Um sistema de apoio à Dosimetria da Pena utilizando Fuzzy Logic

Paulo Sérgio da Silva Borges,Dr.
pssb@inf.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Márcio Ghisi Guimarães
ghisi@inf.ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Resumo

Das três sucessivas fases que compõem a Dosimetria da Pena, a primeira refere-se às Circunstâncias Judiciais e a segunda às Circunstâncias Legais Agravantes e Atenuantes, previstas nos artigos 59, 61, 62, 65 e 66 do Código Penal Brasileiro. Sendo que as penas dos crimes previstos desde o art. 121 ao art. 359 estão definidas em um intervalo, é necessário ao magistrado aplicar as circunstâncias e extrair um valor exato de pena. Entretanto, para aplicá-las, o Código não prevê uma quantidade ou um "quantum" para cada uma delas. Esta situação gera um fator de incerteza. Assim, os magistrados estão involuntariamente sujeitos a aplicar diferentes penas para similares crimes.
Para tratamento de incertezas, a Lógica Difusa ou Nebulosa (*Fuzzy Logic*) é considerado uma excelente técnica, sendo usada em diferentes áreas de interesse. A implementação na Dosimetria da Pena inicia-se atribuindo um valor de importância das circunstâncias em uma função matemática, chamada "função de pertinência", e esta determinará o "grau de pertinência" em subconjuntos *fuzzy*. Um grupo de regras de controle tratará condicionalmente da equivalência das circunstâncias em que é dividido o domínio total de variação dos valores atribuídos às circunstâncias. A ação das regras com os respectivos graus de pertinência formam o processo de Fuzzificação. O método do Centro de Gravidade é utilizado no processo de Defuzzificação, resultando um valor exato que representa o "quantum" de agravação ou atenuação de pena referente as duas primeiras fases da Dosimetria da Pena.

Abstract

Of the three successive phases that compose Dosimetry of the Condemnation, the first refers to the Judicial Circumstances and second the Aggravating and Extenuating Legal Circumstances, determined by the articles 59, 61, 62, 65 and 66 of the Brazilian penal code. The therefore of the crimes foreseen from the art. 121 to the art. 359 are defined by an interval, therefore it is necessary for the magistrate to apply the circumstances and to extract an exact value of the Condemnation. However, to apply them, the Code doesn't prescribe an amount or a " quantum " for each one of them. This situation generates an uncertainty factor. Like this, the magistrates involuntarily apply different terms for similar crimes.
For treatment of uncertainties, the Diffuse Logic or Nebula (Fuzzy Logic) an excellent technique is considered, being used in different areas of interest. The application in Dosimetry

of the Condemnation start by attributing a value of importance of the circumstances in a mathematical function, called "membership function. A group of control rules will treat conditionally of the equivalence of the circumstances in that the total domain of variation of the values is divided attributed to the circumstances. The action of the rules with the respective membership degrees forms the process of Fuzzyfication. The method of the center of gravity is used in the process of Defuzzyfication, resulting an exact value that represents the " aggravation quantum or attenuation" of referring feather the first two phases of Dosimetry of the Condemnation.

1 Introdução

A Parte Especial do Código Penal Brasileiro tem a função de prescrever as penas para os crimes cometidos no território brasileiro. Estas são estipuladas em limites, ou seja, variam de uma pena mínima a uma máxima. Dentro deste limite, o magistrado define a quantidade exata de pena a ser atribuída ao crime cometido pelo réu. Para chegar nesta quantidade exata, o magistrado aplica as Circunstâncias Judiciais e Legais também prescritas pelo Código. Este processo chama-se de Dosimetria da Pena. Acontece que não está prescrita a quantidade de pena referente às circunstâncias. Esta situação gera um grau de incerteza nos magistrados na definição da quantidade de pena para as circunstâncias envolvidas. Por isto pode-se constatar que diferentes penas podem estar sendo aplicadas para semelhantes crimes, ou que não estejam sendo corretamente definidas por falta de melhores parâmetros de decisão disponíveis aos magistrados. Esta constatação quer nos dizer que o Direito Penal pode estar sendo prejudicado como um todo, além das pessoas que dele necessitam. Este artigo se propõe a apresentar uma proposta metodológica para apoio à decisão de magistrados no que tange à fixação de penas, utilizando a Lógica Difusa para a resolução do problema.

