



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS - ICSA



Wenderson José Caldena

**Uma proposta de sistemas baseados em regras *fuzzy*
para a subscrição de seguros de vida**

Varginha/MG

2019

Wenderson José Caldena

Trabalho de Conclusão
apresentado como parte dos
requisitos para obtenção do
título de Bacharel em
Ciências Atuariais pela
Universidade Federal de
Alfenas-Campus Varginha.

**Uma proposta de sistemas baseados em regras *fuzzy*
para a subscrição de seguros de vida**

Orientador: Dr. Leandro Ferreira

Wenderson José Caldena

**Uma proposta de sistemas baseados em regras *fuzzy*
para a subscrição de seguros de vida**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência Atuariais pelo Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal de Alfenas – Campus Varginha.

Aprovada em:

Prof. Dr. Leandro Ferreira

Prof. Dr. Danilo Machado Pires

Prof. Dr. Reinaldo Antonio Gomes Marques

Resumo

O presente estudo busca sugerir o desenvolvimento de um sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF) aplicado ao processo de subscrição de seguro de vida. Tal ferramenta se mostra útil diante de possíveis limitações que as metodologias usuais apresentam. A proposta consiste no desenvolvimento de dois SBRFs, os quais interagem entre si para a classificação de risco de um proponente de seguro de vida. O SBRF1 é aplicado na determinação do score de saúde de um indivíduo, enquanto o SRBF2 relaciona o score de saúde resultante do SBRF1 com fatores financeiros, de modo a determinar o risco inerente ao proponente. Os testes dos SBRFs propostos foram realizados por meio de dados simulados referente a 8 indivíduos hipotéticos. Os resultados demonstram que um sistema baseado em regras *fuzzy* pode atuar de forma eficiente na classificação de riscos, considerando fatores variados, assim como seus efeitos conjuntos para a determinação do risco inerente a um proponente. Por fim, conclui-se que um SBRF pode ser uma alternativa diante das técnicas de subscrição atualmente utilizadas pelas seguradoras de vida, de modo a contribuir para a melhor classificação de riscos e maior eficiência no processo de subscrição.

Palavras chaves: Seguro de vida, subscrição, sistemas baseados em regras *fuzzy*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REFERENCIALTEÓRICO	7
2.1. Seguro de vida	7
2.2. Subscrição	8
2.2.1. Procedimento numérico.....	9
2.3. Lógica <i>fuzzy</i>	11
2.3.1. Conjuntos <i>fuzzy</i> e função de pertinência.....	11
2.3.2. Níveis de um conjunto <i>fuzzy</i>	12
2.3.3. Números <i>fuzzy</i>	12
2.3.4. Sistemas baseados em regras <i>fuzzy</i>	14
2.3.5. Aplicações em atuária	17
3. METODOLOGIA	19
3.1. SBRF1 aplicado na determinação do score de saúde.....	19
3.2. SBRF2 aplicado na determinação do score de risco	26
3.3. Procedimentos computacionais	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
Referências bibliográficas	34

1. INTRODUÇÃO

O seguro de vida proporciona garantias financeiras diante de eventos inesperados que ocorram na vida de um segurado. Assim, ao se efetivar um contrato de seguro, tem-se uma transferência de risco do segurado para a seguradora, mediante ao pagamento de um prêmio. Dessa forma, é natural que as operadoras de seguro exerçam políticas voltadas para a diminuição de riscos, tais como o processo de subscrição (GUIMARAES, 2002; D'OLIVEIRA, 2005; BRUNING, 2016).

O principal objetivo da subscrição de seguro de vida é decidir quais indivíduos devem receber seguro de vida da empresa e quais taxas devem ser cobradas. As empresas de seguros de vida, em grande parte, cumprem esses objetivos por meio do sistema de classificação numérica. Contudo, tal procedimento é motivo de críticas devido às limitações que sua metodologia possui, tais como a incapacidade de avaliar efeitos conjuntos de fatores variados e a rigidez na qual é feita a análise de tais fatores (CUMMINS et al., 2013; LEMAIRE, 1990).

A lógica fuzzy, apresentada por Zadeh (1965), possui a característica de fornecer tratamento matemático a termos imprecisos, tais como “aproximadamente” e “em torno de”. É a metodologia principal para o desenvolvimento de um sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF). Um SBRF é uma ferramenta matemática a qual busca encontrar uma resposta para algum tipo de problema, sendo construída em 4 módulos: fuzzificação, base de regras, inferência e defuzzificação (BELLUCCI, 2009).

O presente trabalho propõe o desenvolvimento de SBRFs como alternativa ao procedimento usual de subscrição de seguro de vida, visto que:

- Com o auxílio de um especialista e da definição de uma base de regras adequada, os efeitos de atributos de risco podem ser devidamente relacionados;
- Oferece uma alternativa para definir qual o score de saúde de um indivíduo, considerando fatores diversos. Assim, é possível adotar políticas de incentivo à prática de hábitos saudáveis, com o intuito de compor a carteira da seguradora com uma quantidade considerável de “riscos desejáveis”;
- Fornece melhor forma de análise aos parâmetros de determinadas variáveis adotadas, vista a rigidez do procedimento numérico. Assim, a flexibilização da interpretação de parâmetros, outrora possível apenas através da interpretação humana do subscritor, recebe um tratamento computacional.

A proposta apresentada no presente trabalho consiste no desenvolvimento de dois SBRFs. Primeiramente, é proposto o SBRF1 para a definição do score de saúde de um proponente. Em seguida, é proposto o SBRF2 para a determinação do score de risco ligado ao proponente. Em ambos os sistemas propostos foram utilizados o método de inferência Mamdani e o método de defuzzificação Centro de Gravidade.

Deste modo, o presente trabalho apresentará, além desta introdução, outras quatro partes. A seguir, o referencial teórico, com as seções: seção 2.1 apresenta uma breve discussão sobre seguro de vida; em seguida a seção 2.2 discorre sobre o processo de subscrição em seguro de vida; já a seção 2.3 expõe conceitos e aplicações da lógica *fuzzy* em áreas ligadas a ciências atuariais. As seções 3, 4, e 5 apresentam, respectivamente, a metodologia, os resultados, e as considerações finais deste trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Seguro de vida

A finalidade principal de um seguro de vida é oferecer garantias em caso de morte ou sobrevivida. Tais garantias acontecem perante o pagamento de um valor ajustado ao perfil do segurado (prêmio). Sustentado na boa-fé, um contrato de seguro de vida é realizado de acordo com as declarações efetivadas pelo proponente (candidato a segurado), no ato do preenchimento da proposta de seguro, a julgar que se pressupõe que o mesmo aja em harmonia com a verdade (D'OLIVEIRA, 2005; BRUNING, 2016).

Segundo Guimarães (2002), a primeira apólice de seguro de vida que se tem conhecimento foi emitida em 18 de julho de 1583, em Londres, pela *The Society of Insurance for Windows and Orphans*, a primeira companhia de seguro de vida. Argumenta ainda que mais adiante, com as contribuições de Jonh Graunt e Willian Petty, responsáveis por projetar os primeiros estudos no ramo de seguro de vida, fizeram despertar o pensamento científico na área com suas especulações sobre as vicissitudes da vida, permitindo o início à era do seguro de vida moderno.

No Brasil, com a promulgação do Código Civil Brasileiro em 1916, foram previstos e regulamentados todos os ramos de seguro, inclusive o de vida. Assim, a atividade seguradora passava a ter um caráter de estrutura legal e sólida. Contudo, segundo Guimarães (2002), somente através do Decreto-lei nº 73, de 21 de novembro de 1966, é que foram reguladas

todas as operações de seguro e resseguro e instituído o Sistema Nacional de Seguros Privados, constituídos por:

- Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP);
- Superintendência de Seguros Privados (SUSEP);
- Instituto de Resseguros do Brasil (IRB);
- Sociedades autorizadas a operar em seguros privados; e
- Corretores habilitados.

Por fim, o novo Código Civil que passou a vigorar a partir de janeiro de 2003, substituindo o anterior, trouxe significativas mudanças para o seguro no Brasil. Ele passou a dedicar todo um capítulo ao seguro (capítulo XV), o qual separa os seguros de bens dos seguros de pessoas, possibilitando a inclusão de companheiros não oficialmente casados como beneficiários, entre outras alterações importantes (LIMA, 2008).

O fato intrínseco do ramo de seguro de se assumir riscos influencia na constante busca de minimização do mesmo. Este fato dá enfoque a algumas políticas de gestão de negócios que devem ser consideradas no seguro de vida, assim como no ramo de seguros em geral, tais como:

- Subscrição de riscos;
- Taxação de riscos;
- Constituição de provisões técnicas;
- Reavaliação de carteiras;
- Regulação de sinistros;
- Resseguro;
- Margem de solvência.

2.2. Subscrição

O processo de subscrição caracteriza-se por um conjunto de técnicas e critérios, os quais possibilitam a seguradora avaliar, estimar, e limitar os riscos de um contrato de seguro. Tais atribuições contribuem para o cálculo de prêmios, para a solvência da instituição e para obtenção de lucro mínimo da seguradora. Desse modo, o processo de subscrição é fundamental para que a seguradora possa oferecer cobertura securitária, se manter solvente, e obter lucros razoáveis (LIMA, 2018; SOUZA, 2016).

Para Guimarães (2002), em apólice de seguros de vida, o nível de risco de um proponente é avaliado para fins de subscrição, mediante o preenchimento de formulários de resposta, de modo a obter informações importantes inerentes ao proponente, tais como:

- Idade, sexo, ocupação principal, estado de saúde e hábitos do segurado;
- Histórico de saúde pessoal e familiar;
- Cobertura(s) contratada(s);
- Capital segurado.

O processo de subscrição de risco passa também por análises que levam em conta o risco moral do proponente ao seguro. Para tal tarefa, informações variadas são consideradas, como por exemplo, a situação econômica, benefício desejado e a verificação da existência de outros seguros em outras companhias. Informações deste tipo podem exibir indícios ou predisposição a fraudes que, caso sejam identificadas precocemente, poderão evitar problemas futuros (GUIMARAES, 2002).

2.2.1. Procedimento numérico

Segundo Horgby (1997), o método mais utilizado no processo de subscrição é o sistema de classificação numérico. Tal procedimento é descrito por Oscar & Rogers (1919, p.20), como citado por Cummins et al (2013, p. 113) da seguinte maneira:

O princípio subjacente no método numérico de seleção médica baseia-se na suposição de que o risco médio aceito por uma empresa tem um valor de 100% e que cada um dos fatores que compõem um risco deve ser expresso numericamente em termos de 100%, e que, pelo somatório deles ou por alguma modificação do seu somatório, o valor de qualquer risco deve ser determinado e expresso em relação a essa norma.

Em outras palavras, o risco médio aceito por uma seguradora recebe o valor padrão expresso por 100%. Os demais fatores considerados no processo são também expressos em porcentagens, e somados junto ao valor padrão (CUMMINS et al., 2013).

A Tabela 1 ilustra uma situação hipotética na qual um determinado proponente a um seguro de vida, diante de suas características específicas, seja classificado pelo procedimento numérico.

Tabela 1 – Exemplo de classificação pelo procedimento numérico.

Mortalidade Padrão	100%
Excesso de Peso	50%
Pressão Alta	100%
Crédito para Política de Curto Prazo	-50%
Mortalidade Total	200%

Fonte: Horgby (1998)

Dada a mortalidade total de 200%, tem-se que a mortalidade extra do proponente a segurado é de 100%, o que implica em dizer que a mortalidade esperada para este proponente é superior à padrão em 100%.

