

5 Análise de desempenho

Neste capítulo será apresentado o desempenho do algoritmo mediante a subjetividade e a objetividade da classificação.

Na primeira seção será medido o erro de classificação subjetivo. Neste caso, os erros de agrupamento de tipos de veículos, regiões de tarifação e idades, serão medidos através de características lógicas.

Na segunda seção o erro de estimação, considerado como o objetivo da classificação proposta, será avaliado. Neste caso, duas medidas de erro, apresentadas na seção 3.2, serão consideradas.

5.1. Análise subjetiva da classificação

O desempenho da classificação foi medido através do erro subjetivo de agrupamento diante dos três algoritmos propostos.

Inicialmente foi analisado o desempenho do agrupamento dos tipos de veículos. Neste caso, a avaliação foi realizada considerando as semelhanças entre veículos pertencentes a um mesmo grupo. Em seguida, foi analisado o desempenho do agrupamento de regiões de tarifação. Neste caso, foi considerada a proximidade geográfica entre as regiões³⁸. Finalmente, o desempenho do agrupamento de idades foi analisado considerando a relevância da agregação.

Nos casos de avaliação subjetiva, o erro percentual foi calculado da seguinte forma:

Seja x_{ij} o erro individual subjetivo de associação do indivíduo i ao grupo j , $i = 1, \dots, k$ e $j = 1, \dots, l$. Neste caso, se for decidido que i não pertence ao grupo j , x_{ij} assumirá valor unitário; caso contrário, x_{ij} assumirá valor nulo. Desta forma, o

³⁸ Foram consideradas regiões próximas àquelas que compartilhavam de uma mesma fronteira geográfica.

$$x = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^k x_{ij}}{l}$$

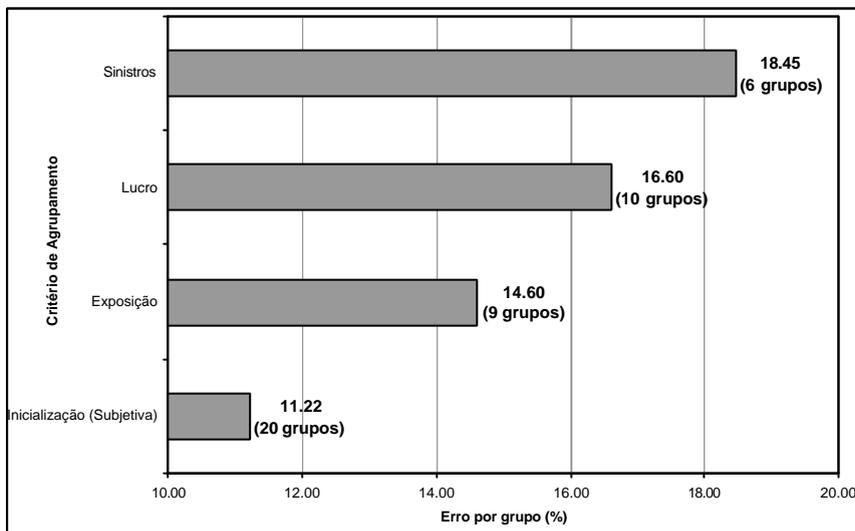
erro percentual subjetivo de classificação será calculado através da seguinte fórmula:

Conforme elaborado, o erro percentual subjetivo pode ser interpretado como a média do percentual de associações equivocadas, por grupo.

O erro de agrupamento, no caso dos tipos de veículos, foi mensurado considerando as semelhanças entre indivíduos pertencentes a um mesmo grupo. Um exemplo de erro de associação entre o tipo de veículo e o grupo pode ser representado pelo caso onde o tipo de veículo Golf GTI Cabriolet 2.0 i foi associado ao grupo de veículos Médios e Recentes (de luxo)³⁹.

A figura abaixo evidencia que, diante de cada algoritmo aplicado, o número de grupos e o erro percentual obtido apresentam características particulares.

Figura 23: Avaliação do agrupamento dos tipos de veículos.



A figura 23 mostra, através das barras horizontais, o erro percentual subjetivo relacionado aos algoritmos. Os comentários entre parênteses indicam o número de grupos de veículos formados.

Observando a figura, verifica-se que o agrupamento obtido na iniciação apresentou 11.22% de erro. Nota-se que este foi o menor percentual de erro, se comparado ao apresentado pelos demais agrupamentos. Supõe-se que isto seja consequência do nível de desagregação presente na iniciação. Observa-se que,

³⁹ Embora o Golf GTI Cabriolet 2.0 i seja um veículo de luxo, suas características predominantes são a esportividade e a antiguidade.

ainda na iniciação, o percentual de erro foi pouco expressivo, o que comprova a eficiência dos fatores derivados das variáveis de perfil em representar os tipos de veículos.

