



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

**THIAGO AZEVEDO EUZÉBIO**, Ten Cel Av

**A doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial – uma análise estatística após a implantação**

Rio de Janeiro

2023



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

THIAGO AZEVEDO EUZÉBIO, Ten Cel Av

**A doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte  
Especial – uma análise estatística após a implantação**

Trabalho de conclusão de curso apresentado,  
como requisito parcial para aprovação, no  
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.  
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.  
Orientador: Rodrigo Faria Rezende Campos,  
Ten Cel Av.

Rio de Janeiro

2023

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa consistiu em analisar em que medida a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” impactou no consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, em termos de economia percentual. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre a doutrina de “*fuel conservation*” e sua aplicação nas aeronaves VC-99. Nessa revisão, foram identificados os princípios da filosofia de “*fuel conservation*” e alguns procedimentos operacionais que reduzem o consumo de combustível além de apresentar uma tabela com índices percentuais de incremento no consumo de combustível quando as ações recomendadas não são seguidas. Em seguida, foram coletados, tabulados e analisados os dados de consumo de combustível das aeronaves VC-99 do GTE abrangendo um período de 48 meses (4 anos). Utilizou-se o programa Minitab como ferramenta de análise estatística, realizando um teste de hipótese (teste t) com base nos dados totais. As amostras foram divididas em dois grupos: 24 meses anteriores e 24 meses posteriores à implantação da doutrina “*fuel conservation*”. Calculou-se a média aritmética para cada grupo e constatou-se que não houve evidência estatística para rejeitar a hipótese nula  $H_0$  em relação às médias de ambos os grupos. Com base nos resultados, foi possível inferir que a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do GTE-2 resultou em uma economia de combustível de 0,611%, em termos percentuais. Esses resultados evidenciam a importância da implementação da doutrina de “*fuel conservation*” como uma estratégia eficaz para redução do consumo de combustível nas aeronaves VC-99 do GTE.

**Palavras-chave:** *fuel conservation*; redução de custos; consumo de combustível; procedimentos operacionais.

## **ABSTRACT**

*The objective of this research was to analyze to what extent the implementation of the “fuel conservation” doctrine had an impact on the fuel consumption of the VC-99 aircraft of the Special Transport Group, in terms of percentage savings. For this, a bibliographic review was carried out on the doctrine of "fuel conservation" and its application in VC-99 aircraft. In this review, the principles of the “fuel conservation” philosophy and some operational procedures that reduce fuel consumption were identified, in addition to presenting a table with percentage rates of increase in fuel consumption when the recommended actions are not followed. Then, the fuel consumption data of the VC-99 aircraft of the GTE covering a period of 48 months (4 years) were collected, tabulated and analyzed. The Minitab program was used as a statistical analysis tool, performing a hypothesis test (t test) based on the total data. The samples were divided into two groups: 24 months before and 24 months after the implementation of the “fuel conservation” doctrine. The arithmetic mean was calculated for each group and it was found that there was no statistical evidence to reject the null hypothesis  $H_0$  in relation to the means of both groups. Based on the results, it was possible to infer that the implementation of the “fuel conservation” doctrine in the VC-99 aircraft of the GTE-2 resulted in a fuel economy of 0.611%, in percentage terms. These results show the importance of implementing the “fuel conservation” doctrine as an effective strategy to reduce fuel consumption in GTE's VC-99 aircraft.*

**Keywords:** *fuel conservation; cost reduction; fuel consumption; operational procedures.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Histograma de Fator de consumo (l/h) no período anterior à implantação .....	30
Figura 2 - Histograma de Fator de consumo (l/h) no período posterior à implantação.....	31
Gráfico 1 - Aumento esperado de queima de combustível voando abaixo do FL 370.....	19
Gráfico 2 - Redução esperada de queima de combustível em voo m.074 em vez de m0.78 em cruzeiro .....	20
Gráfico 3 – Aumento esperado do tempo da viagem de voo em m.074 em vez de m0.78 em cruzeiro .....	20
Gráfico 4 - Redução esperada de queima de combustível em voo m.076 em vez de m0.78 em cruzeiro .....	20
Gráfico 5 – Aumento esperado do tempo da viagem de voo em m.076 em vez de m0.78 em cruzeiro .....	21
Gráfico 6 - Redução esperada de queima de combustível em voo LRC em vez de m0.78 em cruzeiro .....	21
Gráfico 7 – Aumento esperado do tempo da viagem de voo em LRC em vez de m0.78 em cruzeiro .....	21
Gráfico 8 – Aumento esperado da queima de combustível comparando diferentes velocidades de subida com 270KIAS/ M.0,56, para o ERJ-145. ....	23
Gráfico 9 – Aumento esperado da queima de combustível comparando diferentes velocidades de subida com 270KIAS/ M.0,56, para o ERJ-135. ....	23
Gráfico 10 – Aumento esperado da queima de combustível voando m0,01 mais rápido do que a velocidade de cruzeiro planejada .....	24
Gráfico 11 – Gráfico de descida com diferentes perfis de velocidades.....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Tabela de penalidades para o modelo ERJ-135 .....	36
<b>Tabela 2</b> – Tabela de penalidades para o modelo ERJ-145 .....	37
<b>Tabela 3</b> – Tabela de levantamento de dados de consumo de combustível; esforço aéreo e fator de consumo de maio/2018 a abril/2020. ....	29
<b>Tabela 4</b> – Tabela de levantamento de dados de consumo de combustível; esforço aéreo e fator de consumo de maio/2020 a abril/2022. ....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOM	<i>aircraft operations manual</i>
ATC	<i>air traffic control</i>
CACEM	Curso Avançado de Comando e Estado-Maior
ECEMAR	Escola de Comando e Estado Maior da Aeronáutica
FAB	Força Aérea Brasileira
FL	<i>flight level</i>
GTE	Grupo de Transporte Especial
GTE-2	Segundo Esquadrão do Grupo de Transporte Especial
GP	<i>General Publication</i>
ISA	<i>international standard atmosphere</i>
KIAS	<i>knots indicated air speed</i>
NM	<i>nautical mile</i>
SOP	<i>stantard operation procedure</i>
TAS	<i>true air speed</i>
TAT	<i>total air temperature</i>
TOD	<i>top of descent</i>
Vs	velocidade de estol da aeronave

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Teoria de Custos e dos Rendimentos.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Inferência Estatística e Teste de Hipótese .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Filosofia“<i>Fuel Conservation</i>” .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Procedimentos operacionais que reduzem o consumo de combustível .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3</b>	<b>Tabelas com índices percentuais de incremento no consumo de combustível caso sejam contrariado as ações recomendadas segundo fabricante .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>Tabelas de consumo de combustível (em litros); horas de voo e fator de consumo (l/h) por períodos .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5</b>	<b>Quadro comparativo do fator de consumo (l/h) dos períodos e índice percentual (%) .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>33</b>
	<b>ANEXO A – Tabela de penalidades no consumo de combustível .....</b>	<b>34</b>
	<b>ANEXO A – Tabela de penalidades no consumo de combustível (continuação) ..</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto do século XXI, com o advento das novas tecnologias e a mentalidade das novas gerações, em viver uma vida mais sustentável, com foco na preservação da vida humana, utilizando-se dos recursos naturais com parcimônia, para uma possível conservação destes recursos para as próximas gerações, a partir dos anos 80, surgiu na aviação comercial mundial o conceito de “*fuel conservation*”.

Esta doutrina foi uma abordagem que se tornou cada vez mais relevante nas operações aéreas desde seu surgimento, em resposta à escalada dos preços do barril de petróleo, com o objetivo de minimizar os custos operacionais e aumentar a competitividade no mercado.

Diversas companhias aéreas adotaram essa doutrina como parte integrante de suas estratégias. Ao implementar medidas de “*fuel conservation*”, as companhias não apenas otimizaram seus recursos, mas também demonstraram seu compromisso com a eficiência operacional.

Na indústria aeronáutica brasileira, tendo como referência a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.(EMBRAER), também não foi diferente quanto à tendência mundial, a mesma alinou-se em fabricar aeronaves para o setor aéreo com os mesmos padrões de operação e eficiência, igual às demais companhias do setor aeronáutico internacional.

No Estado brasileiro, não sendo diferente, após a promulgação da Constituição Federal de 1988, com o “*princípio da economicidade*” expresso no artigo 70, além dos diversos fóruns ambientais que foram realizados na década de 90, era esperado que das instituições públicas fossem obtidos resultados com o menor custo possível, mantendo a qualidade e buscando a celeridade na prestação do serviço ou no trato com os bens públicos.

A Força Aérea Brasileira (FAB) enquadrada no contexto mundial e nacional, alinhada ainda com o seu Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER) 2018-2027, em que das diretrizes básicas, uma delas exige a observância da busca pela eficiência na utilização dos recursos (materiais, humanos e financeiros) disponibilizados, buscando assim, na utilização de suas aeronaves, de maneira eficiente.

Para a realização deste artigo científico, buscou-se a análise nas aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial (GTE), organização do Comando da Aeronáutica (COMAER), sediado na Base Aérea de Brasília, na capital Federal, que tem por finalidade:

“Assegurar o transporte aéreo do Presidente da República, do Vice-Presidente da República, dos Ministros de Estado e de altas autoridades nacionais e estrangeiras, bem como realizar Missões de Misericórdia, com equipamento do tipo Unidade de Terapia Intensiva Aérea do COMAER e missões em apoio às demais Organizações

do COMAER, quando determinado pelo Comandante da Aeronáutica.” (BRASIL, 2019, pag.7).

A Unidade Aérea é subordinada, operacionalmente, ao Gabinete do Comandante da Aeronáutica e com mais de 80 anos de existência, vem cumprindo sua missão, com segurança e eficiência, possuindo amparo legal no Decreto Presidencial nº 10.267, de 05 de março de 2020. (BRASIL, 2020).