De modo geral, uma seguradora rejeita um proponente em situações nas quais a classificação atinge valores acima de um limite estipulado como 500 ou 1000, por exemplo. Para os casos dos proponentes classificados como fora do padrão, porém não rejeitados, os diferenciais de taxas são estabelecidos em tabelas específicas para classificados como fora do padrão. Tais tabelas específicas são calculadas por atuários, partindo do princípio de que a mortalidade para cada grupo fora do padrão será algum múltiplo da mortalidade padrão. Mais informações sobre o processo de classificação numérica são apresentadas por Cummins et al (2013).

O método de classificação numérica é motivo de críticas por alguns órgãos devido a possíveis limitações que o modelo possui. Entre as principais críticas, pode-se destacar:

- O sistema de classificação numérica geralmente não reflete o fato de que a presença de mais de um fator considerado na classificação de risco pode levar a taxas de mortalidade maiores (ou menores) do que acontece ao considerar cada fator isoladamente (CUMMINS et al., 2013);
- Grande parte dos fatores de risco não apresentam nenhuma forma de controle. Assim, não há nenhum incentivo ou capacidade de alterar esses fatores de modo a reduzir o risco e por consequência os custos do seguro. Esse argumento é proposto a favor da reflexão de variáveis como estilo de vida, e hábito de fumar na classificação de seguro de vida (CUMMINS et al., 2013);
- Os limites dos fatores de risco no procedimento de classificação numérica podem causar erros devido ao limite claro que possuem. Por exemplo, quando se diz que o

IMC ideal é abaixo de 30, não necessariamente implica em dizer que alguém com um IMC de 31 ou 35, esteja com a saúde totalmente prejudicada (LEMAIRE, 1990).

2.3. Lógica *fuzzy*

Em 1920, o matemático Polonês Jan Lukasiewicz (1897-1956) abordou alguns problemas relacionados aos conceitos da lógica de Aristóteles. Diante disso, Lukasiewicz descreveu e introduziu uma teoria na qual a relação entre um elemento e um conjunto ocorria através de modo gradual (CHENCI, 2011).

Motivado pelos estudos de Lukasiewicz, e pelos princípios da lógica clássica aristotélica, Lofti Asker Zadeh, professor de Ciências da computação da Universidade da Califórnia, tornou-se o primeiro autor de uma publicação sobre lógica *fuzzy*, na década de 60. Zadeh concluiu que as atividades do cotidiano humano não podiam ser explicadas de modo claro e bem definido. Assim, era necessário desenvolver uma teoria na qual fosse possível oferecer tratamento matemático à subjetividade relacionadas a tais atividades. Inicialmente, as ideias de Zadeh foram criticadas por vários estudiosos e cientistas da área da computação. Contudo, em pouco tempo seus trabalhos foram reconhecidos, tornando-se alvo de diversas publicações (CHENCI, 2011).

2.3.1. Conjuntos *fuzzy* e função de pertinência

Zadeh (1965) define um conjunto *fuzzy* por meio da associação de determinado elemento a um conjunto de modo gradual, definido pelo intervalo de zero a um. Sendo assim, torna-se possível estabelecer com que grau um elemento pertence a um conjunto determinado. A associação entre um elemento e um conjunto *fuzzy* é dada por uma função denominada como função grau de pertinência, ou simplesmente função de pertinência, definida como:

Definição 2.1. (BELLUCCI, 2009) *Seja U um conjunto universo (clássico). Um subconjunto fuzzy é um par (F, φ_F) , com $F \subset U$ e $\varphi_F: U \rightarrow [0,1]$ é chamada função grau de pertinência.*

Assim, quanto mais próximo a função de pertinência φ_F estiver de zero, menor é o grau de pertinência de um elemento a um conjunto; ao contrário, quanto mais próximo estiver de um, maior é o grau de pertinência de um elemento ao conjunto.

As funções de pertinência podem assumir diversas formas, de acordo com o conceito que se deseja representar e do contexto a que estão inseridas. Contudo, cada uma delas

produzirá um conjunto *fuzzy* diferente. Deste modo, o processo de escolha de uma função de pertinência deve levar em consideração fatores relacionados ao contexto do objeto de estudo (BARROS; BASSANEZI, 2010).

2.3.2. Níveis de um conjunto *fuzzy*

Um α – nível de um subconjunto *fuzzy* $F \subset U$ é um subconjunto clássico de U , formado pelos elementos que possuem graus de pertinência maiores ou iguais a α , sendo $\alpha \in (0,1]$. De modo preciso:

Definição 2.2. (BELLUCCI, 2009) *Seja F um subconjunto fuzzy de U e $\alpha \in (0,1]$. O α – nível de F é um subconjunto clássico de U , denotado por $[F]^\alpha$, e definido por:*

$$[F]^\alpha = \{x \in U: \varphi_F \geq \alpha\}.$$

Os subconjuntos de $F \subset U$, os quais possuem elementos de U com graus de pertinência não nulos em F , são definidos como o suporte de F .

Definição 2.3. (BELLUCCI, 2009) *Seja F um subconjunto fuzzy de U . O suporte de F é o $\text{supp}(F)$ de U cujos elementos têm graus de pertinência não-nulos, ou seja:*

$$\text{supp}(F) = \{x \in U: \varphi_F(x) > 0\}.$$

Um α – nível igual a zero representa o menor subconjunto clássico do subconjunto *fuzzy*, definido como:

Definição 2.4. (BELLUCCI, 2009) *Seja F um subconjunto fuzzy de U . O α – nível zero é definido como o fecho do suporte de F , ou seja: $[F]^0 = \overline{\text{supp}(F)}$.*

2.3.3. Números *fuzzy*

Segundo Barros e Bassanezi (2010), um subconjunto *fuzzy* recebe o nome de número *fuzzy* quando a imagem da função de pertinência é definida em um intervalo dos números reais. Desse modo, define-se um número *fuzzy* como:

Definição 2.5. (BARROS; BASSANEZI, 2010) Um subconjunto fuzzy F é chamado número fuzzy quando o conjunto universo o qual a função de pertinência está definida é o conjunto dos números reais e satisfaz as seguintes condições:

- (i) Todos os α -nível de F são não vazios, com $0 < \alpha < 1$;
- (ii) Todos os α -nível de F são intervalos fechados de \mathbb{R} ;
- (iii) $\text{supp}(A) = \{x \in \mathbb{R} \mid \varphi_F(x) > 0\}$ é limitado.

Os números fuzzy mais comuns são os números triangulares, trapezoidais e em formato de sino (BELLUCCI, 2009; BARROS; BASSANEZI, 2010). Suas definições formais são expressas da seguinte maneira:

Definição 2.6. (BELLUCCI, 2009) Um número fuzzy (F, φ_F) é dito triangular se φ_F for da forma

$$\varphi_F = \begin{cases} 0, & \text{se } x < a \\ \frac{x-a}{u-a}, & \text{se } a < x \leq u \\ \frac{b-x}{b-u}, & \text{se } u < x < b \\ 0, & \text{se } x \geq b. \end{cases}$$

Definição 2.7. (BELLUCCI, 2009) Um número fuzzy (F, φ_F) é dito trapezoidal se φ_F for da forma

$$\varphi_F = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a \leq x < b \\ 1 & \text{se } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{se } c < x \leq d \\ 0 & \text{caso contrario.} \end{cases}$$

Definição 2.8. (BELLUCCI, 2009) Um número fuzzy (F, φ_F) tem forma de sino se a função de pertinência φ_F for suave e simétrica em relação a um número real, expresso da forma

$$\varphi_F = \begin{cases} \exp\left(-\left(\frac{x-u}{a}\right)^2\right) & \text{se } u - \delta \leq x \leq u + \delta \\ 0 & \text{caso contrario.} \end{cases}$$

2.3.4. Sistemas baseados em regras *fuzzy*

Um Sistema Baseado em Regras *Fuzzy* (SBRF), de forma genérica, tenta modelar matematicamente uma situação qualquer, de modo a obter resposta de algum tipo de problema. Mais precisamente, um SBRF utiliza-se da lógica *fuzzy* para produzir saídas (respostas) para cada entrada *fuzzy* (problema). Situações em que uma variável de entrada representa uma condição e uma variável de saída uma ação, tem-se um caso de um SBRF, denominado como Controlador *Fuzzy* (BELLUCCI, 2009).

Um controlador *fuzzy* pretende reproduzir as estratégias de um “controlador humano”. Considerando que, de modo geral, as ações humanas seguem uma sequência de ordens linguísticas durante as execuções de suas tarefas, um controlador *fuzzy* traduz tal sequência de ordem linguística por meio de um conjunto de regras (BELLUCCI, 2009).

Em sua composição, um controlador *fuzzy* conta com os módulos de “fuzzificação”, base de regras, inferência *fuzzy* e “defuzzificação”, apresentados a seguir.

I) Módulo de fuzzificação

No módulo de fuzzificação, cada entrada no sistema é traduzida a partir de um conjunto *fuzzy*. É nessa etapa, assim como na base de regras, que a atuação de especialistas na área de estudo se apresenta fundamental, de modo a colaborar para a elaboração das funções de pertinência das variáveis de entrada (BARROS; BASSANEZI, 2010).

II) Base de regras

Uma base de regras *fuzzy* é composta por proposições *fuzzy* da seguinte maneira:

Se x_1 é A_1 e x_2 é A_2 e ... x_n é A_n Então

u_1 é B_1 e u_2 é B_2 e ... e u_m é B_m ,

em que x_i é uma variável linguística modelada por um conjunto *fuzzy* A_i , ou seja, pela função de pertinência ligada ao conjunto. Desta forma, dizer que x_i é A_i é o mesmo que dizer que a pertinência de x_i é tomada em A_i . O conjunto de condições A_1, \dots, A_n recebe o nome de *antecedentes*, e o conjunto de ações B_1, \dots, B_m recebe o nome de *consequentes* (BELLUCCI, 2009).

É importante notar que, em um controlador *fuzzy*, deve existir tantas regras quantas forem necessárias de forma a identificar totalmente as combinações dos termos das variáveis.

Ou seja, a base de regras deve ser completa ao ponto de garantir que exista sempre pelo menos uma regra a ser acionada para cada entrada no sistema (SANDRI; CORREIA, 1999).

III) Módulo de inferência fuzzy

O módulo de inferência basicamente é o módulo que define o sucesso do controlador *fuzzy*, dado que é o sistema de inferência que fornecerá a saída *fuzzy* a ser adotada pelo controlador, com base em cada entrada. A partir do módulo de inferência, cada proposição *fuzzy* da base de regras será traduzida matematicamente através de técnicas da lógica *fuzzy*. Neste módulo se definem as t-normas, t-conormas e regras de inferência, as quais serão utilizadas como forma de se obter relações *fuzzy* que modelarão as bases de regras (BARROS; BASSANEZI, 2010; BELLUCCI, 2009).

Na literatura, os procedimentos de inferência de controladores *fuzzy* encontrados são os modelos considerados clássicos e de interpolação. Os modelos clássicos são compreendidos pelo modelo Mamdani e o de Larsen, enquanto que os métodos de interpolação são entendidos pelos procedimentos de Takagi Sugeno e Tsukamoto (SANDRI; CORREIA, 1999). Segundo Sandri e Correia (1999), os modelos citados diferem na forma de representação dos termos, pela forma de representação das ações de controle e pelos operadores utilizados para implementação do controle.

