

Estudo de otimização da frota de aviões T-27 na Academia da Força Aérea.

Prof. Dr. Luiz Maurício de Andrade da Silva

Academia da Força Aérea – Estrada de Aguai, s/n – Campo Fontenelle – Pirassununga/SP - lma28@uol.com.br

Cel. Av. Pedro de Carvalho e Silva

Academia da Força Aérea – Estrada de Aguai, s/n – Campo Fontenelle – Pirassununga/SP - pedrocs60@yahoo.com.br

Resumo

O treinamento avançado de vôo, ministrado aos cadetes da Academia da Força Aérea (AFA), é feito utilizando-se as aeronaves Tucano T-27, de fabricação da Embraer. A relação entre o número de aeronaves disponibilizadas para a instrução aérea, e o número de cadetes que ingressam na AFA, pode variar de ano para ano. Essa variação influencia a qualidade do treinamento dos jovens que são formados na AFA, futuros oficiais, que ocuparão cargos estratégicos na Força Aérea Brasileira (FAB). Desta forma, o objetivo deste artigo é

1. INTRODUÇÃO

Entre as inúmeras vantagens da modelagem para a simulação, uma se destaca como argumento para o propósito deste artigo. É o fato de que a construção de modelos nos obriga a sermos explícitos com o que diz respeito aos nossos objetivos.

Algo coincidente com o que Davenport e Harris [3] conceituaram como “*fact-based culture*”, ou a filosofia da gestão “*show me the numbers*”. Em síntese, uma filosofia de decisões apoiadas em números.

A aviação é uma atividade que não aceita meios termos, sendo a segurança um objetivo único e inarredável. De forma que uma instrução aérea de qualidade também não pode prescindir da segurança, sendo este um aspecto que ultrapassa os limites conceituais das restrições com as quais um modelo de decisão na AFA deve coexistir.

Outra virtude da modelagem é a imposição determinada pela mesma de que sejamos claros ao identificar e registrar os tipos de decisões que devem ser tomadas em face aos objetivos. E, desta forma, acabamos por decidir de forma mais coerente, por meio de interações e concessões entre essas decisões.

Na AFA as decisões orbitam sempre o objetivo precípuo de proporcionar aos cadetes o melhor em termos de instrução. Esta instrução é segmentada

introduzir a ferramenta “modelagem de dados e simulação” como instrumentos de auxílio à decisão, apresentando respostas embasadas em modelo de programação linear [1] e análise fatorial [2], para auxiliar as decisões dos gestores da AFA quanto à disponibilidade de aviões T-27.

Palavras-chave: Comando e controle; simulações; otimização

em aviação, infantaria e intendência, durante um período de permanência de quatro anos. Este artigo está focado na instrução da aviação, sendo que neste tipo de instrução – como ademais em todas as atividades aeronáuticas – a segurança, como já dissemos, é uma variável para com a qual não deve haver concessões.

Os cadetes do curso de formação de aviadores recebem instrução aérea inicial no segundo ano do curso, voando o avião Neiva T-25. O treinamento avançado é ministrado no quarto ano, através do avião Tucano T-27.

Hoje a AFA está buscando o equilíbrio ideal entre o número de aviões disponíveis à instrução aérea, e o número de cadetes ingressantes, para evitar comprometimento na qualidade da instrução ministrada. Isto porque como a segurança é um requisito inapelável, outros fatores acabam sendo prejudicados, como redução do número de aeronaves disponíveis para a instrução, uma vez que algumas são impedidas de voar por exigências de segurança. Ou aumento da carga de trabalho com o equipamento e pessoal disponíveis.

O presente artigo se inicia com a definição da questão de pesquisa e hipóteses, para em seguida realizar uma revisão da literatura concernente, e, na sequência, apresentar a metodologia de análise dos dados e seus resultados, voltados especificamente para as questões de otimização dos aviões T-27, utilizados na instrução aérea avançada, ministrada aos cadetes do último ano.

