

## ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE A VARIAÇÃO MENSAL DA QUANTIDADE DE ACIDENTES AERONÁUTICOS

Mateus Habermann<sup>1</sup>

Leonardo Rodrigues Julio dos Santos<sup>2</sup>

Rodrigo Arnaldo Scarpel – D.Sc.<sup>3</sup>

Artigo submetido em 11/05/2010.

Aceito para publicação em 12/08/2010.

**RESUMO:** Desde o início do emprego da aviação na área civil, devido à ocorrência de acidentes, muito se perdeu em vidas e material. A despeito do aumento das horas voadas, percebe-se uma crescente diminuição nos acidentes. Muito se deve ao ingente esforço dos órgãos competentes voltado à prevenção de acidentes. Levando-se em conta as horas voadas e o número de acidentes computados ultimamente, é realizada uma regressão linear relacionando essas duas variáveis. Percebe-se que esses fatores não são estatisticamente relacionados, o que sugere, então, que há outros elementos que ocasionam a disparidade no número de acidentes entre os diferentes meses do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Prevenção de acidentes. Regressão linear.

### 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos muito tem se investido em prevenção de acidentes aeronáuticos. Tal atitude, obviamente, além de objetivar a integridade física de tripulantes e passageiros, ajuda a manter em níveis baixos a taxa anual de desastres aéreos, o que contribui para a boa demanda do modal aéreo pelos

---

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia de Produção pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), concentrando-se na área de Pesquisa Operacional. Possui especialização *lato sensu* em análise de ambiente eletromagnético, pelo ITA. Possui graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea. É segundo-piloto de Patrulha da Força Aérea Brasileira. Atualmente é primeiro-tenente aviador. mateushabermann@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Mestrando em Engenharia de Produção pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), concentrando-se na área de Pesquisa Operacional. Possui graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea. É segundo-piloto de Patrulha da Força Aérea Brasileira. Atualmente é primeiro-tenente aviador. rodrigue@ita.br

<sup>3</sup> PhD em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Professor adjunto do ITA. Atua na área de econometria, otimização, análise de séries temporais e métodos multivariados. Revisor técnico do livro *Operations Research: An Introduction*, 8th. Edition, de Hamdy A. Taha. rodrigo@ita.br

passageiros que viajam a turismo. No ano de 2005, 52% dos usuários do Aeroporto Internacional de Guarulhos viajaram por motivos de lazer (Oliveira, 2009).

Fazendo-se uma simples análise estatística, é constatado que no decorrer dos anos a taxa de acidentes aeronáuticos diminuiu de maneira considerável, sendo isso resultado de ações proativas que vão desde incessantes campanhas dentro das empresas aéreas – por exemplo, CRM (*Crew Resource Management*) – até pesquisas avançadas que visam a melhor distribuir o controle de tráfego aéreo entre diferentes controladores operando ao mesmo tempo (Delahaye, 2005).

No entanto, muito ainda há de ser feito para que o nível de segurança nas aerovias e aeroportos seja aumentado. Em âmbito nacional, conta-se com o CENIPA (Centro de Investigação de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), que, entre outras atribuições, providencia a investigação de acidentes e promove campanhas para que os mesmos fatores causadores desses desastres não mais ocorram.

Mostra-se interessante, para se tomar acertadas decisões futuras, uma análise que confronte as horas totais voadas nos últimos anos na aviação civil brasileira e a quantidade anual de acidentes registrados. Tal análise é o objetivo deste trabalho.

## **2 DADOS COLETADOS**

### **2.1 Considerações iniciais**

Para maior esclarecimento, acidente aeronáutico é toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave havida entre o período em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado e, durante o qual, pelo menos uma das situações abaixo ocorra:

- Qualquer pessoa sofra lesão grave ou morra como resultado de estar na aeronave, em contato direto com qualquer uma de suas partes, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido, ou submetida à exposição direta

do sopro de hélice, rotor ou escapamento de jato, ou às suas consequências. Exceção é feita quando as lesões resultam de causas naturais, forem auto ou por terceiros infligidas, ou forem causadas a pessoas que embarcaram clandestinamente e se acomodaram em área que não as destinadas aos passageiros e tripulantes;

- A aeronave sofra dano ou falha estrutural que afete adversamente a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; exija a substituição de grandes componentes ou a realização de grandes reparos no componente afetado. Exceção é feita para falha ou danos limitados ao motor, suas carenagens ou acessórios; ou para danos limitados a hélices, pontas de asa, antenas, pneus, freios, carenagens do trem de pouso, amassamentos leves e pequenas perfurações no revestimento da aeronave; e
- A aeronave seja considerada desaparecida ou o local onde se encontre seja absolutamente inacessível.

## 2.2 Horas totais voadas anualmente

A Tabela 1, a seguir, exhibe os valores totais das horas voadas na aviação civil brasileira nos anos de 1995 a 2007.

Tabela 1 – Quantidade de horas anuais

Ano	Horas Voadas
1995	456.405
1996	493.959
1997	549.171
1998	592.968
1999	569.779
2000	910.263
2001	951.564
2002	902.090
2003	747.812
2004	752.495
2005	824.773
2006	847.908
2007	931.301

A Figura 1 exibe, de maneira gráfica, a variação das horas voadas no decorrer dos anos. Nela, percebe-se que há um acréscimo na quantidade de horas voadas anualmente.

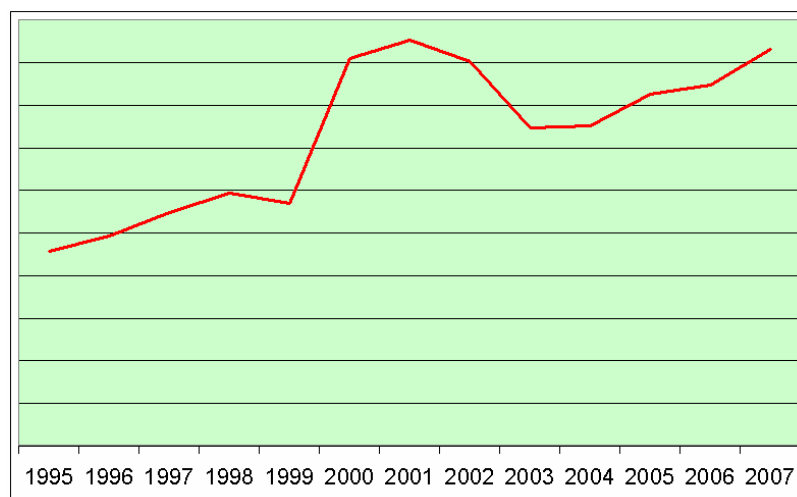


FIGURA 1 – Horas totais voadas anualmente.

### 2.3 Acidentes aeronáuticos

Os dados a seguir — Tabela 2 — retratam os totais de acidentes ocorridos na aviação civil brasileira entre os anos de 1999 a 2007.

Tabela 2 – Quantidade anual de acidentes

Ano	Nº Acidentes
1995	99
1996	83
1997	79
1998	71
1999	50
2000	61
2001	67
2002	58
2003	68
2004	64
2005	58
2006	68
2007	100

A exposição da Tabela 2 graficamente proporciona melhor compreensão dos números. O resultado é visto na Figura 2:

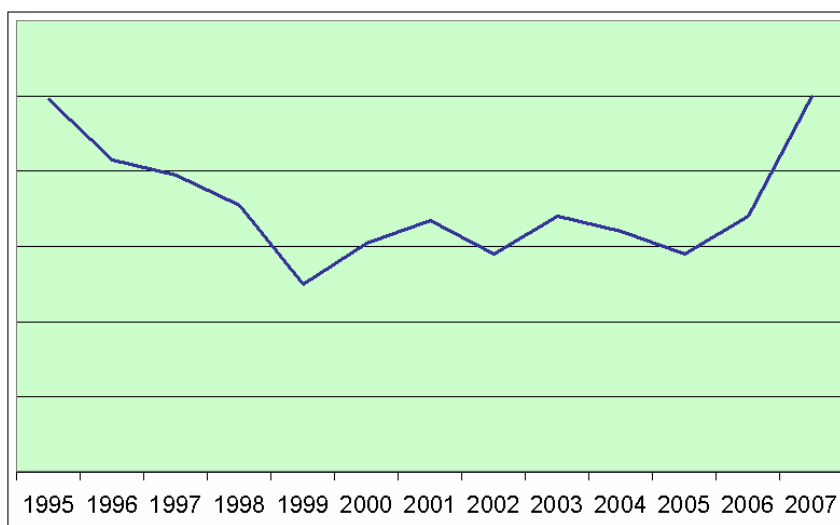


FIGURA 2 – Quantidade de acidentes no decorrer dos anos.

Como é facilmente observado, a partir do ano 2000, há certa estabilização na quantidade anual de acidentes, com um leve aumento a partir de 2006.

## 2.4 Número mensal de acidentes

A Tabela 3, a seguir, exhibe a quantidade mensal de acidentes na aviação civil no decorrer dos anos.

Tabela 3 – Quantidade mensal de acidentes

ANO	ACIDENTES											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1995	8	10	13	6	7	8	7	11	9	9	6	5
1996	8	8	15	8	1	6	2	8	7	8	2	10
1997	5	10	9	10	3	7	5	7	3	10	7	3
1998	9	7	5	4	5	5	6	7	12	6	2	3
1999	3	3	7	2	5	4	2	4	9	2	5	4
2000	10	6	1	6	3	5	3	6	3	3	10	5
2001	7	6	5	5	3	8	3	6	6	6	8	4
2002	6	4	1	2	4	2	4	10	7	6	6	6
2003	6	4	2	1	6	7	13	7	4	7	8	3
2004	12	3	2	3	4	2	3	9	5	6	9	7
2005	4	8	8	1	5	2	2	2	7	3	7	9
2006	8	8	10	3	4	4	4	4	9	3	5	6
2007	11	8	9	7	3	6	13	6	10	4	13	10

### 3 ANÁLISE DOS DADOS

#### 3.1 Método matemático empregado

A análise dos dados foi efetuada no Microsoft Excel e no R (*R Development Core Team*).

Foi, inicialmente, realizada uma regressão linear dos dados, que, nesse caso, tem a forma (Montgomery, 2001)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (1)$$

onde os termos  $\beta$  são chamados de coeficientes de regressão,  $\epsilon$  significa o erro aleatório,  $y$  é a resposta e  $x$  é a variável independente.

Para se estimar os parâmetros do modelo de regressão linear, recorre-se ao método dos Mínimos Quadrados.

Assume-se, inicialmente, que  $E(\epsilon)=0$  e  $V(\epsilon)=\sigma^2$ .

#### 3.1 Análise entre horas voadas e número de acidentes

Ao se efetuar uma análise com maior minudência no binômio Horas Voadas ↔ Total de Acidentes, algumas revelações interessantes vêm à tona.

Primeiramente, um gráfico confrontando a variação das horas totais voadas com o número anual de acidentes é exibido na Figura 3.