Dentre os modelos de inferência citados, o mais comum e amplamente utilizado no controle de sistemas é o método de Mamdani. Barros e Bassanezi (2010) esclarecem que o método de Mamdani baseia-se na regra de composição de inferência max-min, apresentado pelo procedimento a seguir:

- Para cada regra R_i da base de regras *fuzzy*, a implicação “se x é x é A_i então u é B_i ” é modelada pela aplicação da t-norma \wedge (mínimo);
- Para o conectivo lógico “e” é adotado a t-norma \wedge (mínimo);
- Para o conectivo lógico “ou”, adota-se a t-conorma \vee (máximo), que conecta as regras *fuzzy* da base de regras.

A relação *fuzzy* M é o subconjunto *fuzzy* de $X \times U$, de modo que a função de pertinência é apresentada da seguinte forma:

$$\varphi_M(x, u) = \max_{1 \leq j \leq r} \left(\varphi_{R_j}(x, u) \right) = \max_{1 \leq j \leq r} \left[\varphi_{A_j}(x) \wedge \varphi_{B_j}(u) \right],$$

sendo r o número de regras presentes na base de regra do controlador, A_j e B_j os subconjuntos *fuzzy* da regra j . As funções de pertinência $\varphi_{A_j}(x)$ e $\varphi_{B_j}(u)$ representam os graus em que x e u pertencem aos subconjuntos *fuzzy* A_i e B_i . Desse modo, tem-se que M representa simplesmente a união dos produtos cartesianos *fuzzy* entre os antecedentes e os consequentes de acordo com cada regra.

IV) Defuzzificação

Em um controlador *fuzzy*, para cada entrada, o módulo de inferência produz uma saída *fuzzy*, a qual indicará o controle a ser adotado. O módulo de defuzzificação é o responsável por converter uma saída *fuzzy* em um número real. Dentre os diversos métodos de defuzzificação que podem ser utilizados, a seguir serão apresentados os mais comuns, segundo Barros e Bassanezi (2010).

- *Centro de gravidade*

O método do centro de gravidade retorna a média das áreas de todas as figuras que representam os graus de pertinência de um subconjunto *fuzzy*. Entre os métodos de defuzzificação, é o método mais utilizado. As equações do método de defuzzificação de centro de gravidade para os casos discreto e contínuo são dadas, respectivamente, por

$$G(B) = \frac{\sum_{i=0}^n u_i \times \varphi_B(u_i)}{\sum_{i=0}^n \varphi_B(u_i)},$$

$$G(B) = \frac{\int_R u \times \varphi_B(u) du}{\int_R \varphi_B(u) du}.$$

- *Centro dos máximos*

Neste procedimento de defuzzificação, são consideradas apenas as regiões as quais apresentam maior possibilidade entre os valores das variáveis que modelam o conceito *fuzzy*. Assim, tem-se que:

$$C(B) = \frac{i + s}{2},$$

sendo $i = \inf \{ u \in \mathbb{R} : \varphi_B(u) = \max_u \varphi_B(u) \}$ e $s = \sup \{ u \in \mathbb{R} : \varphi_B(u) = \max_u \varphi_B(u) \}$.

- *Média dos máximos*

O defuzzificador da média dos máximos é mais comumente usado para os casos de domínios discretos, cuja definição é dada por:

$$M(B) = \frac{\sum u_i}{n}$$

em que n é dado enquanto u_i , com $1 \leq i \leq n$ são elementos de maior pertinência ao conjunto *fuzzy* B .

2.3.5. Aplicações em Atuária

O ramo das Ciências Atuariais atua mensurando e quantificando todos os tipos de riscos em condição de incerteza, de modo a estabelecer valores adequados de prêmios e reservas da área de seguros e previdência. As metodologias tradicionais em torno da atuação atuarial foram construídas com base em modelos probabilísticos, e rigorosamente orientadas por regulamentações ligadas em suas atuações. Contudo, nas últimas duas décadas, o aumento da concorrência global e das desregulamentações ligadas ao ramo possibilitaram a introdução de novas metodologias, dentre elas métodos utilizando conjuntos *fuzzy*. Em Atuária, os conjuntos *fuzzy* podem ser aplicados na subscrição de seguros, classificação de risco, taxas de juros, avaliação de prêmios e impostos (ZIMMERMANN, 2012). Desse modo, a seguir é apresentada uma breve relação de aplicações de conjuntos *fuzzy* em Ciências Atuariais.

I. Subscrição

Dewit (1982) argumenta em seus estudos que um contrato de seguro baseia-se em parte no risco estimado (prêmio) da forma mais precisa possível, e em parte na experiência intuitiva, expressa pela prática de subscrição da empresa. Deste modo, o autor apresenta uma alternativa de análise da lógica interna ligada à subscrição, baseada na teoria de conjuntos *fuzzy*. Segundo Shapiro (2001), o trabalho de DeWit (1982), apesar de não muito detalhado, foi o primeiro reconhecimento da aplicabilidade da lógica *fuzzy* em problemas ligados a subscrição de seguros individuais.

Uma proposta de utilização de lógica *fuzzy* para modelar processos de seleção de seguro em saúde foi dada por Yound (1993). Inicialmente, uma aplicação de conjuntos *fuzzy*

para o processo de subscrição de saúde em grupo, considerando subscrição de plano único, é apresentada. Posteriormente, o estudo estende-se a planos de múltiplas opções.

Derrig e Ostaszewski (1995) demonstram que a teoria de conjuntos *fuzzy* pode ser combinada com a análise de *cluster* de modo a classificar os riscos e reivindicações. Seu trabalho apresenta como foco principal a aplicação de algoritmos de agrupamento *fuzzy* na classificação de reivindicações de seguros suspeitos de fraude.

Horgby et.al. (1997) demonstram uma aplicação de lógica *fuzzy* na subscrição médica em seguros de vida. De forma detalhada é demonstrado o processo de subscrição baseado em um sistema de inferência *fuzzy*, e como o conhecimento de especialistas são importantes em tal sistema. A publicação foi baseada em um dos pioneiros sistemas de subscrição *fuzzy* computacional implementado na indústria.

II. Modelos de Ativos Passivos e Investimentos

Cummins e Derrig (1993) apresentam estudos sobre a utilização de modelos *fuzzy* na análise de custos de sinistros ligados a seguros de responsabilidade civil. A publicação é enfatizada na seleção de uma privisão definida como “boa”, de modo que o termo bondade possa ser definida através de variados critérios, nos quais os mesmos podem ser *fuzzy*. Desse modo, a lógica *fuzzy* é proposta como mecanismo útil para combinar previsões de modelos utilizando vários critérios difusos.

Shahjalal et.al., (2013) argumentam que o estado da economia é incerto, de modo que os tradicionais modelos de taxas de juros não se apresentam como ferramentas satisfatórias no uso dos cálculos do valor de futuras decisões financeiras. Assim, é proposto uma derivação e investigação da aplicação da matemática atuarial usual, tomando a taxa de juros como sendo um número *fuzzy* triangular.

III. Saúde

A avaliação de riscos ligado à saúde representa um grande desafio para as operadoras dessa área, principalmente aquelas ligadas ao ramo vida. Alguns estudos relacionados à lógica *fuzzy* no ramo de saúde surgiram nos últimos tempos, porém a literatura sobre tal aplicação ainda é escassa (SHAPIRO; KOISSI, 2015).

Carreno & Jani (1993) combinaram o processamento *fuzzy* com um sistema especialista baseado em regras. Desse modo, o trabalho apresenta um modo de fornecer um auxílio à decisão otimizado para avaliar o risco do seguro do ramo vida. Tal sistema atribui o uso da ferramenta *FuzzyCLIPS* para criar um sistema de suporte à decisão baseado no conhecimento, englobando componentes incertos.

Lemaire (1990) em seu artigo propôs a implementação da lógica *fuzzy* em três problemas distintos ligados ao ramo de seguros. Dentre eles, é apresentada uma aplicação na definição de um tomador de seguro de vida “preferido”. O autor esclarece que um tomador de seguro preferido é aquele que atenda a requisitos de saúde de modo a ser contemplado com benefícios. Em determinadas situações, por exemplo, caso o proponente não seja fumante, o mesmo pode receber uma cobertura de 65% a mais em seu seguro, sem aumento no valor do prêmio. Diante disso, foi proposta uma abordagem *fuzzy* na definição de tais requisitos.

3. METODOLOGIA

3.1. Sistema baseado em regras *fuzzy* aplicado na determinação do score de saúde (SBRF1)

As variáveis de entrada adotadas para o SBRF1 são constantemente citadas em diversos trabalhos ligados ao processo de subscrição. Além disso, foi considerada a forte relação que cada uma das variáveis possui com problemas coronários crônicos, que é, segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia, o fator ligado à saúde que mais leva a morte no Brasil. As variáveis de entrada e saída do SBRF 1 são apresentadas a seguir:

i) Índice de massa corporal (IMC)

O índice de massa corporal (IMC) é o parâmetro recomendado pelo Ministério da Saúde para a avaliação do estado nutricional. O cálculo do IMC é dado por $IMC = \text{peso}/\text{altura}^2$. A Organização Mundial da Saúde (OMS) classifica o IMC de pessoas adultas como apresentada pela Tabela 2. As funções de pertinência adotadas foram trapezoidais (Figura 1).

Tabela 2 – Classificação da variável “índice de massa corporal (IMC)”.

Baixo peso	$< 18,5$
Peso adequado	18,5 a 25
Sobrepeso	25 a 30
Obesidade	≥ 30

Fonte: World Health Organization (2000).

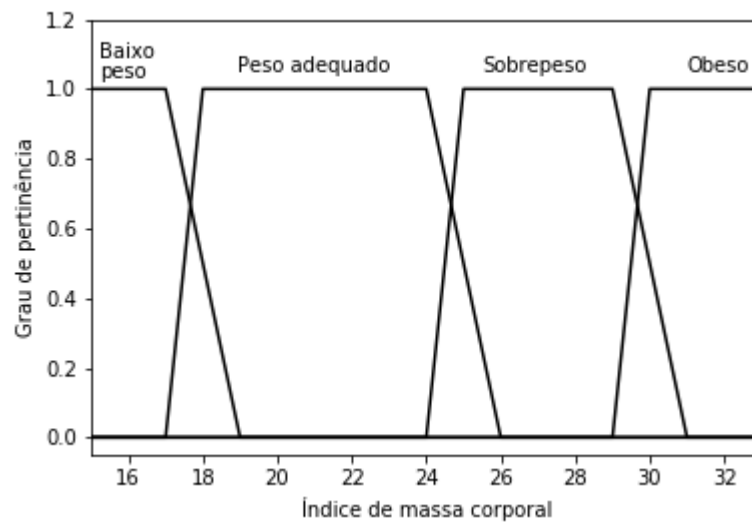


Figura 1 - Funções de pertinência para a variável “índice de massa corporal (IMC)”.

ii) *Colesterol Total (CT)*

Segundo Guerra (2016), um aumento no nível de colesterol resulta em um aumento gradual e contínuo no risco vascular hipertensivo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a classificação de risco ligado ao colesterol é apresentada pela Tabela 3. A Figura 2 apresenta as funções de pertinência para tal variável.

Tabela 3 – Classificação variável “colesterol total (CT)”, em mg/dl.

Desejável	< 200
Limítrofe	200 a 239
Alto	≥ 240

Fonte: World Health Organization (2006).