2. QUESTÃO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DAS HIPÓTESES

O objetivo deste trabalho é apresentar um instrumento de auxílio às decisões dos gestores da AFA, como forma de se analisar as alternativas existentes diante da escassez de recursos que estão constringendo a instrução aérea, uma vez que, não se admitindo transigências com o padrão de segurança, acaba-se por impor limitações de equipamentos e sobrecarga na utilização dos recursos, no caso, aviões T-27 e instrutores.

A questão de pesquisa é – especificamente – a modelagem para a simulação, como meio de se decidir os padrões aceitáveis de operações na instrução aérea da AFA, tendo como hipótese o argumento de que ferramentas de otimização e análise fatorial poderão auxiliar nesta decisão.

Então a hipótese central do estudo é a de que instrumentos de modelagem e simulação, como a programação linear e a otimização, assim como a análise fatorial, podem contribuir para otimizar o processo de instrução aérea na AFA.

Entendemos – ainda na elaboração da hipótese central do trabalho – que estudos deste tipo podem se justificar tão somente por colocar em pauta, para os gestores da AFA, os objetivos e decisões prioritárias, assim como as variáveis-chave a serem consideradas no processo. Em uma palavra, colocar em pauta a filosofia da análise de dados e modelagem para embasamento das decisões. Ou, corroborando com Davenport & Harris [4], institucionalizando na FAB a cultura da decisão baseada em fatos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura será feita em torno do tema da construção de modelos e análise de dados para otimização, especificamente através da programação linear e da análise fatorial. E ainda sobre formulação de cenários, uma vez que o modelo de otimização utilizado serviu-se da formulação de cenários, por razões que serão coerentemente fundamentadas ao longo desta revisão.

3.1. Construção de modelos

Segundo Moore & Weatherford [5] e Hair et alii [6], a análise de dados nos força a pensar cuidadosamente sobre as variáveis a serem incluídas nos modelos, e, o que é mais importante, definindo-as em termos que sejam quantificáveis. Os modelos nos forçam ainda a definir qual a pertinência dos dados que irão compor os modelos, assim como sua relação causal e seus padrões de correlações [7].

Outra vantagem importante da modelagem para a programação linear – particularmente no caso deste estudo – é a necessidade de que reconheçamos as restrições, ou as limitações que devem ser impostas aos modelos. E, ao se proceder a todas estas etapas, estar-se-ia facilitando a comunicação e o trabalho em equipe, uma vez que estariam claros os objetivos, a decisão a ser tomada, as variáveis em exame, suas quantificações, funções, correlações e restrições.

Ainda de acordo com Moore & Weatherford [8] existem basicamente três tipos de modelos: os modelos físicos, os modelos analógicos, e os modelos simbólicos.

Os modelos físicos são bastante tangíveis, e de fácil compreensão. No entanto apresentam maior dificuldade de compartilhamento e reprodução. São exemplos de modelos físicos: os modelos de aviões, os modelos de casas ou de carros, as maquetes de cidades, e os globos terrestres. Os modelos analógicos são intangíveis, e apresentam maior dificuldade de compreensão, apresentando, no entanto, maior facilidade de compartilhamento e reprodução. São exemplos de modelos analógicos: o mapa de uma estrada, o velocímetro de um automóvel, o altímetro de um avião, ou um gráfico de torta.

Finalmente apresentam-se os modelos simbólicos, que, talvez mesmo por serem intangíveis, apresentam maior dificuldade de compreensão, sendo, no entanto, de fácil compartilhamento e de fácil reprodução e manipulação. São exemplos de modelos simbólicos os modelos matemáticos, os modelos quantitativos e os modelos em planilha eletrônica.

Como são os modelos simbólicos os que se apresentam como objeto deste estudo, vamos tecer algumas considerações adicionais a respeito deste tipo de modelos.

