

DESEMPENHO DO TRANSPORTE AÉREO UTILIZANDO O MÉTODO DE MÍNIMOS QUADRADOS: UM ENSINO DE CÁLCULO NUMÉRICO

Nilton Sadi Freitas de Bitencourt¹

Mauro Corrêa²

Leandro Blass³

Resumo:

Este estudo visa aplicar o método de mínimos quadrados (MMQ) para verificar qual o melhor ajuste de curvas que descreve os dados do indicador operacional RPK (Revenue Passenger Kilometers) de duas empresas Brasileiras de aviação civil. A pesquisa nasceu de por meio de uma atividade avaliativa de ensino, desenvolvida durante as aulas da componente curricular Cálculo Numérico para engenharias. Para a realização deste trabalho, foram coletados dados de 2009 à 2015, disponibilizados no anuário de transporte aéreo Brasileiro no site da Agência Nacional de Aviação Civil. Os resultados obtidos permitiram visualizar o desempenho operacional das empresas ao longo dos anos no que diz respeito a quantidade de passageiros transportados por quilômetro pago. Além disso foi possível analisar qual o ajuste construído que reflete sistematicamente os dados obtidos.

Palavras-chave: Mínimos quadrados, Ajuste de curvas, Transporte aéreo.

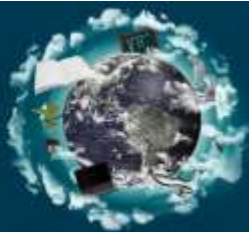
Modalidade de Participação: Iniciação Científica

DESEMPENHO DO TRANSPORTE AÉREO UTILIZANDO O MÉTODO DE MÍNIMOS QUADRADOS: UM ENSINO DE CÁLCULO NUMÉRICO

¹ Aluno de graduação. niltonbitencourt888@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. mauro.alfameq@gmail.com. Co-autor

³ Docente. leandroblass@unipampa.edu.br. Orientador



DESEMPENHO DO TRANSPORTE AÉREO UTILIZANDO O MÉTODO DE MÍNIMOS QUADRADOS: UM ENSINO DE CÁLCULO NUMÉRICO

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é oriundo de uma atividade de ensino no formato de seminário da componente curricular de Cálculo Numérico para Engenharias. Nesta atividade os discentes, puderam escolher um método numérico para aplicação em suas respectivas áreas de engenharia o que faz tornar a disciplina aplicada na vida cotidiana. Este estudo, visa aplicar o método de mínimos quadrados para verificar qual o melhor ajuste de curvas que se adapta aos dados de um dos principais indicadores operacionais do transporte aéreo de passageiros.

O setor do transporte aéreo de passageiros contribui de forma significativa para o desenvolvimento e crescimento do país. Segundo o Guia Transporte e Economia (2015) elaborado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), atualmente o perfil dos passageiros deste modal, está ligado diretamente com os segmentos de Turismo e Negócios.

Neste contexto, duas empresas aéreas brasileiras destacam-se entre as maiores do setor de aviação civil nacional (Gol Linhas Aéreas e Latam Brasil). Até 2015, ambas representavam aproximadamente 74,2% dos voos nacionais e 99,48% dos voos internacionais.

Dentre os parâmetros operacionais mais utilizados para analisar dados financeiros e dados não financeiros das empresas de aviação civil, está o RPK. De acordo com Silva (2016) o RPK (Revenue Passenger Kilometers) é um dos principais indicadores de produção do transporte aéreo, pois fornece a demanda e quantidade de passageiros por quilômetro pago. Assim o estudo deste parâmetro permite verificar, por exemplo, o desempenho operacional ao longo dos anos das empresas aéreas estudadas, além de auxiliar na tomada de decisões e processos gerenciais.

A importância de usar metodologias e ferramentas de caráter multidisciplinar que possibilitam a análise deste indicador de capacidade produtiva está neste trabalho relacionado ao o ajuste de curvas pelo método de mínimos quadrados (MMQ).

De acordo com Barroso (1987) o ajuste de curvas é utilizado especialmente quando se deseja obter qual a melhor regressão que se adapta à um dado conjunto de dados. Para a estruturação deste estudo foram utilizados os ajustes linear e quadrático. O ajuste linear é o modelo mais simples de comparação entre duas variáveis, sendo caracterizado por um sistema linear que resulta em uma matriz quadrada 2X2 (duas linhas e duas colunas) oriundo da equação da reta. No modelo quadrático, a função definida tem o formato de uma parábola, dando origem a uma matriz 3X3 (duas linhas e duas colunas).

2. METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado neste trabalho consistiu em duas etapas. Na primeira etapa, ocorreu a coleta de dados do parâmetro RPK das empresas estudadas por meio de consulta *online* ao anuário do transporte aéreo Brasileiro disponibilizado no site da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Os dados coletados e analisados abrangem o período de tempo de 2009 a 2015 e foram adaptados para uma escala de 10^9 , a fim de facilitar a programação computacional. A Tabela 1 mostra os dados referentes a empresa Latam linhas aéreas.

