

***INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA***



Ivan Maciel Ribeiro

Modelo de previsão de insolvência para companhias aéreas

*Trabalho de Graduação*  
2009

***Civil***

Ivan Maciel Ribeiro

**Modelo de previsão de insolvência para companhias aéreas**

Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel (ITA)

Co-orientador

Prof. Dr. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira (ITA)

**Divisão de Engenharia Civil**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2009

## **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

### **Divisão de Informação e Documentação**

Ribeiro, Ivan Maciel

Modelo de previsão de insolvência para companhias aéreas / Ivan Maciel Ribeiro.

São José dos Campos, 2009.

53f.

Trabalho de Graduação – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil, 2009.  
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel; co-orientador: Prof. Dr. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira

1. Previsão econômica; 2. Solvência (Economia). 3. Transporte aéreo. 4. Análise de regressão. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil. II. Título

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

RIBEIRO, Ivan Maciel. **Modelo de previsão de insolvência para companhias aéreas**. 2009. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Ivan Maciel Ribeiro

TÍTULO DO TRABALHO: Modelo de previsão de insolvência para companhias aéreas

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2009

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

---

Ivan Maciel Ribeiro

Av. Dr. Cardoso de Melo, 463 – Vila Olímpia

04548-001 – São Paulo - SP


## MODELO DE PREVISÃO DE INSOLVÊNCIA PARA COMPANHIAS AÉREAS

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



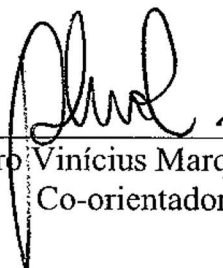
---

Wan Maciel Ribeiro  
Autor




---

Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel (ITA)  
Orientador



---

Prof. Dr. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira (ITA)  
Co-orientador



---

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto  
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 17 de Novembro de 2009

## **Agradecimentos**

A cada um que fez parte dessa longa – e ao mesmo tempo efêmera – jornada de seis anos.

Aos pais, pelo exemplo de vida, sabedoria e serenidade.

Aos familiares pelo apoio e pelos inesquecíveis momentos, ainda que breves, de retorno ao início de tudo.

Aos amigos, pelos momentos de diversão e tristeza, de saudades e novidades, de vitórias e derrotas.

Aos professores justos, por todos os exemplos que comigo seguem como modelo a ser seguido. Aos professor injustos, por ensinar através da própria existência a necessidade de se lutar contra aquilo que está errado.

Aos mochileiros atromelados, pela chance e privilégio incomparáveis de conhecer um pouco desse imenso mundo velho sem porteira.

E ao mundo, por existir.

*“Se as coisas parecem inatingíveis, ora.  
Não é motivo para não querê-las.  
Que triste os caminhos senão.  
Fosse a presença distante das estrelas.”*  
Mario Quintana

*“Navegar é preciso.  
Viver, não é preciso.”*  
Fernando Pessoa

## **Resumo**

Modelos de previsão de insolvência de empresas é um assunto bastante explorado na literatura sem que, no entanto, existam modelos customizados capazes de capturar as particularidades inerentes a indústria do transporte aéreo.

O presente trabalho constituiu uma tentativa de construção de um modelo de previsão de insolvência de empresas aéreas tendo como base os resultados de empresas aéreas brasileiras (VARIG, VASP e Transbrasil) que já passaram pelo processo de insolvência utilizando como variáveis explicativas índices financeiros de atividade (Giro de ativos), endividamento (Endividamento geral) e lucratividade (Retorno sobre ativos antes de juros e imposto de renda).

O modelo de previsão de insolvência construído fez uso das metodologias de árvore de regressão e de regressão linear múltipla resultando em um modelo final em que a variável dependente é o tempo, em anos, até a insolvência e as variáveis independentes são os índices financeiros categorizados.

Aplicou-se ainda o modelo obtido em um estudo de caso onde se analisou os resultados de empresas aéreas ainda atuantes no mercado (TAM e GOL) capturando com sucesso oscilações na saúde financeira das empresas ao longo de períodos de crise sem, no entanto, capturar mudanças mais sutis em períodos fora de crise.

## **Abstract**

Analyzing solvency of companies is a topic well covered in the existing literature. However, there are currently no specific models customized for the airline industry capable of dealing with specificities inherent to the sector.

The present paper constitutes the first attempt to build a customized model (based on available data from local national companies that have already become insolvent: VARIG, VASP, Transbrasil) capable of analyzing airline companies solvency through the use of activity (Asset turnover), profitability (Return on assets before interest and income taxes) and debt (Debt Ratio) financial ratios.

Regression tree and multiple linear regression methodologies were used resulting in a model in which the regressant is the time to bankruptcy (expressed in years) and the regressors are the financial ratios.

The final model was tested based on available data from airlines still present in the market (TAM and GOL) successfully capturing worsening in the financial performance of those companies through periods of crisis without, however, capturing more subtle changes in regular economic periods.



## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Motivação.....	12
1.2. Justificativa.....	13
1.3. Objetivo.....	13
1.4. Organização do texto.....	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1. Revisão de modelos de previsão de insolvência.....	15
2.1.1. Estudos realizados no mundo.....	15
2.1.1.1. Estudo de Altman.....	16
2.1.2. Estudos realizados no Brasil.....	17
2.1.2.1. Estudo de Stephen C. Kanitz.....	17
2.1.2.2. Estudo de Altman com empresas brasileiras.....	18
2.1.2.3. Estudo de Alberto Matias.....	20
2.1.2.4. Estudo de Pereira.....	20
2.2. Revisão da metodologia de regressão utilizadas.....	23
2.2.1. Árvore de regressão.....	23
2.2.2. Regressão linear múltipla.....	25
3. ESTUDO DE CASO.....	26
3.1. Explicação do Problema.....	26
3.2. Coleta de Dados.....	27
3.3. Seleção de Variáveis.....	28
3.3.1. Escolha das Variáveis.....	28
3.3.1.1. Análise de liquidez.....	28
3.3.1.2. Análise de atividade.....	29
3.3.1.3. Análise de endividamento.....	29
3.3.1.4. Análise de lucratividade.....	30
3.3.2. Interpretação das variáveis.....	31
3.4. Construção do modelo.....	36
3.5. Discussão de resultados.....	43
4. CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
APENDICE 1.....	52

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de análise Du Pont.....	31
Figura 2. Evolução do índice de liquidez corrente para a indústria brasileira do transporte aéreo. ....	34
Figura 3. Evolução do índice de endividamento geral para a indústria brasileira do transporte aéreo. ....	35
Figura 4. Sistema Du Pont aplicado à análise da evolução do índice de lucratividade para a indústria brasileira do transporte aéreo.....	36
Figura 5: Resultado obtido para a árvore de regressão utilizando como variáveis independentes RoA, LC e GA. ....	38
Figura 6: Resultado obtido para a árvore de regressão utilizando como variáveis independentes RoA, EG e GA.....	39
Figura 7. Resultado da regressão utilizando os índices de endividamento, atividade e lucratividade como variáveis e os limites de fronteira fornecidos pela árvore de regressão....	42
Figura 8. Resultado da regressão utilizando os índices de endividamento, atividade e lucratividade como variáveis e os limites de fronteira modificados .....	43
Figura 9: Evolução do índice de endividamento geral para a TAM (1998 ~ 2008).....	47
Figura 10: Evolução do índice de retorno sobre ativos para a TAM (1998 ~ 2008).....	48
Figura 11: Evolução do índice de giro de ativos para a TAM (1998 ~ 2008).....	48

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1. Índices financeiros selecionados para a indústria do transporte aéreo (1992 ~ 2000)	33
Tabela 2. Índices financeiros selecionados para a indústria do transporte aéreo (2000 ~ 2007)	33
Tabela 3. Resultados finais obtidos para os coeficientes do modelo.....	44
Tabela 4. Índices de EG, RoA e GA para a TAM (2003 ~ 2008) .....	45
Tabela 5. Índices de EG, RoA e GA para a TAM (1998 ~ 2002) .....	45
Tabela 6. Índices de EG, RoA e GA para a GOL (2004 ~ 2008).....	45
Tabela 7. Tempo para insolvência para a empresa TAM (2003 ~ 2008) .....	46
Tabela 8. Tempo para insolvência para a empresa TAM (1998 ~ 2003) .....	46
Tabela 9. Tempo para a insolvência para a empresa GOL (2004 ~ 2008).....	46
Tabela 10. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros - VARIG (R\$ Mil) .....	52
Tabela 11. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros - VASP (R\$ Mil).....	52
Tabela 12. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros - TRANSBRASIL (R\$ Mil).....	52
Tabela 13. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros– TAM (R\$ Mil) .....	53
Tabela 14. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros (continuação) – TAM (R\$ Mil).....	53
Tabela 15. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros – GOL (R\$ Mil) .....	53
Tabela 16. Dados utilizados para a calibração do modelo .....	54

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Motivação

A busca pela construção de modelos matemáticos capazes de avaliar a situação financeira de empresas é bastante extensa tendo iniciado no início do século 20 com Paul Fitzpatrick. Segundo Scarpel(2000), tal análise (geralmente realizada por meio de índices calculados a partir das demonstrações financeiras) surgiu da necessidade prática de avaliar-se o grau de solvabilidade das empresas que recorrem ao crédito, dando-se suporte às decisões de investimento e empréstimo.

Ainda segundo Scarpel(2000), na construção de modelos de previsão de solvência não se deve focalizar um índice isoladamente, uma vez que, as análises de liquidez, endividamento, atividade e lucratividade completam-se. Há sim a necessidade de um estudo abrangente, selecionando os índices que, no geral, sejam os mais importantes.

A indústria do transporte aéreo, particularmente, é uma indústria cujo desempenho econômico é extremamente volátil. Trata-se de um setor onde os grandes participantes enfrentam, constantemente, grandes problemas de lucratividade, alto endividamento e baixa liquidez.

É possível identificar alguns fatores como sazonalidade da demanda, indivisibilidade da oferta, perecibilidade do produto, necessidade de capital intenso e alta exposição a flutuação cambial e a variações do preço do barril de petróleo que ajudam a explicar, em parte, o porquê de ser um grande desafio para o setor conseguir equilibrar o fornecimento do serviço com a lucratividade de médio a longo prazo esperada para qualquer negócio.

Aliado a isso, existe a questão do alto grau de dependência mundial com relação a esse modal de transporte que faz com que a simples saída de um participante gere uma série de problemas de mercado que vão desde a demissão em massa de muitos trabalhadores gerando diversos problemas sindicais até uma brusca queda de oferta complicando bastante o trabalho dos agentes governamentais competentes. Não raro é necessária a intervenção de entidades governamentais no socorro a empresas do setor (VARIG, Alitalia, etc) para garantir um nível mínimo de serviço prestado e evitar demissões em massa regulando o funcionamento do setor.

É necessário, portanto, que se desenvolvam ferramentas de análise e previsão específicos para o setor capazes de interpretar resultados financeiros e operacionais determinando de maneira eficiente a estabilidade financeira das empresas possibilitando uma

antecipação de possíveis processos de saída permitindo, por exemplo, ao agente governamental um pré-planejamento tanto para uma possível tentativa de recuperação, quanto para a suavização dos efeitos de saída nos trabalhadores, no mercado e na demanda.

O presente trabalho desenvolve um modelo de previsão de solvência de empresas aéreas baseado na metodologia de árvore de regressão com base em análises de empresas que já passaram por processos de insolvência no passado.

## **1.2. Justificativa**

Como a indústria do transporte aéreo brasileiro é relativamente nova e passou por um longo período de forte regulamentação e intervenção governamental, são poucos os exemplos disponíveis de empresas insolventes (há apenas três exemplos correspondentes às empresas VARIG, VASP E TRANSBRASIL). Como consequência direta, obteve-se uma base de dados históricos disponível limitada impossibilitando o uso de metodologias mais usuais de confecção de modelos tais como os modelos do tipo Logit, bastante utilizado em análises financeiras de empresas.

A fim de contornar tais dificuldades, optou-se pela utilização de duas metodologias diferentes de regressão: inicialmente, utilizou-se a metodologia de árvore de regressão por sua capacidade de trabalhar base de dados pequenas conseguindo filtrar ao máximo ruídos gerando um modelo de boa confiabilidade. Posteriormente, a partir dos resultados obtidos da árvore, utilizou-se a metodologia de regressão linear múltipla para gerar o modelo final.

## **1.3. Objetivo**

O presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um modelo de previsão de solvência para empresas do setor aéreo brasileiro. Após a construção do modelo, os resultados obtidos foram aplicados em empresas ainda atuantes no mercado para períodos que abrangessem eventos de crises buscando verificar se o modelo obtido era capaz de capturar tais eventos e indicar se as empresas se aproximavam ou não de um processo de insolvência.

## **1.4. Organização do texto**

No capítulo 2 foi feita uma revisão da literatura descrevendo os modelos de previsão de solvência já existentes e as características principais de cada um. Realizou-se também uma revisão conceitual da metodologia de regressão empregada visando garantir que as particularidades do modelo a ser construído (massa de dados pequena e variável dependente ordinal) não comprometiam as hipóteses teóricas da metodologia utilizada.

No capítulo 3, realizou-se um estudo de caso detalhado da construção do modelo final descrevendo a escolha dos índices financeiros utilizados, o procedimento de coleta de dados e fontes utilizadas (todas as empresas utilizadas para a construção do modelo foram de capital aberto), o processo matemático para a construção do modelo, os resultados finais obtidos e a validação dos resultados finais através da realização de uma interpretação conceitual.