Com mais de 530 mil horas voadas, o GTE opera, atualmente, as aeronaves Airbus ACJ319 (VC-1); Embraer EMB-190 (VC-2); Embraer ERJ-135 e ERJ-145 (VC-99), além dos helicópteros EC-135 (VH-35) e EC-225 (VH-36). (BASSETO, 2021)

Sobre as aeronaves VC-99, objeto de estudo desta pesquisa, as primeiras unidades foram recebidas pela Força Aérea Brasileira (FAB) em 2006 e voam até hoje. Em relação à sua operação, as padronizações dos procedimentos que estavam sendo praticados por mais de 10 anos e, no ano de 2020, sofreram alterações, dentre as quais, uma bastante relevante, onde surgiu a doutrina para o emprego das mesmas, com foco na operação eficaz e de forma econômica, referenciada pela publicação técnica do fabricante (EMBRAER), denominada: “*Fuel Conservation*” (EMBRAER, 2008).

Visto que no Comando da Aeronáutica é observado o princípio da economicidade em todas as áreas de atuação, conforme previsto no artigo 70 da Constituição Federal de 1988, como referencial teórico deste artigo, as Teorias de Coase na sua obra “*The Nature of Firm*” de 1937, balizaram esse estudo, uma vez que, trazendo as teorias para a realidade da implementação da doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do GTE, na busca de um consumo de combustível de forma inteligente e econômica, com vistas à redução do custo médio no consumo de combustível seguindo Teoria dos Custos e Rendimentos.

Assim, o objetivo da pesquisa do referido trabalho consistiu em analisar em que medida a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” impactou no consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, em termos de economia percentual.

Com esse propósito, foram trilhados os seguintes objetivos específicos, que, no agrupamento, respondem pelo cumprimento do objetivo geral: realizar uma revisão bibliográfica sobre a doutrina de “*fuel conservation*” e sua aplicação nas aeronaves VC-99; coletar, tabular e analisar os dados de consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial antes e depois da implantação da doutrina; e constatar e inferir

estatisticamente sobre as médias amostrais obtidas, de modo a obter o resultado do valor de economia de combustível, em termos percentuais.

Espera-se que da análise realizada, seja trazida uma perspectiva se a doutrina implantada em 2020 surtiu efeito e qual foi sua contribuição em termos de economia percentual, e que as conclusões decorrentes da pesquisa possam auxiliar a Unidade numa possível manutenção da doutrina, sendo referência na FAB, como difusora de conhecimento de no mínimo outras Unidades que utilizam aeronaves da EMBRAER ou de outras empresas que utilizam da mesma filosofia como doutrina.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Teoria de Custos e dos Rendimentos**

Em sua obra literária lançada em 1937, com título “*The Nature of Firm*”, Ronald Coase explanou sobre a Teoria da Firma, onde as empresas trabalham a oferta de mercado visando oferecer produtos a seus consumidores com preços competitivos. Entre as teorias do referido autor, das quais podemos mencionar, para este trabalho destacam-se: Teoria da Produção; Teoria dos Custos e dos Rendimentos.

Na primeira teoria citada, a Teoria da Produção, Coase (1937) procurou determinar a quantidade ideal a ser produzida com vistas às possibilidades técnicas de produção eficiente, ou seja, sem desperdício.

Já na Teoria dos Custos e dos Rendimentos, em uma breve análise, Coase (1937) afirma que o objetivo das organizações, mais especificamente, é minimizar o custo médio em longo prazo e que ao se minimizar os custos, automaticamente estar-se-á maximizando os lucros.

Ainda na Teoria dos Custos, o autor aborda que o objetivo de uma firma é de produzir a quantidade desejada de seus produtos ou serviços com o mínimo de custos, que podem ser divididos em Custos Fixos (CF) e Variáveis (CV).

Os Custos Fixos são aqueles que existirão mesmo se a empresa não produzir nada, como aluguel, pagamento de funcionários e conta de água, por exemplo. Os Custos Variáveis oscilarão de acordo com a produção pretendida, dentre eles, despesas com transporte, insumos e pesquisas para o desenvolvimento de produtos.

De forma análoga, na pesquisa em pauta, Custos Fixos são as despesas planejadas da Força Aérea com o GTE-2, independente do voo da aeronave, tal como manutenção

programada, folha de pagamento de pessoal, limpeza das infraestruturas, entre outros. Os Custos Variáveis são as despesas não planejadas, como manutenções corretivas, diárias das tripulações e gastos com insumos, dentre eles, o consumo de combustível, objeto de estudo desta pesquisa científica.

Desta forma, temos:

$$CT \text{ (Custo Total)} = CF \text{ (Custos Fixos)} + CV \text{ (Custos Variáveis)}$$

Com o intuito de obter-se o custo de produção médio de apenas um produto, foi observado que a divisão do Custo Total pelo número de unidades produzidas forneceria o Custo Médio de produção. Portanto, a divisão de todos os custos envolvidos ( $CT =$  valor total para operação das aeronaves do GTE-2) pela quantidade de horas que se pretende voar em um período ( $Q =$  esforço aéreo) resulta no Custo Médio (CM):

$$CM \text{ (Custo Médio)} = CT \text{ (Custo Total)} / Q \text{ (esforço aéreo)}$$

Portanto, nesta pesquisa, o Custo Médio representa o valor monetário que uma hora de voo de uma aeronave do GTE-2 custa para a FAB. Ao conter os gastos com combustível, os Custos Variáveis, o Total e o Médio também serão reduzidos.

Na Teoria dos Rendimentos engloba também o conceito de Receita Total (RT), que representa o número de unidades produzidas pelo valor de venda.

Na operação do GTE-2, a RT pode ser representada pelo resultado da multiplicação da quantidade de horas que se pretende voar em um período ( $Q =$  esforço aéreo) pelo valor monetário de cada hora de voo no período ( $P =$  preço da hora de voo).

Desta forma:

$$RT \text{ (receita total)} = Q \text{ (esforço aéreo)} \times P \text{ (preço da hora de voo)}$$

Como as missões do GTE-2 não visam benefício financeiro, o preço da hora de voo (P) pode ser considerado o Custo Médio (CM) da hora de voo.

Desta maneira, o Lucro Total (LT) é inversamente proporcional ao Custo Total (CT). Ora, quanto menor for a quantidade de dinheiro despendida com combustível, por ser esse um Custo Variável (CV), maior será o Lucro (LT).

$$LT \text{ (Lucro Total)} = RT \text{ (Receita Total)} - CT \text{ (Custo Total)}$$

Desta forma, as teorias contidas na obra de Ronald Coase de 1937, estimularam a

busca por alternativas de melhores preços, aliadas à implementação da doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do GTE, que servirão de suporte teórico para o desenvolvimento da metodologia a ser aplicada neste trabalho.

## 2.2 Inferência Estatística e Teste de Hipótese

Na obra "Estatística Descritiva" de Nilo Sampaio (2018), a inferência estatística é a área que diz respeito à análise e interpretação de dados amostrais, constituindo o conjunto de métodos para tomar decisões em situações onde há incerteza ou variação. Através da análise de uma amostra significativa de uma população, é possível chegar a importantes conclusões sobre a população através dos métodos de Inferência Estatística. (SAMPAIO et al, 2018 ).

A inferência estatística é uma etapa fundamental na análise de dados, que permite tirar conclusões sobre uma população com base em informações obtidas de uma amostra representativa. Nesse contexto, o teste de hipótese é uma técnica amplamente utilizada para avaliar a validade de suposições estatísticas e tomar decisões com base em evidência amostrais.

Para a confiabilidade das informações trabalhadas na análise deste artigo, foi utilizado o conceito do teste de hipótese de Castanheira (2013), em que trata de uma técnica de análise para se fazer uma inferência estatística, permitindo aceitar ou rejeitar a hipótese estatística, a partir dos dados da amostra de uma determinada população.

O teste de hipótese consiste em formular uma hipótese nula ( $H_0$ ) e uma hipótese alternativa ( $H_1$ ), representando diferentes cenários ou possibilidades sobre os parâmetros populacionais. A partir da amostra coletada, são calculadas estatísticas de teste que permitem avaliar a probabilidade de se obter os resultados observados, assumindo que a hipótese nula seja verdadeira. Essa probabilidade é conhecida como valor-p.

Com base no valor-p e em um nível de significância pré-definido, é possível tomar uma decisão sobre rejeição ou não da hipótese nula. Se o valor-p for menor do que o nível de significância escolhido rejeita-se a hipótese nula em favor da hipótese alternativa, indicando evidências estatísticas suficientes para suportar a idéia de que os dados observados são diferentes do que seria esperado ao acaso.

A utilização do teste de hipótese na análise dos dados coletados permitirá avaliar a validade das suposições e investigar relações estatisticamente significativas entre variáveis de interesse. Essa abordagem estatística contribuirá para uma análise objetiva e fundamentada,

fornecendo evidências para as conclusões e contribuindo para o embasamento científico do trabalho.

Segundo LARSON (2023), em sua obra “Estatística aplicada: retratando o mundo”, estimativa pontual é uma estimativa de valor único para um parâmetro. A estimativa pontual não tendenciosa (viesada) da média populacional  $\mu$  é a média amostral  $\bar{x}$ .

Logo, a fórmula para a média aritmética será:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{\text{somatório dos valores}}{\text{qtde. das amostras}}$$

O nível de confiança é uma medida estatística que indica a probabilidade de que um intervalo de confiança capture o verdadeiro valor do parâmetro populacional. Geralmente é expresso como uma porcentagem, como 90%, 95% ou 99%. Por exemplo, um intervalo de confiança com nível de confiança de 95% significa que, em 95% das amostras aleatórias obtidas, o intervalo conterá o valor real do parâmetro.