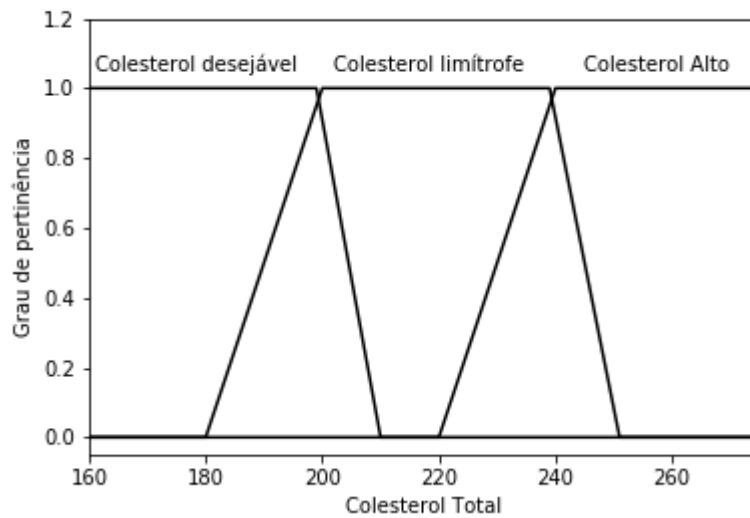


Figura 2 - Funções de pertinência para a variável “colesterol total (CT)”.

iii) *Pressão Arterial Sistólica (PAS)*

A hipertensão arterial é associada com frequência a distúrbios metabólicos, alterações funcionais e/ou estruturais, tais como, obesidade abdominal, intolerância à glicose, dentre outras. É associada com eventos como morte súbita, acidente vascular encefálico (AVE), infarto agudo do miocárdico (IAM), insuficiência cardíaca (IC), dentre outros eventos médicos. A Sociedade Brasileira de Cardiologia apresenta a classificação de pressão arterial como apresentado pela Tabela 4. As funções de pertinência adotadas são apresentadas na Figura 3.

Tabela 4 - Classificação da variável “pressão arterial sistólica (PAS)”, em mmHg.

Normal	≤ 120
Pré-hipertensão	121 – 139
Hipertensão – estágio 1	140 – 159
Hipertensão – estágio 2	160 – 179
Hipertensão – estágio 3	≥ 180

Fonte: Sociedade Brasileira de Cardiologia (2010).

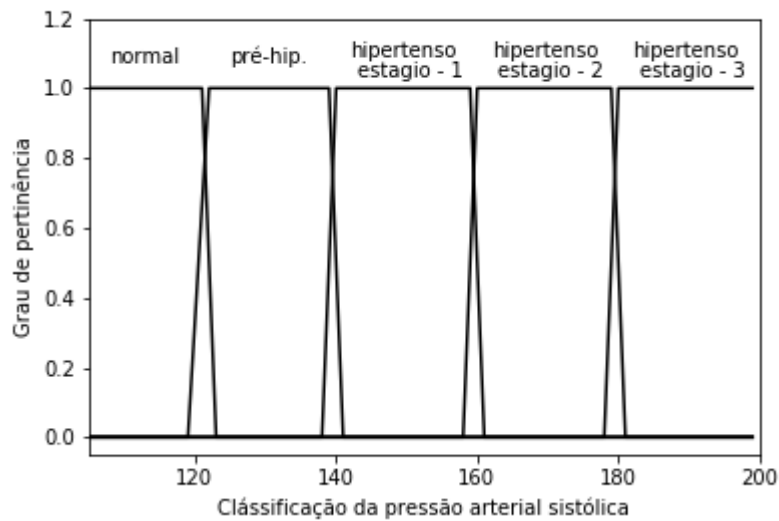


Figura 3 - Funções de pertinência para a variável “pressão arterial sistólica (PAS)”.

iv) Tempo de exercício semanal (TES)

A atividade física é uma das formas de retardar o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis. A Organização Mundial da Saúde (OMS) define a classificação de atividades físicas semanais da forma apresentada na Tabela 5. A Figura 4 apresenta as funções de pertinência para tal variável.

Tabela 5 – Classificação da variável “tempo de exercícios semanais (TES)”.

Mínimo	150 minutos de exercícios anaeróbicos
Benefícios adicionais	300 minutos de exercícios anaeróbicos

Fonte: World Health Organization (2010).

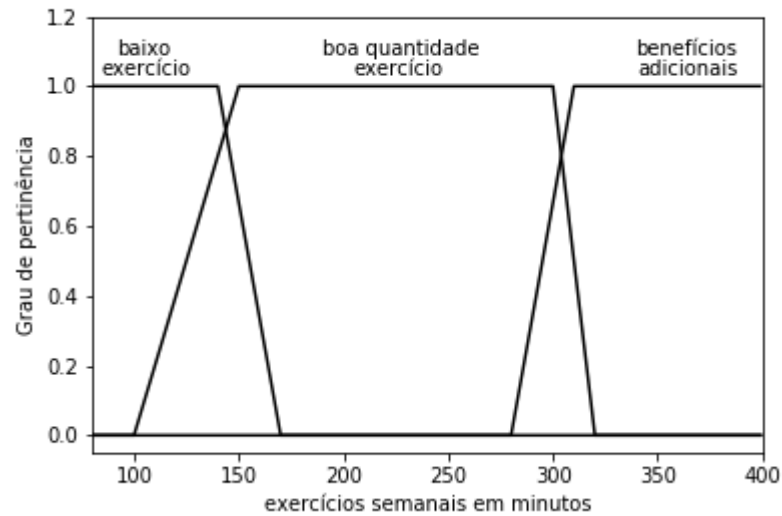


Figura 4 - Funções de pertinência para a variável “tempo de exercícios semanais (TES)”.

v) *Hábito de fumar (TB)*

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2019), os produtos do tabagismo contêm mais de 7000 substâncias químicas, dentre elas inclui-se pelo menos 250 substâncias tóxicas. Demonstra ainda que, os fumantes crônicos perdem, em média, pelo menos 10 anos de vida, sendo a nível global mais de 22 mil mortes diárias devido ao consumo de tabagismo. Desse modo, qualquer forma de consumo do tabagismo, a prática é extremamente prejudicial à saúde. Diante disso, para a variável “tabagismo”, tem-se um caso de conjunto clássico, sendo 0 para fumante e 1 para não fumante. A Figura 5 apresenta as funções de pertinência para tal variável, demonstrando a incerteza quanto a um indivíduo ser ou não fumante.

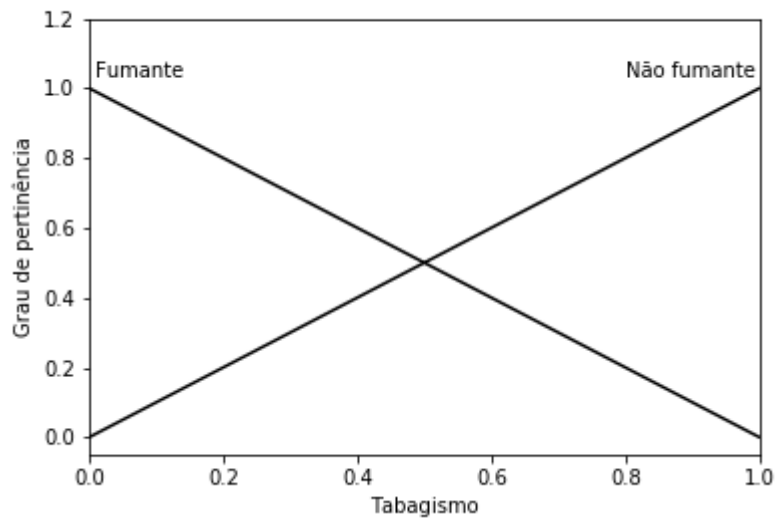


Figura 5 - Funções de pertinência para a variável “tabagismo (TB)”.

vi) *Score de saúde (SS)*

Com relação à variável de saída “score de saúde (SS)”, foram considerados os termos linguísticos como sendo: saúde muito baixa, baixa, média, alta e excelente. Foi considerado o intervalo de 0 a 100 como apresentado na Tabela 6. As funções de pertinência propostas são apresentadas na Figura 6.

Tabela 6 - Classificação da variável “score de saúde (SS)”.

Muito baixo	< 10
Baixo	11 a 37
Médio	38 a 63
Alto	64 a 90
Excelente	> 90

Fonte: Elaborada pelo autor.

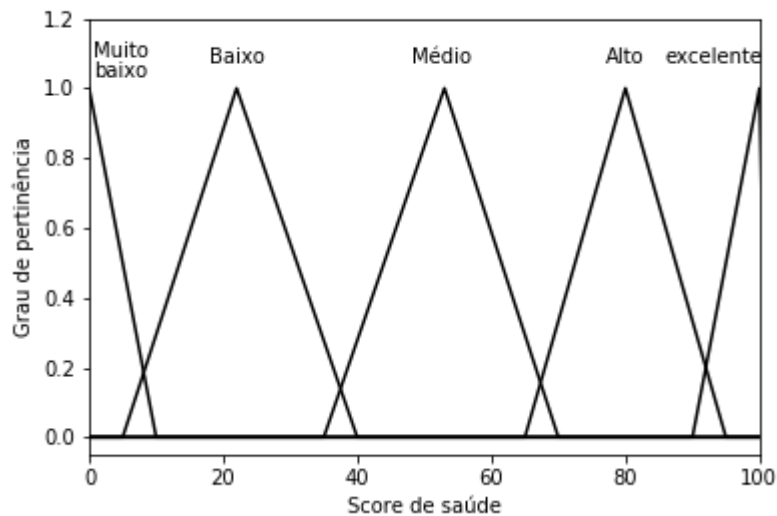


Figura 6 - Funções de pertinência para a variável “score de saúde (SS)”.

Base de regras

Como anteriormente argumentado neste trabalho, o auxílio de um especialista no assunto estudado é de extrema relevância para o bom funcionamento e desempenho do SBRF. Contudo, diante do caráter sugestivo e inicial deste trabalho, a princípio, a orientação de um especialista foi substituída por informações colhidas por meio de uma breve revisão de literatura. Dessa forma foi possível concluir as seguintes pressuposições:

- A obesidade, sedentarismo e o tabagismo apresentam impacto na elevação da pressão arterial, de modo que as combinações de tais fatores podem constituir um maior risco (SILVA, 1984);
- A uma relação positiva entre a prática de atividades físicas diante de pacientes com quadro clínico hipertensivo (MONTEIRO, 2007).
- A prática do tabagismo, quadro clínico hipertensivo, e um aumento no colesterol total são fatores de risco que podem ocasionar doenças coronárias (BARRETO, 2003);
- O tabagismo causa aumento no colesterol total (GUEDES et al, 2007)

Assim tem-se que o TB, IMC, TES apresentam impacto na PAS, que por sua vez combinado com CT, apresenta relação com o desenvolvimento de doenças coronárias, e conseqüentemente com a classificação do score de saúde.

No total, foram propostas 40 regras, elaboradas de acordo com as pressuposições e o raciocínio citado, tais como:

- R1: Se TB é sim, PAS é pré-hipertenso, IMC é sobrepeso, CT é limítrofe, TES é baixo, então SS é médio;
- R2: Se TB é não, e PAS é hipertenso-segundo estágio, IMC é obeso, CT é limítrofe, tempo de exercício é bom, então SS é baixo;
- R3: Se TB é não, e PAS é hipertenso-primeiro estágio, IMC é obeso, CT é limítrofe, e TES é bom, então SS é médio;
- R4: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é excelente;

A base de regras completa é apresentada no Apêndice 1.

3.2. Sistema baseado em regras *fuzzy* aplicado na determinação do score de risco (SBRF2)

O SBRF2 recebe como variáveis de entrada a renda mensal do proponente (RM), benefício solicitado (BN) e score de saúde (SS) resultante do SBRF1. Como variável de saída, o SBRF2 avaliará o score de risco inerente ao proponente (SR).

O valor do benefício por si só constitui um risco para as instituições seguradoras, de modo que quanto maior for o montante financeiro, maior o risco de que o segurado não consiga cumprir com suas obrigações. Uma das formas encontradas pelas operadoras para controlar parte deste risco, é definir critérios por meio de subscrição financeira. Cummins et al (2013) demonstram que algumas seguradoras incluem tabelas em seu manual de subscrição que sugerem níveis máximos de seguro para diferentes circunstâncias. Os valores máximos são geralmente calculados com base na renda do proponente e em um fator múltiplo fornecido pela idade, conforme sugerido pela tabela 7.

Tabela 7 - Relação entre idade e renda com o benefício.

Idade	Benefício máximo
Menor que 35 anos	Benefício $\leq 25 \times$ renda
36 anos a 45 anos	Benefício $\leq 20 \times$ renda
46 anos a 50 anos	Benefício $\leq 15 \times$ renda
51 anos a 60 anos	Benefício $\leq 5 \times$ renda
Maior que 60 anos	Benefício $\leq 3 \times$ renda

Fonte: Elaborada pelo autor.

i) Idade (ID)

A classificação da variável de entrada “idade (ID)” é apresentada pela Tabela 8 e a função de pertinência apresentada na Figura 7.

Tabela 8 - Classificação da variável “idade (ID)”.

Menor que 35 anos	Idade_1
36 anos a 45 anos	Idade_2
46 anos a 50 anos	Idade_3
51 anos a 60 anos	Idade_4
Maior que 60 anos	Idade_5

Fonte: Elaborada pelo autor.

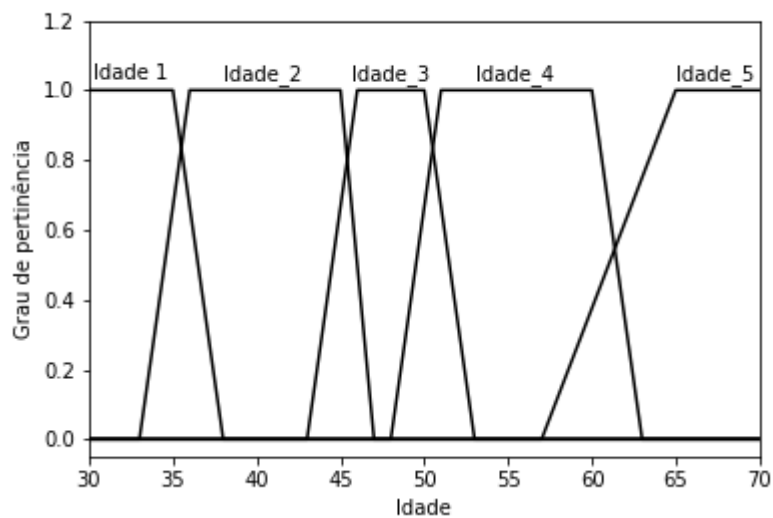


Figura 7 - Funções de pertinência para a variável “idade (ID)”.

ii) Renda mensal (RM)

Com relação a classificação da variável de entrada “renda mensal (RM)”, adotou-se a diferenciação em 4 classes distintas de renda mensal. A classificação proposta é apresentada pela Tabela 9 e as funções de pertinência na Figura 8.

Tabela 9 - Classificação da variável “renda mensal (RM)”.

Renda 1 (Renda baixa)	< R\$ 3.700,00
Renda 2 (Rena média)	R\$ 3.700,00 a R\$ 7.500,00
Renda 3 (Renda alta)	R\$ 7.500,00 a R\$ 19.000,00
Renda 4 (Renda muito alta)	> R\$ R\$ 19.000,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

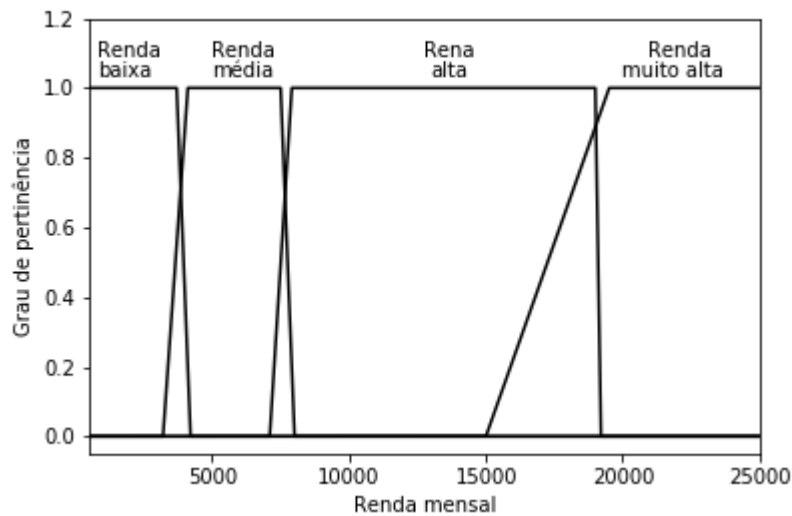


Figura 8 - Funções de pertinência para a variável “renda mensal (RM)”.

iii) Benefício (BN)

Com relação a classificação do valor de benefício solicitado, foi proposto a divisão em 6 classes. A Tabela 10 apresenta a classificação das classes de benefícios e a Figura 9 apresenta as funções de pertinência propostas.

Tabela 10 - Classificação da variável “benefício (BN)”.

Benefício 1 (B.1)	< R\$ 40.000,00
Benefício 2 (B.2)	R\$ 40.000,00 a R\$ 50.000,00
Benefício 3 (B.3)	R\$ 50.000,00 a R\$ 300.000,00
Benefício 4 (B.4)	R\$ 300.000,00 a R\$ 400.000,00
Benefício 5 (B.5)	R\$ 400.000,00 a R\$ 500.000,00
Benefício 6 (B.6)	> R\$ 500.000,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

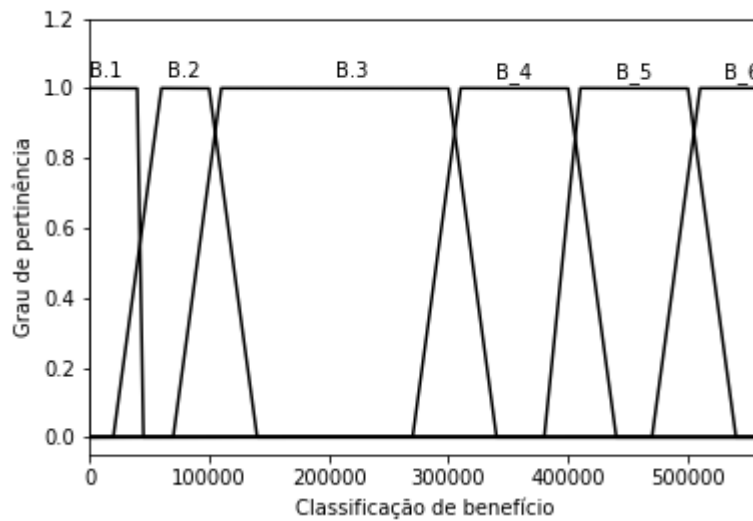


Figura 9 - Funções de pertinência para a variável “benefício (BN)”.

iv) Score de risco (SR)

Com relação à variável de saída “score de risco (SR)”, o SBRF2 apresenta o risco inerente a um determinado proponente. A classificação do score de risco é definida no intervalo de 0 a 100 apresentado na Tabela 11 e as funções de pertinência na Figura 10.

Tabela 11 - Classificação da variável “Score de risco (SR)”.

Risco 1 (r_1)	<10
Risco 2 (r_2)	11 a 37
Risco 3 (r_3)	38 a 63
Risco 4 (r_4)	64 a 90
Risco 5 (r_5)	>90

Fonte: Elaborada pelo autor.

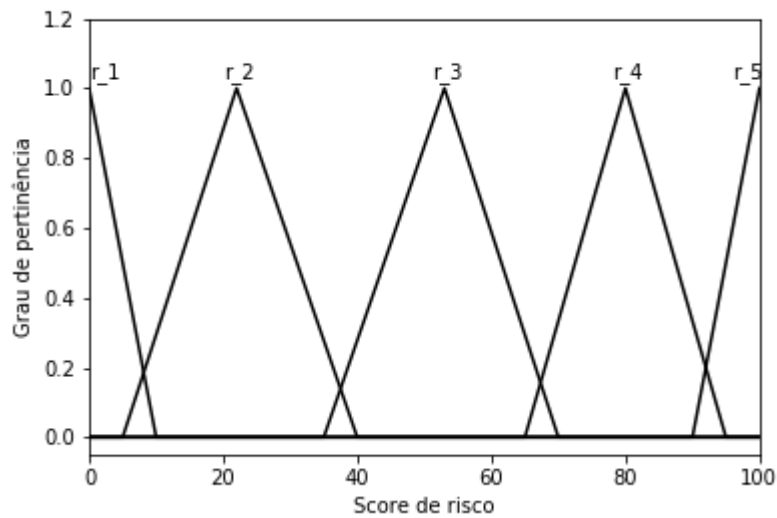


Figura 10 - Funções de pertinência para a variável “score de risco (SR)”.

Base de regras

No total, foram propostas 37 regras, elaboradas de acordo com as pressuposições citadas. A base de regras é apresentada no Apêndice 2.

3.3. Procedimentos computacionais

Para a implementação dos SBRFs, foi utilizado o *software* Python versão 3.7.3. O Python é desenvolvido sob uma licença de código aberto aprovada pela OSI tornando-o livremente utilizável e distribuível, mesmo para uso comercial. A licença do Python é administrada pela *Python Software Foundation*. Os códigos foram desenvolvidos através da interface web *Jupyter notebook*. Os scripts são apresentados nos apêndice 3 e 4. Para exemplificação dos SBRFs propostos, foram considerados 8 indivíduos hipotéticos.

4. Resultados e discussões

A Tabela 12 apresenta informações referentes a idade (ID, em anos), índice de massa corporal (IMC), pressão arterial sistólica (PAS, em mmHg), colesterol total (CT, em mg/dl), se é fumante ou não (TB), tempo de exercícios semanais (TES), renda mensal (RD, em reais) e valor do benefício requerido (BN, em reais) para 8 proponentes hipotéticos. A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos pelo SBRF1 para os 8 proponentes hipotéticos.

Tabela 12 – Informações referentes aos proponentes hipotéticos.

Proponentes	ID	IMC	PAS	CT	TB	TES	RD	BN
1	20	28,31	138	248	0	30	8.200	187.600
2	34	20,91	111	236	1	330	7.100	61.300
3	26	15,56	105	201	1	130	3.100	19.300
4	25	36,86	143	234	1	130	10.400	241.200
5	35	29,71	163	233	1	130	6.200	116.600
6	19	18,62	124	234	0	30	7.900	74.700
7	66	25,77	101	216	1	230	3.900	80.700
8	46	37,32	179	226	1	130	15.900	139.700

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 - Resultados do SBRF1 para os proponentes hipotéticos.

Proponentes	Score de saúde
1	52,56
2	96,00
3	80,00
4	36,15
5	18,15
6	52,67
7	94,80
8	17,77

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pela Tabela 13, o proponente 1, com sobrepeso, pré-hipertensão arterial, colesterol alto, que pratica 30 minutos de exercícios semanais e fumante, é classificado com um score de saúde igual a 52,56, se enquadrando com maior grau de pertinência no conjunto *fuzzy* “score de saúde médio”. O proponente 6 apresenta um score de saúde próximo ao do proponente 1. Contudo, tal proponente apresenta um peso adequado, colesterol limítrofe, pré-hipertensão arterial e baixa prática de exercícios semanais. Neste caso, o peso adequado e o colesterol limítrofe fazem com que o proponente 6 apresente um score de saúde um pouco maior que proponente 1. O proponente 3 apresenta um peso, colesterol e tempo de exercícios semanais próximos do normal. O fator negativo que mais relevante para o proponente é o tabagismo.

Assim, é compreensível que o mesmo apresente um ótimo score de saúde, contudo não excelente.

A Tabela 14 apresenta a relação das variáveis de entrada e o valor da saída do SBRF2 para os proponentes hipotéticos selecionados.

Tabela 14 - Resultados do SBRF2 para os proponentes hipotéticos.

Proponentes	ID	RD	BN	Score de saúde	Score de risco
1	20	8.200	187.600	52,56	22,33
2	34	7.100	61.300	96,00	4,21
3	26	3.100	19.300	80,00	3,33
4	25	10.400	241.200	36,15	22,48
5	35	6.200	116.600	18,15	80,00
6	19	7.900	74.700	52,67	22,46
7	66	3.900	80.700	94,80	95,14
8	46	15.900	139.700	17,77	52,65

Fonte: Elaborada pelo autor

É possível notar que apenas os proponentes 5 e 7 apresentaram riscos notavelmente altos. Considerando as informações particulares do proponente 5, nota-se que o benefício solicitado é pouco maior que 18 vezes o valor de sua renda mensal, de modo que, ao se considerar a baixa idade do mesmo, é considerado um baixo valor. Em outras palavras, o risco financeiro ligado ao proponente 5 pode ser classificado como sendo baixo. Contudo ao se considerar o baixo score de saúde do proponente, a classificação final, é de um alto risco ligado ao proponente.

O proponente 7, por sua vez, de maneira oposta ao proponente 5, apresenta um alto score de saúde, porém o benefício por ele solicitado é cerca de 20 vezes maior que sua renda. Diante da idade elevada do proponente, ao se considerar os critérios financeiros presente na Tabela 7, o mesmo apenas poderia solicitar um valor menor que 3 vezes a sua renda mensal, ou seja, um valor muito a baixo da quantia solicitada. Assim, mesmo diante de um alto score de saúde, a idade avançada, e o alto valor do benefício solicitado, resulta em uma classificação de risco maior que elevado, sendo inclusive maior que a do proponente 5.

Diante dos exemplos comentados, é possível notar que a aplicação de SBRF considerando fatores econômicos e relacionados a saúde de um indivíduo pode atuar como ferramenta eficiente no processo de subscrição de seguro de vida. A proposta de subdivisão em dois sistemas *fuzzy*, sendo um específico aplicado na determinação do score de saúde de um proponente, contribui para o melhor entendimento dos riscos financeiros e médicos, colaborando para que o subscritor possa tomar as melhores decisões.

5. CONSIDERAÇÃO FINAIS

O presente estudo buscou sugerir a aplicação de Sistemas Baseados em regras *fuzzy* (SBRFs) no processo de subscrição em seguros de vida. A proposta consiste no desenvolvimento de dois SBRF que se relacionam para a classificação de risco de um proponente a seguro de vida. O SBRF1 considera fatores ligados à saúde e aos hábitos do proponente para a definição do score de saúde. Com relação ao SBRF2, além do score de saúde, são considerados fatores financeiros e a idade do proponente, de modo a determinar o score de risco ligado ao mesmo.

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação de SBRFs ao processo de subscrição de seguro de vida pode auxiliar em uma melhor interpretação das informações adquiridas do proponente, resultando em uma classificação de risco mais eficiente. Assim, a tomada de decisão do subscritor sobre a efetivação do contrato de seguro e sobre as taxas a serem aplicadas podem ser definidas de modo mais eficiente e condizentes com o risco real de um proponente.

O presente trabalho possui um caráter sugestivo, de modo a deixar em aberto diversas possibilidades de estudos futuros. Dentre elas, o desenvolvimento de novos SBRFs nos quais sejam consideradas as diversas formas de informações, tais como profissão de risco, região de moradia, existência de seguros em outras instituições, etc. Uma segunda sugestão é a aplicação da metodologia em dados reais, de modo a comparar os resultados obtidos, com os resultados de procedimentos usuais.

Referências Bibliográficas

BARRETO, S. M. et al. Quantificando o risco de doença coronariana na comunidade. Projeto Bambuí. **Arq bras cardiol**, 2003. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/abc/v81n6/18377.pdf>>.

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. IMECC, Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em:<
https://www.researchgate.net/profile/Rodney_Bassanezi/publication/256373655_Topicos_de_Logica_Fuzzy_e_Biomatematica/links/00b7d5225f8c99730a000000/Topicos-de-Logica-Fuzzy-e-Biomatematica.pdf>.

BELLUCCI, D. P. **Sistemas Baseados em Regras Fuzzy e Aplicações**. 2009. 58f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada). Universidade Federal do ABC. Santo André, 2009. Disponível em:< <http://posmat.ufabc.edu.br/teses/MAT-2010%20-%20Danilo%20Peixoto%20Bellucci.pdf>>.

BRUNING, E. A.; CORDEIRO, B. O. A fraude no contrato de seguro de vida. **Anais do EVINCI-UniBrasil**, 2016. Disponível em:<
<http://portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/anaisvinci/article/view/1750>>.

CARRENO, L. A.; JANI, Y. A fuzzy expert system approach to insurance risk assessment using FuzzyCLIPS. **Proceedings of WESCON'93**. IEEE, 1993. Disponível em:<
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/488492/citations#citations>>.

CHENCI, G. P.; RIGNEL, D. G.; LUCAS, C. A. Uma introdução á lógica Fuzzy. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e de Gestão Tecnológica**, 2011.

CUMMINS, J. D. et al. **Risk classification in life insurance**. Springer Science & Business Media, 2013.

CUMMINS, J. D.; DERRIG, R. A. Fuzzy trends in property-liability insurance claim costs. **Journal of Risk and Insurance**, 1993. Disponível em:<
<https://www.jstor.org/stable/253037?seq=1>>.

D'OLIVEIRA, N. V. L. C. **Mercados de seguros: solvência, riscos e eficácia regulatória**. 2005. f.237. Tese (Doutorado em Economia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:<
http://www.ie.ufrj.br/images/pesquisa/publicacoes/teses/2005/mercados_de_seguros_solvenca_riscos_e_eficacia_regulatoria.pdf>.

DERRIG, R. A.; OSTASZEWSKI, K. M. Fuzzy techniques of pattern recognition in risk and claim classification. **Journal of Risk and Insurance**, 1995. Disponível em:< <https://www.jstor.org/stable/253819?seq=1>>.

DEWIT, G. W. Underwriting and uncertainty. **Insurance: Mathematics and Economics**, 1982. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167668782900282>>.

GUEDES, D. P. et al. **Uso de tabaco e perfil lipídico-lipoprotéico plasmático em adolescentes**. Rev. Assoc. Med. Bras., 2007. Disponível em< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-42302007000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>.

GUIMARÃES, S. R. Seguros de vida: particularidades e mecanismos utilizados pelas seguradoras para minimizar os riscos operacionais. **ConTexto**, 2002. Disponível em:< <https://www.seer.ufrgs.br/ConTexto/article/view/11602>>.

HORGBY, P. J.; LOHSE, R.; SITTARO, N., 1997. Fuzzy Underwriting: An Application of Fuzzy. s.l.:**Journal of Actuarial Practice**. Disponível em:< <https://digitalcommons.unl.edu/joap/97/>>.

HORGBY, P. J. Risk classification by fuzzy inference. **The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory**, 1998. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008682014796>>.

LEMAIRE, J. Fuzzy insurance. **ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA**, 1990. Disponível em:< <https://www.cambridge.org/core/journals/astin-bulletin-journal-of-the-iaa/article/fuzzy-insurance/F8DC48BA78257D6CE9D2113E7C1D1F02>>.

LIMA, A. P. S. **Avaliação da qualidade de subscrição de riscos das Seguradoras brasileiras através do DEA**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em:< <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3832>>.

MONTEIRO, H. L. et al. Efetividade de um programa de exercícios no condicionamento físico, perfil metabólico e pressão arterial de pacientes hipertensos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, p. 107-112, 2007. Disponível em:< <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/69558>>.

SANDRI, S.; CORREA, C. Lógica nebulosa. **Instituto Tecnológico da Aeronáutica–ITA, V Escola de Redes Neurais, São José dos Campos**, 1999. Disponível em:<
https://www.gta.ufrj.br/ensino/cpe717-2011/curso_ERN99_fuzzy.pdf >.

SILVA, H. B. et al. Hipertensão arterial. **Clínica médica propedêutica e fisiologia**, 1984. Disponível em: < <http://files.nelson-personaltrainer.webnode.pt/200002083-c559bc6535/Hipertens%C3%A3o%20Arterial.pdf>>.

SHAHJALAL, M. et al. Fuzzy Approach to Interest Rate in Mathematics of Actuarial Science and Finance. **Journal of Physical Sciences** Vol.17 2013. Disponível em:<
<http://inet.vidyasagar.ac.in:8080/jspui/handle/123456789/876>>.

SHAPIRO, A. F. **Soft Computing Applications in Actuarial Science**. ARCH 2001. Disponível em: <
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.111.4906&rep=rep1&type=pdf>>.

SHAPIRO, A. F.; KOISSI, M. S. Risk assessment applications of fuzzy logic. **Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries**, 2015. Disponível em:< <https://www.soa.org/globalassets/assets/files/research/projects/2015-risk-assess-apps-fuzzy-logic.pdf>>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA et al. 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2010. Disponível em:<
http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes/2016/05_HIPERTENSAO_ARTERIAL.pdf>

SOUZA, S. R. M. **Subscrição de riscos e precificação de seguros-série textos didáticos**. Escola Nacional de Seguros, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. Report of a WHO Consultation. Geneva: World Health Organization; 2000. Disponível em:< https://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/>

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Guidelines for the management of dyslipidaemia in patients with diabetes mellitus**. 2006. Disponível em:<
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/119809>>

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Global recommendations on physical activity for health**. World Health Organization, 2010. Disponível em:<
https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The tobacco body**. World Health Organization. Disponível em:< <https://extranet.who.int/iris/restricted/handle/10665/324846>>.

YOUNG, V. R. Y. **The Application of Fuzzy Sets to Group Health Underwriting**. s.l.:Transactions of the Society of Actuaries, 1993. Disponível em:< <https://www.soa.org/globalassets/assets/library/research/transactions-of-society-of-actuaries/1990-95/1993/january/tsa93v4516.pdf>>.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, 1965. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00199586590241X>>.

ZIMMERMANN, H. J. **Practical applications of fuzzy technologies**. Springer Science & Business Media, 2012.

APÊNDICE 1 - Base de regras (SBRF1).

