

# 1

## Introdução

Uma das preocupações para uma empresa de seguros é o estabelecimento de provisões ou reservas técnicas adequadas, que permitam o cumprimento dos compromissos assumidos por essa empresa em razão dos contratos de seguro.

De acordo com o Dicionário de Seguro estabelecido pela Escola Nacional de Seguros em (11), reservas constituem o “sistema técnico-econômico do qual se valem as seguradoras para se precaverem, no tempo, dos riscos assumidos. São os fundos que as seguradoras constituem para garantia de suas operações”.

Neste sentido, as empresas de seguros devem constituir provisões financeiras para o pagamento dos sinistros ocorridos até a data presente. Porém, por diversos motivos, muitos desses sinistros podem não ser avisados às empresas até a data-base para o cálculo das reservas. Isso força a seguradora a formar também uma reserva para o pagamento dos sinistros ocorridos e não avisados, como prevenção ao risco de insolvência, já que ela também terá que pagar os sinistros avisados com atraso.

A provisão para os sinistros ocorridos mas não avisados à seguradora até a data presente, mais conhecida pela sigla IBNR, derivada do inglês *Incurred But Not Reported*, tornou-se obrigatória no Brasil a partir de 25 de agosto de 1998 por meio da Resolução CNSP nº 18. Dessa forma as empresas seguradoras nacionais são obrigadas a fazer tal reserva monetária.

Para determinar um valor para essa reserva, faz-se necessário uma estimativa. Vários estimadores já foram desenvolvidos com objetivo de fornecer estimativas para o valor do IBNR com base nos dados do passado. A grande maioria dos estimadores propostos na literatura tem como base o triângulo de *desenvolvimento*. Esse triângulo compõe a parte superior de uma matriz  $C_{n \times n}$ , cujas linhas representam a data de ocorrência dos sinistros e as colunas representam a data de desenvolvimento ou aviso dos sinistros. Esses estimadores propõem preencher as entradas não conhecidas da matriz  $C$  e assim possibilitar o cálculo do valor final a ser reservado pela seguradora.

O modelo mais tradicional é o método *Chain Ladder*. Em sua versão determinística, ele assume a existência de uma proporcionalidade entre as colunas da matriz  $C$  e preenche as entradas não conhecidas dessa matriz, ou

seja, as projeções dos pagamentos futuros, por meio do cálculo de fatores de desenvolvimento que refletem essa proporcionalidade.

Métodos determinísticos não consideram a existência de uma medida de erro de estimação, não quantificando assim a variabilidade e a incerteza das estimativas obtidas. Por esse motivo, inúmeros métodos estocásticos vêm sendo desenvolvidos, possibilitando um estudo mais rigoroso das estimativas das reservas IBNR. Assim pode-se obter não só um valor para o IBNR, mas também medidas de erro associadas às estimativas realizadas, além da possibilidade de aplicar testes de confiança para avaliar o ajuste de dados. Uma versão estocástica para o método *Chain Ladder* foi proposta por *Mack* em (24).

Modelos estocásticos podem ser divididos em paramétricos e não-paramétricos. Os paramétricos assumem que os dados seguem uma determinada distribuição de probabilidade.

Nesta dissertação, são apresentados e discutidos métodos estocásticos, paramétricos e não-paramétricos, baseados na técnica *Chain Ladder*. Também está exposto neste trabalho uma alternativa para melhorar a previsão para reserva IBNR usando o aprendizado estatístico para “aprender” o erro gerado pela estimativa clássica do método *Chain Ladder*.

## 1.1

### Motivação

Como a provisão do IBNR se tornou obrigatória a partir de 1998 devido a Resolução CNSP nº 18, de 25 de agosto de 1998, é de grande interesse das companhias seguradoras o desenvolvimento de métodos para modelagem e cálculo de reservas.

Não é interessante para a seguradora ter um montante excessivo destinado a provisão da reserva IBNR, pois isso pode afetar sensivelmente sua rentabilidade comprometendo assim sua distribuição de lucros. Por outro lado, uma reserva IBNR pequena pode gerar a inadimplência, o que comprometeria a solvência da empresa. Ou seja, tanto a superestimação quanto a subestimação das provisões podem trazer prejuízos às seguradoras. Muitos estimadores já foram desenvolvidos com o objetivo de fornecer uma melhor estimativa para o valor do IBNR, mas eles ainda não satisfazem totalmente as empresas de seguros. Por esse motivo, ainda há muito o que ser estudado e desenvolvido nessa área.