Por fim, no capítulo 4, fez-se uma análise final dos resultados obtidos com o modelo e verificou-se a sua aplicabilidade em situações reais através do uso de seus resultados em empresas que ainda atuam no mercado de modo a validar os resultados obtidos. Também foi realizada uma revisão crítica sobre as limitações teóricas e práticas do modelo, bem como algumas sugestões de possíveis trabalhos subseqüentes a serem desenvolvidos.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Revisão de modelos de previsão de insolvência**

#### **2.1.1. Estudos realizados no mundo**

Segundo Scarpel(2000), estudos buscando o entendimento do processo de solvência de empresas tiveram início no início do século 20 em 1932 com Paul Fitzpatrick. Entretanto, somente com Altam (1968) é que se passou a utilizar ferramentas estatísticas mais poderosas na construção dos modelos.

O estudo realizado por Paul Fitzpatrick selecionou, de forma aleatória, 19 empresas que faliram entre 1920 e 1929, comparando-as com 19 empresas bem sucedidas, procurando detectar diferenças entre um conjunto de índices calculados para as empresas. Os índices mais significativos, na diferenciação das empresas, foram o patrimônio líquido sobre o passivo e o lucro líquido sobre o patrimônio líquido. Fitzpatrick observou, também, que os índices das empresas bem sucedidas estavam acima de um padrão mínimo estabelecido, enquanto que, os índices das empresas falidas ficaram abaixo do padrão mínimo fixado.

Posteriormente, Winakor fez um estudo utilizando 183 empresas que faliram entre 1923 e 1931. Winakor analisou os 10 anos que antecederam as respectivas falências, examinando 21 índices montados a partir das demonstrações financeiras. O autor observou que, à medida que se aproximava o ano da falência, os índices deterioravam-se. Para esse conjunto de 183 empresas, o que melhor previu a falência foi o índice capital de giro sobre o ativo total.

O estudo de Tamari é citado como o primeiro a usar uma espécie de composto de vários índices [SILVA(1997)], com vistas a prever falência ou insolvência de empresas. Para cada uma das empresas analisadas, multiplicou-se o valor de cada um dos índices por um peso, obtendo-se uma pontuação (score) em uma escala particular. O maior peso foi dado a um índice calculado pela tendência do lucro e capital social mais reservas sobre o passivo total, uma vez que esse índice foi considerado como o melhor na previsão de insolvência das empresas analisadas. Nesse estudo utilizaram-se informações de um ano antes da falência das empresas.

Em 1966, Beaver realizou um estudo com os dados sobre falência e inadimplência de 79 empresas, entre 1954 e 1964, comparando-os com os dados de 79 empresas com boa saúde

financeira. As demonstrações financeiras das empresas insolventes foram agrupadas por ano, durante cinco anos antes de sua insolvência, para serem comparadas com as do grupo de empresas solventes. O estudo foi iniciado utilizando 30 índices, chegando, posteriormente, nos seis mais significativos (geração de caixa sobre dívida total, taxa de retorno sobre o ativo total, endividamento total, capital de giro sobre o ativo total, liquidez corrente e capital circulante líquido menos estoques sobre desembolsos operacionais previstos). Beaver dividiu, aleatoriamente, as empresas em dois grupos. No primeiro grupo, para cada um dos índices, os dados foram dispostos em ordem crescente, de forma que fosse possível encontrar um índice limite, ou crítico, que minimizasse a porcentagem de predições incorretas. Assim, uma empresa era classificada como falida se o seu índice estivesse abaixo do índice limite.

O índice limite, ou crítico, para o primeiro grupo de empresas foi utilizado para prever a falência das empresas do segundo grupo. De forma semelhante, um índice limite foi obtido a partir do segundo grupo e foi utilizado para prever a falência das empresas do primeiro grupo de empresas. Dessa forma, observou-se a capacidade de predição dos índices. Os dois índices de maior capacidade de predição foram a geração de caixa sobre o exigível total e a taxa de retorno sobre o ativo total, errando a classificação de 13% das empresas, quando utilizou dados de um ano antes da falência.

O uso de análise discriminante para previsão de insolvência e classificação de empresas teve início em 1968 com Altman [ALTMAN(1968)].

#### **2.1.1.1. Estudo de Altman**

Edward Altman [ALTMAN(1968)] construiu um modelo para previsão de insolvência e análise da situação financeira de empresas utilizando instrumentos estatísticos mais evoluídos que os estudos realizados anteriormente, escolhendo a análise discriminante múltipla, com o objetivo de superar as deficiências das análises baseadas em um único índice. O uso da análise discriminante, além de identificar um grupo de índices com capacidade de separar empresas boas de empresas ruins, determina um peso para cada índice, o qual é decorrente da sua ordem de grandeza e da sua importância relativa, sem que, para determinação desses pesos, prevaleçam critérios arbitrários. A função desenvolvida por Altman tem a seguinte forma:



$$Z = 0,012.X_1 + 0,014.X_2 + 0,033.X_3 + 0,006.X_4 + 0,0999.X_5$$

Sendo:

$$X_1 = (\text{Ativo circulante} - \text{passivo circulante}) / \text{Ativo Total}$$

$$X_2 = \text{Lucros retidos} / \text{Ativo Total}$$

$$X_3 = \text{LAJIR} / \text{Ativo Total}$$

$$X_4 = \text{Valor de mercado do equity} / \text{Exigível Total}$$

$$X_5 = \text{Vendas} / \text{Ativo Total}$$

Onde LAJIR é o lucro antes do pagamento dos juros e imposto de renda. O valor de mercado do **equity** pode ser obtido multiplicando o número de ações de uma empresa pelo seu preço de mercado. Para a função desenvolvida por Altman, obteve-se um valor médio de Z de -0,29 para o grupo de empresas falidas e 5,02 para o grupo de empresas em fase operacional.

Altman desenvolveu outros estudos, criando novos modelos, um dos quais desenvolvido com empresas brasileiras, que será exposto posteriormente.

### 2.1.2. Estudos realizados no Brasil

Os estudos realizados no Brasil, assim como os desenvolvidos no exterior, tem o propósito de detectar ou prever situações de insolvência. Segundo SILVA(1997) uma das principais barreiras para o desenvolvimento da análise dos trabalhos realizados no Brasil é a relativa escassez de pesquisas desenvolvidas com o propósito de encontrar parâmetros para previsão de insolvências ou para servirem de guias à concessão de crédito.

#### 2.1.2.1. Estudo de Stephen C. Kanitz

Stephen C. Kanitz foi o pioneiro na utilização de análise discriminante no Brasil, desenvolvendo o chamado “Termômetro de Insolvência”. KANITZ(1978) apresenta a fórmula do fator de insolvência:

$$FI = 0,05. X_1 + 1,65. X_2 + 3,55. X_3 - 1,06. X_4 + 0,33. X_5$$

Sendo:

FI = Fator de Insolvência

$X_1$  = Taxa de retorno sobre o patrimônio líquido

$X_2$  = (Ativo circulante + realizável a Longo Prazo) / Exigível Total

$X_3$  = (Ativo circulante – estoques) / Passivo circulante

$X_4$  = Liquidez corrente

$X_5$  = Exigível Total / Patrimônio Líquido

Nesse modelo, uma empresa com fator de insolvência entre  $-7$  e  $-3$  está na faixa de insolvência, na faixa entre  $-3$  e  $0$  está na região penumbra, ou indefinida e uma empresa com fator de insolvência entre  $0$  e  $7$  está na faixa de solvência.

É possível observar que as variáveis explicativas  $X_4$  e  $X_5$  apresentam sinal contrário à lógica e à intuição, decorrente provavelmente de multicolinearidade entre as variáveis explicativas, uma vez que a liquidez corrente ( $X_4$ ) é definida como sendo um índice do tipo quanto maior, melhor, relacionando-se ao grau de solvabilidade de uma empresa e o índice exigível total/patrimônio líquido ( $X_5$ ) é um índice do tipo quanto maior, pior, pois se relaciona ao grau de endividamento de uma empresa.

### **2.1.2.2. Estudo de Altman com empresas brasileiras**

ALTMAN et al.(1979), abordam estatísticas baseadas no nível de endividamento sobre o patrimônio líquido de uma amostra de empresas brasileiras. Verificaram que a despesa financeira das empresas teve um crescimento percentual maior que o lucro líquido antes do imposto de renda, concluindo, assim, que as empresas, em geral, vinham endividando-se em escala crescente. Além disso, desenvolveram um modelo para previsão de insolvência e análise da situação financeira de empresas, utilizando análise discriminante em um conjunto de 23 empresas com problemas financeiros e 35 empresas sem problemas financeiros. Na construção desse modelo, utilizaram balanços de três exercícios. Para as empresas com problemas financeiros, usaram a demonstração financeira do ano anterior ao exercício em que ocorreu a falência ou outros problemas e para as empresas sem problemas financeiros, utilizaram as demonstrações financeiras dos anos correspondentes.

No que diz respeito às variáveis explicativas, foram utilizadas as mesmas cinco variáveis do modelo original de ALTMAN(1968) com algumas alterações, devido à necessidade de compatibilizar o modelo com as demonstrações financeiras feitas pelas

empresas brasileiras. Quanto à escolha das empresas, consideraram como empresas com problemas financeiros, aquelas com pedidos formais de falência ou concordata, com soluções extrajudiciais com intervenção do credor na reorganização da empresa, ou aquelas que encerraram suas atividades sem recorrer a meios legais.

Os modelos obtidos foram:

$$Z_1 = -1,44 + 4,03.X_2 + 2,25.X_3 + 0,14.X_4 + 0,42.X_5$$

$$Z_2 = -1,84 - 0,51.X_1 + 6,32.X_3 + 0,71.X_4 + 0,52.X_5$$

Sendo:

$$X_1 = (\text{Ativo circulante} - \text{Passivo circulante}) / \text{Ativo total}$$

$$X_2 = (\text{não exigível} - \text{capital aportado pelos acionistas}) / \text{Ativo total}$$

$$X_3 = \text{Lucros antes dos juros e impostos} / \text{Ativo total}$$

$$X_4 = \text{Patrimônio líquido} / \text{Exigível total}$$

$$X_5 = \text{Vendas} / \text{Ativo total}$$

Em  $X_2$ , (não exigível menos capital aportado pelos acionistas) corresponde às reservas + lucros retidos. A variável explicativa  $X_4$ , foi ajustada em relação ao modelo original desenvolvido em ALTMAN(1968), uma vez que no modelo original, ao invés de dividir o patrimônio líquido pelo exigível total, divide-se o valor de mercado do **equity** pelo exigível total.

Segundo os autores, os modelos  $Z_1$  e  $Z_2$  apresentam resultados análogos, tendo o ponto crítico em zero. No modelo  $Z_1$ , a variável  $X_1$  não contribuiu para o poder explicativo do mesmo, além de apresentar sinal contrário à lógica e à intuição, sendo retirada do modelo. Já no modelo  $Z_2$  a variável  $X_2$  não foi incluída em razão da dificuldade de quantificar os lucros retidos com base apenas nas demonstrações financeiras recentes e da semelhança entre as variáveis explicativas  $X_2$  e  $X_4$  após as adaptações.

Pela utilização de  $Z_1$ , os autores observaram que a faixa crítica estava entre  $-0,34$  e  $+0,20$ . Acima de  $0,20$  estavam as empresas sem problemas financeiros, enquanto que abaixo de  $-0,34$  estavam as empresas com problemas financeiros. Os resultados citados pelos autores mostram que o modelo teve uma precisão de 88% na classificação das empresas, quando se utilizou dados das demonstrações financeiras de um ano antes da constatação dos problemas financeiros e uma precisão de 78% quando aplicado com três anos de antecedência da constatação dos problemas.

### 2.1.2.3. Estudo de Alberto Matias

Em 1978, Alberto Borges Matias, desenvolveu um modelo utilizando análise discriminante, ao trabalhar com 100 empresas de diversos ramos de atividade, das quais 50 eram solventes e 50 insolventes. Segundo MATIAS(1978), empresas solventes são aquelas que desfrutam de crédito amplo pelo sistema bancário, sem restrições ou objeções a financiamentos ou empréstimos, enquanto que empresas insolventes são aquelas que tiveram processos de concordata, requerida e/ou diferida, e/ou falência decretada.

O modelo obtido foi:

$$Z = 23,792.X_1 - 8,260.X_2 - 8,868.X_3 - 0,764.X_4 + 0,535.X_5 + 9,912.X_6$$

Sendo:

$X_1$  = patrimônio líquido / Ativo total

$X_2$  = Financiamentos e empréstimos bancários / Ativo circulante

$X_3$  = Fornecedores / Ativo total

$X_4$  = Ativo circulante / Passivo circulante

$X_5$  = Lucro operacional / Lucro bruto

$X_6$  = Disponível / Ativo total

As médias da função discriminante foram de 11,176 para as empresas solventes e 0,321 para as empresas insolventes, enquanto que o desvio padrão foi de 3,328 nos dois casos. Das 50 empresas solventes, 44 foram classificadas corretamente, 1 incorretamente e 5 ficaram numa região duvidosa. Das 50 empresas insolventes, 45 foram classificadas corretamente, 2 incorretamente e 3 ficaram na região duvidosa.