- R1: Se TB é sim, PAS é pré-hipertenso, IMC é sobrepeso, CT é limítrofe, TES é baixo, então SS é médio;
- R2: Se TB é não, e PAS é hipertenso-segundo estágio, IMC é obeso, CT é limítrofe, tempo de exercício é bom, então SS é baixo;
- R3: Se TB é não, e PAS é hipertenso-primeiro estágio, IMC é obeso, CT é limítrofe, e TES é bom, então SS é médio;
- R4: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é excelente;
- R5: Se TB é não, e PAS é não normal, IMC é baixo, e CT é desejável, e TES é excelente, então SS é alto;
- R6: Se TB é não, e PAS é normal, e IMC é baixo, e CT é desejável, e TES é bom, então SS muito alto;
- R7: Se TB é sim, e PAS é normal, IMC é obeso, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é médio;
- R8: Se TB é sim, e PAS é pré-hipertenso, IMC é obeso, e CT é limítrofe, TES é excelente, então SS é médio;
- R9: Se TB é sim, e PAS é pré-hipertenso, IMC é adequado, CT é desejável, TES é baixo, então ES é médio;
- R10: Se TB é sim, e PAS é pré-hipertenso, IMC é adequado, CT é limítrofe, TES é baixo, então SS é médio;
- R11: Se TB é sim, e PAS é pré-hipertenso, IMC é sobrepeso, colesterol total é desejável, tempo de exercício é baixo, então SS é médio;
- R12: Se TB é não, e PAS é hipertenso-segundo estágio, IMC é obeso, CT é limítrofe, TES é baixo, então SS é muito baixo;
- R13: Se TB é não, e PAS é hipertenso-segundo estágio, IMC é obeso, CT é alto, TES é baixo, então SS é muito baixo;
- R14: Se TB é não, e PAS é hipertenso-segundo estágio, IMC é obeso, CT é alto, TES é bom, então SS é muito baixo;
- R15: Se TB é não, e PAS é pré-hipertenso, IMC é obeso, CT é desejável, TES é baixo, então SS é baixo;
- R16: Se TB é não, e PAS é hipertenso-primeiro estágio, IMC é obeso, CT é limítrofe, TES é baixo, então SS é baixo;

R17: Se TB é não, e PAS é hipertenso-primeiro estágio, IMC é obeso, CT é desejável, TES é bom, então SS é médio;

R18: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é obeso, e CT é alto, e TES é excelente, então SS é médio;

R19: Se TB é não, e PAS é hipertenso-primeiro estágio, IMC é obeso, CT é alto, TES é excelente, então SS é médio;

R20: Se TB é não, e PAS é hipertenso-terceiro estágio, IMC é adequado, e CT é desejável, TES é excelente, então SS é médio;

R21: Se TB é sim, e PAS é hipertenso-terceiro estágio, IMC é adequado, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é baixo;

R22: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é baixo, e CT é desejável, e TES é bom, então SS é alto;

R23: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é baixo, e CT é limítrofe, e TES é bom, então SS é alto;

R24: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é desejável, e TES é bom, então SS é excelente;

R25: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é limítrofe, e TES é bom, então SS é excelente;

R26: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é baixo, e CT é limítrofe, e TES é bom, então SS é alto;

R27: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é alto, e TES é bom, então SS é médio;

R28: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é sobrepeso, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é alto;

R29: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é sobrepeso, e CT é alto, e TES é excelente, então SS é alto;

R30: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é obeso, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é médio;

R31: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é obeso, e CT é alto, e TES é excelente, então SS é alto;

R32: Se TB é não, e PAS é pré-hipertenso, IMC é sobrepeso, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é alto;

R33: Se TB é não, e PAS é pré-hipertenso, IMC é sobrepeso, e CT é alto, e TES é excelente, então SS é médio;

R34: Se TB é não, e PAS é pré-hipertenso, IMC é obeso, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é médio;

R35: Se TB é não, e PAS é pré-hipertenso, IMC é obeso, e CT é alto, e TES é excelente, então SS é médio;

R36: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é desejável, e TES é excelente, então SS é excelente;

R37: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é excelente;

R38: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é adequado, e CT é desejável, e TES é excelente, então SS é excelente;

R39: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é sobrepeso, e CT é desejável, e TES é excelente, então SS é alto;

R40: Se TB é não, e PAS é normal, IMC é sobrepeso, e CT é limítrofe, e TES é excelente, então SS é alto;

APÊNDICE 2 - Base de regras (SBRF2).

- R1: Se idade_1, saúde é excelente, e renda_4, e benefício_1, então r_1;
- R2: Se idade_1, saúde é alta, e renda_4, e benefício_2, então r_1;
- R3: Se idade_1, a saúde é alta, e benefício_1, então o risco é r_1;
- R4: Se idade_1, saúde excelente, e renda_4, e benefício_4, então o risco é r_1;
- R5: Se idade_3, saúde média, e renda_3, e benefício_3, então risco é r_3;
- R6: Se idade_3, saúde média, e renda_3, e benefício_4, então risco é r_4;
- R7: Se idade_4, saúde média, e renda_4, e benefício 3, então risco é r_4;
- R8: Se idade_4, saúde média, e renda_4, e benefício_4, então risco é r_4;
- R9: Se idade_2, saúde baixa, e renda_1, e benefício_1, então risco é r_3;
- R10: Se idade_1, saúde baixa, renda_2, benefício_3, então risco é r_4;
- R11: Se idade_5, saúde média, e renda_3, e benefício_4, então risco é r_5;
- R12: Se idade_1, saúde média, e renda_3, e benefício_4, então risco é r_2;
- R13: Se idade_1, saúde média, renda_3, benefício_5, então risco é r_2;
- R14: Se idade_3, saúde excelente, renda_1, benefício_1, então risco é r_2;
- R15: Se idade_3, saúde excelente, renda_1, benefício_2, então risco é r_3;
- R16: Se idade_4, saúde excelente, renda_1, benefício_1, então risco é r_3;
- R17: Se idade_4, saúde excelente, renda_1, benefício_2, então risco é r_3;
- R18: Se idade_2, saúde muito baixa, renda_3, benefício_1, então risco é r_4;
- R19: Se idade_2, saúde muito baixa, renda_3, benefício_3, então risco é r_5;
- R20: Se idade_3, saúde baixa, renda_3, benefício_4, então risco é r_3;
- R21: Se idade_2, saúde alta, renda_4, benefício_5, então risco é r_2;
- R22: Se idade_2, saúde alta, renda_4, benefício_6, então risco é r_2;
- R23: Se idade_3, saúde alta, renda_2, benefício_4, então risco é r_2;

- R24: Se idade_3, saúde alta, renda_3, benefício_4, então risco é r_2;
- R25: Se idade_1, saúde excelente, renda_1, benefício_3, então risco é r_1;
- R26: Se idade_2, saúde excelente, renda_2, benefício_1, então risco é r_1;
- R27: Se idade_2, saúde excelente, renda_2, benefício_3, então risco é r_1;
- R28: Se idade_2, saúde excelente, renda_3, benefício_4, então risco é r_1;
- R29: Se idade_2, saúde excelente, renda_3, benefício_5, então risco é r_1;
- R30: Se idade_2, saúde excelente, renda_4, benefício_4, então risco é r_1;
- R31: Se idade_2, saúde excelente, renda_4, benefício_5, então risco é r_1;
- R32: Se idade_5, saúde excelente, renda_4, benefício_2, então risco é r_1;
- R33: Se idade_5, saúde excelente, renda_4, benefício_6, então risco r_1;
- R34: Se idade_5, saúde alta, renda_2, benefício_4, então risco r_5;
- R35: Se idade_5, saúde alta, renda_2, benefício_5, então risco é r_5;
- R36: Se idade_5, saúde excelente, renda_2, benefício_4, então risco é r_5;
- R37: Se idade_5, saúde excelente, renda_2, benefício_5, então risco é r_5.

APÊNDICE 3 – Script SBRF1.

```
def saude(fumo,IMC,colesterol,pressao_arterial,exercicio):  
  
    imc = np.arange(0,50,1)  
  
    col = np.arange(0,350,1)  
  
    pas = np.arange(0,200,1)  
  
    tes = np.arange(0,400,1)  
  
    ns = np.arange(0,100,1)  
  
    tb = np.arange(0,10)  
  
  
    tb_sim = fuzz.trapmf(tb,[0,0,0,0])  
  
    tb_não= fuzz.trapmf(tb,[1,1,1,1])  
  
  
    imc_baixo = fuzz.trapmf(imc,[0,0,17,19])  
  
    imc_adequado = fuzz.trapmf(imc, [17,18,24,26])  
  
    imc_sobrepeso = fuzz.trapmf(imc, [24,25,29,31])  
  
    imc_obeso = fuzz.trapmf(imc, [29,30,40,40])  
  
  
    ct_desejavel = fuzz.trapmf(col,[0,0,199,210])  
  
    ct_limitrofe = fuzz.trapmf(col, [180,200,239,251])  
  
    ct_alto = fuzz.trapmf(col, [220,240,350,350])  
  
  
    pas_normal = fuzz.trapmf(pas,[0,0,121,123])  
  
    pas_pre_hipertenso = fuzz.trapmf(pas, [119,122,139,141])  
  
    pas_hipertenso_primeiro_estagio = fuzz.trapmf(pas, [138,140,159,161])
```

pas_hipertenso_segundo_estagio = fuzz.trapmf(pas,[158,160,179,181])

pas_hipertenso_terceiro_estagio = fuzz.trapmf(pas,[178,180,200,200])

tes_baixo = fuzz.trapmf(tes,[0,0,140,170])

tes_bom = fuzz.trapmf(tes, [100,150,300,320])

tes_excelente = fuzz.trapmf(tes, [280,310,400,400])

saude_muito_baixa = fuzz.trimf(ns,[0,0,10])

saude_baixa = fuzz.trimf(ns, [5,22,40])

saude_media = fuzz.trimf(ns, [35,53,70])

saude_alta = fuzz.trimf(ns,[65,80,95])

saude_excelente = fuzz.trimf(ns,[90,100,100])

IMC_baixo = fuzz.interp_membership(imc,imc_baixo,IMC)

IMC_adequado = fuzz.interp_membership(imc,imc_adequado,IMC)

IMC_sobrepeso = fuzz.interp_membership(imc,imc_sobrepeso,IMC)

IMC_obeso = fuzz.interp_membership(imc,imc_obeso,IMC)

CT_desejavel = fuzz.interp_membership(col,ct_desejavel,colesterol)

CT_limitrofe = fuzz.interp_membership(col,ct_limitrofe,colesterol)

CT_alto = fuzz.interp_membership(col,ct_alto,colesterol)

PAS_normal = fuzz.interp_membership(pas,pas_normal,pressao_arterial)