Tabela 1. Evolução do RPK da Latam.

Ano (X)	RPK (Y)
2009	25,84276
2010	29,88479
2011	33,51485
2012	35,08417
2013	34,93883
2014	35,59375
2015	34,62526

Fonte: ANAC (2015).

A Tabela 2, por sua vez, mostra os dados relativos a empresa Gol linhas aéreas.

Tabela 2. Evolução do RPK da Gol.

Ano (X)	RPK (Y)
2009	25,84276
2010	29,88479
2011	33,51485
2012	35,08417
2013	34,93883
2014	35,59375
2015	34,62526

Fonte: ANAC (2015).

A segunda etapa consistiu em verificar qual o ajuste de curvas que melhor descreve o RPK das empresas analisadas. Para isso utilizou-se o MMQ com o intuito de aplicar os ajustes linear e quadrático nos softwares de simulação computacional Excel e Scilab. A comparação dos resultados e do desempenho das empresas é feita mediante a análise da função com o menor desvio quadrático, ou seja, aquela função que melhor se ajusta aos dados coletados.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Os resultados dos ajustes linear e quadrático foram gerados no software Scilab por meio de códigos de programação. Neste código, todos os parâmetros característicos do ajuste linear e quadrático estão inseridos. Os códigos elaborados para a construção dos ajustes e os respectivos gráficos das funções, levaram em consideração os dados das Tabelas 1 e 2 onde, a variável X diz respeito ao período de tempo e a variável Y descreve o RPK das empresas no período de 2009 a 2015.

A Figura 1 mostra o gráfico do ajuste linear das empresas estudadas obedecendo aos parâmetros implementados no código de programação.

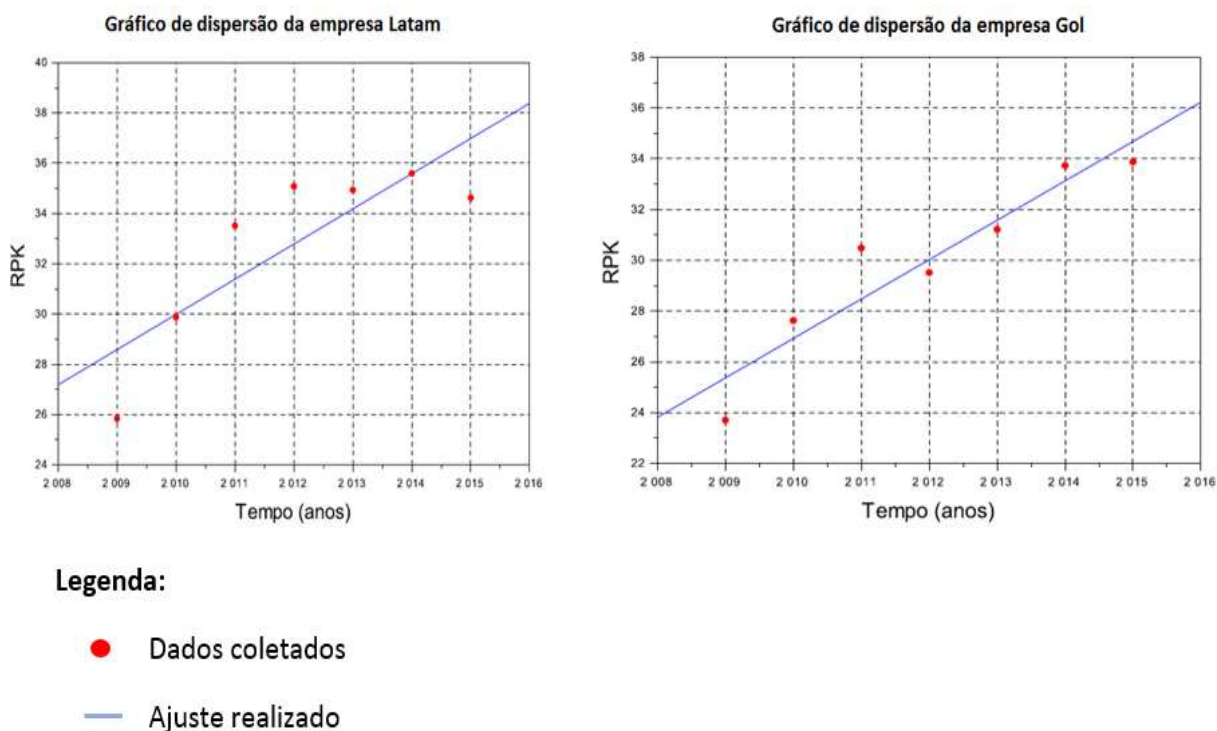


Figura 1. Evolução do RPK conforme o ajuste linear.