O nível de significância é a probabilidade de rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira. É geralmente representada pela letra grega alfa ( $\alpha$ ) e é utilizado no teste de hipótese para determinar se os resultados são estatisticamente significativos. O valor de alfa é escolhido previamente pelo pesquisador e define o limite para rejeitar a hipótese nula. Um nível comum de significância é 0,05 (ou 5%).

A margem de erro é a quantidade de variação esperada nos resultados de uma pesquisa ou estimativa estatística. Ela está relacionada ao tamanho da amostra e ao nível de confiança. Geralmente é expressa como uma porcentagem e indica a faixa de valores em torno da estimativa pontual que pode conter o valor real do parâmetro com uma determinada probabilidade.

O desvio padrão é uma medida de dispersão que indica o quão os valores de um conjunto de dados estão afastados da média. Ele fornece uma medida de quão "espalhados" os dados estão em relação à média. Um desvio padrão maior indica uma maior variabilidade dos dados, enquanto um desvio padrão menor indica uma menor variabilidade.

O tamanho mínimo de amostra necessário para obter uma inferência estatisticamente confiável depende de vários fatores, incluindo o tamanho do efeito que se deseja detectar, o nível de confiança desejado, o nível de significância, a variabilidade dos dados e o tipo de análise estatística que será realizada. Em geral, amostras maiores tendem a fornecer estimativas mais precisas e reduzir a incerteza estatística. O cálculo do tamanho da amostra adequado requer uma análise específica para cada situação e pode ser realizado com base em fórmulas estatísticas ou por meio de software estatístico especializado.

Para a mesma estatística, conforme o nível de confiança aumenta, o intervalo de confiança fica mais largo. Conforme o intervalo de confiança fica mais largo, a precisão da estimativa decresce. Uma maneira de melhorar a precisão de uma estimativa sem decrescer o nível de confiança é aumentar o tamanho da amostra. Mas qual tamanho de amostra necessário para garantir certo nível de confiança para uma margem de erro dada? (LARSON, 2023)

Usando a fórmula para a margem de erro:

$$E = Zc \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Dado o nível de confiança  $c$  e uma margem de erro  $E$ , o tamanho mínimo da amostra  $n$  necessário para estimar a média populacional  $\mu$  é:

$$n = \left( \frac{Zc \sigma}{E} \right)^2$$

Se  $n$  não for um número inteiro, arredonde-o para o próximo número inteiro. Além disso, quando  $\sigma$  é desconhecido, você pode estimá-lo usando  $s$ , dado que você tenha uma amostra preliminar com pelo menos 30 elementos.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste artigo teve como objetivo analisar em que medida a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” impactou no consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, em termos de economia percentual. Isso se deve ao fato de que esse é um dos aspectos centrais da estratégia de Coase na sua Teoria de Custos e Rendimentos, considerando as demais variáveis constantes.

Para realização da pesquisa, foram utilizados dados de origem primária. Quanto à abordagem do problema, o estudo foi caracterizado por uma abordagem quantitativa, envolvendo a técnica de estatística descritiva e da inferência estatística para a coleta, organização, apresentação, interpretação e análise de dados, a fim de alcançar o objetivo geral. (SAMPAIO, 2018).

Os objetivos específicos foram desenvolvidos com base no objetivo geral. **O primeiro objetivo específico (OE1)** consistiu em realizar uma revisão bibliográfica sobre a doutrina de “*fuel conservation*” e sua aplicação nas aeronaves VC-99. Isso foi alcançado por meio de pesquisa documental na publicação geral 142/1536 de “*Fuel Conservation*” (GP – 145/1536 FUEL CONSERVATION), o manual específico de “*fuel conservation*” da fabricante

EMBRAER para as aeronaves VC-99, a fim de obter informações sobre os possíveis valores estimados de economia de combustível caso os procedimentos recomendados para a operação da doutrina sejam seguidos pelos operadores e quais seriam esses procedimentos operacionais que reduziriam o consumo de combustível.

**O segundo objetivo específico (OE2)** foi coletar, tabular e analisar os dados de consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial antes e depois da implantação da doutrina de *“fuel conservation”*. Os dados foram coletados diretamente por meio da técnica documental, sem nenhum tratamento analítico anterior. O consumo de combustível e as horas de voo foram obtidos do sistema interno da FAB (*intraer*), através do SILOMS (Sistema Integrado de Logística de Material e Serviços), por meio do módulo de COMBLUB (combustíveis e lubrificantes) e do módulo DEA2 (Distribuição do Esforço Aéreo), respectivamente. Da divisão entre o consumo de combustível sobre a hora de voo foram obtidos os valores do fator de consumo (litros/hora). Os dados foram tabulados em uma planilha contendo as seguintes informações: ANO; MÊS; COMBUSTIVEL CONSUMIDO (em litros); ESFORÇO AÉREO (em horas); e FATOR DE CONSUMO (l/h).

**O terceiro objetivo específico (OE3)** envolveu a constatação e inferência estatística sobre as médias amostrais obtidas, de modo a obter o resultado do valor de economia de combustível, através da comparação dos resultados. Para isso, foi necessário cruzar os dados levantados no OE2, realizando a média aritmética do fator de consumo (l/h) do período de maio/2018 a abril/2020 e a média aritmética do período de maio/2020 a abril/2022, com a constatação e inferência estatística através do teste de hipótese, aceitando as hipóteses nulas como verdadeiras, com a utilização do programa MINITAB, alcançando assim o OE3.

Ao final deste trabalho, com o atingimento dos objetivos específicos desdobrado do objetivo geral, após a comparação das referidas médias, foi obtido então, o índice percentual de economia no consumo de combustível, respondendo ao questionamento do problema de pesquisa: em quem medida a implantação da doutrina *“fuel conservation”* para as aeronaves VC-99 do GTE, impactou no consumo de combustível, em termos de economia percentual?

A análise estatística do banco de dados coletado foi limitada ao período compreendido entre 24 meses antes da aplicação da nova doutrina (maio de 2018 a abril de 2020) e 24 meses após a implantação (maio de 2020 a abril de 2022). Essa restrição foi estabelecida devido aos dados disponíveis no sistema até o término deste trabalho, não podendo assim, abranger um período maior.

As aeronaves VC-99 foram selecionadas, por representarem uma frota de 10 (dez) aeronaves e voarem estatisticamente em torno de 70% do esforço aéreo total do Grupo de Transporte Especial, por ano. Além de representarem num contexto FAB, em torno de 5% do esforço aéreo total.

A seleção da aeronave e do período a serem analisados como referência foi justificada pelo fato de que a aeronave na unidade militar utilizava uma doutrina preconizada há mais de 10 anos, com um manual de procedimentos consolidado. Em abril de 2020, houve uma atualização no manual de procedimentos do Esquadrão, incluindo um novo capítulo que reformulou a doutrina dos operadores e um aviso operacional foi amplamente divulgado orientando a adoção das boas práticas da doutrina de "*fuel conservation*" a partir de maio de 2020.

Depois de passado mais de dois anos da implantação da nova doutrina para as referidas aeronaves e sem comprovação que houve benefícios com as mudanças realizadas na Unidade, com intuito de buscar um *feedback* e transparência ao processo, seguindo os passos e o processo da administração com o ciclo PDCA<sup>1</sup> (Plan, Do, Check, Act, ou em português, Planejar, Fazer, Checar e Agir), este trabalho focalizou na terceira etapa de “checar”.

#### **4 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS**

De acordo com os dados levantados na revisão bibliográfica, esta pesquisa abordou analisar em que medida a implantação da doutrina de "*fuel conservation*" impactou no consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, em termos de economia percentual, e para isso, como primeiro passo, consistiu em descobrir qual seria o índice percentual de economia no consumo de combustível gerado, seguindo as recomendações da doutrina "*fuel conservation*", como também, quais seriam esses procedimentos operacionais que reduziriam o consumo de combustível, segundo o fabricante.

Ainda como desdobramentos do levantamento bibliográfico foram identificadas tabelas com índices percentuais de incremento no consumo de combustível das aeronaves, realizando práticas diferentes das ações recomendadas pela doutrina de "*fuel conservation*", conforme serão apresentadas a seguir, chamadas pelo fabricante de "*fuel penalties table*" ou tabela de penalidades de combustível. (tradução nossa)

---

<sup>1</sup> Ciclo PDCA é uma ferramenta de qualidade de quatro fases, amplamente utilizada para a solução de problemas, controle e melhoria contínua de processos e produtos.

#### 4.1 Filosofia “*Fuel Conservation*”

Segundo a EMBRAER, fabricante das aeronaves VC-99 (família ERJ135/145), objeto de estudo desta pesquisa, a publicação geral 142/1536 de “*Fuel Conservation*” (GP – 145/1536 *FUEL CONSERVATION*) pretende demonstrar aos seus clientes como uma operação eficiente pode trazer um potencial de economia de combustível no dia-a-dia de suas operações. (EMBRAER, 2008) (tradução nossa)

A publicação supracitada basicamente foi dividida em quatro seções, sendo elas divididas em: 1 – Introdução; 2 - Operações de voo e desempenho; 3 – Práticas de Manutenção; e 4 - Conclusões.

No início da Seção 2, o fabricante menciona que: “A operação correta do avião é um fator chave para maximizar a economia de combustível, fatores operacionais podem contribuir com mais de 1% da economia de combustível”. (EMBRAER, 2008, pag. 7, tradução nossa). Ou seja, foi identificado que pelo fabricante, caso sejam cumpridas todas as recomendações de boas práticas quando na operação da aeronave VC-99, poderá ser atingido um percentual mínimo de 1% de economia no consumo de combustível.

Continuando a lógica de pensamento da fabricante EMBRAER: “Economia de combustível é a soma de pequenas contribuições que parecem insignificantes quando consideradas separadamente, mas são consideráveis quando integradas ao longo dos anos”. (EMBRAER, 2008, pág.76, tradução nossa).