### 2.1.2.4. Estudo de Pereira

Em 1982, José Pereira da Silva, desenvolveu um modelo para classificação de empresas com vistas à concessão de crédito, utilizando análise discriminante [SILVA(1997)]. O modelo desenvolvido visou, inicialmente, auxiliar em operações de crédito de curto prazo para empresas médias e grandes. Silva desenvolveu quatro modelos, sendo dois para empresas industriais ( $Z_i$ ) e dois para empresas comerciais ( $Z_c$ ). Para cada tipo de empresa (industriais e comerciais) desenvolveu-se um modelo utilizando as demonstrações financeiras do último exercício antes da insolvência ( $Z_1$ ) e um modelo utilizando as demonstrações financeiras de dois exercícios antes da insolvência da empresa ( $Z_2$ ).

Os modelos obtidos foram:

Para empresas industriais:

$$Z_{1i}=0,722-5,124.X_1+11,016.X_2-0,342.X_3-0,048.X_4+8,605.X_5-0,004.X_6$$

$$Z_{2i}=5,235+9,693.X_5-9,437.X_7-0,010.X_8+5,327.X_9-3,939.X_{10}-0,681.X_{11}$$

Sendo:

$$X_1 = \text{Duplicatas descontadas} / \text{Duplicatas a receber}$$

$$X_2 = \text{Estoques} / \text{Custo do produto vendido}$$

$$X_3 = \text{Fornecedores} / \text{Vendas}$$

$$X_4 = (\text{Estoque médio} / \text{Custo dos produtos vendidos}) * 360$$

$$X_5 = (\text{Lucro oper.} + \text{despesas financ.}) / (\text{Ativo total médio} - \text{investim. médio})$$

$$X_6 = (\text{Capital de terceiros}) / (\text{Lucro líquido} + 0,1.\text{IM} - \text{saldo da CM})$$

$$X_7 = (\text{Passivo circulante} + \text{Exigível a longo prazo}) / \text{Ativo total}$$

$$X_8 = (\text{Variação do imobilizado}) / (\text{Lucro líquido} + 0,1.\text{IM} - \text{saldo CM} + \text{VELP})$$

$$X_9 = \text{Fornecedores} / \text{Ativo total}$$

$$X_{10} = \text{Estoques} / \text{Ativo total}$$

$$X_{11} = \text{Ativo circulante} / \text{Passivo circulante}$$

Onde IM é imobilizado médio, CM é correção monetária, e VELP é variação do exigível a longo prazo.

O ativo total médio foi obtido pela média aritmética do ativo total no ano e o ativo total no ano anterior. Da mesma forma calculou-se o investimento médio.

Segundo Silva, quando o denominador das variáveis explicativas  $X_6$  e  $X_8$  forem negativos, considera-se seu módulo como denominador e acrescenta-se, também, esse módulo ao numerador.

Para empresas comerciais:

$$Z_{1c}=1,327+7,561.X_1+8,201.X_2-8,546.X_3+4,218.X_4+1,982.X_5+0,091.X_6$$

$$Z_{2c}=2,368-1,994.X_1+8,059.X_5+0,138.X_7-0,187.X_8-0,025.X_9-0,184.X_{10}$$

Sendo:

$$X_1 = (\text{Reservas} + \text{Lucros suspensos}) / \text{Ativo total}$$

$$X_2 = \text{Disponível} / \text{Ativo total}$$

$$X_3 = (\text{Ativo circulante} - \text{Disponível} - \text{Passivo circulante} + \text{FIC} + \text{DD}) / \text{Vendas}$$

$$X_4 = (\text{Lucro Operacional} + \text{DF}) / (\text{Ativo total médio} + \text{Investimento médio})$$

$$X_5 = \text{Lucro operacional} / \text{Lucro bruto}$$

$$X_6 = (\text{Patrimônio líquido} / \text{Capital Terc.}) / (\text{Margem bruta} / \text{Ciclo financeiro})$$

$$X_7 = (\text{Variação Imobil.}) / (\text{Lucro líquido} + 0,1.\text{IM} - \text{Saldo da CM} + \text{VELP})$$

$X_8 = \text{Disponível} / \text{Ativo permanente}$

$X_9 = \text{Duplicatas a receber} * (360 / \text{Vendas})$

$X_{10} = (\text{Ativo total médio} - \text{STC médios}) / \text{Patrimônio líquido médio}$

Onde FIC são os financiamentos de institutos de crédito, DD são as duplicatas descontadas, DF são as despesas financeiras, IM é o imobilizado médio, CM é a correção monetária, VELP é a variação do exigível a longo prazo e STC são os salários, tributos e correções.

O ativo total médio e o investimento médio foram calculados conforme descrito anteriormente. De acordo com SILVA(1997), quando o denominador de  $X_7$  for menor que zero, considera-se o módulo como denominador, acrescentando-se, também, seu módulo ao numerador. Para a variável explicativa  $X_{10}$ , quando o patrimônio líquido médio for negativo, procede-se como em  $X_7$ , isto é, considera-se seu módulo no denominador acrescentando-o ao numerador.

O ciclo financeiro pode ser obtido pela soma do prazo médio de rotação dos estoques com o prazo médio de recebimento das vendas, subtraindo-se, posteriormente, o prazo médio de pagamento das compras. Quando a soma desses três itens tiver resultado negativo, considera-se seu módulo no denominador da variável explicativa  $X_6$ .

Nesses modelos, o ponto de separação entre empresas insolventes e boas é zero. Assim, se  $Z_{1i}$  e  $Z_{2i}$  ou  $Z_{1c}$  e  $Z_{2c}$  forem maiores que zero, a empresa é considerada boa e se forem menores que zero, a empresa é considerada como insolvente.

Para classificar uma empresa, o autor recomenda que se apliquem os dois modelos ( $Z_1$  e  $Z_2$ ), simultaneamente, sobre os dados da demonstração financeira dos dois últimos exercícios disponíveis. O modelo  $Z_1$  indicará a possibilidade de insolvência para o próximo exercício e o modelo  $Z_2$  para até os dois próximos exercícios. Dessa forma, se a empresa for classificada boa, pelos dois modelos, tem-se o sinal verde, sendo a empresa classificada como solvente, se ela for classificada como insolvente pelos dois modelos, tem-se o sinal vermelho e se a empresa for classificada como boa em um dos modelos e como insolvente pelo outro, tem-se o sinal amarelo, sendo necessária uma análise complementar, ou seja, a empresa será classificada como duvidosa.

## 2.2. Revisão da metodologia de regressão utilizadas

O modelo de previsão de insolvência proposto inicialmente apresentou a particularidade de possuir uma massa de dados de tamanho reduzido, o que impossibilitava o uso inicial da metodologia de regressão linear múltipla. Trata-se de um problema relativamente comum em alguns modelos de regressão e que pode comprometer o estudo realizado devido a uma série de razões como a presença de bastante ruído, pouca aderência, etc.

Para contornar tal problema, optou-se por utilizar a combinação de duas metodologias de regressão. Iniciou-se com a metodologia de árvore de regressão buscando um tratamento mais refinado da massa de dados eliminando os efeitos de possíveis ruídos e maximizando a aderência da massa de dados. Posteriormente, a partir de uma massa de dados melhor trabalhada, aplicou-se a metodologia usual de regressão linear múltipla de modo a gerar o modelo final.

### 2.2.1. Árvore de regressão

A metodologia de árvore de regressão consiste em um procedimento muito útil para o tratamento de modelos cuja amostra de dados é reduzida gerando resultados com boa aderência e confiabilidade satisfatória com a capacidade de fornecer resultados que mostram diretamente como as variáveis independentes se relacionam e conjuntamente influenciam o comportamento final do modelo. Por tal motivo a metodologia foi utilizada na construção do modelo de previsão de solvência.

Trata-se de um procedimento que busca desagrupar a base de dados inicial e reagrupá-la em função de uma ou mais variáveis utilizadas no modelo gerando diferentes *clusters* formados por pontos que possuem uma maior aderência entre si (particionando a regressão em “sub-regressões” de modo a minimizar os erros localmente) possibilitando a categorização das variáveis utilizadas e, portanto, a criação de diferentes cenários de decisão (sejam eles binários do tipo “sim/não, maior/menor” ou múltiplos) resultando em um modelo final do tipo “árvore de decisão” em que as variáveis explicativas seguem as categorizações definidas inicialmente na árvore de regressão.

A metodologia cria uma espécie de “filtro” da massa de dados inicial de modo a minimizar o erro total resultante (através de um processo de minimização de erros local) e maximizar a aderência do modelo global.

Um dos principais benefícios decorrentes da utilização de metodologias baseadas em árvores de decisão é a maior facilidade de interpretação imediata dos resultados obtidos de uma maneira lógica e intuitiva. Tal interpretabilidade possui duas manifestações. Em primeiro lugar, é possível interpretar o resultado final para qualquer padrão particular das variáveis de classificação utilizadas como a conjunção de decisões ao longo da árvore até o seu nó inicial. Como exemplo, pode-se imaginar que as propriedades sejam {gosto, cor, forma, tamanho} e o padrão seja  $x = \{\text{doce, amarelo, fino, médio}\}$ . Então, a classificação final é banana devido a sua cor (amarelo) e a sua forma (fina).

Matematicamente, seja um modelo de regressão composto pelas variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_n$  do tipo  $Y_i = \alpha X_1 + \beta X_2 + \gamma X_3 + \dots + \xi X_n$  e uma amostra de dados inicial  $R^p = \{(X_{11}, X_{21}, \dots, X_{31}, Y_1), (X_{12}, X_{22}, \dots, X_{32}, Y_2), \dots, (X_{1n}, X_{2n}, \dots, X_{3n}, Y_n)\}$ . Seleciona-se inicialmente  $k$  sub-partições da amostra inicial para uma variável  $X_{in}$ . Supondo  $k=2$  e  $i = 4$ , ter-se-ia  $R^{j1}$  e  $R^{j2}$  tal que  $R^p = \{R^{j1}, R^{j2}\}$  e  $R^{j1} = \{X_{4n} \in R^p : X_{4n} \in R^{j1} \text{ e } X_{4n} \leq c\}$ ;  $R^{j2} = \{X_{4n} \in R^p : X_{4n} \in R^{j2} \text{ e } X_{4n} > c\}$ , onde  $c$  é um ponto arbitrado tal que  $\min(X_{4n}) < c < \max(X_{4n})$ . Calcula-se então o erro total resultante do somatório dos erros de cada uma das sub-partições para um  $c$  escolhido dado,

para o caso  $k=2$ , por:  $(\sum_{i: X_i \in R_{j1}} (Y_i - \beta_1)^2 + \sum_{i: X_i \in R_{j2}} (Y_i - \beta_2)^2)$ , onde o coeficiente de regressão é obtido

através do cálculo das médias locais  $\beta_k = \sum_{i=1}^n Y_i 1_{(x_i \in R_{jk})} / \sum_{i=1}^n 1_{(x_i \in R_{jk})} = \text{Média}(Y_i : X_i \in R_{jk})$ .

Repete-se então o processo de maneira iterativa até que seja encontrada a partição que resulte no erro total mínimo para a variável  $X_{4n}$  utilizada. O resultado final obtido é a partição desejada. Pode-se então recomeçar o processo a partir das sub-partições definidas (nesse exemplo,  $R^{j1}$  e  $R^{j2}$ ) tanto para a mesma variável  $X_{4n}$ , quanto para quaisquer variáveis  $X_{in}$  que também estejam sendo utilizadas no modelo até que se obtenha o número de partições desejadas ou até que algum critério de parada definido seja atingido.

Em modelos de árvore de regressão é possível definir o número de partições utilizadas, o tipo de partições (binária ou múltipla), as condições de parada e a maneira de medir a qualidade do resultado final (utiliza-se como padrão a soma dos erros quadráticos).

No presente estudo utilizou-se a versão 8 de uso gratuito do software de análise estatística JMP® devido à facilidade da interface de manuseio da árvore de regressão.



### 2.2.2. Regressão linear múltipla

Segundo Gujarati (2004), a metodologia de regressão linear pode ser utilizada com variáveis dependentes  $Y$  do tipo “escala/razão” quantitativas (ainda que somente inteiras) como é o caso da variável temporal  $y(t)$  definida no modelo.

Variáveis do tipo “escala/razão” são definidas como variáveis em que tanto a razão  $Y_1/Y_2$  quanto a diferença ( $Y_1 - Y_2$ ) entre dois valores quaisquer são relevantes do ponto de vista conceitual. Ainda segundo Gujarati (2004), a metodologia também pode ser aplicada para casos de variáveis independentes do tipo binárias, categorizadas ou ordinais sendo necessária apenas a verificação caso a caso de que as hipóteses iniciais da metodologia são respeitadas.

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1. Explicação do Problema.

A crescente dependência da sociedade para com o modal de transporte aéreo aliado às características econômicas específicas do negócio tornam extremamente importante a existência de ferramentas capazes de analisar a saúde financeira das empresas e prever sua capacidade/incapacidade de continuar operando.

Um controle mais próximo e mais constante, tanto por parte das empresas, quanto por parte dos órgãos governamentais, possibilita uma melhor antecipação de possíveis problemas e, por conseguinte, o desenvolvimento prematuro de medidas – que de acordo com a gravidade da situação podem ser de mitigação, recuperação ou mesmo compensação - aplicáveis caso a caso visando desde a recuperação de uma companhia em estágio inicial de insolvência até a suavização de uma possível saída de um jogador minimizando efeitos negativos no mercado como a queda brusca da oferta disponível e o aumento do desemprego.

Conforme exposto anteriormente, existem atualmente na literatura diversos modelos estatísticos que buscam endereçar o problema de solvência de empresas. Entretanto, tais modelos foram construídos de modo generalista com base em dados de diversas indústrias sendo, por natureza, incapazes de incorporar as especificidades relativas a uma determinada indústria nos resultados.

A indústria do transporte aéreo, particularmente, possui diversas especificidades – tais como vulnerabilidade cambial, dependência excessiva de *commodities*, indivisibilidade da oferta, etc. – que fazem com que os resultados obtidos através do uso de modelos generalistas sejam questionados ainda mais por não incorporarem tais efeitos.

Não há, portanto, nenhum modelo customizado para a indústria do transporte aéreo e as possibilidades de aplicação dos modelos existentes são bastante limitadas criando, finalmente, uma clara necessidade de elaboração de um modelo específico cujo processo construtivo incorpore todas as particularidades da indústria através da utilização uma base de dados customizada para o problema.

### 3.2. Coleta de Dados.

Para a construção de um modelo de regressão para a previsão de insolvência foi-se necessário, primeiramente, a construção de uma base de dados representativa do problema estudado (empresas brasileiras da indústria do transporte aéreo que passaram por um processo de insolvência) e cujo tamanho tornasse o modelo estatisticamente relevante de modo a possibilitar uma boa adesão e representatividade finais.

Como o foco específico do presente estudo referiu-se apenas à empresas brasileiras de grande porte que passaram por um processo de insolvência, houve uma redução da base de dados disponível reduzindo a amostra a somente três empresas: VARIG, VASP e Transbrasil.

Ainda houve, posteriormente, a necessidade de realização de um teste do modelo obtido buscando inferir se o mesmo seria capaz de indicar períodos de problemas financeiros ou até mesmo de insolvência para empresas que ainda estão no mercado. Nesse sentido se escolheu as empresas Gol e TAM.

Conforme descrito anteriormente, as variáveis independentes escolhidas geralmente são indicadores financeiros, cuja determinação decorre diretamente do uso de dados contábeis em sua maioria disponibilizados publicamente pelas próprias empresas (as três companhias escolhidas foram de capital aberto), por órgãos reguladores (CVM) ou por instituições onde as empresas foram listadas (Bovespa).

Entretanto, não foi possível realizar a coleta de dados tanto através da CVM, quanto através da Bovespa. Como alternativa, pesquisou-se a base de dados da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC (extinto Departamento de Aviação Civil – DAC) obtendo-se os dados desejados através da publicação anual *Anuário do Transporte Aéreo – Dados Econômicos* disponibilizado tanto eletronicamente (a partir de 1997), quanto na forma impressa (a partir de 1983).

Para fins de construção de modelo, utilizou-se somente o período correspondente aos últimos 8 anos de funcionamento de cada empresa antes do momento da insolvência por considerar que um período maior de estudo agregaria pouco e poderia trazer ainda mais ruídos ao modelo.

Para fins de teste do modelo utilizou-se o maior período de tempo possível que contivesse eventos notoriamente capazes de afetar a saúde de empresas aéreas (crises internacionais, por exemplo) a fim de verificar a capacidade do modelo de acusar o impacto de tais eventos. Como as duas empresas escolhidas para teste são relativamente novas no mercado,

os dados obtidos possibilitaram apenas a comparação com os períodos de crise correspondentes aos atentados de 11 de setembro (2001) e crise mundial de 2007/2008

Há uma ressalva com relação à empresa VARIG cujo resultado para o ano de 2004 apresenta um comportamento bastante destoante do restante da amostra o que levantou suspeitas sobre a confiabilidade dos resultados declarados. Por ser a amostra pequena e por isso mais susceptível a erros optou-se por retirar o ano de 2004 para a VARIG incluindo o ano de 1996 para completar o período necessário de 8 anos.

Os dados finais utilizados encontram-se nas tabelas 10,11 e 12 do apêndice 1

### **3.3. Seleção de Variáveis**

#### **3.3.1. Escolha das Variáveis**

De acordo com Scarpel(2000), a análise das demonstrações financeiras é baseada no conhecimento e uso de índices ou valores relativos GITMAN(1997) . Essa análise, por meio de índices, envolve os métodos de cálculo e a interpretação dos índices financeiros, para avaliar o desempenho, a lucratividade, a situação e o grau de risco de uma empresa, auxiliando na compreensão e avaliação de aspectos como a capacidade de pagamento da empresa por intermédio da geração de caixa, a capacidade de remunerar os investidores gerando lucro em níveis compatíveis com suas expectativas, o nível de endividamento, o motivo e a qualidade do endividamento.

Ainda de acordo com Scarpel(2000), por conveniência, os índices financeiros podem ser subdivididos em quatro grupos: índices de liquidez, de atividade, de endividamento e de lucratividade.

##### **3.3.1.1. Análise de liquidez**

A liquidez de uma empresa é medida pela sua capacidade de satisfazer suas obrigações de curto prazo, ou seja, refere-se à facilidade com a qual ela pode pagar suas contas. O risco de liquidez a curto prazo surge, principalmente, da necessidade de financiamento de operações correntes [GITMAN(1997)].

O índice selecionado, referente à análise de liquidez, foi o de liquidez corrente (LC). Esse índice é calculado dividindo-se o ativo circulante (caixa, estoques e contas a receber) pelo passivo circulante (obrigações a vencer no próximo exercício).

Assim, esse é um índice que se relaciona de forma inversamente proporcional ao risco de curto prazo da empresa, pois indica quanto a empresa possui em dinheiro, em bens e direitos realizáveis no curto prazo, comparado com as dívidas a serem pagas no mesmo período.

Naturalmente quanto maior o índice, melhor será considerado o posicionamento da empresa frente a sua capacidade de honrar suas dívidas.

### **3.3.1.2. Análise de atividade**

Os índices de análise de atividade, também, são conhecidos como índices de análise de eficiência. Eles são utilizados para medir a rapidez com que várias contas são convertidas em vendas ou em caixa, assim como, a eficiência da empresa na utilização dos seus ativos permanentes e do ativo total [GITMAN(1997)].

Dentre os índices utilizados para medir a eficiência da empresa na utilização dos seus ativos, destaca-se o giro do ativo total (GA). Esse índice relaciona-se à eficiência da empresa na utilização do seu ativo total na geração de receita, uma vez que é calculado dividindo-se a receita (ou vendas) total pelo ativo total.

A interpretação do índice é de que quanto maior, melhor, uma vez que um baixo valor do giro de ativo indica que a empresa está gerando pouca receita a partir dos ativos que possui (subutilização de ativos).

### **3.3.1.3. Análise de endividamento**

A situação de endividamento de uma empresa indica o montante de recursos de terceiros que está sendo usado, na tentativa de gerar lucros. Diferentemente da análise de liquidez, que se refere à solvência da empresa, a curto prazo, a análise de endividamento preocupa-se com medidas de solvência a longo prazo, buscando identificar a capacidade da empresa atender aos pagamentos de juros e principal a longo prazo [GITMAN(1997)].

Ainda, segundo GITMAN(1997), em geral, quanto mais dívida a empresa usa em relação ao total de seu ativo, maior será sua alavancagem financeira, termo usado para descrever a ampliação do risco e do retorno ocasionada pelo uso de financiamento a custos fixos, como dívida e ações preferenciais. Em outras palavras, quanto maior o endividamento a

custos fixos, ou alavancagem financeira, de uma empresa, maior serão o seu risco e o seu retorno esperados.

Quanto à análise de endividamento, optou-se pela utilização de uma medida relacionada ao grau de endividamento, o qual mede o montante da dívida em relação a outras grandezas significativas do balanço patrimonial, ou seja, mede a proporção dos ativos totais da empresa financiada pelos credores, indicando, também, em caso de liquidação, se uma empresa conseguiria honrar suas dívidas (pressupondo que os ativos estão corretamente avaliados). Entre as medidas do grau de endividamento, escolheu-se o índice de endividamento geral (EG), o qual é calculado pela razão entre o exigível total (= passivo circulante + exigível a longo prazo) e o ativo total.

O índice de endividamento possui comportamento inverso aos demais sendo do tipo quanto maior, pior, pois está relacionado, de forma diretamente proporcional, ao risco da empresa.

#### **3.3.1.4. Análise de lucratividade**

Segundo GITMAN(1997), existem diversas maneiras de medir a lucratividade de uma empresa, permitindo ao analista avaliar os lucros em confronto com um dado nível de vendas, um certo nível de ativos, o investimento dos proprietários, ou o valor da ação. O lucro é o principal estímulo do empresário e uma das formas de avaliação do êxito de um empreendimento. Sem lucros uma empresa não atrairá capital de terceiros, seus atuais credores e proprietários poderão ficar preocupados com o futuro da empresa e tentar reaver seus fundos.

Na análise de lucratividade, o índice mais representativo é a taxa de retorno sobre o patrimônio líquido, uma vez que é o valor relacionado à lucratividade da empresa que interessa ao empresário. Porém, esse índice guarda “dentro de si” características relacionadas à análise de endividamento, pois reflete o grau de alavancagem financeira, paralelamente, à lucratividade da empresa, sendo calculado pelo produto da taxa de retorno sobre o ativo total pelo multiplicador de alavancagem financeira. Assim, para que o índice da análise de lucratividade fosse independente do da análise de endividamento, optou-se pela utilização da taxa de retorno sobre o ativo total, antes do pagamento dos juros e da tributação (ROA AJIR). O ROA AJIR é, freqüentemente, chamado de retorno sobre o investimento da empresa. Ele mede a eficiência global da administração na geração de lucros a partir de seus ativos, antes de considerar os efeitos dos financiamentos. Esse índice é calculado dividindo-se o LAJIR (lucro antes do pagamento de juros e imposto de renda) pelo ativo total.

Para o retorno sobre ativos (RoA) a interpretação é que, sendo o índice uma medida de lucratividade, quanto mais alto for esse índice, melhor.

### 3.3.2. Interpretação das variáveis

O sistema de análise financeira *Du Pont* foi inicialmente proposto por F. Donaldson Brown em 1914. Trata-se de uma técnica que permite a análise do desempenho de uma empresa (RoA) através da decomposição do índice financeiro principal em sub-índices operacionais mais tradicionais incorporando elementos tanto do demonstrativo de resultados (DRE), quanto do balanço patrimonial de uma empresa.

O ROA AJIR (antes de juros e imposto de renda) de uma empresa, por exemplo, pode ser expresso como uma função de sua margem de lucro operacional sobre suas vendas (margem líquida) e seu índice de giro do ativo total (GA). Assim:  $ROA\ AJIR = \text{margem líquida} \times GA$  conforme figura 1.

## Sistema de análise *Du Pont*

Decomposição do índice RoA



Figura 1. Sistema de análise Du Pont

A margem líquida mede a porcentagem de cada unidade monetária de venda (ou de receita) que restou depois da dedução de todas as despesas, exclusive pagamentos de juros e imposto de renda. Ela é calculada dividindo-se o LAJIR (lucro antes de juros e imposto de renda) pelas vendas da empresa no exercício.

Substituindo os termos apropriados na equação da taxa de retorno sobre os ativos e simplificando seus resultados, temos que:

$$\text{ROA AJIR} = \frac{\text{LAJIR}}{\text{Vendas}} \times \frac{\text{Vendas}}{\text{Ativo total}} = \frac{\text{LAJIR}}{\text{Ativo total}}$$

Tem-se, então, que o ROA AJIR é calculado em função da margem operacional líquida da empresa, como uma medida que indica a lucratividade das operações da empresa, e o giro do ativo, como indicador do nível de atividade, isto é, como referencial da eficiência no uso dos recursos investidos na empresa. A vantagem dessa decomposição feita no sistema *Du Pont* é que auxilia na explicação de porque alguns negócios possuem um ROA AJIR elevado, enquanto outros são baixos, e a relacionar o retorno sobre ativos com decisões estratégicas que a empresa toma em relação em relação ao seu posicionamento de mercado (sacrificar margem para tentar aumentar o volume de vendas, etc)

A viabilidade das diferentes estratégias possíveis está diretamente relacionada ao tipo de indústria em questão. Há que se analisar tanto fatores internos (inerentes a estratégia da empresa e seu posicionamento no mercado) e externos (características da indústria como um todo) que determinam o *mix* ótimo entre a atividade das empresas e a lucratividade do negócio.

Conforme mencionado anteriormente, a indústria do transporte aéreo é uma indústria de capital intenso com alta exposição a fatores externos (sazonalidade da demanda, dependência cambial, influência de *commodities*, situação política, etc). Trata-se, portanto, de um setor onde há uma necessidade razoável de endividamento e um risco significativo associado aumentando a preocupação com liquidez.

A alta exposição externa faz com que praticamente todas as crises internacionais tenham influência direta quase que imediata no desempenho do setor. Nesse sentido, as causas diretas variam de acordo com o evento: após o ocorrido em 11 de setembro, por exemplo, passageiros deixaram de voar por medo diminuindo imediatamente a receita das empresas afetando negativamente as margens operacionais. Já após a crise do petróleo na década de 90, foi o aumento nos custos de combustível que derrubou as margens de empresas aéreas no mundo.



Espera-se, portanto, que a indústria do transporte aéreo seja cíclica e enfrente dificuldades tanto para gerar lucratividade quanto para controlar o seu endividamento no médio/longo prazo (quando crises passam a fazer parte do cenário) o que, aliado a uma aparente baixa margem da indústria, implica também (sistema *Du Pont*) uma estratégia ineficiente de gerência de ativos.

Tais hipóteses são confirmadas quando se analisa os dados históricos de desempenho da indústria disponibilizados pela ANAC (tabelas 1 e 2) representados nas figuras 2,3 e 4 .

