos de consumidores (os que viajam a negócios e os que viajam a turismo) que têm elasticidades-preço diferenciadas.

Quando comparado com outros setores de atividade o setor do transporte aéreo é caracterizado por uma estrutura de custos fixos e uma estrutura de custos variáveis altos (WITTMER e BIEGER, 2011). Nesse sentido, Gazzoni (2014) afirma que o gasto com combustível representa até 40% dos custos. Segundo a ANAC (2014), os custos com combustível de aeronaves representaram aproximadamente 37% do total de custos e despesas de voo em 2014.

2.2 Logística de abastecimentos nos aeroportos

As empresas responsáveis pela distribuição de combustível mantêm postos de abastecimento dentro dos aeroportos, longe da pista, onde estocam centenas de milhares de litros, que ali chegam por meio de um sistema complexo que inclui oleodutos, navios e caminhões. Quando a companhia aérea pede o abastecimento de um avião, é dali que os caminhões-tanque tiram o combustível para abastecer as aeronaves.

O JET A-1 é o combustível utilizado em jatos comerciais e consiste em um líquido transparente com ponto de combustão em 38°C, temperatura de autoignição em 210°C.

Um ponto de atenção na manipulação deste combustível é que se faz necessário um nível baixíssimo de água na sua composição, sendo necessários aquecedores para o combustível, mantendo toda a mistura na fase líquida. Existem outros tipos de combustíveis na aviação, entre eles pode-se citar AVGAS, gasolina de aviação, JET-A com propriedades semelhantes à do JET A-1, porém com um ponto de congelamento mais baixo e o JET-B voltado para o uso em baixíssimas temperaturas, porém tem sua manipulação muito mais perigosa que a do JET-A1 (SOARES, 2011).

A administração eficaz do estoque de combustível nos aeroportos facilita o pronto atendimento das necessidades de consumo, no momento e quantidades necessárias. O controle de estoques também exerce influência muito grande na rentabilidade da empresa, uma vez que absorvem capital que poderia estar sendo investido de outras maneiras, desviam fundos de outros usos potenciais e tem o mesmo custo de capital que qualquer outro projeto de investimento da empresa. Como a necessidade de manter estoques acarreta uma série de custos às empresas, a gestão de estoque busca garantir a máxima disponibilidade de produto, com o menor estoque possível (OLIVEIRA e SILVA, 2013). Se, por um lado o excesso de estoque gera custos, relativos aos custos financeiro (capital empatado) e de armazenagem, por outro lado o subdimensionamento do mesmo faz com que incorra em falta de combustíveis para o abastecimento (GARCIA *et al*, 2001).

No Brasil, com exceção dos aeroportos de Guarulhos (Aeroporto Internacional de São Paulo) e Galeão (Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro), onde o recebimento de combustíveis de aviação é feito por dutos que ligam os aeroportos diretamente às refinarias, nos demais aeroportos a logística de suprimento é feita através de caminhões-tanque. Neste caso, caminhões são carregados nas refinarias ou através de importação por navios de cabotagem e transportam o combustível de aviação até os aeroportos para as bases primárias das distribuidoras.

A Figura 3, que segue, ilustra esse processo de transporte, representando as três distribuidoras atuantes no mercado de aviação brasileiro; Air BP, BR Aviation e Shell.

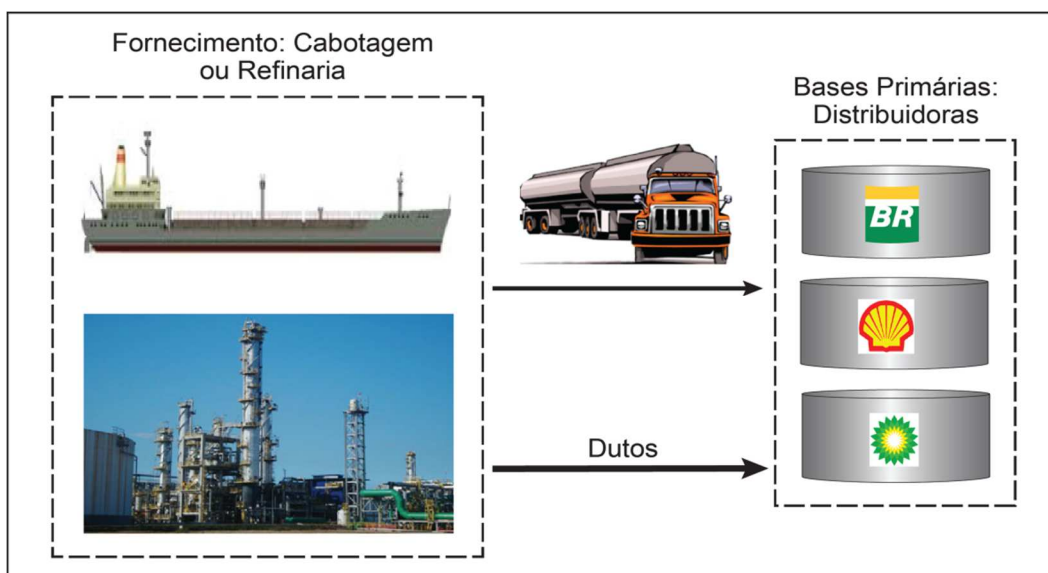


Figura 3: Logística de suprimento para aeroportos.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os oleodutos são a maneira mais econômica de levar combustível a um aeroporto, e transportar por meio de caminhões tende a ser o modo mais caro. Apesar de ser a forma mais onerosa de abastecimento, o transporte por modo rodoviário apresenta vantagens tais como: a possibilidade de transporte mais flexível e de adequação aos tempos de pedidos, assim como frequência e disponibilidade dos serviços.

Em contrapartida, o transporte dutoviário se apresenta como mais confiável para esta finalidade, pois existem poucas interrupções capazes de causar variabilidade

nos tempos e os fatores meteorológicos não são significativos, ao contrário do transporte rodoviário que sofre influências de tráfego, condições das vias e fatores meteorológicos (RIBEIRO e FERREIRA, 2002).

A partir das bases primárias o combustível segue através de caminhões tanque para os tanques de combustível das empresas nos aeroportos para depois ser levado também através de caminhões tanques para o abastecimento a partir do pedido das empresas aéreas, como mostrado pela Figura 4. Há ainda a possibilidade do transporte entre os tanques e o abastecimento de pista ser operado através de dutos.

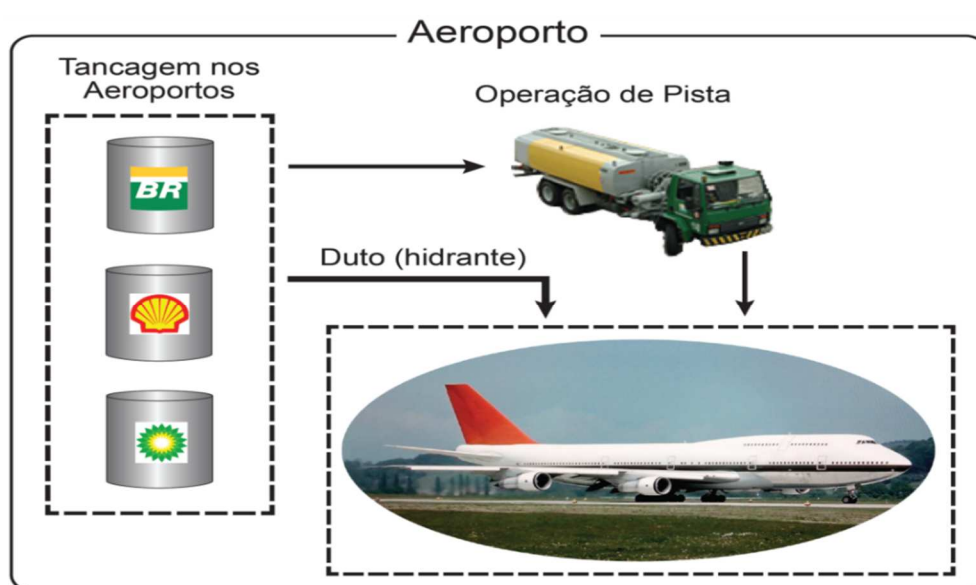


Figura 4: Logística de abastecimento de aeronaves.

Fonte: Elaborado pela autora.

A formação das bases primárias é uma estratégia muito utilizada pelas empresas de distribuição de combustíveis, onde existe um convênio entre as empresas que constroem e operaram uma base de distribuição (primária ou secundária) em conjunto, visando à redução de custos, além do compartilhamento dos riscos do negócio. As distribuidoras também podem construir suas bases individualmente e, nesse caso, arcam com todos os custos e riscos operacionais (BRICHI, 2014).

Após a descarga na tancagem local do aeroporto, o combustível fica a disposição das empresas distribuidoras para a operação de abastecimento das aeronaves em pista mediante as necessidades dos pedidos das empresas aéreas. Para isso, as

empresas distribuidoras necessitam manter em estoque a quantidade esperada para abastecimento e uma frota de caminhões robusta, no caso de abastecimento via caminhões-tanques, visto que necessitam atender simultaneamente diversas aeronaves em solo, não havendo a possibilidade de postergar o abastecimento de uma aeronave pelo fato de não possuir uma quantidade adequada de combustível ou de caminhões.

2.3 Métodos de previsão

Os métodos de previsão dividem-se basicamente em métodos quantitativos e métodos qualitativos, estes últimos podem tanto usar dados quantitativos quanto qualitativos como dados de entrada para o processamento das previsões, e considerar ou não padrões de demanda históricos no processo preditivo (ARMSTRONG, 2001). Os métodos quantitativos são aqueles métodos estruturados que podem ser reaplicados por outros analistas e as previsões obtidas são idênticas as originais, sendo classificados basicamente em métodos de séries temporais e métodos causais.

Os métodos qualitativos, por sua vez, envolvem estimações subjetivas através da opinião de especialistas ou consumidores e, apesar de compreenderem técnicas estruturadas, o processo de previsão é subjetivo. Embora sejam muito usados em previsões, podem se mostrar inconsistentes e tendenciosos, ao contrário dos métodos quantitativos, que são rígidos e consistentes (LEMOS, 2006). Cada método possui características próprias e são adequados a propósitos de pesquisa específicos, como está descrito na Tabela 1. Embora sejam distintos entre si e com objetos também distintos, as abordagens qualitativa e quantitativa não são excludentes e podem ser aplicadas de forma conjunta.