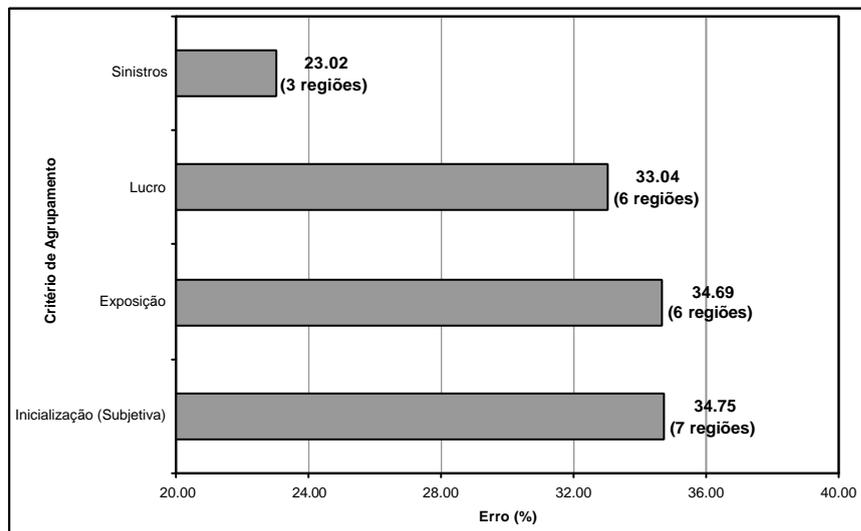
Comparando os agrupamentos obtidos através dos critérios de exposição e lucro, verifica-se que, tanto o percentual de erro quanto o número de grupos, obtidos através do critério de exposição, foram inferiores aos obtidos através do lucro. Portanto, pode-se concluir que, considerando o agrupamento de tipos de veículos, o algoritmo de exposição foi mais eficiente que o algoritmo de lucro.

O algoritmo que apresentou maior percentual de erro foi o de sinistros, com 18.45%. Porém, quando comparado ao algoritmo de lucros, este critério teve uma redução percentual no número de grupos de 40%, e um aumento de apenas 11.2% no erro. Este fato indica que, embora o erro percentual tenha sido superior, a aplicação do algoritmo de sinistro seria compensatória, se for considerado o objetivo principal do método desenvolvido.

No caso do agrupamento de regiões de tarifação, o erro foi mensurado considerando a proximidade geográfica entre as regiões. Um exemplo de erro de associação seria o caso onde a região de Sergipe pertenceria ao mesmo grupo da região de Ribeirão Preto.

Para analisar o agrupamento de regiões foi selecionado o mesmo tipo de figura utilizado no caso do agrupamento de veículos.

Figura 24: Avaliação do agrupamento das regiões de tarifação.



Observando a figura 24 acima, verifica-se que o erro percentual apresentou características adversas às apresentadas pelo erro de agrupamento dos tipos de veículos. Neste caso, verifica-se que o erro cresceu com o aumento do número de grupos. Suspeita-se que este fato seja reflexo da subjetividade, pois, da forma como foi proposta, desconsidera fatores que poderiam caracterizar melhor as regiões⁴⁰.

Verifica-se, ao analisar a figura, que, comparados à iniciação, os algoritmos de exposição e lucro não apresentaram ganhos significativos em relação ao erro. Porém, quando comparados ao algoritmo de sinistro, nota-se que este apresentou uma redução no erro de, aproximadamente, 33%. Acredita-se que, por este motivo, o algoritmo de sinistros seja mais eficiente em representar a lógica subjetiva das regiões de tarifação.

Para medir o erro do agrupamento de idades, foi considerada a relevância da agregação.

A tabela abaixo reporta o erro percentual médio, bem como o número de grupos formados.

Tabela 12: Avaliação do agrupamento da idade dos veículos.

Critério de Agrupamento	Número de Grupos	Erro Médio por Grupo
Inicialização (Subjetiva)	12	0.00
Exposição	10	0.00
Lucro	9	3.70
Sinistros	7	4.76

Analisando os dados contidos na tabela acima, verifica-se que tanto na iniciação, quanto no algoritmo de exposição, nenhum erro de agrupamento foi detectado. No caso do algoritmo de exposição houve agregação, porém, conforme reportado na tabela 11 da seção 4.3.2, acredita-se que o agrupamento de idades elevadas⁴¹ seja necessário.

⁴⁰ Acredita-se que fatores como população, desenvolvimento, economia, desigualdade e condições de urbanização, pudessem aprimorar a caracterização das regiões.

⁴¹ Ao visualizar o risco por idade dos veículos, normalmente as seguradoras costumam agrupar as maiores idades.