A primeira fase da dosimetria da pena, referente às Circunstâncias Judiciais do artigo 59, leva em consideração oito circunstâncias. Cada uma delas representa uma quantidade de pena não explícita pelo Código Penal, deixando desta forma o magistrado defronte de uma quantidade nebulosa a ser extraída de Culpabilidade, Antecedentes, Conduta social, Personalidade do agente, Motivos, Circunstâncias, Conseqüências do crime e Comportamento da vítima. Cada circunstância possui seu respectivo conjunto *fuzzy* para o processo de Fuzzificação, que melhor represente a intensidade do crime cometido. Os formatos dos subconjuntos utilizados são diferenciados, podendo utilizar funções do tipo linear crescente e decrescente, triangular, trapezoidal. A modelagem do formato dos subconjuntos será tão melhor quanto mais precisamente a função de pertinência mapear o comportamento da circunstância. Uma coleção de regras lógicas contém no lado antecedente os graus de pertinência dos subconjuntos das oito circunstâncias, e no lado conseqüente o grau de pertinência resultante para os subconjuntos de fuzzificação. O processo de defuzzificação resultará em um valor exato que representa a quantidade exata de pena procurada pelo magistrado referente à primeira fase. O término desta operação resulta no estabelecimento da *pena-base*, o qual será somado à quantidade a ser encontrada na fase seguinte.

Na segunda fase o magistrado considera as Circunstâncias Legais Agravantes e Atenuantes referenciadas nos artigos 61, 62, 65 e 66. Da mesma forma, também o *Código Penal* não fixou uma quantidade ou "quantum" de pena para cada uma destas circunstâncias, deixando novamente o magistrado a frente de um quadro de incerteza. São algumas agravantes: A reincidência; cometer o crime contra criança, velho ou enfermo; estar em

estado de embriaguez preordenada. São algumas atenuantes: Confessado espontaneamente; ser menor de 21 anos ou maior de 70; O desconhecimento da lei. Cada uma das Circunstâncias Legais representa um conjunto *fuzzy* para o processo de Fuzzificação, ou seja, dezesseis conjuntos para agravantes e oito para atenuantes. Os formatos dos subconjuntos utilizados também podem utilizar os mesmos tipos de funções da fase anterior. Portanto, dois processos de defuzzificação se formam, encontrando para Agravação um valor exato para aumento de pena e outro para *Atenuação* para diminuição de pena. A compensação matemática teste valores resulta o montante de pena referente à segunda fase, devendo ser somada ou subtraída com o montante encontrado na fase anterior.

A terceira fase considera as causas especiais de aumento ou de diminuição, podendo existir ou não em um referido artigo do Código Penal. Estão prescritas em quantidades exatas de um meio, um terço, um sexto, três quartos para aumento ou diminuição. Esta fase não necessita aplicação da Lógica Difusa, por já ser matematicamente exata.

Logo, pela constatação de que fatores e circunstâncias não exatas estão envolvidas no processo, divergências podem ocorrer na busca de um valor preciso, tornando possível diferenças quando da aplicação de penas por distintos magistrados, ocasionando prejuízo ao réu e ao Direito Penal como um todo. Por ser uma excelente técnica para o tratamento de incertezas, Fuzzy Logic utilmente pode ser aplicada na Dosimetria da Pena.