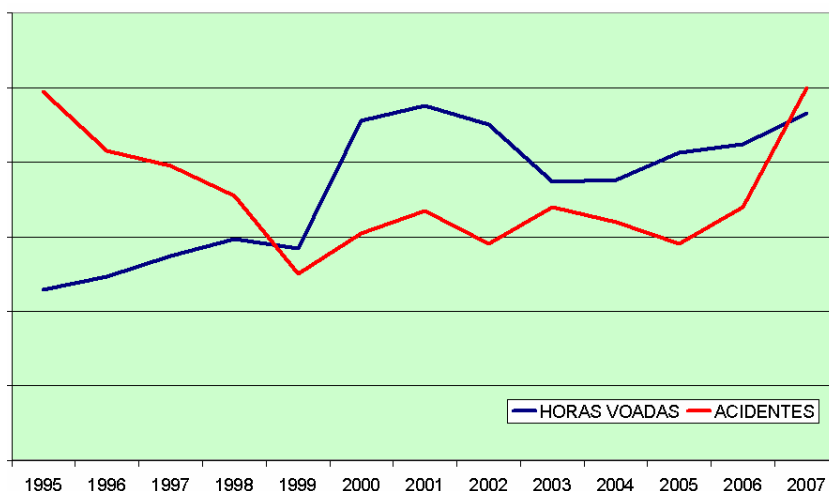


FIGURA 3 – Número de acidente *versus* horas voadas.

Percebe-se, ao contrário do que se poderia imaginar, que as duas linhas da Figura 3 não se comportam de maneira semelhante: regiões de crescimento não são correspondentes entre as duas linhas.

Para se chegar a conclusões mais sólidas, é efetuada, então, uma regressão linear envolvendo horas voadas e número de acidentes. É constatado que o valor do coeficiente de correlação ( $R^2$ ) possui valor negativo, ensejando a inferência de que horas voadas, somente, não explica a ocorrência de acidentes.

Assim, aventou-se a ideia de se analisar a variação dos acidentes mês a mês. Uma nova regressão linear é realizada.

A Figura 4 exibe a contribuição de cada mês no cômputo total dos acidentes anuais. Cada valor mostrado no gráfico representa o valor de  $\beta$  referente a cada mês em (1).

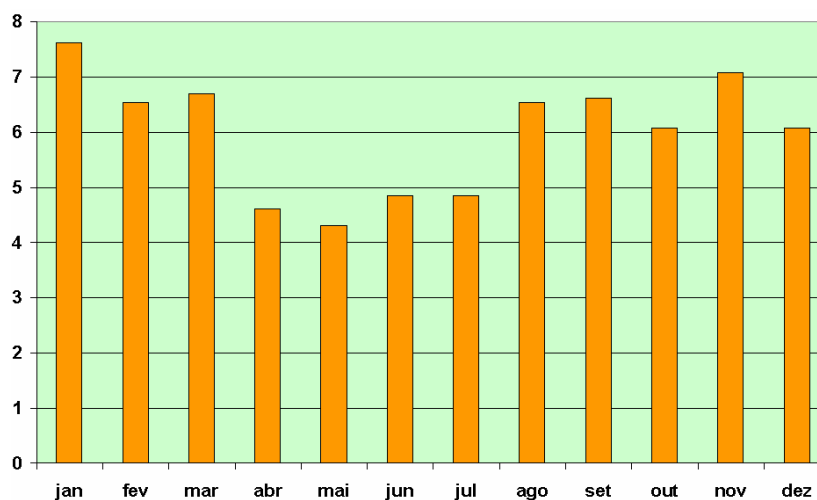


FIGURA 4 – Valores de  $\beta$  na equação de regressão.

Pela Figura 4, tomando-se dois valores extremos – os meses de janeiro e maio – constata-se, por meio de um teste  $t$ , que o número de acidentes que aconteceram nesses dois meses no decorrer dos anos é estatisticamente diferente. A Figura 5 exibe detalhes computados pelo programa R.

```
> t.test(jan, mai)

Welch Two Sample t-test

data:  jan and mai
t = 3.9566, df = 19.303, p-value = 0.0008244
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 1.596089 5.173142
sample estimates:
mean of x mean of y
 7.461538  4.076923
```

FIGURA 5 – Teste  $t$  entre os meses de janeiro e maio.

Para se ter uma ideia de maneira visual, é gerado um gráfico Boxplot entre os meses de janeiro e maio, conforme exibe a Figura 6.