Tabela 1: Características das abordagens qualitativa e quantitativa

	Pesquisa quantitativa	Pesquisa qualitativa
Inferência	Dedutivo.	Indutivo.
Objetivo	Comprovação.	Interpretação.
Finalidade	Teste de teorias, predição, estabelecimento de fatos e teste de hipóteses.	Descrição e entendimento de realidades variadas, captura da vida cotidiana e perspectivas humanas.
Realidade investigada	Objetiva.	Subjetiva e complexa.
Foco	Quantidade.	Natureza do objeto.
Amostra	Determinada por critério estatístico.	Determinada por critérios diversos.
Característica da amostra	Grande.	Pequena.
Característica do instrumento de coleta de dados	Questões objetivas, aplicações em curto espaço de tempo. Evita-se a interação entrevistador/entrevistado.	Questões abertas e flexíveis. Explora a interação pesquisador entrevistado.
Procedimentos	Isolamento de variáveis. Anônima aos participantes.	Examina todo o contexto, interage com os participantes.
Análise dos dados.	Estatística e numérica.	Interpretativa e descritiva. Ênfase na análise de conteúdo.
Plano de pesquisa	Desenvolvido antes de o estudo ser iniciado. Proposta estruturada e formal.	Evolução de uma ideia com o aprendizado. Proposta flexível.
Resultados	Comprovação de hipóteses. A base para generalização dos resultados é universal e independente do contexto.	Proposições e especulações. Os resultados são situacionais e limitados ao contexto.
Confiabilidade e validade	Pode ser determinada, dependendo do tempo e recurso.	Difícil determinação, dada à natureza subjetiva da pesquisa.

Fonte: Terence e Filho (2006).

Os métodos de séries temporais envolvem a análise estatística de dados passados da variável a ser prevista. Os métodos causais são baseados na análise estatística de realizações passadas de variáveis que são relacionadas à variável de interesse para a previsão. Esses métodos diferem quanto ao nível de complexidade, facilidade de uso, são rígidos, porém consistentes e podem trabalhar com grandes volumes de dados. A desvantagem é que não conseguem lidar com mudanças dinâmicas e estruturais dos dados das séries temporais.

Pindyck e Rubinfeld (1991) afirmam que a análise de séries temporais e análise de regressão podem ser combinadas para produzir uma melhor estimativa do que seria possível caso fossem usadas separadamente.

2.3.1 Análise de regressão.

Dentre os vários métodos causais de análise encontra-se a análise de regressão, a qual oferece uma perspectiva ampla do ambiente em que está inserida a variável a ser prevista. A análise de regressão é um dos métodos de previsão mais precisos, mas requer uma grande quantidade de dados (LEMOS, 2006).

Archer (1980) afirma que nas situações onde há uma variável Y para ser prevista, diversas variáveis explanatórias (x_1, x_2, \dots, x_k) e o objetivo é encontrar uma função que relacione Y com as demais variáveis, utiliza-se a regressão múltipla. O método da regressão múltipla formula uma hipótese que relaciona uma variável dependente com diferentes variáveis independentes.

Definida a hipótese do método, o próximo passo é obter dados para cada variável independente, preferivelmente uma série temporal para cada variável. Para o desenvolvimento do modelo de regressão é necessário relacionar uma lista de variáveis que influenciam Y , com base na experiência de especialistas, na disponibilidade de dados ou nas restrições do problema. A forma funcional do modelo de regressão é gradualmente desenvolvida em conjunto com o desenvolvimento da lista de variáveis e os parâmetros do modelo são estimados usando dados coletados. A forma mais simples do modelo é a forma linear (Equação 1), onde e_i é estimativa do erro no período i (LEMOS, 2006).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_k X_{k,i} + e_i \quad (\text{Equação 1})$$

Werner (2004) explica que os valores de β_k da equação podem ser estimados através de vários métodos, dentre eles o método dos mínimos quadrados ordinários, o método da máxima verossimilhança, mínimos quadrados parciais e mínimos quadrados generalizados.

Após a estimativa dos coeficientes da reta de regressão, é necessário verificar se os dados amostrais são descritos pelo modelo encontrado e, além disso, determinar a parcela da variabilidade amostral que foi, de fato, explicada pela reta de regressão (LEMOS, 2006).

2.4 Estudos anteriores

A pesquisa sobre a previsão do consumo de combustível já foi objeto de estudo em várias organizações. Estudos mais antigos, como o de Nuber e Schmitt (1990) que estudaram a relação do consumo de combustíveis com a distribuição global do tráfego aéreo ou de Collins (1982), que também estudou a previsão do consumo de combustíveis para aviação, comprovam que esta não é uma preocupação recente.

A Força Aérea dos Estados Unidos, em 2009, divulgou estudo em que utilizou a técnica de *forecasting* para o consumo de combustível utilizando análise de séries temporais a partir de regressão múltipla de variáveis tais como horas de voo e tipo de aeronave. No estudo, afirma-se que o modelo responderia a 2 propósitos. O primeiro seria que ele apresentaria uma verificação cruzada ou uma potencial substituição da técnica empregada até então para a previsão. Em segundo, dada a volatilidade dos preços dos combustíveis de aviação e dependência do petróleo, outras fontes de combustível podem passar a ser consideradas e também irão requerer modelos de previsão para estudos comparativos. No relatório consta, ainda, que, em agosto de 1999, a Guarda Costeira americana já havia feito estudo semelhante para desenvolver modelos de consumo de combustível para aeronaves e navios, que utilizaram agrupamentos de dados com regressão linear, cujas variáveis independentes eram horas de voo, missões, tipo de missão e o tipo de sistema de armas, explicando 99% da variação do consumo de combustível.

Chèze, Gastineau e Chevallier (2011) também aplicaram a técnica de *forecasting* para demanda de combustível de aviação em uma análise de médio prazo, com previsões para 2025, para 8 zonas geográficas e em nível mundial. Para isso, a metodologia de trabalho adotada foi realizada em 2 passos principais. O primeiro era prever o fluxo total de tráfego e a que taxas ele cresceria ao longo dos anos até 2025. O segundo era converter a previsão de demanda obtida em termos de quantidade de combustível de aviação utilizando coeficientes energéticos. Como não havia uma métrica padrão que estabelecia a eficiência energética, o estudo utilizou a massa de combustível necessária para transportar uma tonelada por quilômetro como parâmetro. Os resultados mostraram que a eficiência, segundo a métrica escolhida, do consumo de combustível aumentou em todas as regiões analisadas entre 1983 e 2006. Além disso, o trabalho concluiu que, embora o tráfego aéreo deva aumentar em todas as regiões analisadas, a demanda de combustível não deve aumentar na mesma proporção, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Demanda de combustível por região (em milhões de toneladas).

Região	2008	2025
América do Norte e Central	86,96	77,98
Europa	51,61	73,83
América Latina	17,42	24,97
Rússia	9,03	6,00
África	7,73	10,27
Oriente Médio	7,91	7,11
Ásia e Oceania	33,62	75,92
China	15,1	40,77
Mundo	229,37	316,87

Fonte: Adaptado de Chèze, Gastineau e Chevallier (2011).

Os resultados mostram que 3 das 8 regiões analisadas apresentam expectativa de decrescer sua demanda até 2025 graças ao aumento da eficiência energética. Nesse caso, os autores apontaram o progresso tecnológico como uma importante forma de mitigar os impactos que o crescimento do tráfego aéreo causaria na demanda por combustíveis, mas ele não será capaz de diminuir da demanda a menos que haja uma inovação radical ou que a demanda por viagens seja restrita. Outro estudo que também buscou relação entre transporte aéreo e consumo de combustível, a partir

da análise de cenários, foi o realizado pelo Departamento de Transporte Aéreo da Universidade de Cranfield (2008). Nesse trabalho a relação não seria para prever a demanda e sim avaliar a eficiência do consumo. Seguindo a mesma linha de pesquisa, e mesclando análise econométrica com análise qualitativa, a Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO), em 2010, também divulgou um relatório em que trata do consumo relacionando-o a eficiência e a emissão de CO₂, em que afirma que o consumo de combustível, e por consequência as emissões provenientes do tráfego aéreo, continuarão a crescer até mesmo sob o cenário mais otimista de avanços tecnológicos e operacionais.

Essa relação entre consumo de combustível e emissão de CO₂ vem sendo bastante estudada. Quando abordado em conjunto com a questão ambiental, os trabalhos para a pesquisa sobre consumo de combustíveis no setor aéreo aumentam consideravelmente. Chèze, Gastineau e Chevallier (2011), por exemplo, já falavam sobre o tema quando afirmavam que o interesse sobre o consumo de combustíveis ganha ainda mais força pela conotação ambiental, sobre a mudança climática, uma vez que as emissões de CO₂ provenientes do transporte aéreo dependem diretamente da quantidade de combustível consumido pelo setor. Outro estudo, publicado em 2012 por Schlumberger, também trata do tema relacionado à mudança climática, indicando que cada tonelada de combustível corresponde a, aproximadamente, 3,15 toneladas de CO₂ emitidas. Schaefer (2013) realizou estudo sobre previsão das emissões de CO₂ e NO_x provenientes do tráfego aéreo, no qual seu modelo de previsão se baseava na análise de regressão de variáveis tais como: conexões regulares em todo o mundo, incluindo partida e chegada a aeroportos, tipos de aeronaves e os dias de operações, bem como a região em que se localizavam os voos. A partir disso, calculou-se o consumo de combustível e a partir dele as emissões do tráfego aéreo.

Nygren *et al.* (2009) focaram sua pesquisa em combustíveis de aviação relacionando-os aos cenários futuros da produção de petróleo, enquanto Soares (2011) divulgou sua pesquisa sobre a previsão de demanda de combustível de aviação utilizando redes neurais artificiais. Em 2013 o Departamento de

Transportes do Reino Unido também divulgou estudos sobre chamado Previsões em Aviação. Nesse caso, foram apresentadas previsões para demanda de passageiros, acesso a aeroportos, capacidade de aeroportos, mudança de tecnologia e emissões de CO₂, a qual está intimamente relacionada ao consumo de combustível.

O Relatório do Plano Decenal de Energia - 2024 da Empresa de Pesquisa Energética (2015) afirma que a demanda total de QAV é estimada com base no cálculo da demanda total potencial de QAV, descontados os potenciais ganhos de eficiência no transporte aeroviário. A projeção da demanda total potencial de QAV no Brasil (inclui o bunker aeronáutico; que corresponde ao QAV fornecido no País a aeronaves estrangeiras) é elaborada a partir de uma correlação com o PIB brasileiro, considerando também fatores exógenos, em períodos determinados, não captados pelo modelo base.

Capítulo 3

Metodologia

Este capítulo tem o objetivo de apresentar e descrever os instrumentos e os procedimentos utilizados para a coleta e análise dos dados, justificando o seu uso com base nas questões de pesquisa que norteiam este trabalho.

3.1 Classificação da Pesquisa

O presente estudo é uma pesquisa de análise documental. Esta metodologia é muito parecida com a pesquisa bibliográfica, porém tem objetivos bem mais específicos. Baseia-se na análise de conteúdo de diversos formatos de documento, escrito e não escrito, ou de um determinado tipo específico, tais como filmes, fichas, mapas, formulários, cartas, bilhetes, fotografias, entre outros, com o objetivo de desenvolver respostas quantitativas ou qualitativas acerca de um fenômeno específico (SILVA *et. al.*, 2009).

Esses documentos são utilizados como fontes de informações, indicações e esclarecimentos que trazem seu conteúdo para elucidar determinadas questões e servir de prova para outras, de acordo com o interesse do pesquisador (FIGUEIREDO, 2007). Pelo fato de a pesquisa documental ser constituída pelo exame de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reexaminados com vistas a uma interpretação nova ou complementar, ela oferece base útil para outros tipos de estudos qualitativos e possibilita que a criatividade do pesquisador dirija a investigação por enfoques diferenciados (NEVES, 1996). Esse tipo de pesquisa permite o estudo de dados e pessoas a que não se tem acesso físico (distantes ou mortas). Além disso, os documentos são uma fonte não reativa e especialmente propícia para o estudo de longos períodos de tempo (NEVES, 1996).

3.2 Técnica de Coleta de Dados

Os dados utilizados para compor as bases de dados deste estudo são oriundos da ANAC. As variáveis utilizadas foram: ano, consumo de combustível semanal em litros, número de decolagens semanais, carga paga da aeronave e distância percorrida por aeronave, referentes aos anos de 2000 a 2014 de voos domésticos de aviação regular de passageiros no Brasil. A escolha das variáveis foi baseada na expectativa de impacto que cada uma delas pudesse ter sobre o consumo de combustíveis. Foi utilizada na análise um *panel data* não balanceado de 2000 a 2014 de todas as ligações deste tipo de tráfego no Brasil, que apresentaram dados sobre consumo de combustível no banco de dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

3.3 Técnica de Análise de Dados

O *panel data* foi analisado por análise de regressão pelo método *panel least square*, através do software para estatística, previsão e ferramentas de modelagem chamado *e-views*, onde foram definidas as variáveis e obteve-se coeficientes para cada variável analisada. *Panel data* ou Painel de dados é um tipo de dados longitudinais, ou seja, dados recolhidos em diferentes pontos no tempo com duas ou mais observações em diferentes unidades observacionais (exemplos: aeroportos, ligações aéreas, refinarias, bases de armazenamento etc.), que é utilizado quando há interesse em descrever as mudanças ao longo do tempo, tais como mudanças sociais, mudança de atitudes, comportamentos, relações sociais etc (Duarte *et al*, 2007). As várias observações em cada unidade podem fornecer estimativas de qualidade superior, em comparação com modelos em corte transversal de associação, por exemplo.

Para estimar os parâmetros do modelo é necessário um método de estimação. O método estatístico utilizado e recomendado pela sua precisão, é o método *least square* ou mínimos quadrados que ajusta a melhor equação possível aos dados observados, uma vez que consiste em escolher os coeficientes de modo que a soma dos quadrados dos erros seja mínima.

A aplicação do método de análise apresenta os testes estatísticos necessários para comprovar a significância da relação entre as variáveis e a grandeza que se quer estimar. A Figura 5 apresenta um esquema de divisão da análise de dados.



Figura 5: Esquema de divisão da análise de dados.
Fonte: Elaborado pela autora.

Além de estimar os coeficientes para os dados agrupados de 2000 a 2014, também se subdividiu o estudo para investigar a relação entre o consumo de combustível e o tamanho da aeronave, utilizando para isso 3 fragmentos da amostra classificados de acordo com o número de passageiros em: i) Aeronaves pequenas - menor que 100 assentos; ii) Aeronaves médias - maior que 100 assentos e menor que 150 assentos iii) Aeronaves grandes - maior que 150 assentos.

3.4 Estrutura Metodológica do Estudo

A presente pesquisa será desmembrada em duas vertentes, uma teórica e outra empírica, as quais em analisadas em conjunto auxiliam no desenvolvimento do trabalho e na conclusão do estudo, conforme apresentado na Figura 6.

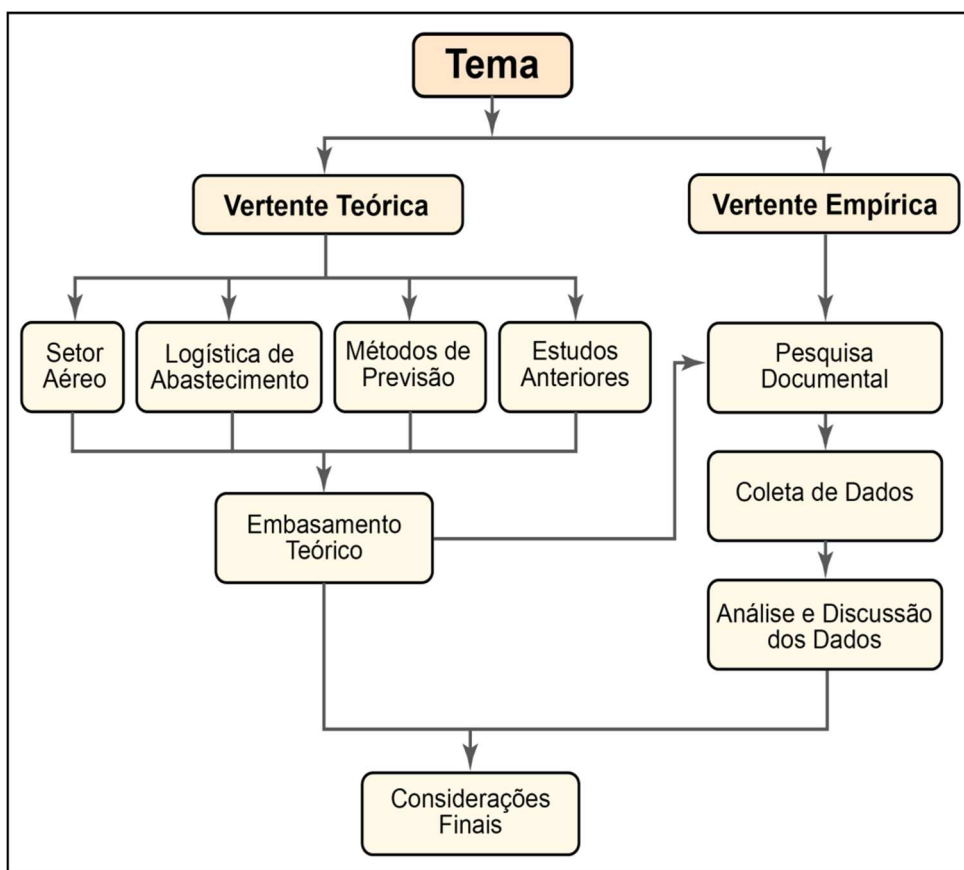


Figura 6: Estrutura metodológica do estudo

Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, ao analisar a vertente teórica, buscou-se uma conceituação dos principais pontos do setor aéreo brasileiro, bem como suas necessidades e relacionamento com o setor de combustíveis de aviação e sua distribuição logística. Além disso, a teoria também engloba os conceitos relacionados ao método de previsão de demanda utilizado e busca relacionar estudos anteriores divulgados pela literatura científica nacional e internacional acerca do tema deste trabalho.

Na outra vertente, a empírica, são coletadas e analisadas as variáveis escolhidas para o cálculo da previsão de demanda.

3.5 Limitações do Método

Este estudo tem como restrição o método de análise de voos domésticos de aviação regular de passageiros, o que o limita a análise de uma porção da demanda total por combustíveis de aviação, excluindo da pesquisa a aviação não regular, bem como

as ligações internacionais e também o transporte de cargas. No entanto, é possível que as mesmas diretrizes desta pesquisa sejam também utilizadas para toda a parte que ela não contempla. Para isso, basta que os dados históricos de cada parte do setor estejam disponíveis para a construção de outros modelos específicos ou gerais. Os dados são de voos operados entre os anos de 2000 a 2014, obtidos por meio de pesquisa documental em acesso direto as informações disponíveis em ambientes públicos da ANAC. O modelo encontrado visa operacionalizar de maneira eficiente a previsão de demanda de combustíveis de aviação a partir das programações disponibilizadas no processo de autorização de voos regulares (HOTRAN- Horário de Transporte), sendo as informações disponibilizadas determinantes para a escolha das variáveis do modelo.

Capítulo 4

Estudo de caso

Este capítulo apresenta o conteúdo relacionado ao estudo de caso deste trabalho, comentando sobre a rede de aeroportos brasileira, sua relação com o abastecimento de combustíveis de aviação, a logística de distribuição de combustíveis por região do país e as principais características que foram consideradas para estudar o consumo de combustíveis, objeto desta dissertação.

4.1 Rede de Aeroportos no Brasil

Atualmente o Brasil possui 4263 aeroportos e aeródromos, sendo a segunda maior rede do planeta - apenas superado pelos Estados Unidos da América. No entanto, o volume de cargas e passageiros movimentado no Brasil ainda é muito pequeno se comparado a outros aeroportos do mundo. Toda a movimentação do Brasil é menor, ou muito próxima, por exemplo, a de alguns aeroportos norte-americanos. Ou seja, toda a movimentação aérea brasileira corresponde à de um grande aeroporto norte americano (SOARES, 2011).

A rede de infraestrutura aeroportuária vem passando por melhorias significativas. Entre 2011 e 2015, foram investidos R\$ 15,6 bilhões no setor. Entre as principais ações estão a concessão de 10 aeroportos e a criação do Programa de Aviação Regional, que ampliará de 80 para 270 a quantidade de terminais aptos a receberem voos regulares, para atender os esperados 600 milhões de passageiros por ano em 2034 (Secretaria de Aviação Civil, 2015). A Infraero detém participações em 60 aeroportos, dos quais 20 são responsáveis por quase 90% do fluxo de passageiros no país. Esses 20 aeroportos estão, em ordem crescente pelo número de passageiros, representados na Tabela 3, de acordo com dados da Infraero de 2015.

Tabela 3: Aeroportos em ordem de movimentação de passageiros.

Aeroporto	Doméstico	Internaciona l	Total
Aeroporto de São Paulo	18.134.768	0	18.134.768
Aeroporto do Rio de Janeiro	9.924.977	0	9.924.977
Aeroporto Internacional de Salvador	8.835.077	317.082	9.152.159
Aeroporto Internacional de Porto Alegre	7.832.914	614.466	8.447.380
Aeroporto Internacional de Curitiba	7.228.326	148.417	7.376.743
Aeroporto Internacional de Recife	6.889.246	301.135	7.190.381
Aeroporto Internacional de Fortaleza	6.259.558	242.264	6.501.822
Aeroporto Internacional de Belém	3.796.729	94.062	3.890.791
Aeroporto Internacional de Florianópolis	3.456.471	172.603	3.629.074
Aeroporto Internacional de Vitória	3.521.824	850	3.522.674
Aeroporto Internacional de Manaus	3.141.152	248.715	3.389.867
Aeroporto de Goiânia	3.363.192	0	3.363.192
Aeroporto Internacional de Cuiabá	3.301.835	1.105	3.302.940
Aeroporto Internacional de Maceió	1.890.245	3.443	1.893.688
Aeroporto Internacional de Foz do Iguaçu	1.797.166	83.398	1.880.564
Aeroporto Internacional de São Luiz	1.833.719	80	1.833.799
Aeroporto Internacional de Campo Grande	1.634.877	3.636	1.638.513
Aeroporto de Aracaju	1.377.535	0	1.377.535
Aeroporto Internacional de Navegante	1.351.347	210	1.351.557
Aeroporto Internacional de João Pessoa	1.327.284	0	1.327.284

Fonte: Infraero (2015)

Um relatório executivo de 2015 da Secretaria de Aviação Civil apontou quais os maiores fluxos entre aeroportos brasileiros no ano de 2014, no qual pode constatar-se que as viagens entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo possuem o maior fluxo de passageiros, correspondendo a quase 20% de todo o fluxo no território nacional. O grande fluxo de pessoas é impulsionado pelos negócios entre as duas cidades. Além disso, São Paulo configura como a cidade que mais possui fluxos de ligação dentre os 20 maiores fluxos divulgados pela pesquisa. A pesquisa também aponta o aeroporto de Guarulhos como o aeroporto de maior influência,

representado pela quantidade de municípios que ele atende para embarque e desembarque de passageiros. Quanto ao transporte doméstico, dados da ANAC (2014) apontam 125 cidades que possuem transporte aéreo doméstico de passageiros, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Cidades que possuem aeroportos com voos domésticos.

São Paulo	Ribeirão Preto	Caxias do Sul	Rondonópolis	São Gabriel da Cachoeira
Rio de Janeiro	Teresina	Campina Grande	Cruzeiro do Sul	Eirunepé
Brasília	Londrina	Ipatinga	Cacoal	Lábrea
Belo Horizonte	Uberlândia	Fernando de Noronha	Alta Floresta	Alcobaça
Campinas	Porto Velho	Passo fundo	Pelotas	Barcelos
Salvador	Maringá	Coari	Campos dos Goytacazes	Ourilândia do Norte
Porto Alegre	Macapá	Bauru	Vilhena	Redenção
Curitiba	São José do Rio Preto	Uberaba	Itaituba	Varginha
Recife	Palmas	Carajás / Parauapebas	Ji-paraná	Valença
Fortaleza	Santarém	Caldas Novas	Cabo Frio	Humaitá
Belém	Ilhéus	Araçatuba	Corumbá	São Paulo de Olivença
Vitória	Petrolina	Dourados	Juiz de Fora	Feira de Santana
Florianópolis	Joinville	Três Lagoas	Carauari	Santa Isabel do Rio Negro
Goiânia	Marabá	Goianá	Araraquara	Boca do Acre
Cuiabá	Chapecó	Governador Valadares	Paulo Afonso	São Felix do Araguaia
Manaus	Juazeiro do Norte	Barreiras	Rio Verde	Barretos
Natal	Rio Branco	Parintins	Uma/Comandatuba	Oiapoque
Maceió	Boa Vista	Marília	Bonito	Poços de Caldas
São Luís	Montes Claros	Tefé	Oriximiná	Fonte Boa
Foz do Iguaçu	Imperatriz	Araguaína	Parnaíba	Manicoré
Campo Grande	Presidente Prudente	São José dos Campos	Araxá	São João Del Rei
Porto Seguro	Vitória da Conquista	Criciúma	Tucuruí	Maués
Navegantes	Altamira	Tabatinga	Almeirim	Itacoatiara
João Pessoa	Cascavel	Macaé	Lençóis	Vila Rica
Aracaju	Sinop	Santa Maria	Patos de Minas	Confresa

Fonte: (ANAC, 2014).

O relatório executivo apontou, ainda, que os passageiros de voos domésticos têm origem ou destino para 3.590 municípios (64% do total de cidades no País) e que muitas dessas cidades não têm voos diretos atualmente. De todas as rotas desejadas, a Rio de Janeiro (RJ) - Vila Velha (ES) é a que os passageiros mais gostariam de ver implantada.

4.2 Controle de estoque de combustível de aviação no Brasil.

Em 2014, através de Nota Técnica, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) forneceu subsídios que estabeleceram os requisitos necessários à formação e manutenção obrigatória de estoques semanais médios de combustível de aviação no produtor (refinarias) e nos distribuidores, sempre com ênfase na garantia do abastecimento nacional do produto. De acordo com a nota, a formação e a manutenção de estoques semanais médios é obrigatória e deve ter como premissa a necessidade de estoques de segurança para mitigar os efeitos dos fatores de risco incidentes nos fluxos logísticos, em função do esgotamento da capacidade operacional da produção nacional e de gargalos na infraestrutura logística de transporte e armazenagem.

Diversos são os fatores de risco que têm potencial de afetar os fluxos logísticos de combustível de aviação, tais como: paradas não previstas em refinarias, dependência externa, nível de serviço do transporte marítimo, infraestrutura portuária e capacidade de armazenagem em distribuidores. A conjugação de um ou mais fatores de risco sobre os atuais fluxos logísticos de produção, transporte e armazenagem de combustível tem como potencial efeito a restrição ou a interrupção no abastecimento, cujos custos prejuízos econômicos e sociais são incalculáveis e devido a isso se faz necessário o estoque.

Os agentes econômicos que deverão assegurar a formação e a manutenção de estoques semanais médios de combustível de aviação são o produtor/importador (Petrobras) e os distribuidores. Em 2013, a produção deste combustível no país ocorreu por meio de 9 (nove) refinarias, enquanto a distribuição foi realizada por 3 (três) distribuidores; Air BP, Shell e BR Aviation. A importação se deu, em sua totalidade, pela Petrobras, através de 3 (três) portos (Itaqui/MA, Suape/PE e São

Sebastião/SP), com um volume total importado de 1.961,7 mil m³. A figura 7, que segue, apresenta a infraestrutura logística do sistema nacional de abastecimento de combustível de aviação.



Figura 7: Infraestrutura logística do sistema nacional de abastecimento.
Fonte: Elaborado pela autora.

A Empresa de Pesquisa Energética estima que este déficit entre a produção e consumo ocorra até 2024, chegando ao correspondente a um nível de dependência externa de 11% (importação/demanda nacional), como pode ser observado no Gráfico 1.

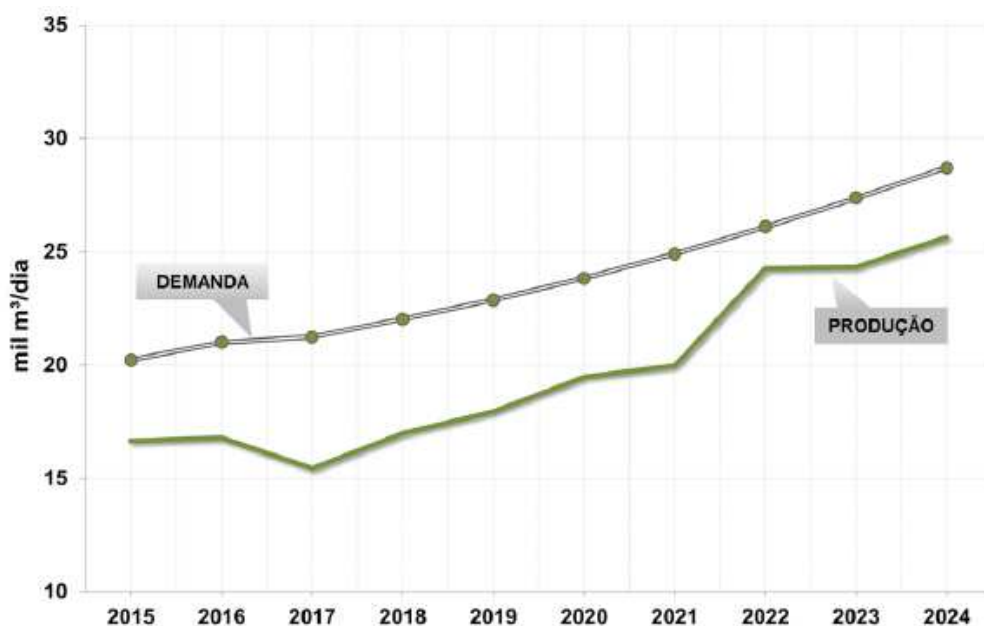


Gráfico 1: Balanço de QAV

Fonte: EPE (2015).

A queda apontada no Gráfico 1 para produção deste derivado em 2017 é de aproximadamente 1 mil m³/d (6 mil b/d) e ocorre em decorrência de uma parada prevista em uma unidade de hidrotreatamento de diesel da REDUC, para fins de investimento em modernização. Dessa forma, a produção de óleo diesel é priorizada em detrimento da produção de QAV.

Já o aumento da produção em 2022 se dá pela expectativa de início em operação do 1º trem do COMPERJ, cuja entrada no parque de refino nacional resultaria no acréscimo de aproximadamente 22% na produção de QAV. Vale ressaltar que, no cenário de preços internacionais definido no estudo da EPE, os produtos médios são mais valorizados do que a gasolina, devido à expectativa de menor crescimento da sua demanda mundial de forma que, do ponto de vista estritamente econômico, o estudo não indica a expansão da produção de gasolina, em detrimento dos derivados médios como o QAV.

O sistema Petrobras, englobando 9 refinarias produtoras de combustível de aviação da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) e 4 terminais de operados pela Petrobras Transportes S.A. (Transpetro), apresentou capacidade de armazenagem de 525,1 mil m³ em 2013, equivalente a 26,6 dias da demanda nacional.

É importante salientar que, embora a atividade de importação seja permitida a todas as distribuidoras pela legislação brasileira, a Petrobras é a única empresa que importa o QAV no país. Isso se deve em parte a criticidade da atividade, já que é necessário um volume mínimo a ser importado para que essa atividade gere lucro. A importação então acaba não sendo rentável quando comparada a compra diretamente da Petrobras e por isso as outras empresas não executam a importação (PALAURO, 2015).

Diversos fatores de risco têm potencial de afetar os fluxos logísticos de QAV, tais como: paradas não previstas em refinarias, dependência externa, nível de serviço do transporte marítimo, infraestrutura portuária e capacidade de armazenagem em distribuidores. Para mitigar o efeito desses fatores de risco sobre os fluxos logísticos, torna-se imprescindível a formação e a manutenção de estoques de segurança de QAV, os quais ficariam sobre a responsabilidade tanto do produtor/importador como do distribuidor (ANP, 2014).

Seguindo determinações da ANP, portanto, é obrigatório aos distribuidores a formação e manutenção de estoques com revisão semanal, assim como o é para os produtores, os distribuidores também possuem estoques de segurança para o suprimento dos combustíveis, em bases primárias ou secundárias. Em 2013, a capacidade de armazenagem total em distribuidores, totalizou 226,2 mil m³, equivalente a 11,4 dias da demanda nacional.

A periodicidade semanal na manutenção de estoques de segurança é importante sob a ótica operacional da logística, pois permite que os agentes econômicos garantam o suprimento diário aos seus clientes, sem prejuízo de restrição ou interrupção no abastecimento. O estoque semanal médio deve ter como base de cálculo a comercialização do combustível no ano civil anterior, por unidade federada, aumentando a previsibilidade e facilitando o planejamento prévio dos agentes econômicos, uma vez que os dados de comercialização são divulgados no sítio da ANP. Para o ano de 2014, por exemplo, a ANP estimou os estoques de segurança por região do país a partir de dados referentes às movimentações de combustível em 2013, os dados de *lead time* entre os bombeios no produtor e nas chegadas das

embarcações nos portos, com 99% de nível de serviço, obtendo-se as estimativas para estoque de segurança e cobertura do estoque, em dias, da Tabela 5, que segue.

Tabela 5: Estoque de segurança (ES) por região.

Área (regiões)	Es (m³)	Cobertura de Estoque (dias)
Norte	10.839,0	10,0
Nordeste	28.791,9	9,8
Sudeste + Centro-oeste	72.146,1	5,0
Sul	3.291,3	2,3
Brasil	-	-

Fonte: ANP (2014).

4.3 Distribuição de combustíveis de aviação.

A produção do combustível para aviação está inserida na cadeia do petróleo, a qual é dividida em upstream e downstream, como pode ser observado na Figura 8, onde o upstream corresponde a parte de exploração e produção e o downstream a rede de transporte do óleo da produção ao refino e do refino ao mercado consumidor. O combustível de aviação é obtido via fracionamento do petróleo nas refinarias, na torre de destilação e sua faixa comum de destilação é de 130°C a 300°C. O seguimento de refino é um elo importante dentro da indústria de petróleo, uma vez que é a partir dele que são originados os principais derivados, o que inclui o combustível de aviação, de forma que a demanda deste deve ser considerada para a programação do refino e suprida, em caso de insuficiência, através de importação (PALAURO, 2015).

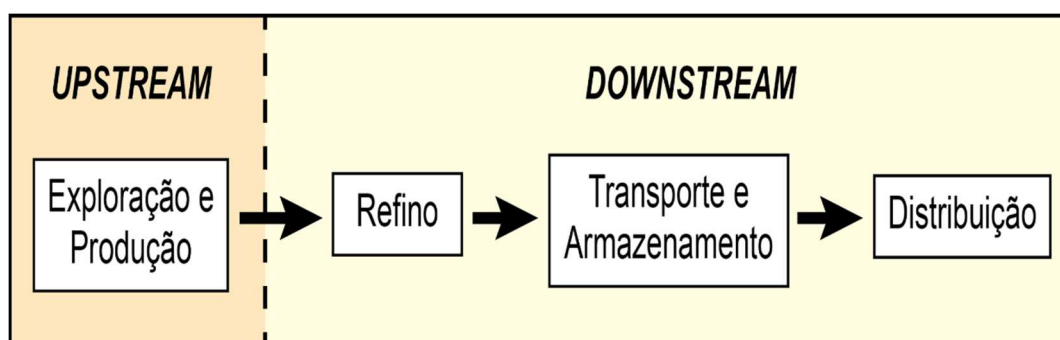


Figura 8: Cadeia de petróleo

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Palauro, 2015.

É de responsabilidade das empresas distribuidoras a distribuição do combustível até os aeroportos. O produto, geralmente, vai para terminais e bases secundárias das distribuidoras e, depois, para os diversos aeroportos, em caminhões-tanque. As duas exceções são os aeroportos de Galeão e Guarulhos, que recebem o combustível diretamente das refinarias, através de dutos. A transferência entre os terminais e as bases secundárias também é feita, na sua maioria, por caminhões-tanque, com exceção das bases secundárias localizadas na região amazônica, que recebem o combustível de aviação por meio de balsas-tanque.

As empresas que operam hoje pontos de abastecimento em aeroportos no Brasil são três, a saber: Air BP, BR Aviation e Shell (Raizen) e, das 125 cidades apontadas pela ANAC com operação de voos domésticos, em 86 delas pode ser verificada a presença de pelo menos uma das empresas distribuidoras, conforme pode ser observado na Figura 9, que segue. A BR Aviation é a líder no mercado brasileiro de combustíveis de aviação, estando presente em mais de 100 aeroportos em todo o território nacional, possuindo, assim, a maior rede de distribuição de produtos de aviação do País. A Air BP iniciou suas atividades no Brasil no ano de 1957 e distribui, atualmente, combustíveis de aviação em 23 aeroportos do País, nas regiões nordeste, centro-oeste, sudeste e sul. Já a Shell, iniciou suas atividades no Brasil em 1913 e hoje opera com venda de combustíveis de aviação em 33 aeroportos, em todas as regiões do país.



Figura 9: Rede de abastecimento no Brasil, por empresas distribuidoras.
Fonte: Elaborado pela autora.

O mercado de distribuição de combustível sofreu algumas modificações ao longo do tempo. No início estavam presentes a Petrobras, Shell e Esso. Em 2008, a empresa brasileira Cosan, produtora nacional de etanol, comprou os ativos da Esso no Brasil e, em 2010, Shell e Cosan uniram seus negócios, resultando na criação da Raizen, permanecendo, no entanto, a marca Shell como bandeira em todos os postos (PALAURO, 2015).

4.3.1 Fluxo logístico de distribuição na região Norte

A oferta de combustível de aviação na região Norte é oriunda da produção da REMAN, responsável por atender cerca de 40% da demanda regional, complementada por cabotagem para a REMAN e para o porto de Miramar, em Belém, como se observa na Figura 10. O escoamento pela região Norte é realizado por transferência dutoviária, por transporte aquaviário fluvial e/ou rodoviário para as cidades da região (ANP, 2014).

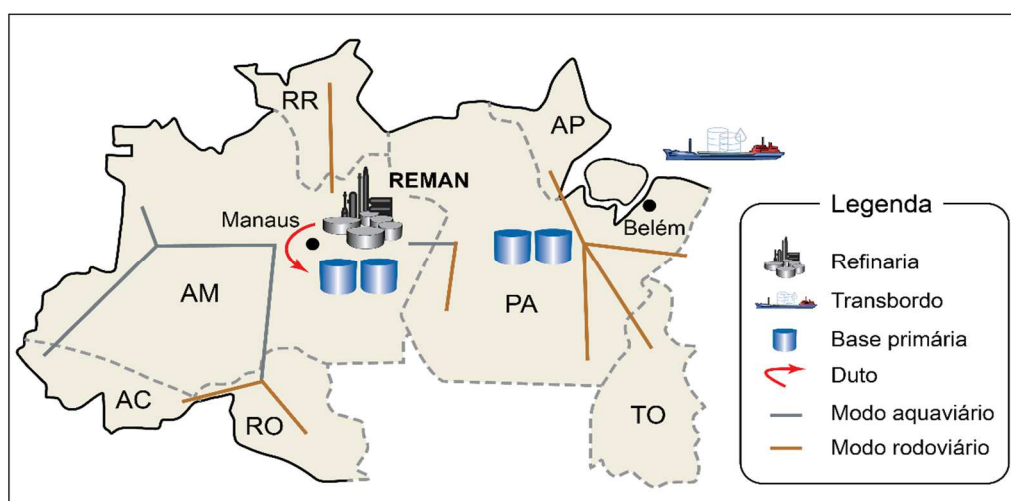


Figura 10: Fluxos logísticos na região Norte.

Fonte: Elaborado pela autora.

No estado do Amazonas, o escoamento do combustível se inicia com transferência dutoviária da refinaria para duas bases primárias em Manaus/AM, a partir das quais é transferido, pelo modo de transporte aquaviário, para os Parques de Abastecimento de Aeronaves (PAAs) dos municípios de Coari/AM, Tefe/AM, Tabatinga/AM, São Gabriel da Cachoeira/AM, Carauari/AM, Cruzeiro do Sul/AC, Santarém/PA e Porto Velho/RO, e pelo modo de transporte rodoviário para o PAA de Boa Vista/RR e para o aeroporto de Manaus/AM. No Pará, o combustível é recebido por cabotagem pelas duas bases primárias de Belém é escoado pelo modo de transporte rodoviário para o aeroporto de Belém e para os PAAs dos municípios de Carajás/PA, Conceição do Araguaia/PA, Marabá/PA, Altamira/PA, Julio César/PA, Imperatriz/MA, Macapá/AP e Araguaína/TO. No estado de Rondônia, o combustível oriundo de Manaus é transferido a partir da base de Porto Velho, pelo

modo de transporte rodoviário, para o aeroporto desta cidade e para os PAAs dos municípios de Ji Paraná/RO, Vilhena/RO e Rio Branco/AC (ANP, 2014).

4.3.2 Fluxo logístico na região Nordeste

Os fluxos logísticos na região Nordeste são apresentados na Figura 11. A produção na região ocorre por meio de duas refinarias e é insuficiente para atender a demanda nordestina, sendo a cabotagem e a importação responsáveis pelo suprimento de 62% da demanda. Os portos de Suape e de Itaqui são prioritariamente pontos de importação, enquanto o porto de Mucuripe é prioritariamente ponto de cabotagem (ANP, 2014).

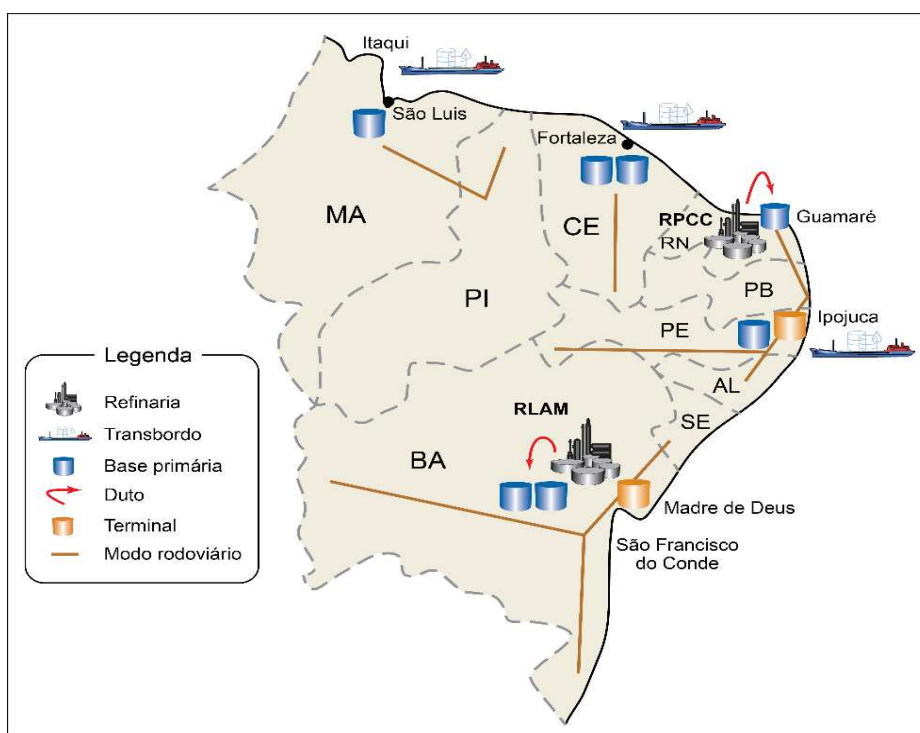


Figura 11: Fluxos logísticos na região Nordeste.

Fonte: Elaborado pela autora.

As entregas a partir dos pontos produtores ou importadores, majoritariamente, se dão pelo modo de transporte rodoviário, com exceção do duto que liga a refinaria RPCC até a Base Primária de Guararé.

O Terminal de Madre de Deus é ponto de cabotagem, cujo volume é adicionado à produção da RLAM por transporte rodoviário. No estado do Maranhão, a

importação no porto de Itaqui é recebida pela base primária de São Luís/MA e transferida para o aeroporto de São Luís e para o PAA de Teresina/PI. No estado do Ceará, a cabotagem no porto de Mucuripe é escoada das bases primárias de Fortaleza para o aeroporto de Fortaleza e para o PAA de Juazeiro do Norte/CE. No estado do Rio Grande do Norte, a produção da RPCC é escoada, a partir da base primária de Guamaré/RN, para os aeroportos de Natal/RN e de João Pessoa/PB. Em Pernambuco, a importação no porto de Suape é escoada, a partir da base primária de Ipojuca, para os aeroportos de Recife/PE, de Maceió/AL e de João Pessoa/PB. No estado da Bahia, a cabotagem e a produção da RLAM são escoadas, a partir das duas bases primárias de São Francisco do Conde, para os PAAs de Comandatuba/BA, Porto Seguro/BA, Barreiras/BA, Ilhéus/BA, para o aeroporto de Aracajú/SE e para o aeroporto de Salvador/BA, e deste para os PAAs de Terravista/BA e de Vitória da Conquista/BA (ANP, 2014).