Considere o tempo de deslocamento de um automóvel entre as cidades de São Paulo e Pirassununga. Este tempo de deslocamento poderia ser representado pelo seguinte modelo (matemático) simbólico: $T = D / V$, onde T seria o tempo total de viagem, D a distância a ser percorrida e V a velocidade de deslocamento do carro.

Observe que para a construção deste modelo, foram consideradas as suas variáveis essenciais, quais sejam, a distância e a velocidade. Além, é claro, da equação de proporções entre a distância e a velocidade.

Naturalmente este modelo poderia incorporar outras variáveis, como os tempos de paradas para descanso ou reabastecimento. De forma que o modelo passaria a apresentar a seguinte expressão: $T = D / V + (P \cdot n)$, sendo que P representaria o número de paradas, e n representaria o tempo de cada parada.

Outro aspecto importante que os autores Moore & Weatherford [9], assim como Davenport & Harris [10] enfatizam é que os modelos geralmente não incorporam fatores imprevisíveis, que podem alterar substancialmente seus resultados. Mas, diante de poderosas ferramentas computacionais de simulação, servidas por alternativas como a técnica de formulação de cenários [11]-[12], muitas das dificuldades advindas da incerteza podem ser contornadas por meio da construção de modelos ajustados para diversas dimensões (ou cenários, como será discutido neste caso, mais adiante).

Para que fique mais evidente esta questão dos fatores imprevisíveis, procure imaginar todos os fatores que poderiam alterar a estimativa do tempo total de viagem entre São Paulo e Pirassununga, como algum incidente de trânsito, condições atmosféricas, avarias mecânicas, etc.

O ideal é que os modelos simbólicos incorporem o maior número de variáveis relevantes, reduzindo assim as incertezas intrínsecas.

Devemos ter em mente ainda que os modelos são construídos pelas pessoas, suas experiências vivenciadas, suas narrativas e suas histórias.

Inicia-se a construção de modelos através (i) da afirmação de um problema; (ii) seu enquadramento num ambiente, com suas variáveis típicas; (iii); a definição do(s) objetivo(s); (iv) a consideração acerca das restrições; e (v) os *trade-offs*, ou trocas justas que serão aceitas na definição dos objetivos do modelo.

No caso do modelo que estamos propondo neste artigo, temos que (i) o problema é a escassez de recursos materiais, especificamente aviões disponíveis na instrução aérea da AFA; (ii) as variáveis típicas são o número de cadetes a serem treinados, o número de instrutores, as horas de voo dotadas pelo Comando da Aeronáutica, as horas efetivamente voadas, o número de aviões, o número de aviões disponíveis, e os tempos de paradas dos aviões para manutenção; sendo ainda (iii) objetivo da modelagem otimizar o processo de instrução na AFA; (iv) as restrições sendo determinadas pela limitação naturalmente existente em todas as variáveis elencadas acima (e que serão discutidas na metodologia da pesquisa), e; finalmente (v) os *trade-offs* a serem considerados, sendo que o mais

relevante é a admissão de que com menor número de aviões, menos cadetes poderão ser treinados, e talvez em outras séries do curso, não coincidentes com as atuais.

E uma vez que o modelo considerado trata-se de um modelo simbólico de otimização, através de programação linear e análise fatorial, devemos lembrar que são características destes tipos de modelos: a existência de uma função objetivo, a ser maximizada ou minimizada, assim como as restrições a serem respeitadas. Uma companhia aérea, por exemplo, irá sempre querer respeitar uma determinada programação com o objetivo de minimizar seus custos, ou maximizar a ocupação dos assentos disponíveis em seus aviões. A mesma companhia deverá saber lidar ainda com o fato de que suas rotas serão limitadas pela demanda de passageiros, seu pessoal de voo e a necessidade de manutenção das aeronaves.

Moore & Weatherford [13] citam o exemplo da companhia de aviação comercial norte-americana Delta Airlines que “(...) opera mais de 2.500 trechos de vôos domésticos todos os dias, usando cerca de 450 aeronaves. O tamanho do modelo de programação linear que a Delta deve otimizar diariamente é de 40 mil limitações e 60 mil variáveis de decisão.”

Uma vez revisitados os aspectos centrais da construção de modelos e análise de dados, passemos a discutir aspectos relativos a formulação de cenários.

3.2. Formulação de cenários

Vamos iniciar este item relativo à formulação de cenários com uma definição de cenários segundo um de seus mais célebres e celebrados autores, Michael Porter [14]: “cenário é uma visão internamente consistente daquilo que o futuro poderia vir a ser”. Ainda segundo este autor, com a construção de um grande número de cenários, as organizações podem explorar sistematicamente as consequências da incerteza frente a suas decisões estratégicas.

Vemos, no parágrafo acima, que quando se fala em elaboração de cenários, depara-se inescapavelmente com dois outros conceitos fundamentais, os conceitos de futuro e incerteza.

Adiante retornaremos a estes dois conceitos que, além de importantes para o assunto em referência, trazem em seu bojo um grande desafio para a atenção e a curiosidade científica humanas.

A elaboração de cenários deve ser feita explorando sistematicamente dois tipos de cenários: prospectivos e projetivos.

Os cenários prospectivos se caracterizam por serem menos determinísticos, e, assim, menos pretensivos quanto à capacidade de acerto no que concerne às estimativas sobre o futuro. Neste tipo de cenários busca-se realizar uma ampla análise, um mapeamento, ou prospecção, de vários estados futuros possíveis, não se pretendendo, em última instância, acertar com exatidão algum destes estados futuros em particular. Os adeptos deste grupo costumam afirmar que entender as variáveis envolvidas nos cenários, assim como sua dinâmica, é mais importante do que o grau de acerto, ou a acuidade da análise.

Já os cenários projetivos partem do pressuposto fundamental de que o futuro deverá ser uma repetição do passado, ou algo muito próximo a isto. Em outras palavras, são mais deterministas no que concerne às estimativas sobre o futuro. E, mais ainda, os adeptos dos cenários projetivos, de tradição quantitativista, celebram as previsões de maior acuidade.

Baseamo-nos nas recomendações de Schwartz [15], e enunciamos no desenvolvimento deste trabalho três níveis de cenários: ideal, mais provável e crítico. O cenário ideal, conforme se depreende do próprio termo, seria a situação mais desejável, ou, em outras palavras, a situação otimista. O cenário mais provável seria o cenário que se basearia nas médias históricas, ou, em outras palavras, o cenário realista. Já o cenário crítico seria aquele que poderia ser considerado como envolto em uma visão pessimista acerca da situação futura.

Convém que, para os fins desta revisão da literatura concernente aos objetivos deste estudo, revisemos ainda os conceitos de futuro e incerteza, enunciados no início deste item do artigo.

3.3 Futuro, risco e incerteza

Este trinômio é clássico em planejamento estratégico e elaboração de cenários. Todos os termos do trinômio se referem a um horizonte de tempo vindouro, e, assim, uma dimensão de tempo que – embora se baseando nos fatos passados e presentes, tem relação inexorável com uma dimensão de tempo ainda desconhecido.

Já diz um de nossos sábios ditos populares: “*O futuro a Deus pertence*”. Mas, assim mesmo, as organizações não podem deixar de buscar um melhor conhecimento sobre o futuro, não podem tomar suas decisões com base no improvisado. E isto pode ser feito através da formulação de cenários.

De maneira que os conceitos de risco e incerteza precisam ser muito bem compreendidos, antes de

qualquer outra consideração que se faça a respeito do que o futuro pode vir a ser.

Procuremos então elucidar nosso entendimento de tais conceitos, através da discriminação dos termos. Outro ditado popular afirma: “*Confio em Deus, para os demais exijo números!*”.

E você, em qual situação se sentiria mais seguro, com uma estimativa sobre o futuro, o risco e a incerteza apresentada de forma discursiva, verbal? Ou sua preferência seria por uma estimativa numérica, ou mesmo simbólica, a respeito da diferença entre incerteza e risco? E se um analista estivesse verificando a incerteza e o risco no setor aeronáutico, como você preferiria receber o resultado da análise que fora feita?