2 Funções de pertinência e subconjuntos na primeira fase

As circunstâncias judiciais recebem um valor na escala [0,100] de forma a refletir a intensidade no crime cometido pelo agente. Este valor representa o conceito de vários magistrados, podendo ser alterado como melhor se desejar, ou utilizar um valor padrão fornecido pelo sistema. As formas dos subconjuntos devem manter o melhor possível o significado das circunstâncias, levando em consideração tendências de continuidade e descontinuidade. Pode ser utilizado funções do tipo linear crescente e decrescente, triangular, trapezoidal, equação quadrática ou gaussiana. Cada uma das circunstâncias tem seu próprio subconjunto *fuzzy* com suas respectivas funções de pertinência, para melhor representar seu significado. A seguir são demonstrados as funções e subconjuntos para Culpabilidade, Antecedentes, Conduta Social, Personalidade, Motivos, Circunstâncias, Conseqüências e Comportamento.

2.1 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Culpabilidade

O subconjunto *FRACA é* representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,30]. O subconjunto *PARCIAL* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [20,80]. O subconjunto *ELEVADA* é atribuído a função linear crescente no intervalo [40,80], com grau constante de valor um incidências maiores que 80. A fig. 1 demonstra o mapa dos subconjuntos.

$$\textit{FRACA} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x > 30 \\ (30 - x) / (30 - 0) & \text{se} \quad 0 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

$$
\textit{PARCIAL} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 20 \\ 1-(50-x)/(50-20) & \text{se} \quad 20 \le x \le 50 \\ (80-x)/(80-50) & \text{se} \quad 50 < x \le 80 \\ 0 & \text{se} \quad x > 80 \end{cases}
$$

$$
\textit{ELEVADA} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 40 \\ 1-((80-x)/(80-40)) & \text{se} \quad 40 \le x \le 80 \\ 1 & \text{se} \quad x > 80 \end{cases}
$$

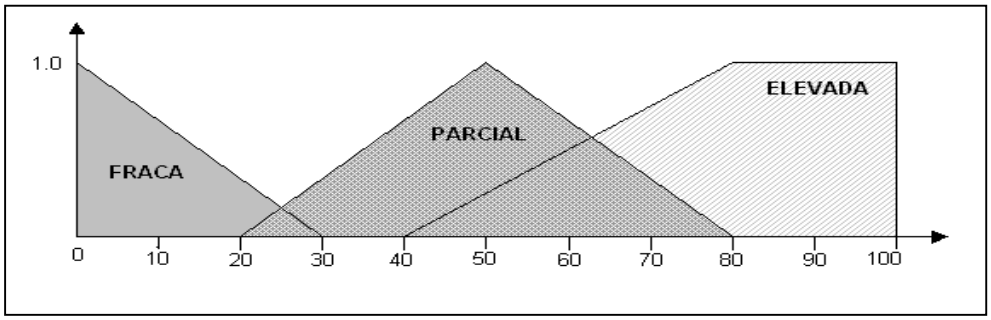

Figura 1. Formato dos subconjuntos para *Culpabilidade*

2.2 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Antecedentes

O subconjunto INSIGNIFICANTES está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,62.5]. O subconjunto SIGNIFICANTES utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [25,75]. E ao subconjunto PÉSSIMOS é atribuído a função linear crescente no intervalo [37.5,100]. A função linear é uma boa escolha na aproximação de conceitos não bem compreendidos. A triangular apresenta descontinuidade para melhor representar a passagem de subconjunto. A fig. 2 demonstra os subconjuntos.

$$
\text{INSIGNIFICANTES} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x > 62.5 \\ (62.5-x)/(62.5-0) & \text{se} \quad 0 \le x \le 62.5 \end{cases}
$$

$$
\text{SIGNIFICANTES} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 25 \\ 1-(50-x)/(50-25) & \text{se} \quad 25 < x \le 50 \\ (75-x)/(75-50) & \text{se} \quad 50 < x \le 75 \\ 0 & \text{se} \quad x > 75 \end{cases}
$$

$$
\text{PÉSSIMOS} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 37.5 \\ 1-((100-x)/(100-37.5)) & \text{se} \quad 37.5 \le x \le 100 \end{cases}
$$