4.3.3 Fluxo logístico na região Sudeste e Centro-oeste

O bloco Sudeste + Centro-oeste é, talvez, o mais importante do país uma vez que concentra 72% da demanda nacional. Os dois maiores aeroportos do país, Guarulhos e Galeão, estão interligados por dutos às refinarias, sendo estes os únicos casos onde isso ocorre no Brasil. O terceiro, o quinto, o sexto e o sétimo aeroportos mais movimentados do país também estão na região Sudeste. O aeroporto de Brasília, o quarto maior, no Distrito Federal, é abastecido pela região Sudeste. Logo, a análise dos fluxos logísticos da região Sudeste não pode ser desmembrada da região Centro-oeste, em face dessas características, dependências e interligações desses fluxos (ANP, 2014).

A Figura 12 representa os fluxos logísticos na região Sudeste e Centro-oeste. A produção das refinarias REGAP, em Minas Gerais, e REDUC, no Rio de Janeiro, superou em 17% a demanda dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo em 2013. Além disso, a REGAP entrega cerca de 54% de sua produção para o Distrito Federal. A produção de São Paulo, realizada por duas refinarias, atende aproximadamente 87% da demanda paulista. O porto de São Sebastião é responsável pelo maior volume das importações recebidas pelo país, permitindo

que o estado de São Paulo supra sua demanda e faça transferências para os estados da região Centro-oeste e, com o excedente, cumpra operações de cabotagem para outras regiões.

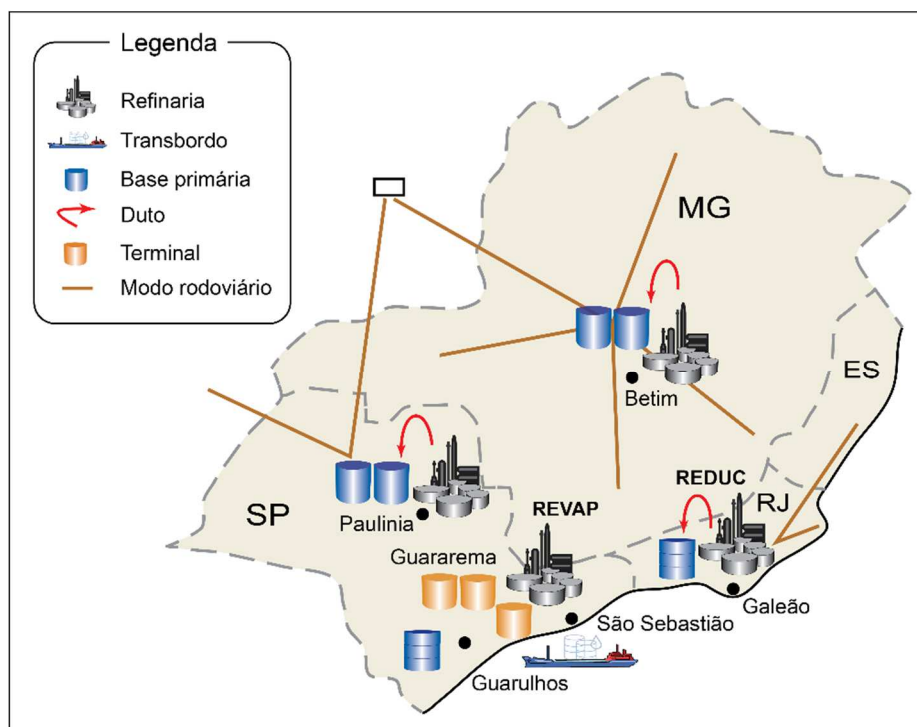


Figura 12: Fluxos logísticos na região Sudeste e Centro-oeste.
Fonte: Elaborado pela autora.

De forma geral, a REVAP é responsável pelo abastecimento das regiões do Vale do Paraíba, Baixada Santista e Grande São Paulo e a REPLAN responsável pelo abastecimento das demais regiões do estado e pelos envios para a região Centro-Oeste. São Paulo possui rede dutoviária interligando suas refinarias a terminais e bases, mas a transferência para a região Centro-oeste ocorre pelo modo de transporte rodoviário. No estado de São Paulo, a produção da REVAP é enviada para a base primária do aeroporto de Guarulhos pelo modo de transporte dutoviário, atendendo a este aeroporto, e a partir de onde é transferida pelo modo de transporte rodoviário para aeroportos e PAAs de 12 localidades. O escoamento da produção da REPLAN, por sua vez, se dá, a partir da base primária de Paulínia, para os aeroportos e PAAs de 32 localidades no estado de São Paulo e nos estados da região Centro-Oeste (ANP, 2014).

No estado de Minas Gerais, o escoamento do combustível se dá a partir da base primária de Betim, que expede a produção da REGAP pelo modo de transporte rodoviário para os aeroportos de Confins e da Pampulha para os PAAs de Uberlândia/MG, Uberaba/MG, Montes Claros/MG, Ipatinga/MG e Zona da Mata/MG e para o aeroporto de Brasília. No estado do Rio de Janeiro, a produção da REDUC é enviada para a base primária do aeroporto do Galeão pelo modo de transporte dutoviário, atendendo a este aeroporto. A partir daí, é transferida pelo modo de transporte rodoviário para o aeroporto Santos Dumont, para os PAAs de Santa Cruz, Campo dos Afonsos e Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro, para os PAAs de Macaé/RJ, Campos/RJ, Farol de São Tomé/RJ, Cabo Frio/RJ, Juiz de Fora/MG e para o aeroporto de Vitória/ES.

4.3.4 Fluxo logístico na região Sul

A Figura 13 apresenta os fluxos logísticos na região Sul, cuja produção (refinarias) foi equivalente, em 2013, a cerca de 97% da demanda regional. A entrega, a partir dos pontos produtores, se dá pelo modo de transporte rodoviário (ANP, 2014).

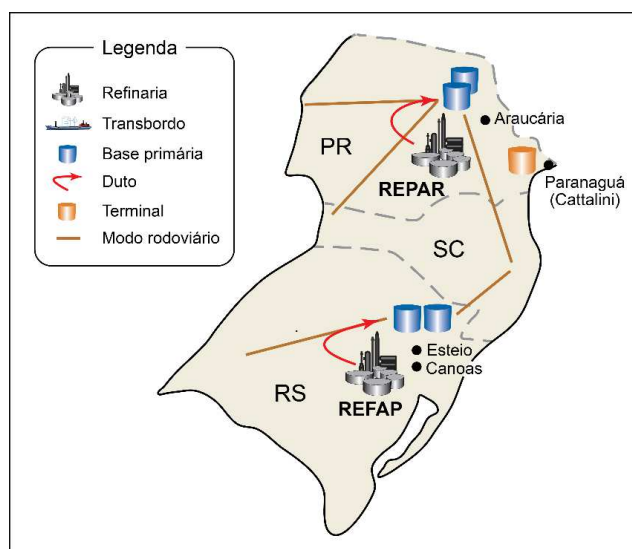


Figura 13: Fluxos logísticos na região Sul.

Fonte: Elaborado pela autora.

No estado do Paraná, a produção da REPAR é escoada, a partir da base primária de Araucária/PR, para os aeroportos de São José dos Pinhais e de Curitiba, para os PAAs de Londrina/PR, Maringá/PR, Foz do Iguçu/PR, Cascavel/PR,

Navegantes/SC, Chapeco/SC e para o aeroporto de Florianópolis/SC. No estado do Rio Grande do Sul, a produção da REFAP é escoada, a partir das bases primárias de Canoas/RS e Esteio/RS, para o aeroporto de Porto Alegre/RS, para os PAAs de Canoas/RS, Santa Maria/RS, Pelotas/RS, Caxias do Sul/RS, Passo Fundo/RS, Joinville/SC e para o aeroporto de Florianópolis/SC. A partir do aeroporto de Florianópolis/SC são feitas transferências para o PAA de Criciúma/SC (ANP, 2014).

4.4 Consumo de combustíveis em um aeroporto.

O abastecimento de um aeroporto deve atender a sua demanda para que não haja falta de estoque no momento de necessidade de abastecimento das aeronaves. A demanda pode ser estimada a partir dos voos que partem do aeroporto, a distância que é percorrida por cada aeronave e o tipo de aeronave. Pode-se dar como exemplo, um aeroporto X que possui voos para os destinos W, Y e Z, conforme a Figura 14.

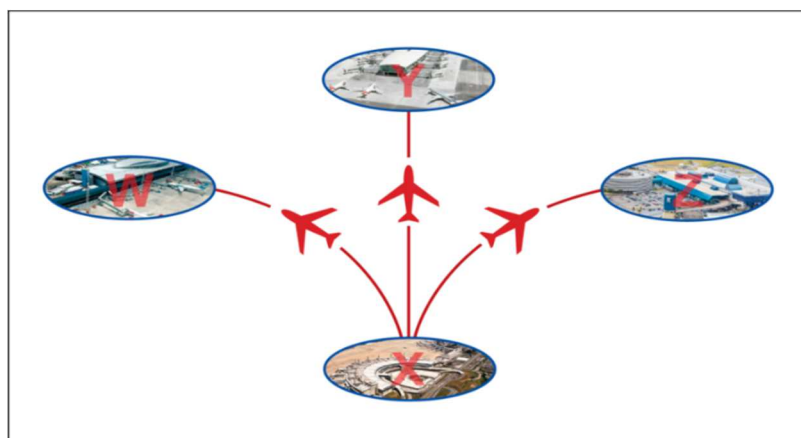


Figura 14: Esquema de ligação entre aeroportos.

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse caso, o consumo do aeroporto X será a soma dos abastecimentos das aeronaves que partem de X com destinos aos outros aeroportos. De forma geral, as aeronaves são abastecidas com o combustível suficiente para a etapa de voo adicionando-se mais combustível para uma etapa alternativa, que será necessária caso o avião não consiga pousar no destino programado e precise ir até outro aeroporto. Como os voos são programados, torna-se possível estabelecer relação entre as decolagens e o consumo de combustível, utilizando também a variável do

tipo de aeronave. Isso porque aeronaves menores possuem capacidade de abastecimento menor do que as aeronaves maiores, sendo comumente utilizadas para voos mais curtos, com menor consumo de combustível.

O planejamento dos voos é determinante para o abastecimento das aeronaves. Além de normas técnicas que devem ser observadas, as informações tais como rota, condições meteorológicas durante a viagem e o consumo de combustível previsto são importantes no momento de definir o mínimo abastecimento das aeronaves. Além disso, as próprias empresas podem definir uma quantidade extra de abastecimento para atender eventualidades, principalmente em aeroportos movimentados ou com capacidade de abastecimento reduzidas. Em todos os casos, as informações devem estar previstas no plano de voo autorizado.

Há ainda a possibilidade da prática de *tankering*, no qual as companhias aéreas preferem decolar com carregamento de combustível além do necessário a partir de locais com menor alíquota do Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS).

A eficiência do consumo de combustível por aeronave também é uma variável a ser considerada de forma que, voos mais longos tendem a consumir proporcionalmente menos combustível, uma vez que passam a maior parte do tempo em altitude de cruzeiro. Essa é a altitude em que o avião consegue voar gastando o mínimo de combustível, pois o ar se torna menos denso e por isso oferece menor resistência, sendo o maior gasto de combustível em uma aeronave concentrado nos procedimentos de pouso e decolagem. Outra variável importante na caracterização do consumo de combustível é a idade da frota, a qual, de acordo com o desenvolvimento, tecnológico tende a se tornar mais eficiente no consumo de combustível, devido ao potencial de ganhos em eficiência energética em aeronaves por inovações em tecnologia de turbinas, aperfeiçoamentos aerodinâmicos e reduções de peso, entre outros.

Capítulo 5

Aplicação do estudo de caso

Este capítulo do presente trabalho tem como objetivo registrar o desenvolvimento da análise de dados da pesquisa em aplicação da metodologia escolhida ao estudo de caso. Além disso, apresenta os resultados obtidos.

5.1 Descrição da base de dados

A base de dados utilizada é proveniente da ANAC, sendo de domínio público e obtida através do *website* da Agência, que torna os dados públicos para que sejam realizados estudos e análises, tais como a da presente pesquisa. Nesta base de dados, estão dispostos dados referentes a números de pousos, decolagens, consumo de combustíveis, tipos de aeronaves, carga paga, entre outros, que foram tratados e segregados para cumprir a análise que objetiva este trabalho.

5.2 Resultados e discussão

As variáveis escolhidas para análise de regressão e cálculo do consumo de combustível foram o ano da análise, número de decolagens por 52 semanas, carga paga por decolagem e distância voada por decolagem. Além destas, foram incluídas na análise duas variáveis de correção da correlação dos resíduos, conforme segue.

Comb = ln (combustível/semana) em litros;

Freq = ln (decolagens/52 semanas);

Load = ln (carga paga/decolagens) em quilogramas;

Etapa = ln (distância voada/decolagens) em quilômetros;

Tech = ln (ano);

AR(1) = correção da correlação dos resíduos;

AR (2) = correção da correlação dos resíduos.

As variáveis foram selecionadas de acordo com a sua relação e possibilidade de explicação do modelo aliado ao fato de sua disponibilidade através do HOTRAN, que trata da programação de voos autorizados e que devem ser executados sob pena de multas para as companhias aéreas e que servirá de base para o modelo. A frequência, por exemplo, trata do número de decolagens por semana, a qual possui relação direta com o consumo de combustíveis em um aeroporto, uma vez que quanto maior o número de aeronaves que partem de um determinado aeroporto, maior será o consumo de combustível nele, bem como a sua infraestrutura de abastecimento. O comportamento da variável Etapa, também está fortemente relacionado ao consumo de combustível, uma vez que relaciona a distância percorrida a cada decolagem e, de forma genérica, quanto maior a distância percorrida maior a necessidade de combustível para o abastecimento das aeronaves. Seguindo o mesmo comportamento, a variável Load busca relacionar a carga paga da aeronave (peso) a cada decolagem com o consumo de combustível, com expectativa de que o consumo de combustível seja impactado conforme o peso da aeronave se modifique. A variável Tech foi incluída na pesquisa como forma de relacionar os anos de análise ao avanço tecnológico e observar seu comportamento diante do consumo de combustível, nesse caso espera-se que a inserção de tecnologia com o passar dos anos altere a necessidade de consumo de combustível de aviação. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), inclusive, em 2015, divulgou que o potencial de ganhos em eficiência energética em aeronaves por inovações em tecnologia de turbinas, aperfeiçoamentos aerodinâmicos e reduções de peso é estimado entre 1,0% a 2,2% ao ano. Dessa forma, o modelo busca encontrar os coeficientes de uma equação com a forma da Equação 2 abaixo.

$$Comb = a \text{ Freq} + b \text{ Load} + c \text{ Etapa} + d \text{ Tech} + e \text{ AR}(1) + f \text{ AR}(2) \text{ (Equação 2)}$$

Os dados foram linearizados através da transformação para base logarítmica com objetivo de facilitar a interpretação dos dados de forma útil, sendo essa transformação comumente realizada quando se trata de análise de dados aéreos. O resultado encontrado trata do consumo de combustível por ligação aérea e a partir

da soma dos consumos das ligações torna-se possível definir para o consumo geral previsto para um aeroporto. Com objetivo de avaliar as variáveis escolhidas de forma geral para a pesquisa (ano da análise, consumo de combustível/semana, número de decolagens/semana, carga paga por decolagem e distância voada por decolagem), procedeu-se com a análise de regressão de todos os dados entre os anos de 2000 a 2014, sendo o cálculo realizado para uma amostra de 9569 observações, obtendo-se o resultado encontrado na Tabela 6.

Tabela 6: Análise de regressão dos dados de 2000-2014.

Período	Ano início	Ano fim	
	2000	2014	
Total de Observações	9569		
Coeficiente (Variável)	Coeficiente	Std. Error	t-Statistic
a (Freq)	0,976312	0,002472	394,9857
b (Load)	0,510822	0,008561	59,66508
c (Etapa)	0,855260	0,015832	54,02221
d (Tech)	-0,183309	0,008527	-21,49655
e (AR(1))	0,639938	0,010238	62,50891
f (AR(2))	0,152590	0,009725	15,69014
R ² ajustado	0,990750		

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir destes resultados pode-se afirmar que a estimativa para a totalidade dos dados (2000-2014) foi consistente, uma vez que ao analisar a amostra as relações se mostram altas entre a variável dependente e as variáveis independentes, representadas pelo R² ajustado próximo de 1. Além disso, os testes mostram um elevado t-estatístico para as amostras o que corresponde que as variáveis são estatisticamente significantes e também possuem baixos erros-padrão. Dessa forma, atesta-se que a equação geral encontrada para calcular o consumo de combustível é confiável para todo o período analisado.

Com isso, há confiabilidade para estudar o comportamento da variável dependente a partir das variáveis independentes, com restrições. Para este trabalho, escolheu-se entender o comportamento do consumo de combustível quando se é analisado, em separado, tamanhos diferentes de aeronaves. Para isso, escolheu-se estratificar

a amostra em 3 partes, dividindo-a conforme o tamanho, retratado de acordo número de assentos por aeronave, em aeronaves pequenas (com menos de 100 assentos), aeronaves médias (com mais de 100 assentos e menos que 150 assentos) e aeronaves grandes (com mais de 150 assentos), obtendo-se os resultados das tabelas que seguem.

Tabela 7: Aeronaves pequenas (com menos de 100 assentos).

Período	Ano início	Ano fim	
	2000	2014	
Total de Observações	4389		
Coeficiente (Variável)			
a (Freq)	0,998357	0,003650	273,5146
b (Load)	0,444066	0,011225	39,55888
c (Etapa)	0,795486	0,017147	46,39123
d (Tech)	-0,138828	0,009264	-14,98573
e (AR(1))	0,540411	0,013794	39,17582
f (AR(2))	0,085417	0,012603	6,777273
R² ajustado			
	0,981823		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 8: Aeronaves médias (com mais de 100 assentos e menos de 150).

Período	Ano início	Ano fim	
	2000	2014	
Total de Observações	3012		
Coeficiente (Variável)			
a (Freq)	0,966722	0,002410	401,0520
b (Load)	0,335997	0,017255	19,43783
c (Etapa)	0,617624	0,009687	63,76075
d (Tech)	0,075112	0,013531	5,551319
e (AR(1))	0,426081	0,017856	23,86189
f (AR(2))	0,069931	0,016094	4,345082
R² ajustado			
	0,993663		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9: Aeronaves grandes (com mais de 150 assentos).

Período	Ano início	Ano fim	
	2000	2014	
Total de Observações	2100		
Coeficiente (Variável)	Coeficiente	Std. Error	t-Statistic
a (Freq)	0,965561	0,001852	521,4212
b (Load)	0,485073	0,020331	23,85868
c (Etapa)	0,675722	0,006652	101,5856
d (Tech)	-0,052269	0,015151	-3,449842
e (AR(1))	0,324643	0,016150	20,10117
f (AR(2))	0,124321	0,014934	8,324669
R ² ajustado	0,997719		

Fonte: Elaborado pela autora.

A amostra estratificada por número de assentos continua apresentando valores consistentes ao analisar as estatísticas testes. O R² ajustado permanece alto, demonstrando alta relação entre as variáveis independentes com a variável dependente.

O erro-padrão para todos os estratos também permanece baixo e o t-estatístico continua significativo, o que confere confiabilidade destes dados e da relação entre eles, representada pelos coeficientes encontrados.

Pode-se perceber que o número de decolagens possui forte relação com a variável dependente em toda a amostra, não variando significativamente conforme se mudam os estratos, uma vez que quanto maior o número de decolagens em um aeroporto, maior a necessidade de abastecimento de combustível ele necessita. A variável carga paga por decolagem apresentou o maior coeficiente quando se tratava da amostra com aeronaves com mais de 150 assentos. Isso é explicado pelo fato de que quanto o número de assentos está relacionado com o tamanho da aeronave e quanto maior esta, maior será seu peso e, por consequência, seu consumo de combustível.

Essa mesma diferença não foi observada quando comparou-se as aeronaves pequenas e médias, possivelmente pela eficiência agregada ao consumo a partir de uma etapa de viagem mais longa que as aeronaves médias realizam quando comparadas a aeronaves menores. O coeficiente da terceira variável independente, distância voada por decolagem, diminuiu quando aumentou o tamanho da aeronave de menos de 100 assentos para entre 100 e 150 assentos. Pode-se explicar esta diminuição pelo fato de que aeronaves maiores costumam ser utilizadas para voos de etapas maiores e, embora etapas maiores consumam maior quantidade de combustível por causa do fator distância, elas possuem maior eficiência no consumo de combustível, uma vez que permanecem maior tempo em altitude de cruzeiro. Para aeronaves com mais de 150 assentos, percebe-se que o fator distância prepondera sobre a eficiência, uma vez que a relação entre a variável e consumo aumenta. O comportamento da quarta variável mostra como a idade da frota e o avanço tecnológico influenciam no consumo de combustível. A partir dos dados, pode-se perceber que para as aeronaves de menor e maior porte o consumo é inversamente proporcional ao ano. Isso se deve ao fato de que tais aeronaves são a parte mais nova da frota nacional e com o desenvolvimento tecnológico a eficiência no consumo de combustível tende a ser maior. Os resultados mostram uma relação direta entre o ano e consumo de combustível quando se analisa as aeronaves médias. Isso acontece porque essas são as aeronaves mais antigas da frota nacional.

Capítulo 6

Considerações finais

Este capítulo tem como objetivo apresentar as considerações finais e recomendações relacionadas à pesquisa, além de fornecer indicações para trabalhos futuros dentro deste segmento.