O que já se sabe bastante bem, através da literatura da área de planejamento, de pesquisas científicas e de variados exemplos de aplicação das análises de risco em organizações de diferentes tipos, é que quanto mais quantificável for esta estimativa, tanto melhor. Poderíamos afirmar até mesmo que a diferença entre incerteza e risco é que a incerteza diz respeito ao desconhecimento em sua forma mais radical: o desconhecido em sentido forte, portanto sem nenhum tipo de quantificação. Ao passo que o risco já pressupõe uma quantificação, levando a incerteza para um sentido mais fraco de desconhecimento.

Então vem a pergunta inevitável: como quantificar o risco?

A quantificação do risco pode se dar através de medidas estatísticas convencionais como o desvio-padrão e o coeficiente de variação [16]. Sendo o coeficiente de variação uma proporção direta entre o desvio-padrão e a média [17] de um conjunto de dados. De maneira que esta foi a filosofia de análise que norteou este trabalho.

As ferramentas clássicas de análises de dados oferecem ao tomador de decisão um significativo leque de opções de ferramentas, que muito contribuem com estes esforços de tentar vislumbrar o que o futuro pode vir a ser, através da elaboração de modelos, que se baseiam na observação dos parâmetros do passado.

Passemos então à metodologia de análise dos dados.

4. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente foram realizadas várias reuniões com a finalidade de se definir quais seriam as variáveis determinantes, e que deveriam ser incluídas na modelagem.

Nesta etapa as variáveis identificadas foram:

1. Número de cadetes a serem formados (ingressantes)
2. Número de instrutores necessários para a missão
3. Número de horas de vôo dotadas para a AFA
4. Número de horas de vôo efetivamente realizadas
5. Número total de aviões
6. Número de aviões disponíveis

dependente e as demais (2 a 6) são as variáveis independentes.

Uma vez definida a relação causal entre as variáveis, foi realizada uma regressão linear múltipla [18], que gerou o modelo matemático a ser otimizado através da programação linear.

Foram levantados dados históricos, em bases anuais, de 1993 a 2007, e estabeleceu-se a relação de causa e efeito destas variáveis, em que a variável (1) Número de cadetes a serem formados é a variável

4.1. Equação da regressão linear múltipla

Uma vez realizada a regressão linear múltipla, foi obtida a equação da regressão, apresentada abaixo juntamente com sua estatística (coeficiente de determinação e nível de confiança).

Tabela I: Equação da regressão

$Y(\text{Número de cadetes}) = 49,18417 + (\text{Número de instrutores} * -0,57882) + (\text{Número de horas dotadas} * 0,0045) + (\text{Número de horas realizadas} * 0,006604) + (\text{Número total de aviões} * -2,62837) + (\text{Número de aviões disponíveis} * 1,921218)$

Fonte: Com base nos dados pesquisados pelos autores

Tabela II: Estatística da regressão

$R^2 = 0,82$
$F_{\text{significação}} = 0,003172$ (95% nível de confiança)

Fonte: Com base nos dados pesquisados pelos autores

Uma vez definida a equação da regressão, e, assim, o modelo a ser otimizado, foram definidas as restrições de cada variável, em cada cenário. Em seguida os dados foram submetidos à ferramenta de otimização (programação linear) “Solver” do Excel, com as saídas apresentadas a seguir.

4.2. Resultados da otimização em cada cenário

São apresentados a seguir os resultados do processo de otimização por programação linear, obtidos através da opção “Solver” do Excel, em cada nível dos cenários vislumbrados:

Tabela III: Resultados da otimização

CENÁRIOS	Número de cadetes	Número de instrutores	Horas dotadas	Horas voadas	Total de aviões	Aviões disponíveis
Ideal	88	128	19.278	17.798	44	19
Mais provável	64	82	11.623	10.736	26	10
Crítico	83	77	13.021	11.468	23	09

Fonte: Com base nos dados pesquisados pelos autores

Nota: Por questões de sigilo militar os valores desta tabela foram transformados por uma constante, e arredondados segundo critério universal de arredondamentos.