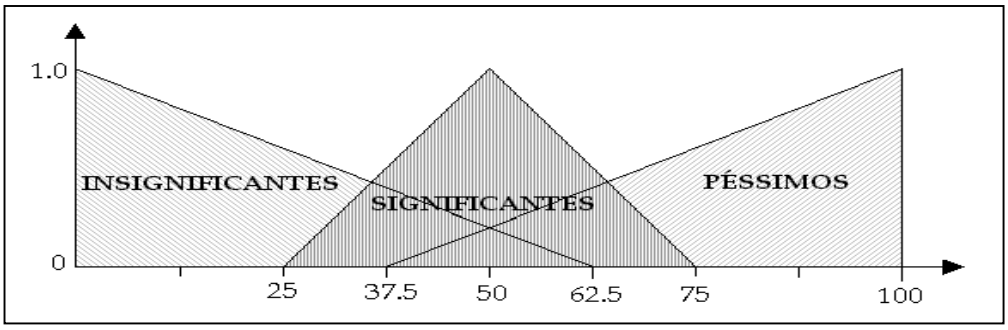

Figura 2. Formato dos subconjuntos para *Antecedentes*

2.3 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Conduta Social

O subconjunto *BOA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,40]. O subconjunto *MODERADA* utiliza uma função trapezoidal de pertinência no intervalo [20,80]. E ao subconjunto *RUIM* é atribuído a função linear crescente no intervalo [60,100]. A continuidade do intervalo [40,60] reforça o conceito do subconjunto *MODERADA*. A fig. 3 demonstra o mapa dos subconjuntos.

$$BOA = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 40 \\ (40 - x) / (40 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 40 \end{cases}$$

$$MODERADA = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 20 \\ 1 - (40 - x) / (40 - 20) & \text{se } 20 \leq x \leq 40 \\ 1 & \text{se } 40 < x \leq 60 \\ (80 - x) / (80 - 60) & \text{se } 60 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{cases}$$

$$RUIM = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 60 \\ 1 - ((100 - x) / (100 - 60) & \text{se } 60 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

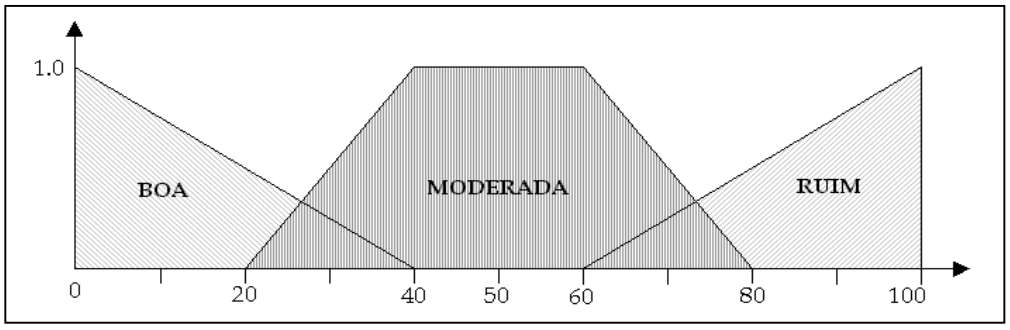

Figura 3. Formato dos subconjuntos para Conduta Social

2.4 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Personalidade

O subconjunto *LEVEMENTE ALTERADA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [15,40] e grau constante um no intervalo [0,15]. O subconjunto *CONDUTA MODERADA* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [30,70]. E ao subconjunto *MAU CARATER* é atribuído a função linear crescente no intervalo [50,100]. A fig. 4 demonstra o mapa dos subconjuntos.

$$\textit{LEVEMENTE ALTERADA} = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 40 \\ 1 & \text{se } 0 \le x \le 15 \\ (40 - x) / (40 - 15) & \text{se } 15 < x \le 50 \end{cases}$$

$$\textit{CONDUTA MODERADA} = \begin{cases} 0 & \text{se } x \le 30 \\ 1-(50-x) / (50 - 30) & \text{se } 30 \le x \le 50 \\ (70-x) / (70 - 50) & \text{se } 50 < x \le 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{cases}$$

$$\textit{MAU CARATER} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1-(100-x) / (100 - 50) & \text{se } 50 \le x \le 100 \end{cases}$$

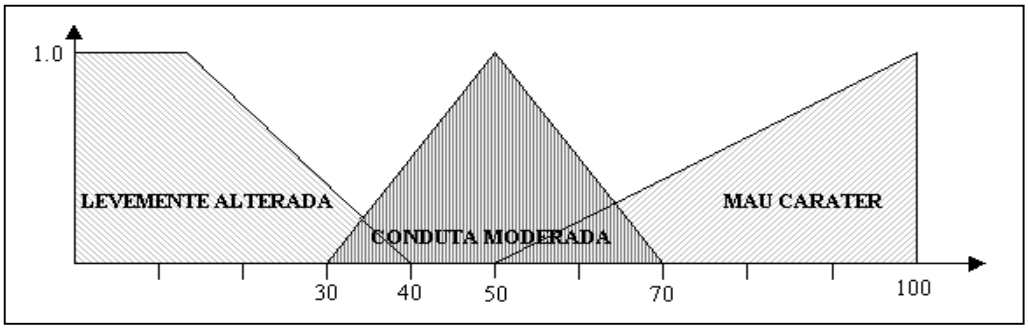

Figura 4. Formato dos subconjuntos para Personalidade

2.5 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Motivos

O subconjunto *POUCO DESFAVORÁVEL* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,50]. O subconjunto *RAZOAVELMENTE DESFAVORÁVEL* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [30,70]. E ao subconjunto AMPLAMENTE *DESFAVORÁVEL* é atribuído a função linear crescente no intervalo [50,100]. A fig. 5 demonstra o mapa dos subconjuntos.

$$\textit{POUCO}\ \text{DESFAVORÁVEL} = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 \le x \le 50 \end{cases}$$

$$\textit{RAZOAVELMENTE DESVAFORÁVEL} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 30 \\ 1-(50-x) / (50 - 30) & \text{se } 30 \le x \le 50 \\ (70-x) / (70 - 50) & \text{se } 50 < x \le 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{cases}$$

$$\textit{AMPLAMENTE DESFAVORÁVEL} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - (100 - x) / (100 - 50) & \text{se } 50 \le x \le 100 \end{cases}$$

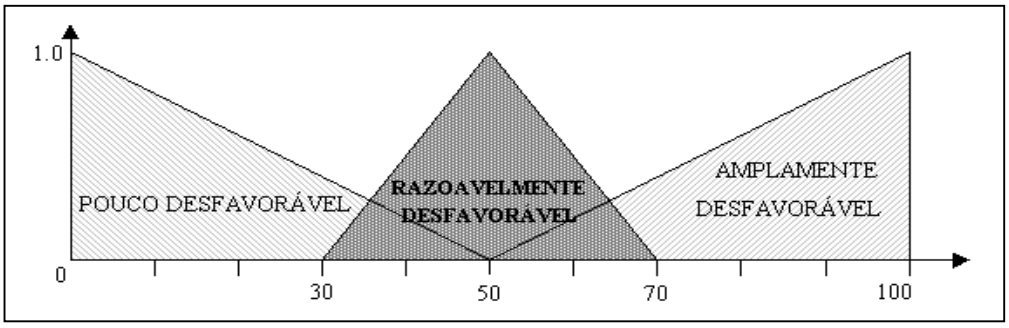

Figura 5. Formato dos subconjuntos para Motivos

2.6 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Circunstâncias

O subconjunto *POUCA RELEVÂNCIA* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,50]. O subconjunto *RELEVÂNCIA MODERADA* utiliza uma função trapezoidal de pertinência no intervalo [30,70], com grau constante um no intervalo[40,60]. Ao subconjunto REPROVÁVEL é atribuído a função linear crescente no intervalo [50,100]. A fig. 6 visualiza o mapa dos subconjuntos.

$$\textit{POUCA RELEVÂNCIA} = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 < x \le 50 \end{cases}$$

$$\textit{RELEVÂNCIA MODERADA} = \begin{cases} 0 & \text{se } x \le 20 \\ 1 - (40 - x) / (40 - 30) & \text{se } 30 < x \le 40 \\ 1 & \text{se } 40 < x \le 60 \\ (70 - x) / (70 - 60) & \text{se } 60 < x \le 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{cases}$$

$$\textit{REPROVÁVEL} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 50 \\ 1 - (100 - x) / (100 - 50) & \text{se } 50 \le x \le 100 \end{cases}$$

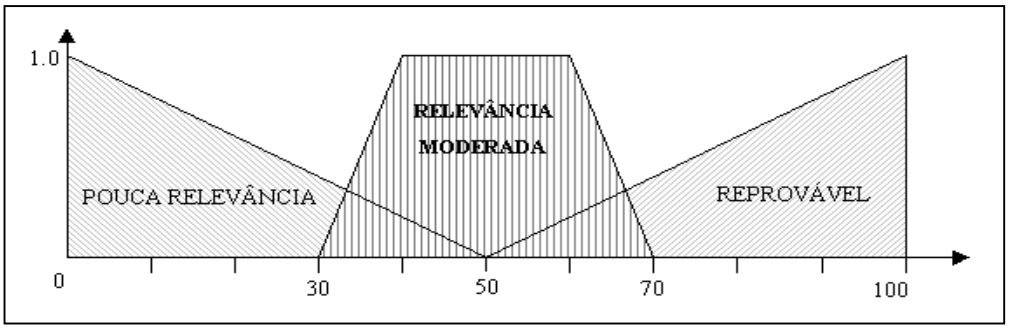

Figura 6. Formato dos subconjuntos para Circunstâncias

2.7 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Conseqüências

O subconjunto *POUCO DANOSAS* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,60]. O subconjunto *RAZOAVELMENTE DANOSAS* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [20,80]. Ao subconjunto *FORTEMEMNTE DANOSAS* é atribuído a função linear crescente no intervalo [40,100]. Visualizar a fig. 7 .

$$\textit{POUCO DANOSAS} = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 60 \\ (60 - x) / (60 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 60 \end{cases}$$

$$\textit{RAZOAVELMENTE DANOSAS} = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq 20 \\ 1-(50-x)/(50-20) & \text{se } 20 < x \leq 50 \\ (80-x)/(80-50) & \text{se } 50 < x \leq 80 \\ 0 & \text{se } x > 80 \end{cases}$$

$$\textit{FORTEMEMNTE DANOSAS} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 40 \\ 1-(100-x)/(100-40) & \text{se } 40 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

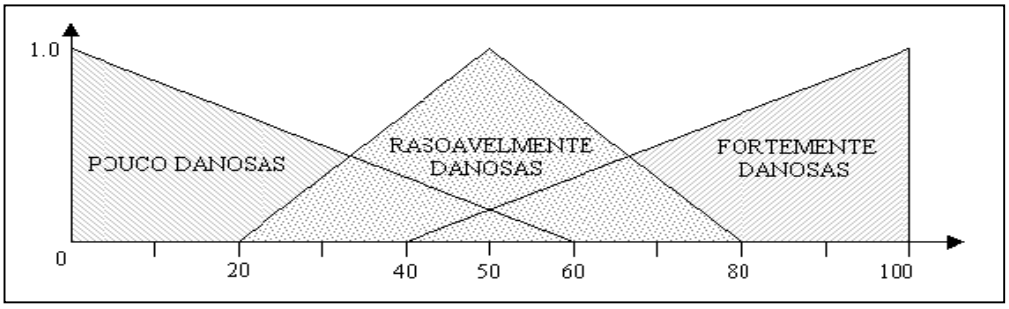

Figura 7. Formato dos subconjuntos para Conseqüências

2.8 Formato dos subconjuntos e função de pertinência para Comportamento

O subconjunto *POUCA CONTRIBUIÇÃO* está representado por uma função de pertinência linear decrescente, no intervalo [0,50]. O subconjunto *MÉDIA CONTRIBUIÇÃO* utiliza uma função triangular de pertinência no intervalo [40,60]. Ao subconjunto *MUITA CONTRIBUIÇÃO* é atribuído a função linear crescente no intervalo [50,85], com grau constante de valor um incidências maiores que 85. A fig. 8 mostra o mapa dos subconjuntos.

$$\textit{POUCA CONTRIBUIÇÃO} = \begin{cases} 0 & \text{se } x > 50 \\ (50 - x) / (50 - 0) & \text{se } 0 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\textit{MÉDIA CONTRIBUIÇÃO} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 40 \\ 1-(50-x)/(50-40) & \text{se } 40 < x \leq 50 \\ (60-x)/(60-50 & \text{se } 50 < x \leq 60 \\ 0 & \text{se } x > 60 \end{cases}$$

$$MUITA\ CONTRIBUIÇÃO = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 50 \\ 1 - (85 - x) / (85 - 50) & \text{se} \quad 50 \leq x \leq 85 \\ 1 & \text{se} \quad x > 85 \end{cases}$$

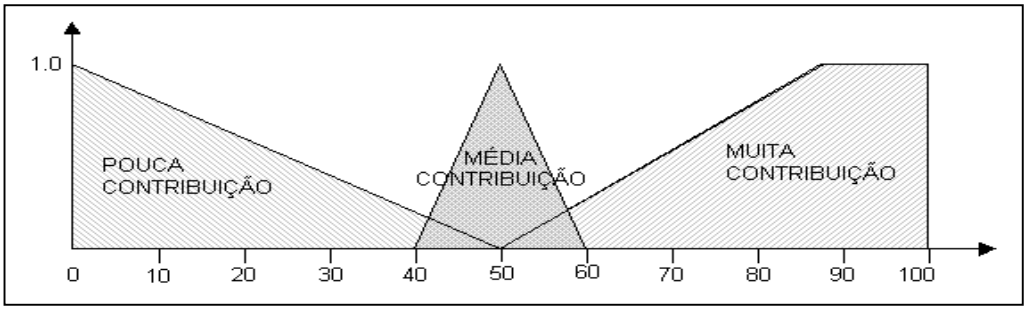

Figura 8. Formato dos subconjuntos para Comportamento

3 Regras de controle e equivalência na primeira fase

As regras possuem um formato de declaração do tipo SE / ENTÃO. O lado SE da regra que pode conter uma ou mais condições, é chamado de antecedente. O lado ENTÃO que contém uma ou mais ação, é chamado de conseqüente. O lado antecedente é composto pelas Circunstâncias Judiciais do artigo 59. O antecedente da regra verifica condicionalmente o grau de pertinência dos subconjuntos de Culpabilidade, Antecedentes, até o último sendo Comportamento da vítima. O lado conseqüente da regra representa o grau de agravação do subconjunto CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS. As regras podem ser criadas conforme o juízo de equivalência ou prevalência. É possível implementar um conjunto de regras para cada um dos artigos 121 a 359, de forma a intensificar mais ou menos a equivalência das circunstâncias em diferentes artigos. Mas um mesmo conjunto de regras também pode ser utilizado em diferentes artigos. Abaixo é demonstrado algumas regras que podem ser compostas na primeira fase da Dosimetria da Pena.