A referida doutrina não foca em grandes reduções pontuais, mas em pequenas economias que multiplicada pela frota de 10 aeronaves do GTE-2, teria um impacto maior.

Dos dados levantados do manual, há a estimativa que após uma implantação do programa de boas práticas, alcançando apenas 1% de eficiência, pode-se eliminar o consumo em quantidade superior a 200.000 kg de combustível por ano, para a frota das 10 aeronaves do GTE-2.

Ao realizar essa economia com o consumo de combustível, os Custos Variáveis, o Total e o Médio, também serão reduzidos, seguindo a Teoria de Custos de Coase (1937) e por consequência, gerando uma menor quantidade de dinheiro despendida com combustível.

Na apresentação de Dave Anderson– Flight Operations Engineering da BOEING, em setembro de 2006, ao responder o questionamento: “*O que é Fuel Conservation?*”, o mesmo citou que: “*Fuel conservation* significa gerenciar a operação e as condições de uma aeronave para minimizar o combustível usado em cada voo”. (ANDERSON, 2006, tradução nossa)

Em resumo, com essa nova doutrina, a partir de maio de 2020, as tripulações foram orientadas a realizar procedimentos na operação das aeronaves VC-99, em todas as fases do voo (táxi; decolagem; subida; voo nivelado (cruzeiro); descida; aproximação e pouso; e táxi de regresso) que ao final pode gerar uma economia no consumo de combustível.

#### **4.2 Procedimentos operacionais que reduzem o consumo de combustível**

Neste tópico, foram levantados os procedimentos que visam aumentar a eficiência das operações aéreas nas aeronaves VC-99, seguindo o manual do fabricante, conforme a seção II – *Flight Operations and Performance* da publicação geral 142/1536 de “*Fuel Conservation*” (GP – 145/1536 *FUEL CONSERVATION* - EMBRAER, 2008).

Esses procedimentos operacionais têm a finalidade de reduzir os custos por meio da diminuição do consumo de combustível nas diversas fases do voo e com o seu somatório influenciando no valor final do Custo Variável e Total, conforme a Teoria de Custos de Coase (1937). Antes da apresentação desses dados, cabe ressaltar conforme o fabricante menciona em sua publicação que: “Todos os custos/economias calculados nesta publicação consideram o seguinte cenário operacional”: (EMBRAER, 2008, tradução nossa)

#### **PERFIL OPERACIONAL TÍPICO:**

- velocidade prevista de subida: 270 KIAS/M0.56.
- velocidade prevista do cruzeiro: M0.78.
- velocidade prevista de descida M0.78/250 KIAS.
- condições da rota: ISA, vento calmo.
- altitude de cruzeiro: FL 370.
- aeroporto de destino e partida ao nível do mar.
- aeroporto alternativo: distante 200 NM, nível do mar.
- altitude alternativa de cruzeiro: FL 290.

Segundo a EMBRAER: “Um voo otimizado começa com um planejamento de voo otimizado. A política de economia de combustível deve estar presente durante os procedimentos quanto ao planejamento do voo, a fim de minimizar o custo operacional”. (EMBRAER, 2008, pág. 10, tradução nossa)

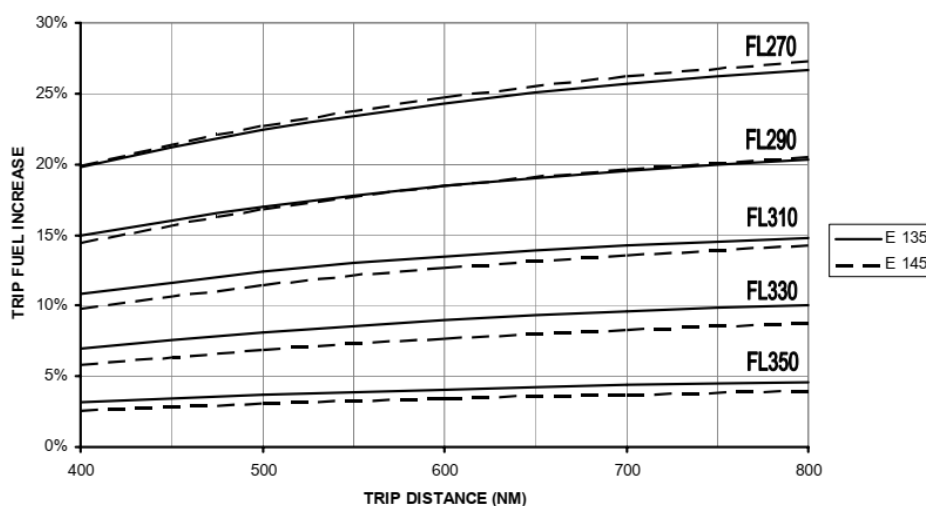
- **ALTITUDE DE CRUZEIRO ÓTIMA - *OPTIMUM CRUISE ALTITUDE***

A altitude de cruzeiro ótima é a altitude de pressão, para um dado peso e velocidade, que fornece alcance específico máximo, e que nela a queima de combustível de voo é minimizada.

Para distâncias de viagem superiores a 400 milhas náuticas (exemplo no cenário nacional: trechos como Brasília – São Paulo 469nm; Brasília – Rio de Janeiro 499nm; e Brasília – Vitória 509nm), para família ERJ135/145, a altitude ideal é igual à altitude operacional máxima de 37.000 pés. Para distâncias de viagem mais curtas é recomendado consultar a seção de planejamento de voo do manual de operação da aeronave (AOM – *aircraft operations manual*).

O gráfico abaixo mostra o impacto de voar abaixo da altitude ideal para várias distâncias de viagem.

**Gráfico 1** - Aumento esperado de queima de combustível voando abaixo do FL 370 (ALTITUDE ÓTIMA)



**Fonte:** EMBRAER (2008, p.14)

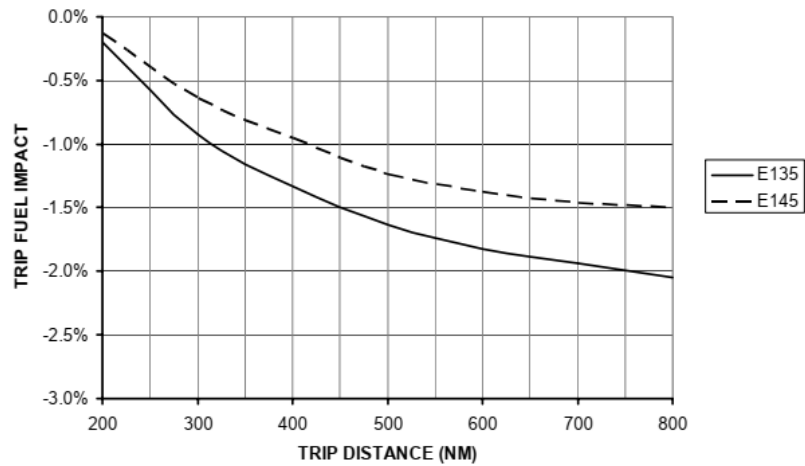
- **SELEÇÃO DA VELOCIDADE DE CRUZEIRO - CRUISE SPEED SELECTION**

Para a seleção da velocidade cruzeiro, o fabricante menciona que o operador deve selecionar uma velocidade entre a velocidade de longo alcance (LRC – long range cruise) e a velocidade de máximo cruzeiro (MSC – maximum speed cruise) que são fornecidas na seção de planejamento de voo do manual da aeronave.

De forma resumida, as velocidades da tabela de *long range cruise* (LRC) são recomendadas para voos em que o consumo de combustível seja o fator significativo e já as velocidades da tabela de *maximum speed cruise* (MSC) são recomendadas para voos em que o tempo mínimo de viagem seja o fator mais significativo.

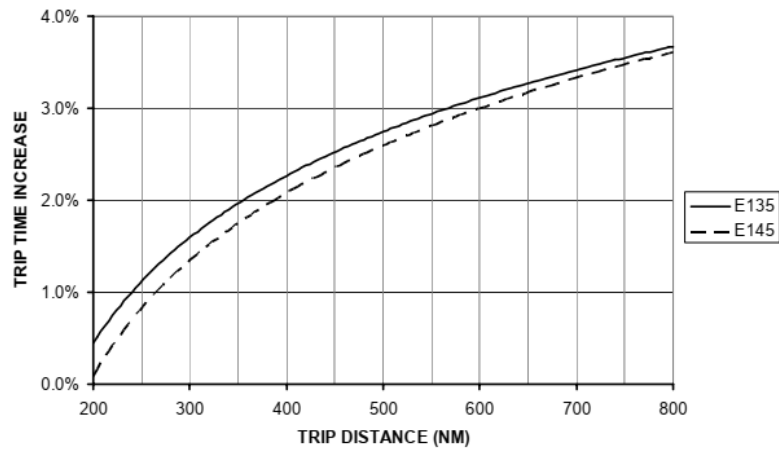
Os gráficos a seguir mostram o impacto de voar em números de mach inferiores a M0,78, que é o regime de cruzeiro usado no manual GP – 145/1536 *FUEL CONSERVATION* da EMBRAER, durante o voo cruzeiro para o perfil operacional típico, já citado acima.