Os maiores percentuais de erro foram obtidos pelos algoritmos de lucro e sinistro. O principal motivo verificado foi o agrupamento de veículos de 1 ano com veículos zero quilômetro. A razão para este agrupamento ser considerado erro deriva do próprio entendimento do mercado, que normalmente não considera agrupamentos entre estas idades.

5.2.

Desempenho na estimação

A principal motivação para o desenvolvimento da metodologia proposta foi aprimorar as estimativas do risco. Uma das formas usuais de avaliação seria validar a estimação, utilizando dados que não fazem parte da modelagem. Seguindo este princípio, a avaliação se iniciou através da seleção aleatória de duas amostras de contratos contendo, cada uma, 50% das informações disponíveis. Estas amostras foram denominadas amostra de ajuste e amostra de validação.

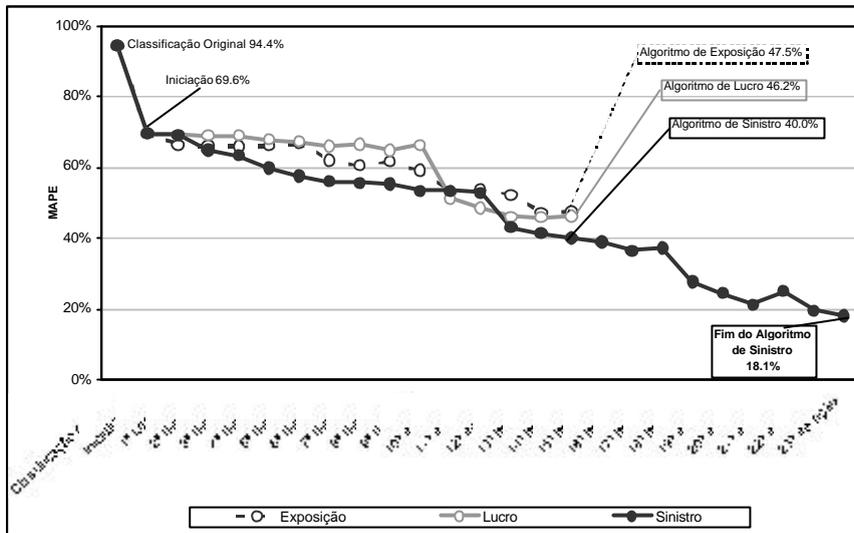
Após a amostragem dos dados, constatou-se que a amostra de ajuste continha 214.604 anos de exposição, aproximadamente 112 milhões de reais em indenizações, e 22.032 sinistros; enquanto a amostra de validação continha 213.404 anos de exposição, 111 milhões de reais em indenizações e 22.036 sinistros.

Após a divisão dos dados, a cada iteração do algoritmo, e considerando os critérios definidos na seção 3.1, o método de estimação apresentado na seção 3.2.1 foi aplicado à amostra de ajuste. Como três tipos de sinistros foram considerados neste estudo, foram estimados a severidade e o número de sinistros para cada um dos tipos de dano. Em seguida, a taxa de risco foi calculada, e a indenização estimada pôde ser obtida, seguindo as formulações apresentadas na seção 3.2.

Estimadas a indenização e a taxa de risco, as mesmas foram comparadas aos valores reais, calculados através dos dados da amostra de validação. Como medidas de comparação, foram utilizados o erro médio percentual absoluto (MAPE) e o erro médio percentual (MPE). Ao utilizar o MAPE pretendia-se avaliar a aderência dos modelos estimados. E através do MPE, pretendia-se medir o custo da modelagem mediante a classificação, já que, quando esta medida assume valores negativos, indica que as indenizações estimadas são, em média, superiores às indenizações reais.

A evolução do MAPE, considerando as classificações obtidas através dos algoritmos de exposição, lucro e sinistro, encontra-se reportada na figura abaixo.

Figura 25: Erro percentual médio absoluto - MAPE.



Acima, na figura 25, as linhas representam a evolução do MAPE. Os pontos em destaque mostram os valores do MAPE diante das classificações original⁴², inicial, e obtida ao final de cada um dos algoritmos.

Observando a figura, nota-se que o MAPE obtido diante da classificação original foi de 94.4%. O alto percentual de erro é compreensível, já que estimativas para classes sem sinistros implicam em um MAPE de 100%, e tais classes representam 64% do total.

Na iniciação dos algoritmos, o MAPE reduziu seu valor em 26.3%, se comparado ao obtido diante da classificação original. Este fato corrobora a expectativa de que, com a redução no número de classes, seria possível obter melhores estimativas do risco. Acredita-se que este fato esteja relacionado com a suficiência de informações de sinistros por classe.