PAS_pre_hipertenso = fuzz.interp_membership(pas,pas_pre_hipertenso,pressao_arterial)

```
PAS_hipertenso_primeiro_estagio =  
fuzz.interp_membership(pas,pas_hipertenso_primeiro_estagio,pressao_arterial)  
  
PAS_hipertenso_segundo_estagio =  
fuzz.interp_membership(pas,pas_hipertenso_segundo_estagio,pressao_arterial)  
  
PAS_hipertenso_terceiro_estagio =  
fuzz.interp_membership(pas,pas_hipertenso_terceiro_estagio,pressao_arterial)  
  
  
TES_baixo = fuzz.interp_membership(tes,tes_baixo,exercicio)  
  
TES_bom = fuzz.interp_membership(tes,tes_bom,exercicio)  
  
TES_excelente = fuzz.interp_membership(tes,tes_excelente,exercicio)  
  
  
TB_nao = fuzz.interp_membership(tb,tb_não,fumo)  
  
TB_sim = fuzz.interp_membership(tb,tb_sim,fumo)  
  
  
r1 =  
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_baixo),CT_desejav  
el),TES_excelente),saude_alta)  
  
r2 =  
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_baixo),CT_desejav  
el),TES_bom),saude_alta)  
  
r3 =  
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_normal),IMC_obeso),CT_limitro  
fe),TES_excelente),saude_media)  
  
r4 =  
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_pre_hipertenso),IMC_obeso),CT  
_limitrofe),TES_excelente),saude_media)
```

```

r5 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_pre_hipertenso),IMC_adequado),
CT_desejavel),TES_baixo),saude_media)

r6 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_pre_hipertenso),IMC_adequado),
CT_limitrofe),TES_baixo),saude_media)

r7 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_pre_hipertenso),IMC_sobrepeso)
,CT_desejavel),TES_baixo),saude_media)

r8 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_pre_hipertenso),IMC_sobrepeso)
,CT_limitrofe),TES_baixo),saude_media)

r9 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_segundo_estagio),IM
C_obeso),CT_limitrofe),TES_baixo),saude_muito_baixa)

r10 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_segundo_estagio),IM
C_obeso),CT_alto),TES_baixo),saude_muito_baixa)

r11 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_segundo_estagio),IM
C_obeso),CT_limitrofe),TES_bom),saude_baixa)

r12 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_segundo_estagio),IM
C_obeso),CT_alto),TES_bom),saude_muito_baixa)

r13 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_primeiro_estagio),IM
C_obeso),CT_desejavel),TES_baixo),saude_baixa)

r14 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_primeiro_estagio),IM
C_obeso),CT_limitrofe),TES_baixo),saude_baixa)

```

r15 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_primeiro_estagio),IMC_obeso),CT_desejavel),TES_bom),saude_media)
```

r16 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_hipertenso_primeiro_estagio),IMC_obeso),CT_limitrofe),TES_bom),saude_media)
```

r17 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_obeso),CT_alto),TES_excelente),saude_media)
```

r18 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_pre_hipertenso),IMC_obeso),CT_alto),TES_excelente),saude_media)
```

r19 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_hipertenso_terceiro_estagio),IMC_adequado),CT_desejavel),TES_excelente),saude_media)
```

r20 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_sim,PAS_hipertenso_terceiro_estagio),IMC_adequado),CT_limitrofe),TES_excelente),saude_baixa)
```

r21 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_baixo),CT_desejavel),TES_bom),saude_alta)
```

r22 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_baixo),CT_limitrofe),TES_bom),saude_alta)
```

r23 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_desejavel),TES_bom),saude_excelente)
```

r24 =

```
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_limitrofe),TES_bom),saude_excelente)
```

```

r25 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_baixo),CT_limitrofe),TES_bom),saude_alta)

r26 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_alt
o),TES_bom),saude_media)

r27 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_sobrepeso),CT_li
mitrofe),TES_excelente),saude_excelente)

r28 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_sobrepeso),CT_alt
o),TES_excelente),saude_alta)

r29 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_obeso),CT_limitro
fe),TES_excelente),saude_media)

r30 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_normal),IMC_obeso),CT_alto),T
ES_excelente),saude_alta)

r31 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_pre_hipertenso),IMC_sobrepeso)
,CT_limitrofe),TES_excelente),saude_alta)

r32 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_pre_hipertenso),IMC_sobrepeso)
,CT_alto),TES_excelente),saude_media)

r33 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_pre_hipertenso),IMC_obeso),CT
_limitrofe),TES_excelente),saude_media)

r34 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_nao,PAS_pre_hipertenso),IMC_obeso),CT
_alto),TES_excelente),saude_media)

```



```

r35 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_ao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_des
ejavel),TES_excelente),saude_excelente)

r36 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_ao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_lim
itrofe),TES_excelente),saude_excelente)

r37 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_ao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_des
ejavel),TES_excelente),saude_excelente)

r38 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_ao,PAS_normal),IMC_adequado),CT_lim
itrofe),TES_excelente),saude_excelente)

r39 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_ao,PAS_normal),IMC_sobrepeso),CT_de
sejavel),TES_excelente),saude_excelente)

r40 =
np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(TB_ao,PAS_normal),IMC_sobrepeso),CT_li
mitrofe),TES_excelente),saude_alta)

z1=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(r1,r2)
,r3),r4),r5),r6),r7),r8),r9),r10)
z2=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z1,r11),r12),r1
3),r14),r15),r16),r17),r18)
z3=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z2,r19),r20),r2
1),r22),r23),r24),r25),r26)
z4=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z3,r27),r28),r2
9),r30),r31),r32),r33),r34)

agregando =
np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z4,r35),r36),r37),r38),r39),r40)

```

```
saude = fuzz.defuzzify.centroid(ns, agregando)
```

```
return saude
```

APÊNDICE 4 – Script SBRF2.

```
def risco(idade,renda,beneficio,saude):

    ida = np.arange(0,100)

    ben = np.arange(0,600000)

    ren = np.arange(0,30000)

    nss = np.arange(0,100)

    r = np.arange(0,100)

    idade1 = fuzz.trapmf(ida,[0,0,35,38])

    idade2 = fuzz.trapmf(ida,[33,36,45,48])

    idade3 = fuzz.trapmf(ida,[43,46,50,53])

    idade4 = fuzz.trapmf(ida,[48,51,60,63])

    idade5 = fuzz.trapmf(ida,[57,65,100,100])

    beneficio6 =fuzz.trapmf(ben,[380000,410000,500000,540000])

    beneficio5 =fuzz.trapmf(ben,[270000,310000,400000,440000])

    beneficio4 =fuzz.trapmf(ben,[70000,110000,300000,340000])

    beneficio3 =fuzz.trapmf(ben,[20000,60000,100000,140000])

    beneficio2 =fuzz.trapmf(ben,[470000,510000,600000,600000])

    beneficio1 =fuzz.trapmf(ben,[0,0,40000,45000])

    renda1 = fuzz.trapmf(ren,[0,0,3700,4200])

    renda2 = fuzz.trapmf(ren,[3200,4100,7500,8000])

    renda3 = fuzz.trapmf(ren,[7100,7900,19000,19200])
```

```
renda4 = fuzz.trapmf(ren,[15000,19500,30000,30000])
```

```
smb = fuzz.trimf(nss,[0,0,10])
```

```
sb = fuzz.trimf(nss, [5,22,40])
```

```
sm = fuzz.trimf(nss, [35,53,70])
```

```
sa = fuzz.trimf(nss,[65,80,95])
```

```
se = fuzz.trimf(nss,[90,100,100])
```

```
r_1 = fuzz.trimf(r,[0,0,10])
```

```
r_2 = fuzz.trimf(r, [5,22,40])
```

```
r_3 = fuzz.trimf(r, [35,53,70])
```

```
r_4 = fuzz.trimf(r,[65,80,95])
```

```
r_5 = fuzz.trimf(r,[90,100,100])
```

```
s_mb = fuzz.interp_membership(nss,smb,saude)
```

```
s_b = fuzz.interp_membership(nss,sb,saude)
```

```
s_m = fuzz.interp_membership(nss,sm,saude)
```

```
s_a = fuzz.interp_membership(nss,sa,saude)
```

```
s_e = fuzz.interp_membership(nss,se,saude)
```

```
i_1 = fuzz.interp_membership(ida,idade1,idade)
```

```
i_2 = fuzz.interp_membership(ida,idade2,idade)
```

```
i_3 = fuzz.interp_membership(ida,idade3,idade)
```

```
i_4 = fuzz.interp_membership(ida,idade4,idade)
```

```
i_5 = fuzz.interp_membership(ida,idade5,idade)
```

```
b_1 = fuzz.interp_membership(ben,beneficio1,beneficio)
```

```
b_2 = fuzz.interp_membership(ben,beneficio2,beneficio)
```

```
b_3 = fuzz.interp_membership(ben,beneficio3,beneficio)
```

```
b_4 = fuzz.interp_membership(ben,beneficio4,beneficio)
```

```
b_5 = fuzz.interp_membership(ben,beneficio5,beneficio)
```

```
b_6 = fuzz.interp_membership(ben,beneficio6,beneficio)
```

```
rd_1 = fuzz.interp_membership(ren,renda1,renda)
```

```
rd_2 = fuzz.interp_membership(ren,renda2,renda)
```

```
rd_3 = fuzz.interp_membership(ren,renda3,renda)
```

```
rd_4 = fuzz.interp_membership(ren,renda4,renda)
```

```
r1 = np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_e),rd_4),b_1),r_1)
```

```
r2 = np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_e),rd_4),b_2),r_1)
```

```
r3 = np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_a),rd_1),b_1),r_1)
```

```
r4 = np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_e),rd_4),b_4),r_1)
```

```
r5=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_m),rd_3),b_3),r_3)
```

```
r6=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_m),rd_3),b_4),r_4)
```

```
r7=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_4,s_m),rd_4),b_3),r_4)
```

```
r8=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_4,s_m),rd_4),b_4),r_4)
```

```
r9=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_b),rd_1),b_1),r_3)
```

```
r10=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_b),rd_2),b_3),r_4)
```

```
r11=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_m),rd_3),b_4),r_5)
r12=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_m),rd_3),b_4),r_2)
r13=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_m),rd_3),b_5),r_2)
r14=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_e),rd_1),b_1),r_2)
r15=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_e),rd_1),b_2),r_3)
r16=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_4,s_e),rd_1),b_1),r_3)
r17=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_4,s_e),rd_1),b_2),r_3)
r18=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_mb),rd_3),b_1),r_4)
r19=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_mb),rd_3),b_3),r_5)
r20=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_b),rd_3),b_4),r_3)
r21=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_a),rd_4),b_5),r_2)
r22=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_a),rd_4),b_6),r_2)
r23=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_a),rd_2),b_4),r_3)
r24=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_3,s_a),rd_3),b_4),r_2)
r25=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_1,s_e),rd_1),b_3),r_1)
r26=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_e),rd_2),b_1),r_1)
r27=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_e),rd_2),b_3),r_1)
r28=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_e),rd_3),b_4),r_1)
r29=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_e),rd_3),b_5),r_1)
r30=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_e),rd_4),b_4),r_1)
r31=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_2,s_e),rd_4),b_5),r_1)
r32=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_e),rd_4),b_2),r_5)
r33=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_e),rd_4),b_6),r_5)
r34=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_a),rd_2),b_4),r_5)
```

```
r35=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_a),rd_2),b_5),r_5)
r36=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_e),rd_2),b_4),r_5)
r37=np.fmin(np.fmin(np.fmin(np.fmin(i_5,s_e),rd_2),b_5),r_5)

z1=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(r1,r2),r3),r4),r5)
z2=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z1,r6),r7),r8),r9)
z3=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z2,r10),r11),r12),r13)
z4=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z3,r14),r15),r16),r17)
z5=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z4,r18),r19),r20),r21)
z6=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z5,r22),r23),r24),r25)
z7=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z6,r27),r28),r29),r30)
z8=np.fmax(np.fmax(np.fmax(np.fmax(z3,r31),r32),r33),r34)
z9=np.fmax(np.fmax(np.fmax(z8,r35),r36),r37)
agregando=np.fmax(np.fmax(np.fmax(z8,r35),r36),r37)
result = fuzz.defuzzify.centroid(r,agregando)
return result
```