Fonte: Autores (2017).

Pode-se verificar com base no gráfico gerado na Figura 1 que os pontos referentes aos dados da Gol estão mais próximos à reta do ajuste linear se comparado, com o mesmo ajuste da Latam. Embora a Gol apresente seus pontos mais próximos da reta, isso não significa que a empresa possua um melhor desempenho que a Latam.

O gráfico referente a Latam, apresenta diferenças em relação à sua concorrente visto que, além de seu indicador apresentar um rendimento mais positivo no que diz respeito ao indicador analisado, a mesma possui pontos que são interceptados diretamente pela reta do ajuste linear, o que não é percebido no gráfico da Gol.

Seguindo o mesmo procedimento adotado, obteve-se o ajuste quadrático para os dados analisados. A Figura 2 mostra o ajuste quadrático obtido para ambas as empresas.



Legenda:

- Dados coletados
- Ajuste realizado

Figura 2. Evolução do RPK conforme o ajuste quadrático.
Fonte: Autores (2017).

No que diz respeito à Figura 2 nota-se que o ajuste quadrático realizado melhor traduz os dados da Latam, pois como já dito anteriormente, vários pontos referentes aos seus dados são tocados pela parábola. Novamente percebe-se que a Latam se sobressai levemente quando comparamos seus números com sua concorrente de mercado.

Com base nos resultados apresentados e as análises feitas no software Scilab pode-se perceber que o ajuste quadrático se ajusta melhor aos dados de ambas as empresas. Tal afirmação pôde ser confirmada a fim de verificação, pela construção dos ajustes no software Excel. Para ilustrar este cenário comparativo foi elaborada a Tabela 3, contendo os valores dos parâmetros obtidos pelo cálculo dos desvios quadráticos tanto na equação da reta quanto na equação da parábola.

Tabela 3. Comparativo dos desvios quadráticos.

Empresa	Ajuste	Software	Desvio Quadrático
Latam	Linear	Scilab	23,48919
Latam	Quadrático		1,22397
Gol	Linear		8,70926
Gol	Quadrático		5,93382
Latam	Linear	Excel	23,48000
Latam	Quadrático		1,10949
Gol	Linear		8,7000
Gol	Quadrático		5,93770

Fonte: Autores (2017).

O comparativo feito na Tabela 3 mostra a diferença entre os arredondamentos nos softwares utilizados. Embora em termos de arredondamento o scilab possua maior precisão que o Excel, pode-se perceber que os desvios encontrados são coerentes em ambos os programas.

Os dados da Tabela 3 mostram também que os ajustes quadráticos são os ajustes que melhor descrevem os dados das duas empresas aéreas quando, pois, quanto menor o valor do desvio quadrático calculado, melhor é a adaptabilidade do ajuste aos dados analisados. Em outras palavras, o desempenho operacional de ambas as empresas é descrito de maneira mais clara por meio deste tipo de ajuste.

Realizando um comparativo entre os ajustes quadráticos das duas empresas, o ajuste quadrático da Latam foi o que apresentou o desempenho mais satisfatório.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista acadêmico, o trabalho realizado ao longo da disciplina de cálculo numérico, foi de extrema importância à medida que nós discentes, tivemos a oportunidade de não apenas aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do semestre na disciplina, mas também de ter contato prático com uma área muito estudada atualmente na Engenharia de Produção, a Econometria (método estatístico de análise de dados e problemas econômicos).

Sob a ótica desta pesquisa, concluiu-se que o ajuste quadrático é o que melhor descreve o indicador RPK das empresas Latam e Gol, pois o mesmo passa por quase todos os pontos do gráfico. O parâmetro RPK da Latam é maior em relação ao da Gol, ou seja, a Latam foi a empresa que mais atendeu a demanda de passageiros em voos domésticos no cenário aéreo Brasileiro entre os anos de 2009 e 2015. Entretanto a partir do ano de 2013 com os efeitos da crise econômica, e a consequente diminuição de renda da população Brasileira, este indicador apresentou uma instabilidade, ocasionando sua diminuição. Assim os números da Latam apresentaram uma queda significativa a ponto de seus resultados terem sido ultrapassados pela Gol nos últimos anos.

5. REFERÊNCIAS

ANAC. Agência Nacional da Aviação Civil. Estatísticas >> Anuários Estatísticos do Transporte Aéreo, 2015. Disponível em:

<<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>>. Acesso em 3 de agosto de 2017.

BARROSO, Leônidas Conceição et al. Cálculo numérico (com aplicações). 2. ed. São Paulo: Harbra, 1987.

SILVA, João Marcelo dos Santos. Desempenho de Empresas Brasileiras de Aviação Civil: Uma análise das relações entre indicadores financeiros e não financeiros. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo / RS, 2016.

TRANSPORTE E ECONOMIA. Transporte aéreo de passageiros. Brasília: CNT, 2015.

Exemplos: