

**Wilson Lins Morgado**

**Método de classificação de  
risco aplicado ao mercado de  
seguros de automóveis**

**Dissertação de Mestrado**

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica

**Rio de Janeiro, agosto de 2004**

**Wilson Lins Morgado**

**Método de classificação de  
risco aplicado ao mercado de  
seguros de automóveis**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientadores: Marcos Azevedo da Silveira  
Reinaldo Castro Souza

**Rio de Janeiro  
Agosto de 2004**



**Wilson Lins Morgado**

**Método de Classificação de Risco Aplicado ao  
Mercado de Seguros de Automóveis**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Dr. Reinaldo Castro Souza**  
**Orientador**

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

**Dr. Marcos Azevedo da Silveira**  
**Co-Orientador**

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

**Dra. Fernanda Chaves Pereira**

Instituto de Administração e Gerência – PUC-Rio

**Dr. Kaizô Iwakami Beltrão**  
ENCE/IBGE

**Prof. José Eugenio Leal**  
Coordenador Setorial do Centro  
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 31 de agosto de 2004

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e dos orientadores.

### **Wilson Lins Morgado**

Graduou-se em Estatística, na Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE / IBGE) em 1999. Pós-graduou-se em Ciências Atuariais na Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE / IBGE) em 2001. Cursou o mestrado em Engenharia Elétrica na Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio) em 2003, tendo como linha de pesquisa Métodos de Apoio à Decisão. Participou de congressos na área de Estatística. Atualmente é leader da área de tarifação de seguros de automóveis da Companhia Sul América Seguros.

#### Ficha catalográfica

Morgado, Wilson Lins

Método de classificação de risco aplicado ao mercado de seguros de automóveis / Wilson Lins Morgado ; orientadores: Reinaldo Castro Souza, Marcos Azevedo da Silveira. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

105 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Precificação de seguros de automóveis. 3. Classificação do risco. 4. Fuzzy clustering systems. 5. Análise fatorial. 6. Modelos lineares generalizados. I. Souza, Reinaldo Castro. II. Silveira, Marcos Azevedo da. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDD: 621.3

Dedico aos queridos Manoel, Leny e  
Janaína por toda sua importância na  
minha vida.

## Agradecimentos

À Deus por estar sempre guiando meu caminho e ter me oferecido mais esta oportunidade.

A Sebastião, Jorge, Jerônimo e amigos pela orientação espiritual e pelas oportunidades de aprendizado.

Aos meus orientadores, professor Reinaldo Castro Souza e professor Marcos Azevedo da Silveira, pela credibilidade, apoio, estímulo e parceria para a realização deste estudo.

À CAPES e à PUC-Rio, pelo auxílio financeiro, sem os quais este trabalho não teria sido realizado.

Aos meus pais Valmir e Leny, irmã Simone e avô Manoel pela educação, paciência e orientação.

Aos importantes Marcus Vinícius Martins, Josemildo Santos, Marcelo Altomare, Marco Paiva e Max Paiva por viabilizarem e apoiarem a conclusão deste estudo.

Aos amigos Rodrigo Mineiro, Flávio Lúcio Coelho e Viviane Elias pelas dicas valiosas.

Finalmente, agradeço a minha esposa, Janaína, por toda dedicação, paciência, carinho, amizade, companheirismo e amor sem os quais, certamente, muitas das empreitadas que valeram não teriam, se quer, tido início.

## Resumo

Morgado, Wilson Lins; Souza, Reinaldo Castro (Orientador). **Método de classificação de risco aplicado ao mercado de seguros de automóveis.** Rio de Janeiro, 2004. 105p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A estimação do risco em seguros de automóveis representa um difícil problema de regressão. As dificuldades vão desde a utilização de um grande número de variáveis discretas como explicativas, até a distribuição particular dos ruídos e uma quantidade expressiva de categorias com valores nulos e valores discrepantes.

Supondo que os problemas de estimação estejam relacionados com a classificação do risco adotada pelo mercado, este trabalho propõe um método de classificação alternativo. O método desenvolvido foi baseado na técnica de análise fatorial, e no algoritmo de agrupamento de dados denominado *fuzzy clustering system*.

Para avaliar a eficiência do método em solucionar os problemas de estimação, optou-se por utilizar o erro resultante da aplicação de modelos lineares generalizados. Ao final, o erro de estimação obtido diante da classificação proposta, foi comparado ao obtido diante da classificação usual de mercado.

## Palavras-chave

Precificação de seguros de automóveis, classificação do risco; fuzzy clustering system; análise fatorial; modelos lineares generalizados.