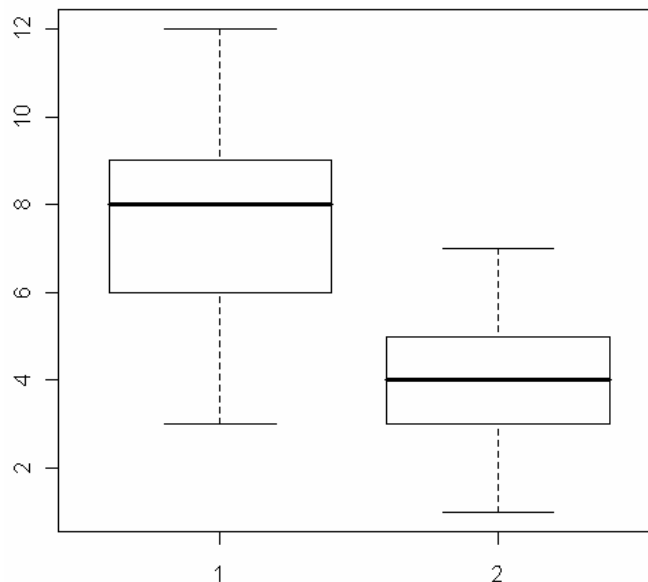


FIGURA 6 – Gráfico tipo Boxplot entre janeiro “1” e maio “2”.

Fica nítido, assim, que os meses de janeiro e maio não são estatisticamente iguais em relação a número de acidentes ocorridos, o que indica que os diferentes meses do ano não são igualmente suscetíveis à ocorrência de acidentes.

Entre as causas que circundam e regem a quantidade de acidentes ocorrida nos diferentes meses não está incluso, pelo menos com grande peso estatístico, o fator Horas Voadas. De maneira mais clara, maiores quantidades de horas de voo despendidas em determinado período não são motivos diretos para mais acidentes.



As causas para tais infortúnios, que permanecem no caráter de incógnitas – pelo menos no âmbito deste trabalho –, são sazonais e exercem menos influência nos meses próximos ao meio do ano.

#### **4 CONCLUSÃO**

No intuito de se estimar a quantidade de acidentes nos próximos anos, – a despeito do exaustivo trabalho realizado pelos órgãos de prevenção de acidentes – foi realizada uma regressão linear.

De acordo com os resultados obtidos, o modelo inicial não retrata com alto grau de confiabilidade o assunto abordado, pelo fato de o coeficiente de determinação ter apresentado valor negativo. Evidenciando, assim, que um aumento na quantidade de horas voadas não acarretará aumento no número de acidentes.

Então, uma análise levando em consideração os acidentes ocorridos mês a mês mostrou que os meses são diferentes entre si, no que concerne à ocorrência de acidentes.

Assim, há outros fatores que influenciam na ocorrência de acidentes aeronáuticos, e esses elementos merecem ser alvo de um estudo futuro mais detalhado.

#### **REFERÊNCIAS**

OLIVEIRA. A. (2009). Transporte aéreo: economia e políticas públicas, p. 48, São Paulo, Pezco Editora.

DELAHAYE. D, PUECHMOREL. S, 3D Airspace Sectoring by Evolutionary Computation: Real-World Applications, Air Navigation Research Center, Toulouse-FRANCE, 2005

R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <<http://www.R-project.org>>.

MONTGOMERY. D. C, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, 5<sup>th</sup> edition, New York, 2001.

## **STATISTICAL ANALYSIS OF MONTHLY VARIATION OF AERIAL ACCIDENTS AMOUNT**

**ABSTRACT:** Since the employment of aircrafts in the civilian realm, lots of human and material elements have been lost due to air crashes. Although the flight hours have increased, there is a noticeable decrease in accidents amount. Taking into consideration both the flight hours and the number of accidents that have happened lately, some results are achieved by the means of a regression analysis. It becomes evident that these two factors are not statistically correlated, thus one may infer there are other variables that make the number of accidents be different among months of the year.

**KEYWORDS:** Accidents Prevention. Regression Analysis.