## 1.2

### Trabalhos Relacionados

Muitos trabalhos relacionados à provisões para reservas já foram publicados. Em especial, as reservas do tipo IBNR. Entre os mais citados estão os trabalhos de Thomas F. Tarbell em 1934 (30), o mais antigo deles e que apresenta o primeiro algoritmo para calcular a reserva IBNR; o de Thomas Mack em 1993 (24), que apresenta uma maneira de avaliar o erro padrão obtido pelas estimativas do IBNR por meio da técnica *Chain Ladder*; o artigo de Richard Verrall em 1994 (33) que considera a aplicação de modelos loglineares para o cálculo de reservas; além do artigo de Renshaw e Verrall de 1998 (28) que propõe o uso da técnica *bootstrap* para a análise do erro obtido pelas estimativas.

Um artigo bastante interessante foi escrito por England e Verrall em 2002 (10). Nesse artigo os autores expõem vários métodos, apresentam suas principais características e comparam seus resultados. Mais recentemente, em 2007, o artigo de Atherino e Fernandes (2) propõe a implementação de um modelo em espaço de estado. Em 2008, o artigo de Kubrusly et al. (21) traz um novo modelo probabilístico para cálculo de IBNR, e em 2009 se pode citar o artigo de Kubrusly et al. (20) que apresenta um modelo híbrido não-paramétrico para o cálculo de reservas.

Existem muitos outros trabalhos dedicados ao cálculo de reservas do tipo IBNR que propõem, de diversas maneiras, novos modelos para o cálculo do IBNR e análise sobre variância e erro padrão das reservas estimadas. Pode-se citar ainda o de Jong (6) que propõe um método baseado em séries temporais e o de Herst (15) que utiliza a teoria da estatística não-paramétrica baseada em dados aleatoriamente truncados no cálculo da estimativa IBNR.

## 1.3

### Contribuições

Este trabalho apresenta o estudo e a análise de vários métodos estimadores da reserva IBNR, assim como a comparação entre os resultados obtidos por eles por meio de simulações. Dentre os métodos estudados, destacam-se dois, Mack Chain Ladder e Boot Chain Ladder, os quais estão expostos no Capítulo 3 desta dissertação.

A contribuição central desta dissertação é propor um novo estimador híbrido e não-paramétrico, que tem como base o método híbrido proposto por Kubrusly et al. em (20), para melhorar a técnica *Chain Ladder* para o cálculo da reserva IBNR utilizando a aprendizagem estatística sobre resíduos de suas estimativas.

## 1.4 Organização

No capítulo 2, são apresentados a notação e os conceitos básicos para o desenvolvimento da teoria sobre cálculo de IBNR, assim como está exposta, a técnica padrão *Chain Ladder*.

No capítulo 3, encontra-se a exposição dos modelos *Mack Chain Ladder* e *Boot Chain Ladder* e da teoria relacionada a eles. O objetivo do capítulo é apresentar esses modelos de forma a considerar suas características particulares para implementação no novo método.

No quarto capítulo, é feita uma breve exposição da teoria de aproximação de funções e aprendizado estatístico. Uma análise da teoria de aprendizagem supervisionada para regressão é exposta detalhadamente considerando dois modelos: Máquinas de Suporte Vetorial e Processo Gaussiano.

O capítulo 5 apresenta o novo modelo híbrido e não paramétrico, objetivo principal deste trabalho, que tem como suporte a teoria de aproximação de funções e a técnica de *bootstrap*.

Por fim, no capítulo 6, concluindo o trabalho, é feita uma descrição dos dados utilizados nas simulações e estão expostos os resultados destas simulações, comparando os resultados finais entre os modelos estudados e o modelo proposto. Também são feitos os comentários finais e as conclusões sobre o trabalho. Nesse capítulo também são apresentadas possibilidades de trabalhos futuros para aprimoramento do método aqui apresentado.