6.1 Síntese da pesquisa

Dadas as incertezas dos negócios e a maior competitividade nos mercados, as previsões de consumo ou demanda desempenham um papel-chave nas organizações, diminuindo o impacto das incertezas relacionadas ao futuro e auxiliando na tomada de decisões.

O grande aumento da demanda doméstica do transporte aéreo de passageiros nos últimos anos, aliado ao inexpressivo investimento, levou o setor aéreo brasileiro a um grande gargalo de infraestrutura, retratado em uma concentração da malha aérea em um número pequeno de aeroportos, tornando o setor um fator limitador para crescimento país. Com essa maior utilização do transporte aéreo, o consumo de combustíveis de aviação também se intensificou, criando desafios para as empresas distribuidoras, no que tange a confiabilidade de entrega e necessidade de disponibilidade, uma vez que a falta deste produto acarreta interrupção do sistema. Além disso, a demanda de combustíveis de aviação é uma informação estratégica também para os produtores. Nesse caso, a localização da demanda de combustíveis de aviação juntamente ao óleo diesel e gasolina, bem como suas expectativas de crescimento impactam na decisão de alocação de refinaria e produção dos derivados.

Além das demandas crescentes em quantidades de abastecimento, deve-se incluir como possível fator limitante da disponibilidade a opção de distribuição ser majoritariamente através do modal rodoviário, cujas incertezas de entrega são

maiores, a exceção de apenas 2 aeroportos, cujo abastecimento de combustível é através de dutos. A conjugação de um ou mais fatores de risco sobre os atuais fluxos logísticos de produção, transporte e armazenagem de QAV tem como potencial efeito a restrição ou a interrupção no abastecimento do combustível, cujos custos econômicos e sociais são incalculáveis. Com isso, a necessidade de previsão da demanda por combustíveis de aviação nos aeroportos brasileiros se mostra importante e estratégica do ponto de vista empresarial das empresas distribuidoras e também para as companhias aéreas.

Este estudo apresenta um modelo de previsão de demanda de combustível para aviação regular doméstica de passageiros, com base na análise quantitativa de regressão combinada a análise de séries históricas, amparada por uma análise sobre os resultados obtidos, nos quais pode-se ainda obter dados segregados por tamanhos de aeronaves, facilitando a previsão direcionada a necessidades específicas, dependendo dos tipos de voos operados, correlacionados com os tamanhos das aeronaves e com as distâncias dos voos.

6.2 Conclusões

A proposta desta dissertação é a previsão da demanda de combustível de aviação para o setor aéreo regular doméstico de passageiros utilizando método quantitativo de regressão combinado a análise de séries temporais a partir de um *panel data* não balanceado de dados de 2000 a 2014 oriundos da ANAC. A partir dos dados obtidos pode-se definir uma equação geral para a previsão do consumo de combustível por semana em um aeroporto que opere voos regulares domésticos no Brasil.

Visando conferir maior acurácia nas estimativas, a amostra foi dividida em estratos de acordo com o tamanho das aeronaves, relacionados com número de assentos, para que pudesse ser estimado o consumo de combustível por tipo de aeronave. Utilizando variáveis que explicam o comportamento do consumo de combustível, a exemplo dos trabalhos encontrados na literatura foi possível, ainda, associar o comportamento das variáveis frente a diferentes modelos de aeronaves e suas relações com o consumo de combustível encontrado.

A análise das estatísticas testes comprovam a significâncias das variáveis independentes frente a variável dependente, conferindo aos coeficientes encontrados confiança para as estimativas.

A variável Frequência foi a que mostrou maior relação direta com a quantidade de combustível consumida, seguida da variável Etapa que também manteve forte relação com o consumo de combustível, sendo impactada apenas pelo fator distância no caso de aeronaves médias, o qual conferiu uma maior eficiência no consumo de combustível para esse tipo de aeronave, reduzindo o impacto da distância voada sobre o consumo. O ganho de eficiência em viagens maiores também pode ser observado na variável Load, a qual pode ser observada entre aeronaves médias e pequenas. O comportamento da variável Tech mostrou como a idade da frota e o avanço tecnológico contribuem para o aumento da eficiência do consumo de combustível.

6.3 Recomendações

O trabalho teve como delimitação definida para a exequibilidade da pesquisa tratar de voos regulares domésticos no Brasil.

Para estudos futuros, recomenda-se, então, a extensão da pesquisa para todos os tipos de voos, domésticos e internacionais regulares, e posteriormente incluir os voos não regulares. A partir dessas, poder-se-ia definir um modelo único a ser adotado para todos os aeroportos, ou propor modelos com bases nos tipos de aeronaves programadas para partir de um aeroporto e com isso, definir a demanda dos aeroportos auxiliando as empresas distribuidoras a cumprirem o suprimento de combustível de forma eficiente.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Aviação Civil. ANAC. Anuário do Transporte Aéreo. Agência Nacional de Aviação Civil, 2010.

Agência Nacional de Aviação Civil. ANAC. Anuário do Transporte Aéreo. Agência Nacional de Aviação Civil, 2014.

Agência Nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis. ANP. Nota Técnica nº 207 /SAB, 2014.

Agência Nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis. ANP. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2015

ARCHER, B. Forecasting Demand: Quantitative and Intuitive Techniques. *International Journal of Tourism Management*. v.1, n. 1, p.5-12, 1980.

ARMSTRONG, J. S. *Principles of forecasting: a handbook for researchers and practitioners*, 1 ed., Kluwer, Philadelphia, 2001.

BIELSCHOWSKY, P. CUSTÓDIO, M. *A Evolução do Setor de Transporte Aéreo Brasileiro*. Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 13, n. 13, p. 72 – 93, 2011.

BRICHI, C. *Análise da logística de distribuição do querosene de aviação no estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, 2014.

BROWN, T. *Forecasting fuel consumption requirements for the Air Force flying hour program using pooled time series analysis*. Maxwell Air Force Base, Alabama, 2009.

CHÈZE, B.; GASTINEAU, P.; CHEVALLIER, J. *Forecasting world and regional aviation jet fuel demands to the mid-term (2025)*. Energy Policy, v. 39, n.9, p. 5147-5158. 2011.

COLLINS, B. P. *Estimation of aircraft fuel consumption*, Journal of Aircraft, v. 19, n. 11, p. 934-939, 1982.

Cranfield University. *Fuel and air transport A report for the European Commission*. Air Transport Department, Cranfield. 2008.

Department for Transport. *UK Aviation Forecasts*. Department for Transport. London, 2013.

DUARTE, P.; LAMOUNIER, W.; TAKAMATSU, R. *Modelos Econométricos para dados em painel: Aspectos Teóricos e exemplos de Aplicação à pesquisa em contabilidade e finanças*. In: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 7.; Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade, 4. 2007, São Paulo. São Paulo, 2007. p. 1-15.

Empresa de Pesquisa Energética. EPE. Plano Decenal de Energia – 2024. Brasília, 2015.

FIGUEIREDO, N. *Método e metodologia na pesquisa científica*. 2 ed. São Caetano do Sul, São Paulo, Yendis Editora, 2007.

FEITOSA, W. R. *Estratégias e Políticas de Preço no Mercado de Aviação: caso da Gol Transportes Aéreos*. v. 13, n.1, p. 48-65. 2002.

GARCIA, E.; LACERDA, L.; BENÍCIO, R. *Gerenciando Incertezas no Planejamento Logístico: O Papel do Estoque de Segurança*. Revista Tecnológica v.63, n.1, p. 36-43, São Paulo, 2001.

GAZZONI, M. *País é campeão em custo para abastecer avião*. O Estado de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,pais-e-campeao-em-custo-para-abastecer-aviao-imp-,1503578>. > Acesso em: 12/03/2016.

INFRAERO. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/transparencia/concessao.html>>. Acesso em: 12.02.2016.

Internacional civil aviation organization ICAO. *Aviation Outlook*. ICAO Environmental Report, Montreal 2010.

KRAJEWSKI, L. J., RITZMAN, L. P. *Operations management, strategy and analysis*, 5 ed., Addison-Wesley, 1999.

LAPLANE, G. *Os desafios da regulação do setor de transporte aéreo de passageiros no Brasil*. 2005. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia) Programa de Pós-Graduação em Economia Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

LEMOS, F. *Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda*. 2006. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MALAGUTTI, A. O. *Evolução da Aviação Civil no Brasil*. Brasília: Câmara dos Deputados, 2001.

- MCKINSEY & COMPANY. *Estudo do setor de transporte aéreo do Brasil*. Relatório consolidado. Rio de Janeiro: McKinsey & Company, 2010.
- NETO, C., SOUZA, F. *Aeroportos no Brasil: investimento recentes, perspectivas e preocupações*. Nota Técnica. IPEA. Brasília, 2011.
- NEVES, J. Pesquisa Qualitativa: Características, Usos e Possibilidades. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 3, p.55-68, 1996.
- NUBER, H.; SCHMITT, A. The global Distribution os Air Traffic at high altitude, related fuel consumption and trends. Transport Research Division, Germany. 1990
- NYGREN, E.; ALEKLETT, K.; HOOK, M. *Aviation fuel and future oil production scenarios*. Energy Policy. v. 37, n.1, p. 4003-4010. 2009.
- OLIVEIRA, M. SILVA, E. *Gestão de Estoque*. ICE/EDU. Cuiabá, 2013
- PALAURO, G. Caracterização do mercado de combustível de aviação: um estudo de organização Industrial. 2015. 129 f. Dissertação (Mestre em Ciências – Economia aplicada) – Escola Superior de Agricultura – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- PELLEGRINI, F. *Metodologia para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda*. 2000. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- PINDYCK, R; RUBINFELD, D. *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill. 3 ed. Singapore, 1991.
- RIBEIRO, P., FERREIRA, K. *Logística e Transportes: Uma Discussão sobre os Modais de Transporte e o Panorama Brasileiro*. XXII ENEGEP. ABEPRO Curitiba, 2002.
- SCHAEFER, M. *Forecast of Air Traffic's CO₂ and NO_x Emissions*. German Aerospace Center. Cologne, 2013.
- SCHLUMBERGER, C. *Air Transport and Energy Efficiency*. The World Bank, Washington 2012.
- SILVA, J.; ALMEIDA, C.; GUINDANI, J. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.

SILVA, L. O mercado de “slots” e a concessão de aeroportos à iniciativa privada: caminhos possíveis para o setor aéreo *Journal of Transport Literature* v. 4, n. 1. p.49-80, 2010.

SOARES, F. *Previsão de Demanda de Combustível de Aviação Utilizando Redes Neurais Artificiais*. 2011.63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUBRE, J. P. *Setor Aéreo Brasileiro – Transformações, Deficiências e Possibilidades* Rio de Janeiro. 2010. 49 f. Monografia (Especialização em Logística e Modais de Transporte) -Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2010.

TERENCE, A., FILHO, E. *Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais XXVI* ENEGEP, ABEPRO. Fortaleza, 2006.

WERNER, L. *Um modelo composto para realizar previsão de demanda através da integração da combinação de previsões e do ajuste baseado na opinião*. Porto Alegre, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

WITTMER, A., BIEGER, T., *Fundamentals and structure of aviation systems*, in *Aviation systems management of the integrated aviation value chain*, Springer, Londres, 2011.