**Gráfico 2** - Redução esperada de queima de combustível em voo m.074 em vez de m.0.78 em cruzeiro



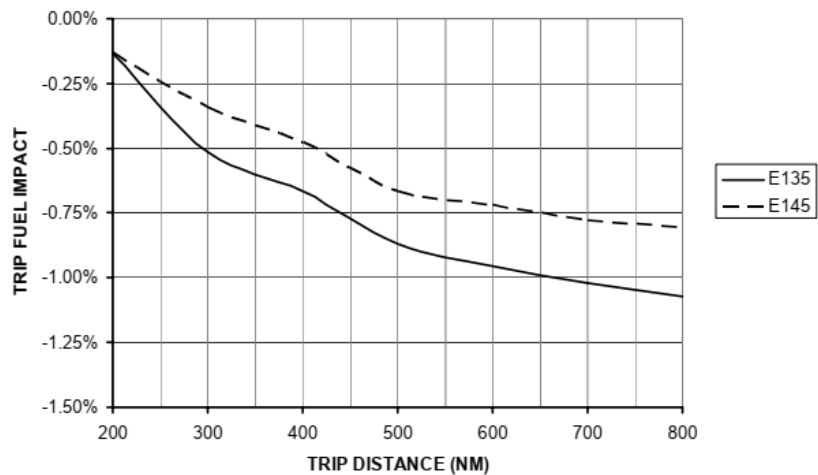
Fonte: EMBRAER (2008, p.16)

**Gráfico 3** – Aumento esperado do tempo da viagem de voo em m.074 em vez de m.0.78 em cruzeiro



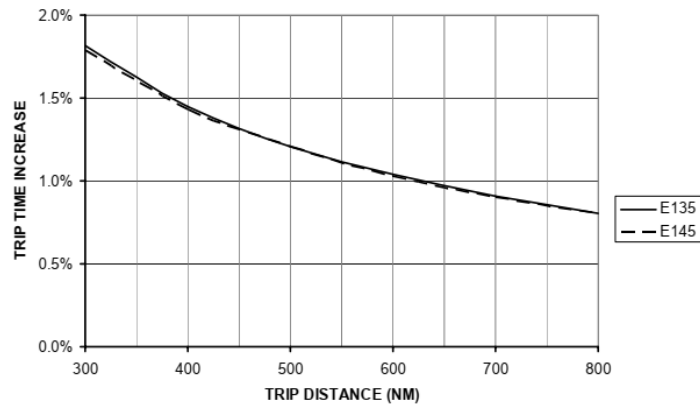
Fonte: EMBRAER (2008, p.16)

**Gráfico 4** - Redução esperada de queima de combustível em voo m.076 em vez de m.0.78 em cruzeiro



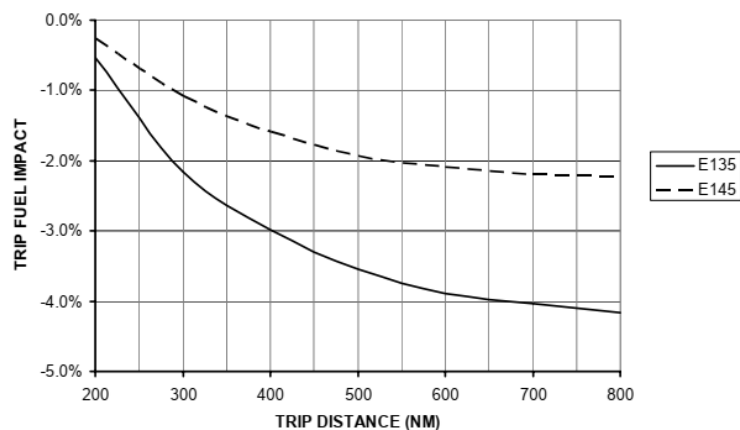
Fonte: EMBRAER (2008, p.17)

**Gráfico 5** – Aumento esperado do tempo da viagem de voo em m.076 em vez de m0.78 em cruzeiro



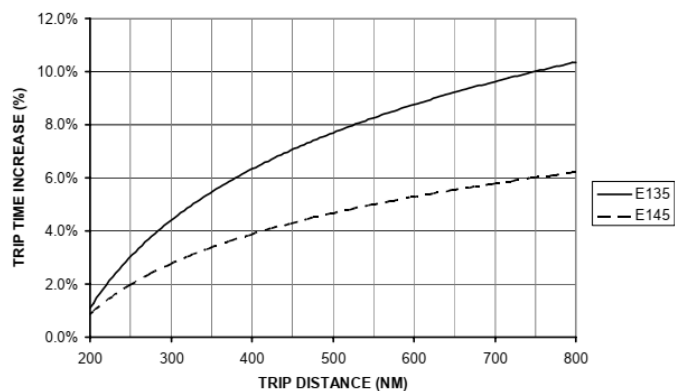
Fonte: EMBRAER (2008, p.17)

**Gráfico 6** - Redução esperada de queima de combustível em voo LRC em vez de m0.78 em cruzeiro



Fonte: EMBRAER (2008, p.18)

**Gráfico 7** – Aumento esperado do tempo da viagem de voo em LRC em vez de m0.78 em cruzeiro



Fonte: EMBRAER (2008, p.18)

- PROCEDIMENTO DE *FUEL TANKERING*

O procedimento de *fuel tankering*, segundo o manual, trata-se de um procedimento adotado pelas companhias aéreas quando há um grande diferencial de preço do combustível entre os aeroportos de origem e destino e, se for rentável, a companhia aérea carregará combustível adicional no aeroporto de origem para minimizar (ou mesmo evitar) o

reabastecimento em aeroporto de destino, reduzindo o custo total de combustível. (EMBRAER, 2008, pág. 20, tradução nossa)

Ressalta-se aqui, que este procedimento já era utilizado pelo GTE-2 e com a implantação da doutrina, passou a ser intensificado, tanto na fase de planejamento dos voos como também cobrado com mais ênfase por intermédio oficial da ordem de missão (documento emitido a cada voo) para o cumprimento por parte das tripulações.

- **TÁXI MONOMOTOR (*SINGLE ENGINE TAXI*)**

O táxi monomotor ou operação no solo com um motor desligado em aeronaves bimotores visa reduzir a queima de combustível nas operações de taxiamento, principalmente em grandes aeroportos, onde as distâncias percorridas entre o terminal de passageiros e as cabeceiras das pistas são longas. No Brasil, podem-se citar os aeroportos de Brasília, Guarulhos, Galeão e Campinas como os maiores em termos de distância percorrida entre os terminais de passageiros e as pistas de decolagem e pouso.

Segundo o fabricante, no táxi monomotor, o fluxo de combustível é de aproximadamente 300kg/h (661lb/h). Com base nesses números, para cada 1 minuto de táxi monomotor em vez de um táxi bimotor, economiza-se aproximadamente 2 kg de combustível.

Considerando que para o perfil operacional típico, em cada trecho são realizados 10 minutos de táxi monomotor, ao invés de bimotor. A economia é apresentada abaixo:

**10 minutos de táxi monomotor por perna significa: 374.440kg (825.409,5 lb) de potencial de economia de combustível (por ano / 10 aeronaves na frota).**

(EMBRAER, 2008, pág. 23) Adaptado pelo autor

- **SUBIDA (*CLIMB*)** (EMBRAER, 2008, pág.24, tradução nossa)

A fase de subida tem um grande impacto no consumo de combustível em voos de curta e média distância, pois representa de 20% a 40% do tempo da viagem, registrando fluxos de combustível 40% maiores do que na fase de cruzeiro.

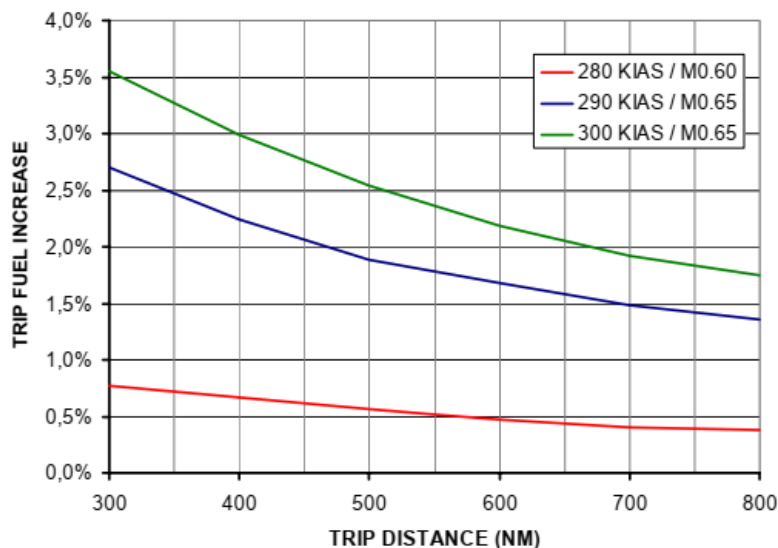
Subir com empuxo reduzido aumentará o consumo de combustível porque prolongaria o tempo gasto em altitudes mais baixas, onde o fluxo de combustível é maior. Portanto, reduzir o empuxo durante a subida não economizará combustível. Por outro lado, usar configurações de empuxo superiores ao modo padrão (modo CLB) penalizará severamente a vida útil do motor.

A EMBRAER recomenda o seguinte padrão de velocidade na subida:

- 270 KIAS ou M0,56 (o que ocorrer primeiro) acima de 10.000 pés.
- 240 KIAS abaixo de 10.000 pés

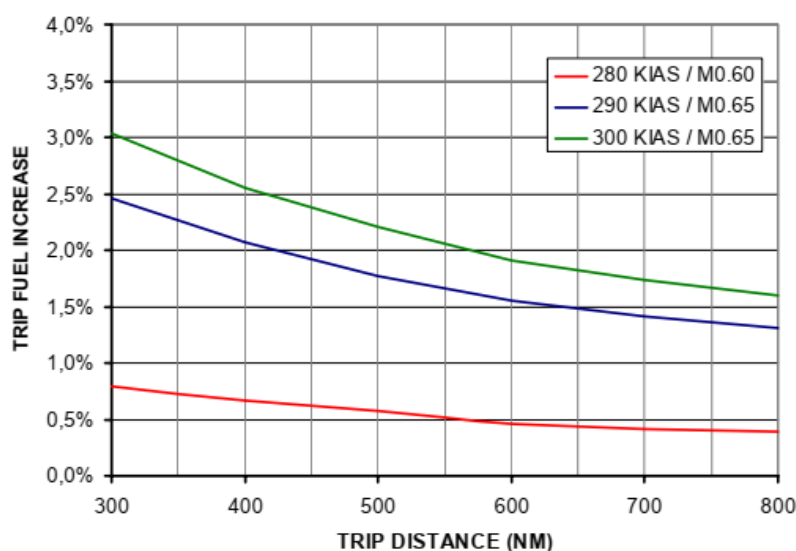
Os gráficos a seguir mostram as diferenças de combustível consumido ao usar diferentes esquemas de subida acima de 10.000 pés, em comparação com o perfil de subida padrão (270 KIAS/M0,56) para ERJ145 e ERJ135:

**Gráfico 8** – Aumento esperado da queima de combustível comparando diferentes velocidades de subida com 270KIAS/ M.0,56, para o ERJ-145.