Tabela 1. Índices financeiros selecionados para a indústria do transporte aéreo (1992 ~ 2000)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Endividamento Geral	1,02	1,12	1,02	0,98	0,93	0,93	0,93	0,91	0,96
Retorno sobre Ativos	-0,04	-0,02	0,06	0,07	0,01	0,02	-0,01	0,001	0,00
Margem Operacional	-0,11	-0,05	0,08	0,07	0,01	0,02	-0,01	0,000	0,000
Giro de Ativos	0,35	0,31	0,73	0,98	0,97	1,01	1,02	0,99	1,00
Liquidez Corrente	0,39	0,39	0,77	0,79	0,91	0,87	0,88	0,83	0,83

Tabela 2. Índices financeiros selecionados para a indústria do transporte aéreo (2000 ~ 2007)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Endividamento Geral	0,99	1,39	1,61	1,87	1,93	0,71	0,85
Retorno sobre Ativos	-0,08	-0,39	0,1	0,04	-0,09	0,12	-0,05
Margem Operacional	-0,07	-0,3	0,06	0,02	-0,04	0,07	-0,03
Giro de Ativos	1,07	1,33	1,52	1,70	2,27	1,76	1,47
Liquidez Corrente	0,72	0,50	0,55	0,73	0,95	1,48	1,41

## Liquidez corrente (LC)

Indústria do transporte aéreo brasileiro



Figura 2. Evolução do índice de liquidez corrente para a indústria brasileira do transporte aéreo.

Percebe-se nos períodos de crise que a liquidez corrente foi afetada conforme o esperado indicando que a capacidade das empresas de honrar compromissos de curto prazo diminuiu (índice de LC aumentando). Entretanto, é possível observar também que há comportamentos distintos da indústria em duas situações de crise com uma rápida recuperação após a guerra do golfo não seja repetida após os atentados de 11 de setembro. Isso pode ser explicado pelo fato de que na primeira crise o fator chave foi um aumento repentino no preço de *commodities*, ou seja, custos variáveis subiram rapidamente sendo recuperados com o retorno do mercado a patamares normais após o final da guerra. Entretanto, na segunda crise há um misto de queda na receita (passageiros deixando de voar) e também um salto progressivo nos custos variáveis (houve um *boom* nos preços das *commodities* só controlado com a crise mundial de 2007) que afetou de maneira mais profunda e longa as empresas aéreas aumentando a necessidade de endividamento das empresas inclusive no curto prazo justificando a não recuperação de patamares de liquidez após o 11 de setembro.

## Endividamento geral (EG)

Indústria do transporte aéreo brasileiro

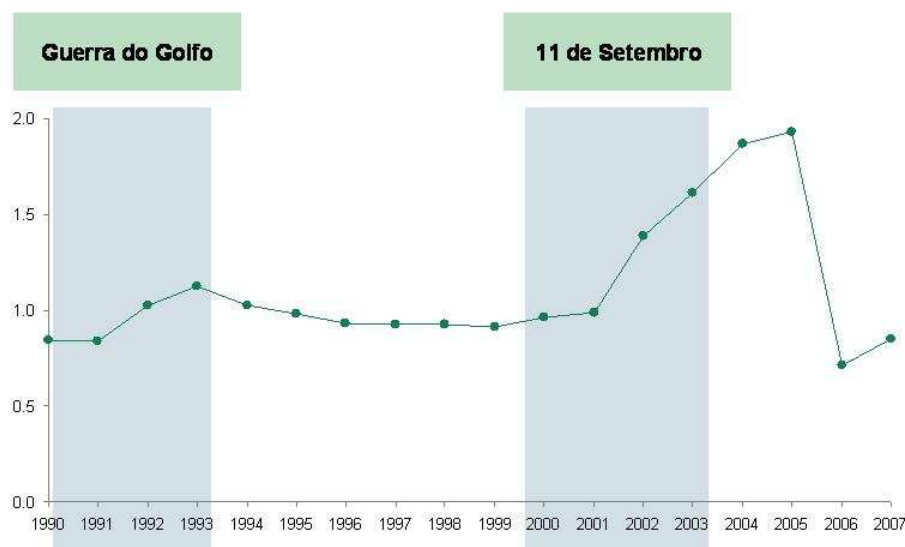


Figura 3. Evolução do índice de endividamento geral para a indústria brasileira do transporte aéreo.

Os níveis de endividamento da indústria aumentaram após os períodos de crise (indústria de capital intenso com a necessidade de endividamento para a geração de caixa) percebendo-se também uma clara estratégia de endividamento em longo prazo sem que, no entanto, a indústria consiga retornar aos patamares de endividamento anteriores às crises durante os períodos de bom desempenho da economia. O padrão de evolução é bastante semelhante ao do índice de liquidez corrente.

Conclui-se que tanto no curto, quanto no longo prazo a indústria do transporte aéreo não conseguiu se recuperar do endividamento feito durante os períodos de crise o que pode vir a comprometer a capacidade de geração de lucro e de retorno aos acionistas devido ao pagamento de juros e dívidas.

## Retorno sobre ativos (RoA) e sua decomposição de acordo com o sistema *Du Pont*

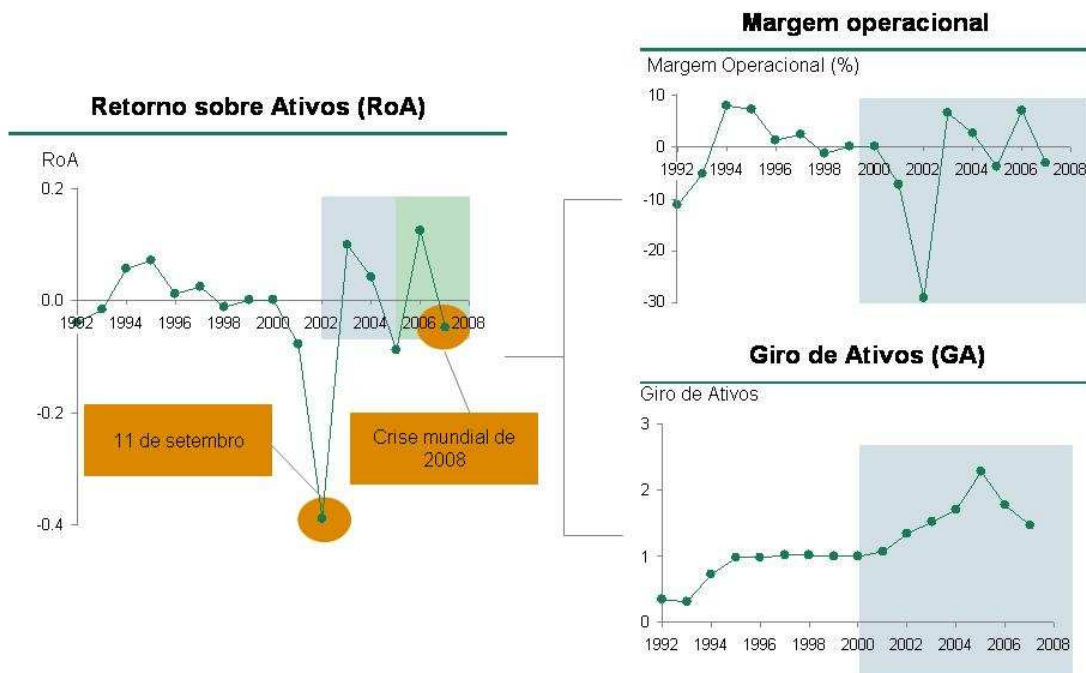


Figura 4. Sistema *Du Pont* aplicado à análise da evolução do índice de lucratividade para a indústria brasileira do transporte aéreo

Aplicando-se o sistema *Du Pont* comprova-se tanto a hipótese inicial de que a lucratividade das empresas é fortemente afetada negativamente nos períodos de crise quanto que a causa raiz de tal queda é o efeito na margem operacional (causado seja por queda de receita, seja pelo aumento nos custos operacionais).

### 3.4. Construção do modelo.

Conforme justificado anteriormente, utilizou-se uma metodologia híbrida envolvendo a metodologia de árvores de regressão e de regressão linear múltipla para chegar ao modelo final.

O modelo inicial proposto foi da forma  $y = \alpha \cdot RoA + \beta \cdot GA + \gamma \cdot LC + \delta \cdot EG + c$ , onde a variável dependente  $y$  representa o tempo para a insolvência obtido com base nas variáveis independentes representadas pelos índices financeiros. Para fins de cálculo, considerou-se que o momento de insolvência é representado pelo momento em que as demonstrações financeiras das empresas deixaram de estar publicamente disponíveis através da CVM.

Os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  e  $c$  foram determinados através da metodologia de regressão linear múltipla após um tratamento inicial da base de dados por meio da construção de uma árvore de regressão.

Primeiramente, obteve-se todos os índices necessários (Tabela 16 do apêndice 1) para cada uma das três empresas escolhidas abrangendo o período de 8 anos já mencionado. A massa de dados, portanto, totalizou 24 pontos. Posteriormente, utilizou-se o software estatístico JMP 8®.

Como conseqüência do baixo número de pontos disponíveis, não foi possível a construção de uma árvore de regressão que englobasse os quatro índices escolhidos como variáveis dependentes do modelo sendo necessária a exclusão de um dos quatro índices.

A escolha do índice a ser excluído foi feita em duas etapas: a primeira etapa, de maneira qualitativa, teve como base as interpretações obtidas para os diferentes índices identificando quais eram as semelhanças presentes e qual exclusão minimizaria a perda total para o modelo. Concluiu-se que os índices de endividamento geral (EG) e de liquidez corrente (LC) apresentavam tanto semelhança conceitual - ambos tratam de endividamento - quanto uma particularidade importante no setor aéreo - a estratégia das empresas em períodos de crise/não crise é refletida de maneira similar no comportamento dos dois índices o que justificaria uma possível exclusão de um dos dois índices.

Na segunda etapa, diferentes modelos foram gerados com cada um contendo os índices de atividade, lucratividade e somente uma das variáveis candidatas a exclusão de modo a avaliar qual delas geraria a melhor resposta.

Os resultados obtidos pelo *software* JMP para os dois cenários encontram-se nas figuras 5 e 6.

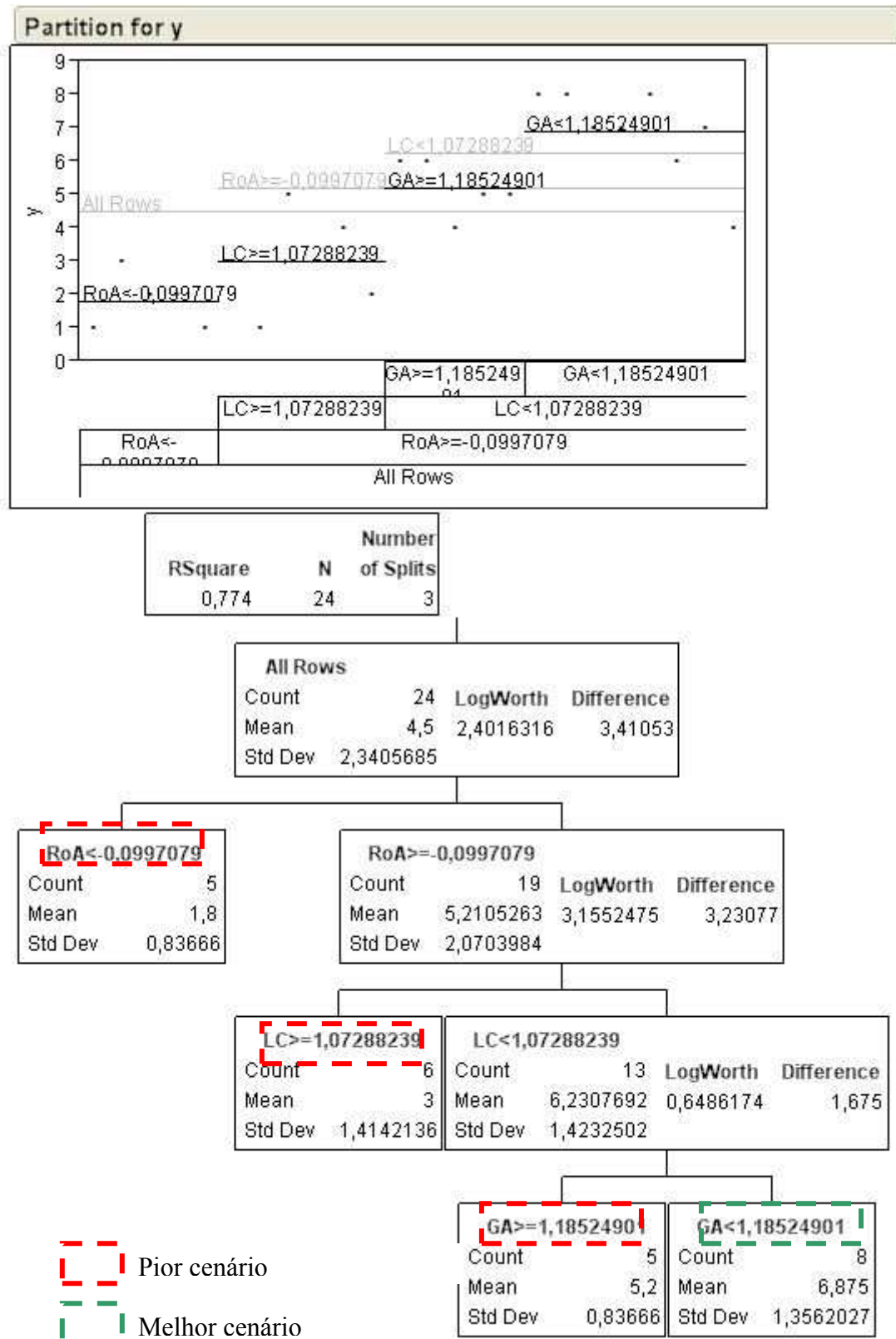


Figura 5: Resultado obtido para a árvore de regressão utilizando como variáveis independentes RoA, LC e GA.