Uma vez tratar-se de uma operação de alto custo, por envolver equipamentos caros e infra-estrutura bastante especializada, todos os esforços são empreendidos no sentido de se ter a mais baixa taxa de abandono, sobretudo entre os cadetes do último ano.

Desta forma, foi elaborado um outro estudo, de agrupamento de variáveis [19] com o intuito de se verificar quais seriam os agrupamentos mais importantes entre as variáveis estudadas quando se trata de abandono, ou, segundo a terminologia utilizada na AFA, quando se trata da taxa de desligamento.

Passemos então a uma discussão específica sobre a análise de dados associados à taxa de desligamento.

4.3. Análise fatorial

Partindo-se da mesma série histórica utilizada no estudo anterior, qual seja, de 1993 a 2007, para este estudo – inicialmente – foram selecionadas as variáveis que apresentaram maior correlação com a taxa de desligamento:

1. Cadetes formados.
2. Proporção de cadetes por aeronaves disponíveis.
3. Taxa de desligamento em vôo.
4. Taxa de desligamento total.
5. Número total de aeronaves T-27.
6. Número de aeronaves T-27 disponíveis.

Foi gerada uma análise fatorial do tipo Varimax, com rotação de fatores, *eigenvalue* mínimo igual a 1, através do software SPSS, obtendo-se a seguinte solução. Das 6 variáveis incluídas foram extraídos dois fatores, responsáveis por 72% da variabilidade total do conjunto de dados, com cada fator apresentando as variáveis mais associadas, conforme a tabela a seguir.

Tabela IV: Resultados da análise fatorial

Fator 1	Correlação no fator	Fator 2	Correlação no fator
Cadetes formados	0,751	Proporção de cadetes por aeronaves disponíveis	- 0,816
Taxa de desligamento em voo	0,869	Número de aeronaves T-27 disponíveis	0,874
Taxa de desligamento total	0,780	Número total de aeronaves T-27	0,685

Fonte: Com base nos dados pesquisados pelos autores

De maneira que se pode ter nomeadas – com base nestes fatores –, para estudos futuros, duas variáveis de grande representatividade (72%) na variabilidade do conjunto de dados de atrito:

- Taxa de desligamento em voo.
- Número de aeronaves disponíveis.

Mais uma vez se verifica grande associação entre as variáveis “número de cadetes a serem formados” e “disponibilidade de aeronaves”.

5. DISCUSSÃO

Observando o fator de sigilo, vemos que a Academia da Força Aérea – se tomarmos como parâmetros o cenário ideal – deveria dispor hoje de 19 aeronaves T-27, para cumprir bem a missão de formar 88 cadetes por ano. Este quantitativo exigiria uma frota total de 44 aeronaves, e 128 instrutores em atividade na AFA.

Entendemos que este estudo precisa ter continuidade, com a inclusão de outras variáveis como efetivo da AFA em manutenção, o efetivo administrativo em atividade nas áreas de manutenção, as peças mais utilizadas, assim como as disponíveis (e seu histórico de disponibilidade), o ferramental mais utilizado e sua disponibilidade na AFA, além dos tempos de paradas para manutenções periódicas dos aviões. Deve-se também atentar, no futuro, para aspectos de mutação destes fatores ao longo do tempo, em função de mudanças contingenciais na gestão dos meios disponíveis para a AFA, ano a ano.

Outra variável essencial nos aprofundamentos deste estudo seria o período ideal para combinação da instrução aérea e instrução técnico-especializada, nas programações de aulas que são realizadas na Divisão de Ensino da AFA.