Fonte: EMBRAER (2008, p.26)

**Gráfico 9** – Aumento esperado da queima de combustível comparando diferentes velocidades de subida com 270KIAS/ M.0,56, para o ERJ-135.



Fonte: EMBRAER (2008, p.26)

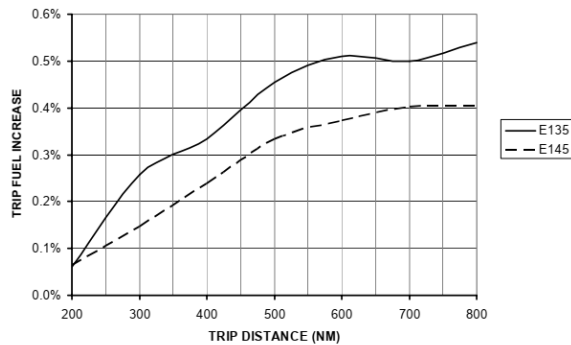
Também foram analisadas as subidas com velocidades inferiores a 270 KIAS/M0,56, que apresentaram ganhos insignificantes em termos de combustível de viagem ou um aumento no consumo de combustível. (EMBRAER, 2008, pág. 27, tradução nossa)

- GERENCIAMENTO DA VELOCIDADE DE CRUZEIRO (*CRUISE SPEED MANAGEMENT*)

Variações de velocidade acima das velocidades planejadas podem levar a uma queima significativa de combustível durante a viagem. A medida de velocidade tem um grande impacto na faixa específica.

A tripulação deve garantir, durante a caminhada (inspeção externa), que os tubos de pitot, as sondas TAT e as portas estáticas estejam limpas e livres de obstruções, para que possam fornecer a velocidade correta, o número Mach e os cálculos TAT. O impacto de voar com uma velocidade 1% mais rápida em termos de TAS (M0.01), em comparação com a velocidade de cruzeiro planejada é: (EMBRAER, 2008, pág. 28, tradução nossa)

**Gráfico 10** – Aumento esperado da queima de combustível voando M0,01 mais rápido do que a velocidade de cruzeiro planejada



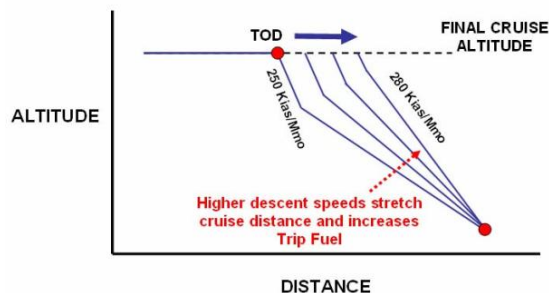
Fonte: EMBRAER (2008, p.28)

- DESCIDA (*DESCENT*)

Embora o consumo de combustível na descida tenha um impacto menor em comparação com outras fases do voo é importante planejar um perfil de descida correto.

Menos combustível é queimado durante a fase de descida em velocidades mais altas (perfis tardios de descida) uma vez que o tempo de descida se torna mais curto, no entanto, comparando diferentes perfis de descida em marcha lenta, o consumo de combustível da viagem aumentará neste caso, uma vez que a distância de descida é reduzida e a distância de cruzeiro é alongada. (EMBRAER, 2008, pág. 30, tradução nossa)

**Gráfico 11** – Gráfico de descida com diferentes perfis de velocidades



Fonte: EMBRAER (2008, p.30)

- ESPERA (*HOLDING*)

A espera é uma manobra que deve ser realizada na velocidade mínima de consumo de combustível. As tabelas de espera para configuração limpa são fornecidas na seção de planejamento de voo do manual de operação da aeronave (*AOM*).

São calculados para a condição de consumo mínimo de combustível, voo nivelado, proporcionando ainda margem de manobra mínima de 1,3Vs ou 200 KIAS em condições de formação de gelo.

Considerando os aspectos de economia de combustível, voar em padrão de espera com flaps estendidos deve ser evitado, pois aumenta significativamente o consumo de combustível. Para a configuração de flaps de 9°, o fluxo de combustível aumenta em aproximadamente 8,5%. (EMBRAER, 2008, pág. 33, tradução nossa)

- APROXIMAÇÃO E POUSO (*APPROACH AND LANDING*)

O consumo de combustível na fase de aproximação é influenciado por dois fatores principais:

- Requisitos ATC (*air traffic control*);
- Técnicas de voo do piloto.

Os requisitos do ATC são uma função da capacidade do espaço aéreo e do gerenciamento do fluxo de tráfego e estão além do controle da tripulação de voo. Com relação às técnicas de voo, alguns fatores podem ser avaliados (EMBRAER, 2008, pág. 34, tradução nossa):

- O voo nivelado a uma velocidade constante sempre requer aplicação de empuxo e não deve ser executado a menos que seja necessário; e
- O conhecimento das taxas de desaceleração do avião ajuda a gerenciar a energia no planejamento de aproximação em marcha lenta.

### **Extensão dos flaps e trem de pouso**

Conforme o fabricante (EMBRAER, 2008, pág. 34, tradução nossa) é desejável minimizar o tempo gasto na configuração de alto arrasto (configuração de pouso). Assim, sugere-se atrasar ao máximo a extensão dos flaps e do trem de pouso, mas nunca extrapolando os limites de aproximação estabilizada estabelecidos na política da companhia aérea. Ressalta-se que o fluxo de combustível na configuração de pouso é 150% maior do que na configuração limpa (trem de pousos e flaps recolhidos).

### **Seleção de Flapes**

Considerando aspectos de economia de combustível, é desejável pousar com flapes 22° sempre que possível. Usando flapes 22°, 10 kg (22 lb) de combustível por aterrissagem podem ser economizados em comparação com a aterrissagem com os flapes 45°. Recomenda-se usar flapes 45° somente onde o limite de campo é significativo e necessário.

#### **4.3 Tabelas com índices percentuais de incremento no consumo de combustível caso sejam contrariado as ações recomendadas segundo fabricante**

As tabelas 1 e 2 que constam no anexo A, deste artigo, resumem o aumento anual de combustível e o custo para os fatores mais significativos caso não sejam cumpridas as boas práticas da doutrina “*fuel conservation*” das aeronaves VC-99 (modelos ERJ-135 e ERJ-145) pertencentes ao GTE-2. Como observação, segundo o fabricante, os valores podem variar em função da frota da operadora, da malha aérea e dos preços de combustível.

Após apresentação dos dados constantes nos itens 4.1; 4.2 e 4.3, atingiu-se o cumprimento do objetivo específico 1 (OE1) deste trabalho, em que consistia em realizar uma revisão bibliográfica sobre a doutrina de “*fuel conservation*” e sua aplicação nas aeronaves VC-99.

#### **4.4 Tabelas de consumo de combustível (em litros); horas de voo e fator de consumo (l/h) por períodos**

Foram coletados os dados sobre o consumo de combustível (em litros); horas de voos (horas e minutos); e fator de consumo (l/h) baseado nos dados extraídos do sistema da FAB chamado do SILOMS relativo às aeronaves VC-99 do GTE-2, para 24 meses anteriores e 24 meses posteriores à implantação da doutrina “*fuel conservation*”, conforme as tabelas a seguir (tabela 3 e 4).

As informações coletadas, após tabuladas, foram analisadas e para que fosse dada confiabilidade ao trabalho, foi utilizado o teste de hipótese (teste t) para amostras independentes, aplicando o valor-p, podendo assim, ao final ser realizada uma inferência estatística.

Para este trabalho, as amostras objeto de estudo, foram do fator de consumo dos meses mencionados anteriormente, onde foi feita uma verificação de normalidade dos dados. Com um nível de significância de 5% (que está relacionada ao nível de confiança que se tem ao aceitar ou rejeitar a hipótese nula) temos que  $\alpha=0,05$ . De acordo com Castanheira (2013), em que do teste t, para as duas médias amostrais testadas (24 meses antes e depois da implantação

da doutrina), com valor  $p=0,995$  e o desvio padrão de 31,69, para a média antes da implantação; e desvio padrão de 36,26 e valor  $p=0,911$ , para a média depois da implantação, então não existe evidência estatística para a rejeição da hipótese nula de ambas as amostras.

Os dados foram coletados, tabulados e analisados com uso do programa de software chamado MINITAB (2023).

**Tabela 3** – Tabela de levantamento de dados de consumo de combustível; esforço aéreo e fator de consumo (l/h) de maio/2018 a abril/2020.