## Abstract

Morgado, Wilson Lins; Souza, Reinaldo Castro (Advisor). **Applying risk classification method in car insurance market.** Rio de Janeiro, 2004. 105p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The estimation of car insurance risk rate represents a difficult regression problem. One of the difficulties of this problem is the use of a number of discrete independent variables and a specific error distribution that presents an expressive number of null and outlier values.

Assuming that these estimation problems are related to the risk classification adopted by the insurance companies, this work proposes an alternative classification method. This method is based on factorial analysis techniques and on the algorithm known as Fuzzy Clustering System.

To evaluate the efficiency of this method in solving the problems identified, the risk was estimated using generalized linear models. The errors from each model were obtained and compared between classifications.

## Keywords

Car insurance ratemaking; risk classification; fuzzy clustering system; factorial analysis; generalized linear models.

# Sumário

1	Introdução	13
2	Medição do Risco	18
2.1.	Definições	18
2.1.1.	Variáveis de perfil das apólices	18
2.1.2.	Variáveis de risco	20
2.2.	Classificação do risco	21
2.2.1.	Consequências da individualização do risco	25
2.2.2.	Estruturas de classificação	28
3	Metodologia	31
3.1.	Metodologia de classificação proposta	32
3.2.	Validação da classificação	41
4	Estudo empírico	46
4.1.	Base de dados	46
4.2.	Análise e reformulação das variáveis de perfil	47
4.3.	Aplicação metodológica	58
4.3.1.	Agrupamentos iniciais	59
4.3.2.	Evolução e características do algoritmo	72
5	Análise de desempenho	81
5.1.	Análise subjetiva da classificação	81
5.2.	Desempenho na estimação	85
6	Considerações finais	89
7	Referências Bibliográficas	91

8 Anexos	94
8.1. Anexo 1	94
8.2. Anexo 2	100

## Lista de figuras

Figura 1: Exemplos de cálculo da exposição ao risco.	21
Figura 2: Distribuição de sinistros segundo o período de vigência das apólices.	22
Figura 3: Percentual de classes sem sinistros por centil da exposição.	25
Figura 4: Percentual de outliers por centil da exposição.	26
Figura 5: Diagrama de Iteração do Algoritmo de Classificação Proposto.	33
Figura 6: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo a idade do condutor.	48
Figura 7: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo a bonificação dos segurados.	50
Figura 8: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo a forma de pagamento do prêmio.	51
Figura 9: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo o estado civil do condutor principal.	52
Figura 10: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo faixas da I.S.	56
Figura 11: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo a idade dos veículos.	57
Figura 12: Proporção da variância explicada através dos fatores.	60
Figura 13: Medida de Kullback-Liebler, diante dos graus de pertinência.	64
Figura 14: Centros dos agrupamentos segundo os fatores estrutura familiar e estratégia e risco.	66
Figura 15: Medida de Kullback-Liebler, segundo os graus de pertinência utilizados.	68
Figura 16: Centros dos agrupamentos segundo a frequência de perdas parciais e roubo.	69
Figura 17: Tendência média da perda de valor de mercado dos veículos.	71
Figura 18: Evolução do número de classes de risco.	73
Figura 19: Evolução do número mediano de sinistros por classe.	74
Figura 20: Evolução da exposição mediana por classe.	75
Figura 21: Agrupamentos de tipos de veículos diante dos critérios testados.	76

Figura 22: Agrupamentos finais de regiões de tarifação.	78
Figura 23: Avaliação do agrupamento dos tipos de veículos.	82
Figura 24: Avaliação do agrupamento das regiões de tarifação.	83
Figura 25: Erro percentual médio absoluto - MAPE.	86
Figura 26: Erro percentual médio - MPE.	87

## Lista de tabelas

Tabela 1: Resumo de resultados.	27
Tabela 2: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo o sexo do condutor.	49
Tabela 3: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo o tipo de renovação.	53
Tabela 4: Distribuição de apólices e frequência de sinistros segundo o tipo de franquia.	54
Tabela 5: Distribuição dos dados segundo o tipo de indenização.	55
Tabela 6: Nomenclatura, definição e origem dos atributos.	58
Tabela 7: Carregamentos fatoriais e interpretação para os fatores.	61
Tabela 8: Interpretação dos grupos de veículos formados na iniciação e valor assumido pelos centróides.	65
Tabela 9: Interpretação dos grupos de regiões formados na iniciação e valor dos centróides.	69
Tabela 10: Características dos agrupamentos.	79
Tabela 11: Agrupamentos de idades formados segundo os critérios testados.	79
Tabela 12: Avaliação do agrupamento da idade dos veículos.	84