A análise fatorial confirmou a importância da correlação entre o número de cadetes a serem formados e o número de aeronaves disponíveis, sendo que com uma redução de dados de 6 para apenas 2 variáveis explicativas, pode-se ter a certeza de, ainda assim, se estar obtendo uma representatividade de 72% da variabilidade de todo o conjunto de dados.

Esta análise já está inclusive norteando novos estudos que conduzirão a importantes conclusões sobre os melhores períodos do curso para se ministrar a instrução aérea, em consonância com os

ditames da instrução técnico-especializada, a ser realizada na Divisão de Ensino da AFA.

6. CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

Entendemos que, embora não estando em uma versão conclusiva, nem tampouco definitiva, este trabalho cumpriu o objetivo de institucionalizar na Academia da Força Aérea, e, quiçá, ampliar na própria Força Aérea Brasileira, a cultura de tomada de decisões baseadas em fatos, e a necessidade de que os fatos (e a importante interpretação humana que deles se faz), por sua vez, estejam amparados em números.

Como dissemos, o presente estudo ainda apresenta uma série de limitações, mas cumpriu satisfatoriamente o objetivo de demonstrar as possibilidades e utilidade da simulação para embasamento das decisões, lançando sementes para uma cultura institucionalizada de decisões baseadas em fatos e números, combinados, naturalmente, com a percepção de seus dirigentes sobre as dimensões do ideal e do possível.

Estes primeiros estudos já estão servindo de base para importantes desdobramentos, em busca de uma solução mais adequada na articulação entre a instrução aérea e a instrução técnico-especializada.

Entre os novos estudos que estão sendo propostos, e se desdobram deste, estamos utilizando mapas conceituais [20] que têm ajudado a visualizar o problema de decisão a partir de perspectivas mais amplas, combinando as abordagens quantitativa e qualitativa [21] incluindo abordagens multi-critério como a dos *reasoning maps* [22].

7. REFERÊNCIAS

- [1] Moore, Jeffrey H. & Weatherford, Larry R. Tomada de decisão em Administração com planilhas eletrônicas. São Paulo: Bookman, 2005.
- [2] Hair, C. et alii. Multivariate data analysis with readings. New York: Macmillan, 1998.
- [3] Davenport, Thomas H. & Harris, Jeanne G. Competing on analytics: the new science of winning. Boston: Harvard Business School Press, 2007.
- [4] *Ibid.*
- [5] Moore & Weatherford, op.cit.
- [6] Hair, et alii, op.cit.
- [7] Stevenson, William J. Estatística aplicada à administração. São Paulo: Harbra, 1986.
- [8] Moore & Weatherford, op.cit.
- [9] *Ibid.*

- [10] Davenport & Harris, op.cit.
- [11] Schwartz, Peter. A arte da visão de longo prazo: planejando o futuro em um mundo de incertezas. Rio de Janeiro: Best Seller, 2006.
- [12] Silva, Luiz Maurício de Andrade. Tomada de decisões em pequenas empresas. São Paulo: Cobra, 2004.
- [13] Moore & Weatherford, op.cit.
- [14] Porter, M. E. Competitive advantage. New York: The Free Press, 1985, pg.412.
- [15] Schwartz, op.cit.
- [16] Securato, José R. Decisões financeiras em condições de risco. São Paulo: Atlas, 1996.
- [17] Stevenson, op.cit.
- [18] *Ibid.*
- [19] Hair, et alii, op.cit.
- [20] Crandall, Beth, Klein, Gary & Hoffman, Robert R. Working minds: a practioner's guide to cognitive task analysis. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [21] Silva, Luiz Maurício de Andrade. Instrumentalização do planejamento estratégico: aplicação no setor aeroviário comercial brasileiro. Tese de doutorado: FEA/USP-181p, 2000.
- [22] Montibeller, G., Belton, V., Ackerman, F., Ensslin, L. "Reasoning maps for decision aid: an integrated approach for problem-sctructuring and multi-criteria evaluation". *Journal of operational research society*, 59, pg.575-589, 2008.