PERÍODO ANTES DA IMPLANTAÇÃO					
		ANO	COMBUSTÍVEL (L)	ESFORÇO AÉREO (H)	Fator de consumo (L/H)
1	MAIO	2018	824284	556:05	1482
2	JUNHO	2018	776275	515:40	1505
3	JULHO	2018	890455	595:15	1495
4	AGOSTO	2018	796551	531:15	1499
5	SETEMBRO	2018	736560	480:00	1534
6	OUTUBRO	2018	949377	626:50	1514
7	NOVEMBRO	2018	938731	621:05	1511
8	DEZEMBRO	2018	931695	614:20	1516
9	JANEIRO	2019	369142	256:25	1439
10	FEVEREIRO	2019	538835	356:30	1511
11	MARÇO	2019	612401	413:20	1481
12	ABRIL	2019	797121	536:10	1486
13	MAIO	2019	922923	609:00	1515
14	JUNHO	2019	913620	619:00	1475
15	JULHO	2019	707018	468:40	1508
16	AGOSTO	2019	921286	617:05	1492
17	SETEMBRO	2019	873179	589:40	1480
18	OUTUBRO	2019	979809	633:55	1545
19	NOVEMBRO	2019	843954	560:45	1505
20	DEZEMBRO	2019	792049	524:05	1511
21	JANEIRO	2020	541465	353:30	1531
22	FEVEREIRO	2020	667873	435:35	1533
23	MARÇO	2020	433623	290:40	1491
24	ABRIL	2020	258544	160:35	1610

Fonte: Adaptado do SILOMS (2023).

### Relatório gerado pelo programa Minitab com o teste de hipótese.

#### Estatísticas Descritivas

N	Média	DesvPad	EP	Média	IC de 95% para $\mu$
24	1507,04	31,69	6,47	(1493,66; 1520,42)	

$\mu$ : média de população de Fator de consumo (L/H)

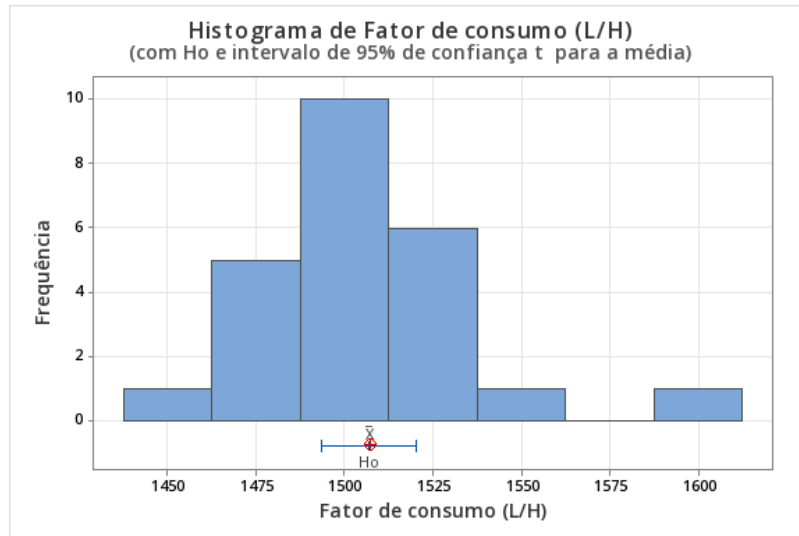
#### Teste

Hipótese nula  $H_0: \mu = 1507$

Hipótese alternativa  $H_1: \mu \neq 1507$

**Valor-T**   **Valor-p**

0,01      0,995



**Figura 1:** Histograma de Fator de consumo (l/h) no período anterior à implantação

**Tabela 4** – Tabela de levantamento de dados de consumo de combustível; esforço aéreo e fator de consumo de maio/2020 a abril/2022.

PERÍODO POSTERIOR À IMPLANTAÇÃO					
		ANO	COMBUSTÍVEL (L)	ESFORÇO AÉREO (H)	Fator de consumo (L/H)
1	MAIO	2020	294757	190:55	1543
2	JUNHO	2020	459502	315:25	1456
3	JULHO	2020	515100	346:15	1484
4	AGOSTO	2020	698600	475:45	1468
5	SETEMBRO	2020	685667	450:00	1523
6	OUTUBRO	2020	713392	489:30	1457
7	NOVEMBRO	2020	677224	461:15	1468
8	DEZEMBRO	2020	680189	459:30	1480
9	JANEIRO	2021	417422	273:55	1523
10	FEVEREIRO	2021	634326	442:05	1434
11	MARÇO	2021	612169	408:55	1497
12	ABRIL	2021	657329	445:35	1475
13	MAIO	2021	885203	604:55	1463
14	JUNHO	2021	850933	562:10	1513
15	JULHO	2021	717375	479:35	1495
16	AGOSTO	2021	814425	544:50	1494
17	SETEMBRO	2021	742155	485:40	1528
18	OUTUBRO	2021	817101	552:35	1478
19	NOVEMBRO	2021	921431	623:30	1477
20	DEZEMBRO	2021	729050	482:15	1511
21	JANEIRO	2022	392859	255:15	1539

22	FEVEREIRO	2022	700014	461:40	1516
23	MARÇO	2022	780584	511:15	1526
24	ABRIL	2022	704417	440:00	1600

Fonte: Adaptado do SILOMS (2023).

### Relatório gerado pelo programa Minitab com o teste de hipótese.

#### Estatísticas Descritivas

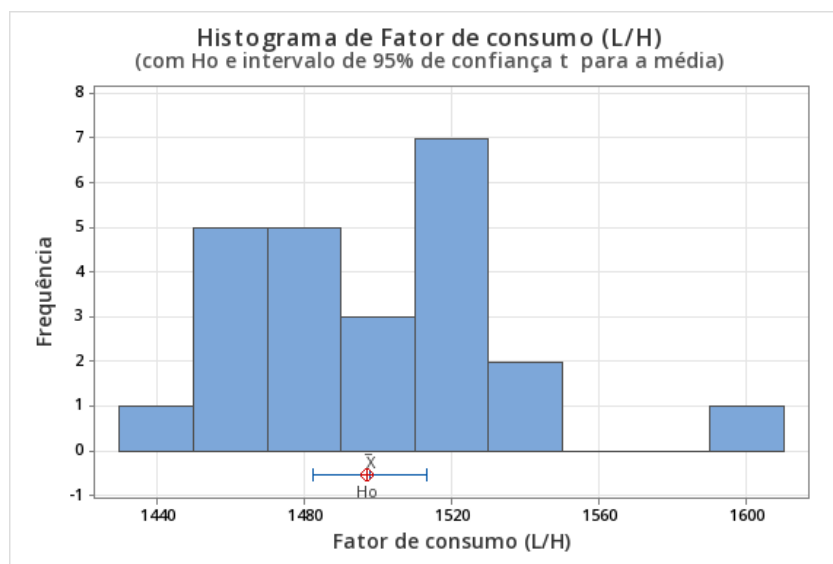
N	Média	DesvPad	EP	Média	IC de 95% para $\mu$
24	1497,83	36,26	7,40	(1482,52; 1513,15)	

$\mu$ : média de população de Fator de consumo (L/H)

#### Teste

Hipótese nula  $H_0: \mu = 1497$   
 Hipótese alternativa  $H_1: \mu \neq 1497$

Valor-T	Valor-p
0,11	0,911



**Figura 2:** Histograma de Fator de consumo (l/h) no período posterior à implantação

Com isso, atingiu-se o cumprimento do objetivo específico 2 (OE2) deste trabalho, em que consistia de coletar, tabular e analisar os dados de consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial antes e depois da implantação da doutrina de “fuel conservation”.

#### 4.5 Quadro comparativo do fator de consumo (l/h) dos períodos e índice percentual (%)

##### PERÍODO ANTES DA IMPLANTAÇÃO

A média aritmética dos dados do fator de consumo (l/h) para o período anterior à implantação da doutrina “fuel conservation” foi:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{36169}{24} \approx 1507,04$$

Então, a estimativa pontual para o número médio do fator de consumo (l/h) para o período anterior à implantação da doutrina “*fuel conservation*” foi de 1507,04.

<b>A - MÉDIA DO FATOR DE CONSUMO (l/h)</b>	1507,04
--	---------

### PERÍODO POSTERIOR À IMPLANTAÇÃO

A média aritmética dos dados do fator de consumo (l/h) para o período posterior à implantação da doutrina “*fuel conservation*” foi:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{35948}{24} \approx 1497,83$$

Então, a estimativa pontual para o número médio do fator de consumo (l/h) para o período posterior à implantação da doutrina “*fuel conservation*” foi de 1497,83.

<b>B - MÉDIA DO FATOR DE CONSUMO (l/h)</b>	1497,83
--	---------

Com relação ao índice obtido em percentual de economia gerada, segue abaixo a fórmula e valor:

### ÍNDICE PERCENTUAL DE ECONOMIA (%)

$1 - (B / A) \times 100 = 1 - \frac{1497,83}{1507,04} \times 100 =$	<b>0,611%</b>
---	---------------

Com isso, atingiu-se o cumprimento do objetivo específico 3 (OE3) deste trabalho, em que envolveu a constatação e inferência estatística sobre as médias amostrais obtidas, de modo a obter o resultado do valor de economia de combustível, em termos percentuais, através da comparação dos resultados.

Dessa forma, com o índice percentual de economia apresentado na análise dos dados foi possível concluir que, de acordo com a Teoria de Custos de Ronald Coase, houve uma economia na utilização das aeronaves VC-99 do GTE2 com a utilização da nova doutrina de “*fuel conservation*”, tendo em vista que conforme mencionado pelo fabricante, a porcentagem apresentada, representa uma economia de milhares de kilos em combustível, assim como também no custo do combustível e, por conseguinte, abatendo no custo total.

## 5 CONCLUSÃO

Com o advento da mentalidade para preservação da raça humana, proveniente das novas gerações do século XXI, de modo a utilizar os recursos naturais com parcimônia, para uma possível conservação destes recursos para as próximas gerações, além dos avanços tecnológicos e doutrinários na aviação comercial mundial, principalmente com foco na

redução de custo, a partir da década de 80, principalmente com a escalada dos preços do barril de petróleo, fomentou-se uma nova doutrina, com intuito de utilizar das aeronaves de modo consciente, segura e econômico, surgindo assim à doutrina de “*fuel conservation*”.

No cenário nacional, durante a década de 90, passou-se ser essencial, que as instituições públicas alinhassem a mentalidade da prestação de serviços com a obtenção dos resultados com o menor custo, mantendo a qualidade.