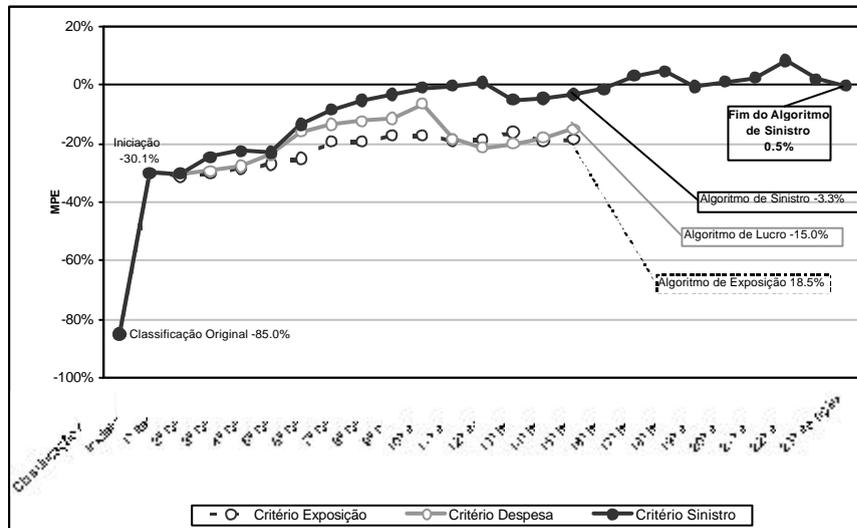
Considerando a evolução do algoritmo de lucro, observa-se que o MAPE só apresentou redução significativa, de aproximadamente 27%, após a 9ª iteração. Ainda considerando este algoritmo, observa-se que, tanto na 10ª quanto na 11ª iteração, o erro de estimação foi inferior ao apresentado por outros critérios. Ao final das iterações, o algoritmo de lucro apresentou MAPE de 46.2%.

Quando o critério da exposição foi aplicado, o comportamento do erro de estimação foi semelhante ao verificado no caso do algoritmo de lucro. O MAPE, na 1ª iteração, foi inferior ao obtido pelos outros algoritmos. Suspeita-se que isto decorra do grupo selecionado para reagrupamento, que foi diferente apenas neste algoritmo. Após a 1ª iteração, verifica-se que o erro permaneceu constante até a 5ª iteração, onde sofreu uma redução de 7% no nível. Deste ponto até a 9ª iteração, as taxas de risco estimadas mostram-se mais próximas das reais, do que as obtidas através do critério do lucro. A partir da 10ª iteração, o algoritmo que apresentou pior desempenho, mesmo que com diferença de apenas 2.8% para o algoritmo de lucro, foi o algoritmo de exposição. O MAPE obtido ao final deste algoritmo foi de 47.5%.

Coincidentemente, os algoritmos sob o critério de lucro e exposição foram finalizados na 14ª iteração. Nesta iteração, o algoritmo de sinistro apresentou MAPE de 40%, e, salvo raras iterações como exceção, isto ocorreu ao longo de toda a avaliação do MAPE. Além disso, ao final, o algoritmo de sinistro foi o que apresentou melhor desempenho, com MAPE de 18.1%.

Após analisar o comportamento do MAPE, o erro percentual médio foi analisado.

Figura 26: Erro percentual médio - MPE.



⁴² A classificação original representa àquela usualmente utilizada pelo mercado de seguros.

O erro medido através do MPE das indenizações traduz a idéia de lucro e despesas. Seria interessante que este erro fosse o mais próximo de zero possível, já que o MPE negativo representaria cobranças excedentes às indenizações, e o MPE positivo representaria a subestimação do risco, e, conseqüentemente, indenizações excedentes aos valores cobrados⁴³.

Conforme mostra a figura 26, o volume de indenizações estimado para a classificação original, foi bastante superior ao valor necessário. O erro medido através do MPE assume valor de -85%.

Estimando as indenizações para a classificação inicial, o valor do erro foi reduzido em 64.6%, assumindo valor de -30.1%.

O erro medido após a finalização dos algoritmos de exposição e lucro, apresentaram-se semelhantes, diferindo apenas 3 pontos percentuais, aproximadamente. Neste caso, o algoritmo de exposição apresentou MPE de -18.5%, e o algoritmo de lucro, MPE de 15.0%.

Assim como ocorreu quando o erro foi medido através do MAPE, também aqui a classificação obtida através do algoritmo de sinistro apresentou melhor desempenho na estimação. Nota-se que a partir da 8ª iteração, o MPE assumiu valores que oscilam em torno de zero. Ao final, estimando o risco para as classes propostas por este algoritmo, o erro medido alcançou o valor de -0.5%, o que caracteriza que as indenizações estimadas supririam as despesas da seguradora com sinistros.

⁴³ A idéia de cobrança, inserida neste parágrafo, indica que os valores estimados seriam utilizados no cálculo das taxas que, conseqüentemente, reproduziriam os prêmios de risco cobrados.