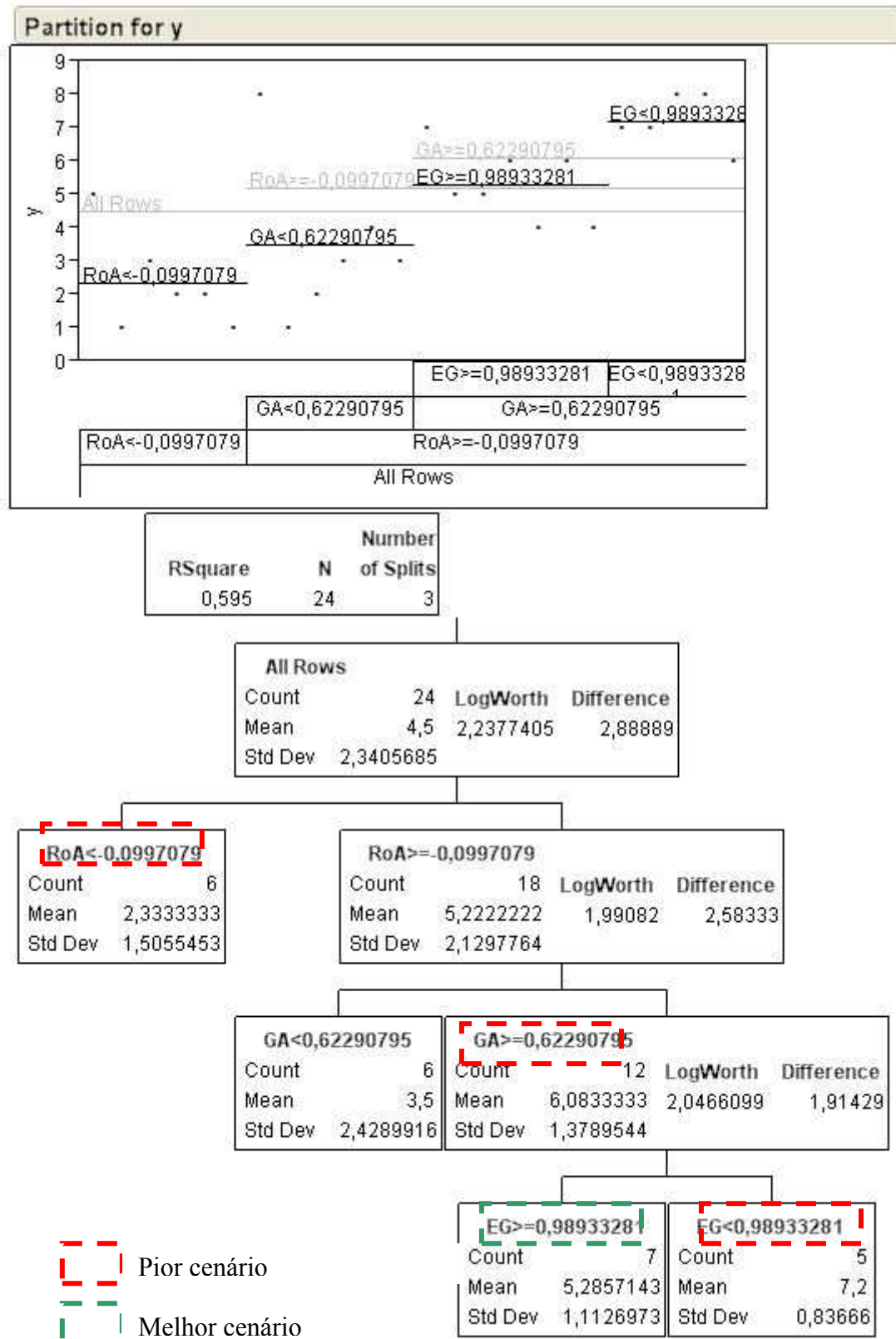


Figura 6: Resultado obtido para a árvore de regressão utilizando como variáveis independentes RoA, EG e GA.

A interpretação da árvore de regressão deve ser feita de cima para baixo em que o primeiro cenário (representado, na figura 5 pela condição de  $RoA < -0,0997$  sem nenhuma relação com os outros dois índices) é o melhor cenário e o primeiro cenário (representado na mesma figura pela árvore condicional de  $GA > 1,1852$  &  $LC < 1,0728$  &  $RoA < -0,0997$ ) é o pior cenário com todas as outras possibilidades de combinação de resultados entre os índices sendo cenários de desempenho intermediário.

Ou seja, a árvore de regressão obtida para a primeira possibilidade (utilizando os índices de liquidez, atividade e lucratividade) resulta em uma interpretação de que para uma empresa do setor aéreo a lucratividade é o fator de maior importância na determinação da solvência, enquanto que o nível de atividade é o fator de menor importância já que é o retorno sobre ativos a variável determinante do melhor cenário possível. O tempo para a insolvência é representado pelo termo *Mean*.

Percebe-se também que o resultado obtido apresenta boa aderência ( $R^2 = 0,774$ ), mas contém uma séria incoerência no que concerne à interpretação conceitual das variáveis. Se a árvore estivesse correta, então empresas que possuíssem um alto índice de liquidez corrente estariam em situação financeira pior (*Mean* = 3 anos para insolvência) do que aquelas com um índice de liquidez corrente inferior (*Mean* = 6,23 anos) o que é totalmente contrário ao significado do índice que é do tipo quanto maior, melhor. Tal incoerência é observada também no índice giro de ativos (GA) – do tipo quanto maior, melhor - em que empresas com menor giro estão mais distantes da insolvência (*Mean* = 6,08 anos) do que aquelas com maior giro (*Mean* = 3,5 anos).

Para a segunda possibilidade (utilizando-se índices de endividamento, lucratividade e atividade) a interpretação do resultado obtido é de que a realidade de lucratividade de uma empresa é o fator mais importante na determinação do quanto a empresa é ou não solvente, enquanto que o endividamento total aparece como o fator com menor influência. Tal resultado é bastante coerente já que a geração de lucro de uma empresa é o que vai determinar sua capacidade investimentos, de honrar suas dívidas e de gerar retorno ao acionista. A árvore de regressão apresentou boa aderência ( $R^2 = 0,59$ ) e as subdivisões da árvore de regressão estiveram de acordo com a interpretação teórica dos índices utilizados: quanto maior o giro de ativos (GA), melhor - *Mean* = 3,5 anos para  $GA < 0,6229$  e *Mean* = 6,08 anos para  $GA > 0,6229$  –, quanto maior o retorno sobre ativos (RoA), também melhor a situação – *Mean* = 2,33 anos para  $RoA < -0,0997$  e *Mean* = 5,22 anos para  $RoA > -0,0997$  - e quanto maior o endividamento geral (EG) pior é a situação da empresa - *Mean* = 5,28 anos para  $EG > 0,9893$  e *Mean* = 7,2 anos para  $EG < 0,9893$ .



A partir dos resultados obtidos das duas árvores de regressões, optou-se por utilizar o índice de endividamento geral (EG) como a terceira variável do modelo excluindo-se o índice de liquidez.

De posse das variáveis finais, a etapa correspondente ao uso da metodologia de árvore de regressão foi encerrada e passou-se a utilizar a metodologia de regressão linear múltipla para chegar ao modelo final.

Por tratar-se o resultado da árvore de regressão de uma partição de cenários o modelo final foi baseado em variáveis binárias capazes de associar os cenários gerados de acordo com os valores dos três índices utilizados. Outra modificação importante para o modelo final foi a determinação dos valores dos índices que delimitariam as fronteiras entre os diversos cenários. A árvore de regressão fornece os valores ótimos de acordo com a base de dados existente (GA maior ou menor que 0,6229, etc), mas não incorpora no processo nada que busque melhorar/facilitar a interpretação final do modelo. (o valor de 62,3% não é um número “redondo” que tenho um apelo significativo). Por isso optou-se por uma mudança nos limites que definem as fronteiras entre os cenários no modelo final de modo a possibilitar uma melhor interpretação dos resultados do modelo com a realidade. A definição dos valores finais utilizados ocorreu através de discussões qualitativas.

Os valores finais foram:

- RoA: -0,1 (fronteira entre cenário bom e cenário ruim é de prejuízo de 10% do ativo total da empresa)
- GA: 0,5 (fronteira entre cenário bom e cenário ruim é a capacidade/incapacidade de uma empresa gerar uma receita correspondente a 50% dos seus ativos)
- EG: 1 (fronteira entre cenário bom e cenário ruim é se o endividamento total de uma empresa ultrapassa ou não o seu volume total de ativos)

Percebe-se que os valores escolhidos realmente representam situações por si só bastante graves (uma empresa que, por exemplo, possui endividamento geral igual ao volume total dos seus ativos já está em uma situação bastante crítica) indicando que talvez seja possível diminuir a diferença entre o valor final utilizado e o valor ótimo fornecido pela árvore de regressão.

A partir da definição dos valores limite entre os diferentes cenários, definiu-se as seguintes variáveis binárias para a construção do modelo final:

- D1: assume o valor 1 se  $RoA < -0,1$  e assume o valor 0 se  $RoA > -0,1$

- D2 assume o valor 1 se  $RoA < -0,1$  e se  $GA < 0,5$  e assume o valor 0 se  $RoA < -0,1$  e  $GA > 0,5$
- D3 assume o valor 1 se  $RoA < -0,1$ ;  $GA < 0,5$  e  $EG > 1$  e assume o valor 0 se  $RoA < -0,1$ ;  $GA < 0,5$  e  $EG < 1$

Percebe-se que as variáveis D1, D2 e D3 funcionam justamente de modo a construir todos os cenários possíveis partindo do melhor e chegando até o pior. Os valores obtidos para as variáveis D1, D2 e D3 encontram-se na tabela 16 do apêndice 1.

A expressão inicial do modelo foi então modificada excluindo o índice de liquidez corrente e utilizando as variáveis binárias definidas resultando na expressão final:  $y = \alpha.D1 + \beta.D2 + \gamma.D3 + c$ , onde os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $c$  precisavam ser determinados. Para a determinação dos valores dos coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  e da constante  $c$ , utilizou-se a ferramenta de regressão linear múltipla do software Excel®.

Os valores obtidos para  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  e  $c$  para os dois casos em que os limites de fronteira entre cenários foram ou não foram modificados, bem como os parâmetros de confiabilidade da regressão encontram-se nas figuras 7 e 8.

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,804465992							
R Square	0,647165533							
Adjusted R Square	0,594240363							
Standard Error	1,490924929							
Observations	24							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	3	81,54285714	27,18095	12,22793	9,11679E-05			
Residual	20	44,45714286	2,222857					
Total	23	126						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	7,2	0,666761898	10,79846	8,56E-10	5,809159057	8,590841	5,80915906	8,590840943
D1	-5,4	0,942943719	-5,72675	1,33E-05	-7,366946125	-3,43305	-7,36694612	-3,43305388
D2	-3,485714286	0,872996248	-3,99282	0,000715	-5,306752543	-1,66468	-5,30675254	-1,66467603
D3	-1,914285714	0,872996248	-2,19278	0,040317	-3,735323972	-0,09325	-3,73532397	-0,09324746

Figura 7. Resultado da regressão utilizando os índices de endividamento, atividade e lucratividade como variáveis e os limites de fronteira fornecidos pela árvore de regressão

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,784486776							
R Square	0,615419501							
Adjusted R Square	0,557732426							
Standard Error	1,556552968							
Observations	24							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	3	77,54285714	25,84762	10,66824	0,000211129			
Residual	20	48,45714286	2,422857					
Total	23	126						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 99,0%</i>	<i>Upper 99,0%</i>
Intercept	6,714285714	0,588321722	11,41261	3,28E-10	5,48706811	7,941503319	5,040310557	8,388105557
D1	-4,914285714	0,911424093	-5,39188	2,81E-05	-6,815483052	-3,013088376	-7,507596876	-2,320105557
D2	-3	0,832012559	-3,60571	0,001765	-4,73554778	-1,26445222	-5,36735837	-0,630105557
D3	-1,514285714	0,911424093	-1,66145	0,112219	-3,415483052	0,386911624	-4,107596876	1,079105557

Figura 8. Resultado da regressão utilizando os índices de endividamento, atividade e lucratividade como variáveis e os limites de fronteira modificados

### 3.5. Discussão de resultados.

A exclusão do índice de liquidez justificada anteriormente implica uma diminuição da capacidade do modelo de capturar a realidade de empresas com relação ao endividamento de curto prazo em detrimento de características de longo prazo. Entretanto, ambos os índices - de longo e curto prazo – apresentaram comportamentos similares o que diminui a perda final para o modelo obtido. Ressalta-se a importância de se considerar a influência de efeitos de curto prazo na solvência de uma empresa (há, inclusive, um jargão comum no setor de que o mais importante para uma empresa é conseguir pagar o combustível para voar) sob pena de que um modelo de previsão de insolvência passe a simplesmente capturar situações extremas de falência.