A Força Aérea Brasileira por intermédio do seu Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER), visando o cumprimento de suas diretrizes básicas, empenhou-se na busca da eficiência na utilização dos recursos (materiais, humanos e financeiros) disponibilizados, de modo a utilizar suas aeronaves, de maneira eficiente e sustentável.

Nesse sentido, essa pesquisa teve como objetivo geral: analisar em que medida a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” impactou no consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, em termos de economia percentual.

Para o alcance do objetivo geral, foram delineados três objetivos específicos, facilitando assim a estruturação do entendimento final desta pesquisa.

No primeiro objetivo específico, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a doutrina de “*fuel conservation*” e sua aplicação nas aeronaves VC-99.

No segundo objetivo específico, foram coletados, tabulados e analisados os dados de consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial antes e depois da implantação da doutrina.

No terceiro objetivo específico, foi realizada uma constatação e inferência estatística sobre as médias amostrais obtidas, de modo a obter o resultado com o valor de economia de combustível, através da comparação dos resultados.

Após a realização de todas as fases acima, foi possível atingi o cumprimento do objetivo geral desta pesquisa, visto que foi possível analisar em que medida a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” impactou no consumo de combustível das aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, em termos de economia percentual.

Por meio do resultado que demonstrou e validou que a implantação da doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do Segundo Esquadrão do Grupo de Transporte Especial, no decorrer de 24 meses após sua utilização, gerou uma economia no consumo do combustível utilizado, em termos de 0,611%.

Corroborando assim, quanto à Teoria de Custos de Ronald Coase (1937), para a utilização das referidas aeronaves por suas tripulações, com a mentalidade de uma operação eficiente e econômica, em que das pequenas ações durante todo o voo, acarretou em uma

significativa redução no consumo de combustível. Ao implementar a doutrina de “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do Grupo de Transporte Especial, foi possível observar uma mudança positiva nos custos operacionais. A estratégia de minimizar os custos médios em longo prazo, conforme preconizado pela Teoria dos Custos e dos Rendimentos, mostrou-se efetiva ao possibilitar uma administração mais eficiente dos recursos e uma otimização do consumo de combustível.

Através da análise estatística e do teste de hipótese aplicados aos dados coletados, foi possível validar as médias amostrais e investigar as relações estatisticamente significativas entre as variáveis de interesses. Essa abordagem de inferência estatística contribuiu para uma análise objetiva e fundamentada, fornecendo evidências para conclusão deste estudo.

Ressalta-se a aplicabilidade da tese nas referidas aeronaves, por ser uma frota com tempo de uso mediano (aproximadamente 15 anos de uso), com a capacidade da utilização das boas práticas recomendadas de maneira técnica e embasadas pelo seu fabricante, conforme manual específico, além de tais aeronaves, servirem no transporte especial das diversas autoridades governamentais, no âmbito nacional e internacional, servindo de exemplo para as demais instituições públicas.

É importante também ressaltar, que este estudo apresenta algumas limitações. A amostra utilizada foi restrita ao período de análise e às aeronaves VC-99 do GTE, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras unidades e contextos. Recomenda-se, portanto, que pesquisas futuras explorem mais amplamente os efeitos da doutrina “*fuel conservation*” em diferentes tipos de aeronaves e unidades militares. Bem como, não exime a possibilidade de novos estudos associados à contribuição da doutrina “*fuel conservation*” nas aeronaves VC-99 do GTE-2, em um período amostral maior que 24 meses.

Em suma, os resultados obtidos neste estudo reforçam a importância da doutrina de “*fuel conservation*” como uma estratégia eficaz para redução do consumo de combustível e dos custos operacionais. Espera-se que essa descoberta incentive a continuidade e aprimoramento das práticas de conservação de combustível, não apenas na Força Aérea Brasileira, mas também em outras instituições e organizações do setor aeroespacial.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. *FUEL CONSERVATION: Operational Procedures for Enviromental Perfomance*. ICAO Meeting & Events, 2006. Disponível em: <[https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/icao-transportcanada-2006/anderson\\_ops.pdf](https://www.icao.int/meetings/environmentalworkshops/documents/icao-transportcanada-2006/anderson_ops.pdf)> , Acesso em : 12 de julho de 2023.

BASSETO, M. **Grupo de Transporte Especial da FAB comemora seus 80 anos**. NOTIMP 158 de 07/06/2021, PORTAL AEROIN, 2021. Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/notimp/mostra/07-06-2021#n191893>> . Acesso em 12 de jul. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 18 fev. 2023.

BRASIL. **Decreto Presidencial nº 10.267**, de 05 de março de 2020. Dispõe sobre o transporte aéreo de autoridades em aeronaves do Comando da Aeronáutica. Brasília, DF. 2020. Disponível: Acesso em: 20 maio de 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Regimento Interno do Grupo de Transporte Especial**. RICA 21 – 39. Brasília, DF. 2019.

CASTANHEIRA, NELSON PEREIRA. **Estatística aplicada a todos os níveis - 2ª** Edição. Editora Intersaberes. Ano: 2013. ISBN: 9788559727425.

COASE, R.H. *The Nature of the Firm*. Londres, UK, 1937.

EMBRAER, EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA S.A.; **GENERAL PUBLICATION – GP-145/1536 – Fuel Conservation**, 4ª Revisão, 2008.

LARSON, R. E. **Estatística aplicada: retratando o mundo**. Editora: Pearson. Edição 8ª. 2023. (Biblioteca Virtual)

MINITAB: Software livre. Versão: 2023. Disponível em: <<https://app.minitab.com/>>. Acesso em: 07 jul.2023

SAMPAIO. Nilo Antônio de Souza; ASSUMPÇÃO, Alzira Ramalho Pinheiro de; FONSECA, Bernardo Bastos da – **Estatística Descritiva**. Belo Horizonte - MG, Editora Poisson, 2018.

## ANEXO A – Tabela de penalidades no consumo de combustível

Tabela 1 – Tabela de penalidades para o modelo ERJ-135

ERJ135 FUEL PENALTIES TABLE				
ITEM	TRIP FUEL INCREASE		ANNUAL EXTRA FUEL	APROX ANNUAL EXTRA COST (US\$)
	kg / lb	%		
Increase of 200 kg on OEW	7	0.58	262000 kg	258,600
	15		577700 lb	
Increase of 100 NM on alternate distance	8	0.68	307000 kg	303,000
	18		676800 lb	
Increase of 200 kg on FOB required	7	0.58	262000 kg	258,600
	15		577600 lb	
Flying 2000 ft below optimum altitude	38	3.15	1423000 kg	1,404,400
	84		3137150 lb	
Flying M0.78 instead of M0.76	8	0.68	299500 kg	295,600
	18		660300 lb	
Flying M0.78 instead of M0.74	16	1.33	599000 kg	591,200
	35		1320600 lb	
Flying M0.78 instead of LRC	36	2.99	1347800 kg	1,330,200
	79		2971400 lb	
APU Operations on ground with electrical and pneumatic load instead of electrical load only	14	1.17	528000 kg	521,100
	31		1164000 lb	
High speed climb 290 KIAS/M0.85 above 10000 ft	25	2.07	936000 kg	923,800
	55		2063500 lb	
10 minutes of Dual Engine Taxi per leg instead of Single Engine Taxi	20	—	748800 kg	741,000
	44		1650820 lb	
Cruising M0.01(approx 1 TAS variation) faster than planned	4	0.33	150000 kg	148,000
	9		330700 lb	
Increase of 1% in mission length	10	0.85	375000 kg	370,100
	22		826725 lb	
Descent with 3° FPA in Flight Level Change mode	19	1.52	692600 kg	683,600
	42		1526900 lb	
Use of Full Flaps on landing	10	0.85	375000 kg	370,100
	22		826725 lb	

Fonte: EMBRAER (2008, p.35)

## ANEXO A – Tabela de penalidades no consumo de combustível (continuação)

Tabela 2 – Tabela de penalidades para o modelo ERJ-145

ERJ145 FUEL PENALTIES TABLE				
ITEM	TRIP FUEL INCREASE		ANNUAL EXTRA FUEL	ANNUAL EXTRA COST (US\$)
	kg / lb	%		
Increase of 200 kg on OEW	8	0.64	299500 kg	295,600
	18		660300 lb	
Increase of 100 NM on alternate distance	10	0.79	373000 kg	368,100
	22		822300 lb	
Increase of 200 kg on FOB required	8	0.64	299500 kg	296,000
	18		660300 lb	
Flying 2000 ft below optimum altitude	32	2.54	1200000 kg	1,184,300
	71		2645500 lb	
Flying M0.78 instead of M0.76	6	0.48	224600 kg	221,700
	13		495200 lb	
Flying M0.78 instead of M0.74	12	0.95	449200 kg	443,400
	26		990400 lb	
Flying M0.78 instead of LRC	20	1.59	748800 kg	739,000
	40		1650800 lb	
APU Operations on ground with electrical and pneumatic load instead of electrical load only	14	1.12	528000 kg	521,100
	31		1164000 lb	
10 minutes of Dual Engine Taxi per leg instead of Single Engine Taxi	20	---	748800 kg	741,000
	44		1650820 lb	
High speed climb 290 KIAS/M0.65 above 10000 ft	28	2.22	1050000 kg	1,036,300
	62		2314850 lb	
Cruising M0.01 (approx 1% TAS variation) faster than planned	3	0.24	112300 kg	110,800
	7		247600 lb	
Increase of 1% in mission length	10	0.79	375000 kg	370,100
	22		826725 lb	
Descent with 3° FPA in Flight Level Change mode	16	1.26	599000 kg	591,200
	35		1320500 lb	
Use of Full Flaps on landing	10	0.79	375000 kg	370,100
	22		826725 lb	

Fonte: EMBRAER (2008, p.36)