Os resultados finais obtidos para os dois modelos (figuras 7 e 8) foram considerados satisfatórios por apresentarem boa aderência ( $R^2 = 0,64$  para o primeiro modelo e  $R^2 = 0,61$  para o segundo modelo) e devido aos coeficientes obtidos apresentarem boa confiabilidade.

Conforme mencionado anteriormente, o primeiro modelo foi descartado devido ao interesse de que o modelo final fosse estatisticamente relevante tendo a maior facilidade de interpretação prática possível.

Esperava-se que o segundo modelo apresentasse tanto confiabilidade quanto aderência menores como consequência direta da alteração realizada nos limites ótimos fornecidos pela

metodologia de árvore de regressão – responsáveis pela definição dos diferentes cenários de proximidade/distanciamento do estado de insolvência. Tal expectativa foi comprovada com o segundo modelo ainda apresentando propriedades estatísticas satisfatórias o que possibilitou a sua aceitação.

Houve um único problema relacionado a confiabilidade do coeficiente  $\gamma$  da variável D3 (Valor-P = 0,11222 > 0,1). Entretanto, segundo Gujarati, quando um coeficiente de regressão de uma variável conceitualmente considerada relevante para o modelo apresenta propriedades estatísticas muito próximas àquelas consideradas ideais é possível aceitar o resultado como satisfatório e incorporá-lo ao modelo final obtido. Assim sendo, optou-se por aceitar o coeficiente  $\gamma = -1,5142857$ .

Os resultados finais consolidados para os coeficientes do modelo escolhido encontram-se na tabela 3.

Tabela 3. Resultados finais obtidos para os coeficientes do modelo.

Coeficiente	Valor	Desvio padrão	Variável(is) explicada	Definição	Valor-P
D1	-4,914285714	0,9114240	RoA	D1 = 1 se RoA < -0,1 D1 = 0 se RoA > -0,1	2,85e <sup>-7</sup>
D2	-3	0,8320125	RoA GA	D2 = 1 se RoA < -0,1 e se GA < 0,5 D2 = 0 se RoA < -0,1 e se GA > 0,5	0,001765
D3	-1,514285714	0,9114240	RoA GA EG	D3 = 1 se RoA < -0,1; GA < 0,5 e EG > 1 D3 = 0 se RoA < -0,1; GA < 0,5 e EG < 1	0,11229
Intercept	6,714285714	0,5883217	-	-	3,28e <sup>-10</sup>

O modelo final é coerente do ponto de vista conceitual havendo uma aproximação gradativa da situação de insolvência (os valores dos coeficientes diminuem) a medida que há uma piora dos índices de desempenho (diferentes cenários definidos iniciando no melhor cenário e terminando no pior cenário).

Como forma de validar os resultados obtidos e também de contornar o número baixo de exemplos de processos de insolvência no mercado brasileiro, optou-se por aplicar o modelo obtido em empresas que ainda atuam no mercado contemplando diferentes períodos de tempo

a fim de avaliar se o modelo seria ou não capaz de indicar os efeitos sentidos pelas empresas em diferentes períodos de crise e se houve ou não uma recuperação posterior.

Para tal análise, conforme mencionado anteriormente escolheu-se as empresas TAM e GOL buscando-se abranger, no período de análise, o maior número de ocorrência de situações de dificuldade econômica.

Por ser a empresa GOL relativamente nova no mercado, só foi possível analisar o período correspondente aos anos de 2004 a 2008 em que somente uma situação chave de crise ocorreu: crise americana do mercado imobiliário de 2007.

Já para a TAM, conseguiu-se avaliar o período correspondente aos anos de 1998 a 2008 sendo possível avaliar o modelo em dois períodos de crise da economia mundial: os atentados de 11 de setembro nos EUA e a crise americana do mercado imobiliário de 2007.

Não tendo sido possível analisar, para nenhuma das duas empresas, o período correspondente a Guerra do Golfo no início da década de 90 não foi contemplado no trabalho.

A partir dos dados contábeis disponibilizados pelas empresas (Tabelas 13,14 e 15 do apêndice 1), calculou-se os índices de lucratividade, atividade e endividamento.

Os resultados obtidos encontram-se nas tabelas 4,5 e 6.

Tabela 4. Índices de EG, RoA e GA para a TAM (2003 ~ 2008)

Índices	2008	2007	2006	2005	2004	2003
EG	0,952501	0,808491	0,720741	0,770423	0,913403	0,984965
RoA	-0,1471	0,072002	0,181481	0,089253	0,225872	0,084395
GA	0,832377	0,818717	1,489725	1,785104	2,153278	1,351192

Tabela 5. Índices de EG, RoA e GA para a TAM (1998 ~ 2002)

Índices	2002	2001	2000	1999	1998
EG	0,942193	0,833042596	0,822671	0,807253	0,731414
RoA	-0,24618	-0,031032241	0,007739	-0,09866	0,02728
GA	0,981542	1,074976819	0,802877	0,724252	1,043374

Tabela 6. Índices de EG, RoA e GA para a GOL (2004 ~ 2008)

Índices	2008	2007	2006	2005	2004
EG	0,80608	0,581776	0,452945	0,302741	0,353937
RoA	-0,17318	0,002016	0,257584	0,211503	0,235255
GA	0,969599	0,89481	1,045419	1,231499	1,130409

Utilizando-se os valores obtidos para os coeficientes D1, D2 e D3 e os valores dos índices calculados, obteve-se os valores finais da variável  $y(t)$  determinando o quão próximo as duas empresas escolhidas estiveram, ou não, ao longo dos períodos analisados.

Os valores obtidos encontram-se nas tabelas 7,8 e 9.

Tabela 7. Tempo para insolvência para a empresa TAM (2003 ~ 2008)

Tempo para a insolvência	2008	2007	2006	2005	2004	2003
Y(t)	1,8	6,714286	6,714286	6,714286	6,714286	6,714286

Tabela 8. Tempo para insolvência para a empresa TAM (1998 ~ 2003)

Tempo para a insolvência	2003	2002	2001	2000	1999	1998
Y(t)	1,8	6,714285714	6,714286	6,714286	6,714286	6,714286

Tabela 9. Tempo para a insolvência para a empresa GOL (2004 ~ 2008)

Tempo para a insolvência	2008	2007	2006	2005	2004
Y(t)	1,8	6,714286	6,714286	6,714286	6,714286

Ressalta-se que por ser o modelo baseado em variáveis do tipo binário, os resultados obtidos sempre serão discretos com um apelo interpretativo muito mais relativístico do que absoluto.

O número fornecido ( $y(t)$ ) em si não deve ser considerado como uma medida exata de quanto tempo uma empresa levaria para falir. A interpretação correta dos resultados do modelo leva em conta a variação dos valores de  $y$  ao longo do tempo como indicadores de que houve ou não uma aproximação de um possível período crítico de insolvência.

Considerando a interpretação definida no parágrafo anterior, percebe-se que o modelo conseguiu capturar corretamente para ambas as empresas estudadas uma piora no desempenho ( $y(t)$  passou de 6,71 anos para 1,8 anos) correspondente a períodos mais críticos decorrentes

em grande parte da ocorrência de crises econômicas internacionais e uma posterior recuperação ( $y(t)$  retornando ao patamar anterior de 6,71 anos) das companhias aéreas.

Entretanto, ao se fazer uma análise mais detalhadas da evolução dos índices de desempenho (EG, RoA E GA) para a empresa TAM (Figuras 9, 10 e 11), percebe-se que houve somente uma recuperação parcial pós-crise de 2001 havendo ainda efeitos remanescentes no endividamento geral cujo patamar continuou superior àquele antes da crise. Nesse sentido, o modelo ainda não é capaz de capturar variações mais sutis de desempenho indicando, por exemplo, que o patamar a que as empresas retornaram após a crise não deveria ser igual aquele anterior ( $y$  não deveria retornar ao mesmo valor). Não foi possível realizar tal análise para a empresa GOL por falta de dados do período pós-crise 2008.

Entretanto, por tratar-se  $y(t)$  de uma variável discreta, e pelo próprio processo construtivo do modelo (massa de dados reduzida, baixa confiabilidade de certos dados, etc) é aceitável que o modelo não consiga capturar tais comportamentos.

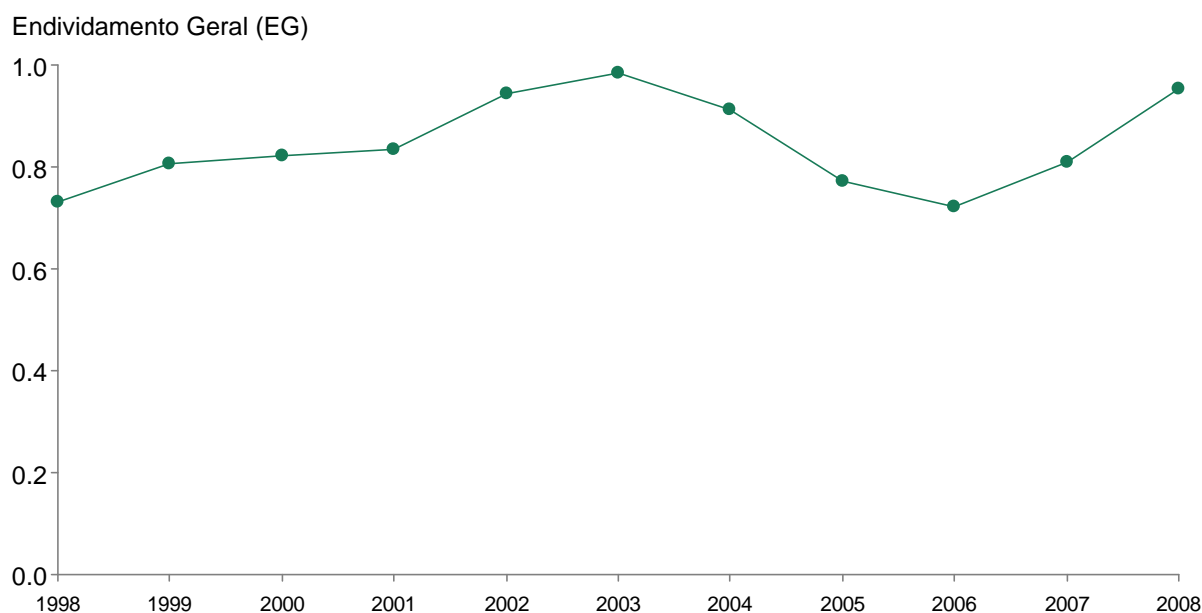


Figura 9: Evolução do índice de endividamento geral para a TAM (1998 ~ 2008)

Retorno sobre Ativos (RoA)

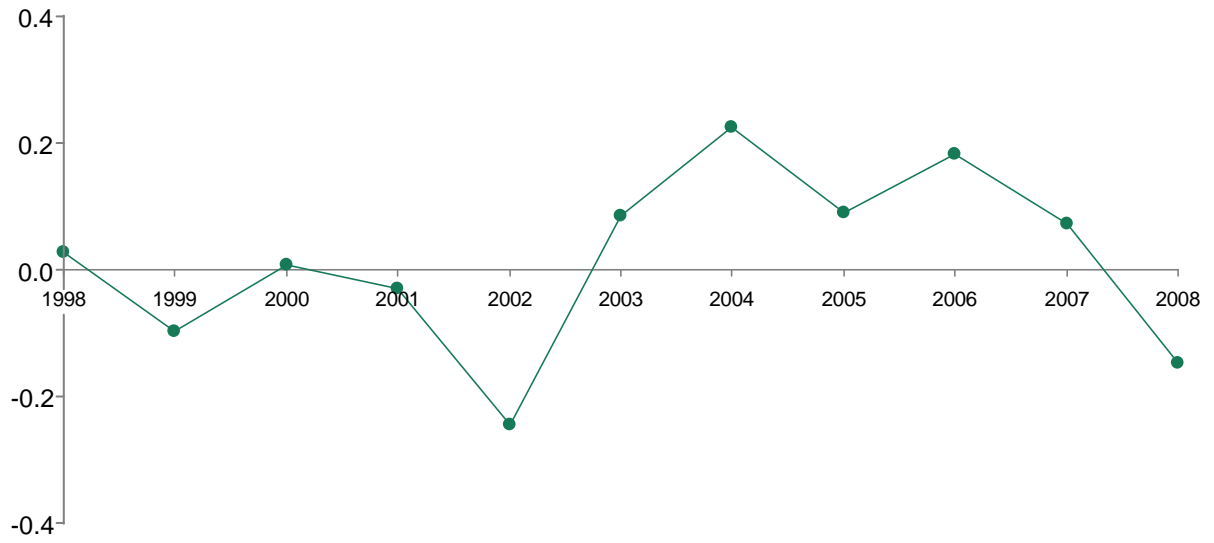


Figura 10: Evolução do índice de retorno sobre ativos para a TAM (1998 ~ 2008)

Giro de Ativos (GA)

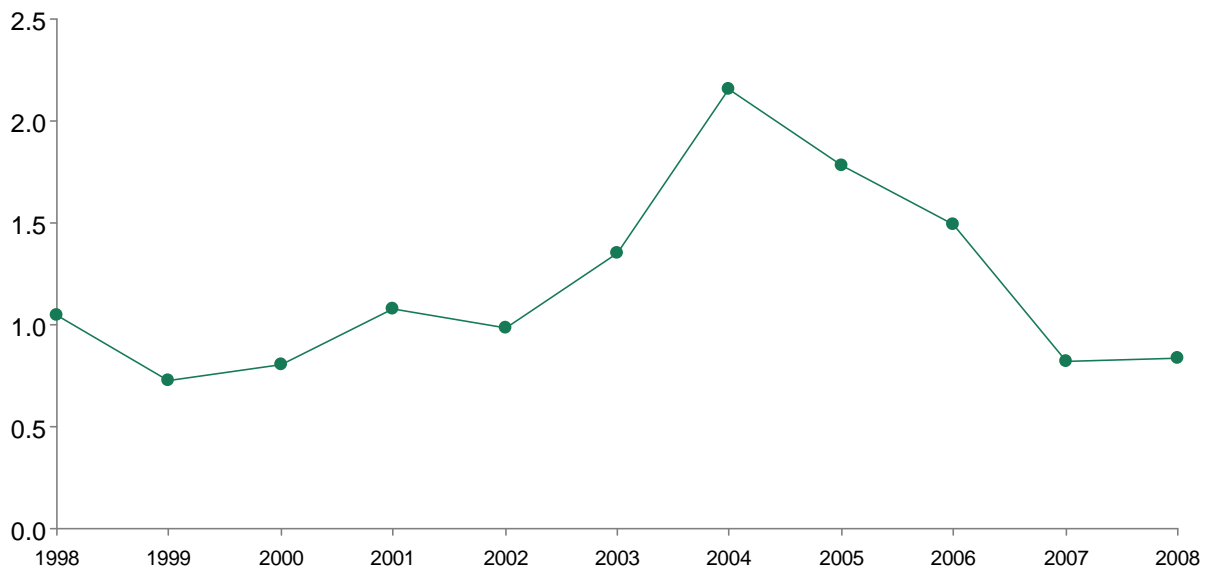


Figura 11: Evolução do índice de giro de ativos para a TAM (1998 ~ 2008)



## 4. CONCLUSÕES

No que se refere à confiabilidade do modelo obtido, existem dois fatores críticos a ser considerados:

- Tamanho reduzido da massa de dados.
- Dúvida com relação a confiabilidade das demonstrações financeiras utilizadas [BALARINE(1990)].

Apesar da dificuldade inicial na definição de qual metodologia de regressão poderia ser utilizada dadas as peculiaridades da massa de dados e do tipo ordinal de variável dependente utilizada, os resultados obtidos foram considerados satisfatórios do ponto de vista estatístico havendo apenas um problema com a confiabilidade do valor obtido para o coeficiente D3 (Valor-P = 0,1122 > 0,1) contornado com base em literatura específica. Ressalta-se que a utilização da metodologia de árvore de regressão particionando uma amostra já reduzida pode aumentar as chances de que as hipóteses de regressão não sejam respeitadas. O contraponto positivo ao risco assumido é um *output* que apresenta como as variáveis independentes se relacionam e influenciam em conjunto o resultado final.

O modelo teve seu desempenho testado e comprovado através da aplicação em empresas aéreas ainda atuantes no mercado (TAM e GOL) para um determinado período onde para cada empresa houve uma indicação correta de proximidade da insolvência (piora no desempenho das empresas) em anos de forte crise econômica e uma indicação correta de afastamento da insolvência (recuperação) no período pós-crise.

Percebeu-se também que o modelo é ainda incapaz de capturar mudanças mais sutis no desempenho de empresas aéreas sendo isso uma consequência direta da simplicidade construtiva (poucos cenários são contemplados o que naturalmente gera uma perda de sensibilidade) aliada a característica discreta das variáveis utilizadas.

Sugestões de novos trabalhos incluem:

- A expansão da base de tempo utilizada (variável Y) de 8 anos para o total de anos disponíveis aumentado a massa de dados utilizada, dando um foco menor ao estado final insolvente e um foco maior a solvência ao longo do processo.
- A expansão do modelo considerando empresas de outros países (que apresentem similaridade com a realidade brasileira).
- A união dos resultados do modelo gerado com o trabalho realizado por Ferreira (2008) ou a criação de modelos secundários que consigam explicar os

principais fatores que influenciam os três índices utilizados no modelo principal (foco na relação faturamento vs. custo) buscando expandir o escopo do modelo final visando a construção de um sistema dinâmico que seja capaz de prever com maior confiabilidade e maior riqueza de detalhes a situação de solvência de empresas do setor aéreo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GITMAN, L.J., **Princípios de Administração Financeira**, Editora Harbra, 7ª. edição, São Paulo, 1997.

GUJARATI N. Damodar, **Basic Econometrics**, Editora McGraw-Hill, 4ª edição, 2004.

SCARPEL A. Rodrigo, **Modelos matemáticos em análise financeira de empresas de setores industriais e de crédito**. 2000. 102f. Tese (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

OLIVEIRA, F.R.; SCARPEL A.R.; OLIVEIRA V.M.A. **Insolvência de Empresas e Crise: Um Estudo dos Determinantes da Saída de Mercado de Companhias Aéreas**. In: SITRAER (2008)

WANG, Y.J., LEE, H.S., **A clustering method to identify representative financial ratios**. Information Sciences (2008) 1087 – 1097.

ANAC. **Anuário do transporte aéreo: dados estatísticos (1995 a 2007)**. Disponível em: < <http://www.anac.gov.br/estatistica/estatisticas1.asp>>. Acesso em set. 2009.

## APENDICE 1

Tabela 10. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros - VARIG (R\$ Mil)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ativo Total	3.426.086	3.247.200	2.302.198	2.801.768	3.027.188	3.865.592	2.375.280	2.441.904
Ativo Circulante	1.008.638	998.537	972.879	1.346.606	1.221.394	1.269.740	1.207.315	1.015.781
Passivo Total	3.083.766	2.960.305	2.207.653	2.771.881	3.175.840	4.388.790	6.895.355	8.798.829
Passivo Circulante	1.103.770	1.151.630	1.114.963	1.501.578	1.478.857	2.189.412	3.403.083	2.999.520
Receita Bruta	3.321.455	3.369.061	3.717.235	4.581.138	5.487.964	5.390.241	5.852.540	6.712.386
LAJIR	13.395	27.837	-74.829	-217.630	-150.803	-633.185	-2.867.534	-1.836.850

Tabela 11. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros - VASP (R\$ Mil)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ativo Total	1.633.937	2.003.321	2.362.996	3.388.196	2.321.390	2.600.266	3.180.374	3.192.650
Ativo Circulante	315.772	401.634	428.635	389.295	417.344	452.512	470.187	590.802
Passivo Total	1.581.435	1.902.600	2.354.804	3.083.442	2.300.775	2.538.647	2.750.444	2.778.632
Passivo Circulante	363.860	508.874	821.130	329.692	240.927	309.466	409.159	550.668
Receita Bruta	1.187.131	1.539.783	1.471.929	1.431.038	1.022.061	962.630	1.032.289	1.208.635
LAJIR	34.627	6.475	-226.123	-337.830	34.117	-16.285	-225.016	-15.912

Tabela 12. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros - TRANSBRASIL (R\$ Mil)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Ativo Total	91.612.712	352.912	446.834	627.836	793.436	1.349.328	862.602	808.154
Ativo Circulante	21.965.225	148.590	198.534	414.336	590.092	1.142.849	397.348	321.484
Passivo Total	142.763.806	501.310	583.214	716.452	892.581	1.250.700	804.821	963.209
Passivo Circulante	98.794.282	305.715	421.846	450.176	660.094	1.056.283	748.635	783.586
Receita Bruta	33330288	370792	692645	744142	758668	669867	780279	761877
LAJIR	-1780431	22634	41589	-45283	101091	193951	-289145	-231396

Tabela 13. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros– TAM (R\$ Mil)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ativo Total	874.733	1.946.805	2.811.975	2.763.094	3.537.198	2.788.488	2.203.283
Passivo Total	874.733	1.946.805	2.811.975	2.763.094	3.537.198	2.788.488	2.203.283
Resultado Antes Tributação/Participações	23.863	-192.072	21.763	-85.745	-870.792	235.334	497.660
Receita Bruta	912.674	1.409.977	2.257.670	2.970.262	3.471.910	3.767.783	4.744.281
Patrimônio Líquido	234.941	375.240	498.645	461.319	204.475	41.926	190.797

Tabela 14. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros (continuação) – TAM (R\$ Mil)

	2005	2006	2007	2008
Ativo Total	3.310.808	5.168.799	10.350.285	13.223.865
Passivo Total	3.310.808	5.168.799	10.350.285	13.223.865
Resultado Antes Tributação/Participações	295.498	938.038	745.244	-1.945.166
Receita Bruta	5.910.135	7.700.091	8.473.952	11.007.240
Patrimônio Líquido	760.087	1.443.432	1.982.169	628.121

Tabela 15. Dados utilizados para o cálculo dos índices financeiros – GOL (R\$ Mil)

	2004	2005	2006	2007	2008
Ativo Total	1.529.483	2.255.856	3.780.168	5.764.828	6.881.162
Passivo Total	1.529.483	2.255.856	3.780.168	5.764.828	6.881.162
Resultado Antes Tributação/Participações	359.818	477.120	973.711	11.620	-
Receita Bruta	1.728.942	2.778.084	3.951.858	5.158.426	6.671.966
Patrimônio Líquido	988.143	1.572.915	2.067.959	2.410.992	1.334.393

Tabela 16. Dados utilizados para a calibração do modelo

Tempo até a insolvência (anos)	Empresa	RoA	EG	GA	D1	D2	D3
1	VARIG	-0,7522	3,603266	2,748833	1	0	0
1	VASP	-0,0050	0,870322	0,378568	0	1	0
1	TRANSBRASIL	-0,2863	1,191863	0,942737	1	0	0
2	VARIG	-1,2072	2,902965	2,463937	1	0	0
2	VASP	-0,0708	0,864818	0,324581	0	1	0
2	TRANSBRASIL	-0,3352	0,933015	0,904564	1	0	0
3	VARIG	-0,1638	1,135347	1,394415	1	0	0
3	VASP	-0,0063	0,976303	0,370204	0	1	0
3	TRANSBRASIL	0,1437	0,926906	0,496445	0	1	0
4	VARIG	-0,0498	1,049106	1,812892	0	0	1
4	VASP	0,0147	0,99112	0,44028	0	1	0
4	TRANSBRASIL	0,1274	1,124957	0,95618	0	0	1
5	VARIG	-0,0777	0,989333	1,635088	0	0	0
5	VASP	-0,0997	0,910054	0,42236	0	1	0
5	TRANSBRASIL	-0,0721	1,141145	1,185249	0	0	1
6	VARIG	-0,0325	0,958933	1,614646	0	0	0
6	VASP	-0,0957	0,996533	0,622908	0	0	0
6	TRANSBRASIL	0,0931	1,305214	1,550117	0	0	1
7	VARIG	0,0086	0,911648	1,037528	0	0	0
7	VASP	0,0032	0,949723	0,768615	0	0	0
7	TRANSBRASIL	0,0641	1,420496	1,050664	0	0	1
8	VARIG	0,0039	0,900084	0,96946	0	0	0
8	VASP	0,0212	0,967868	0,726546	0	0	0
8	TRANSBRASIL	-0,0194	1,558341	0,363817	0	1	0

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO  TC	2. DATA  06 de novembro de 2009	3. REGISTRO N°  CTA/ITA/TC-102/2009	4. N° DE PÁGINAS  53
5. TÍTULO E SUBTÍTULO:  Modelo de previsão de insolvência para companhias aéreas			
6. AUTOR(ES):  <b>Ivan Maciel Ribeiro</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):  Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:  Modelos de previsão de Insolvência; Índices financeiros; Falência; Insolvência; Transporte aéreo; Árvore de Regressão; Regressão linear múltipla			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Previsão econômica; Solvência (economia); Transporte aéreo; Análise de regressão; Finanças; Matemática aplicada; Economia			
10. APRESENTAÇÃO: <span style="float: right;"><b>X Nacional</b>      <b>Internacional</b></span>  ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Arnaldo Scarpel; co-orientador: Prof. Dr. Alessandro Vinícius Marques de Oliveira. Publicado em 2009.			
11. RESUMO:  <p>Modelos de previsão de insolvência de empresas é um assunto bastante explorado na literatura sem que, no entanto, existam modelos customizados capazes de capturar as particularidades inerentes a indústria do transporte aéreo.</p> <p>O presente trabalho constituiu uma tentativa de construção de um modelo de previsão de insolvência de empresas aéreas tendo como base os resultados de empresas aéreas brasileiras (VARIG, VASP e Transbrasil) que já passaram pelo processo de insolvência utilizando como variáveis explicativas índices financeiros de atividade (Giro de ativos), endividamento (Endividamento geral) e lucratividade (Retorno sobre ativos antes de juros e imposto de renda).</p> <p>O modelo de previsão de insolvência construído fez uso das metodologias de árvore de regressão e de regressão linear múltipla resultando em um modelo final em que a variável dependente é o tempo, em anos, até a insolvência e as variáveis independentes são os índices financeiros categorizados.</p> <p>Aplicou-se ainda o modelo obtido em um estudo de caso onde se analisou os resultados de empresas aéreas ainda atuantes no mercado (TAM e GOL) capturando com sucesso oscilações na saúde financeira das empresas ao longo de períodos de crise sem, no entanto, capturar mudanças mais sutis em períodos fora de crise.</p>			
12. GRAU DE SIGILO:  <input checked="" type="checkbox"/> <b>OSTENSIVO</b> <input type="checkbox"/> <b>RESERVADO</b> <input type="checkbox"/> <b>CONFIDENCIAL</b> <input type="checkbox"/> <b>SECRETO</b>			