Regra 1. Se Culpabilidade _é_ELEVADA ENTÃO Circunstâncias_Judiciais_é_MUITO

Regra 2. Se Motivos _é_POUCO_DESFAVORÁVEL .AND.
Comportamento_tem_POUCA_CONTRIBUIÇÃO
ENTÃO Circunstâncias_Judiciais_é_POQUÍSSIMO

Regra 3. Se Circunstâncias_é_REPROVÁVEL .AND.
Conseqüências_é_FORTEMENTE_DANOSAS
ENTÃO Circunstâncias_Judiciais_é_MUITO

As regras podem chegar a uma quantidade significativamente grande, visto que é possível combinar entre todas as oitos circunstâncias os respectivos subconjuntos. Mas um volume grande de regras pode fazer o modelo do sistema entrar em conflito, de forma a perturbar os resultados. Uma técnica de seleção das regras mais significativas deve ser adotada, utilizando-se de uma ferramenta de inteligência Computacional. Do conjunto de regras existentes, somente algumas podem estar habilitadas, e à estas são aplicado o

respectivos graus resultantes das funções de pertinência. Exemplo, para uma entrada de 70 para o conjunto *fuzzy* Circunstâncias e 80 para Conseqüências:

Circunstâncias_é_REPROVÁVEL: x = 75 : f(x) = 1- (100-x) / (100-50) = **0.50**
Conseqüências_é_FORTEMENTE_DANOSAS: x = 80 : f(x) = 1- (100-x) / (100-40) = **0.67**

Regra 3. Se Circunstâncias_é_REPROVÁVEL (**0.50**) .AND.
Conseqüências_é_FORTEMENTE_DANOSAS (**0.67**)
ENTÃO Circunstâncias_Judiciais_é_MUITO (**0.50**) = MIN (0.50,0.67)

4 Processo de defuzzificação aplicado na primeira fase

Os subconjuntos das Circunstâncias Judiciais necessitam ser convertidos para um valor exato. Este valor será encontrado pelo processo de defuzzificação utilizando o método do centro de gravidade, o qual consiste em determinar no eixo x o ponto central do subconjunto do lado consequente da regra. Em seguida fazer um corte no ponto central na altura equivalente ao grau de pertinência encontrado pelas regras e determinar a área abaixo deste corte, encontrando assim o ponto de equilíbrio das áreas envolvidas. Observa-se que pode acontecer que mais de uma das regras habilitadas resultam no mesmo subconjunto CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS do lado conseqüente da regra. Nesta situação, aplica-se a função de Mandani $\mu_{C1}(w) = \text{Min}[\mu_1, \mu_{C1}(w)]$ onde os subconjuntos são somados logicamente $\mu_C(w) = \text{Max}[\mu_{C1}(w), \mu_{C2}(w), \mu_{C3}(w)]$. A fig. 9 demonstra este processo.

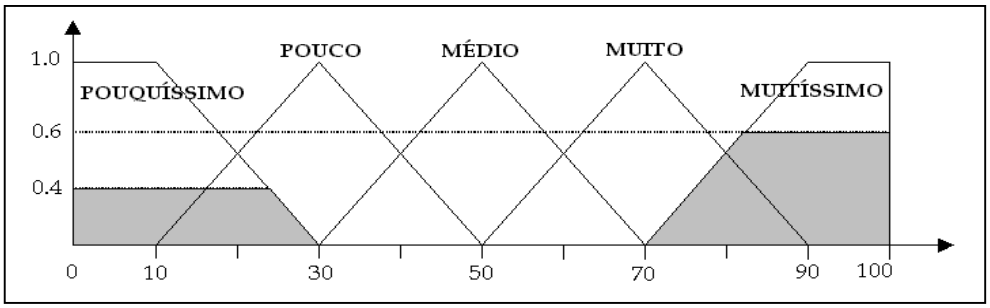

Figura 9. Defuzzificação de CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS

O método do Centro de Gravidade é aplicado para os subconjuntos resultantes das regras habilitadas sendo:

POUQUÍSSIMO = 0.4 (30 + 25) / 2 = 11.0
MUITÍSSIMO = 0.6 (40 + 27) / 2 = 20.1

CIRCUNSTÂNCIAS_JUDICIAIS = 11.0 (15) + 20.1 (85) / 11.0 + 20.1 = **60.24**

O valor **60.24** encontrado pelo processo de defuzzificação é o valor exato procurado. Este valor é aplicado no intervalo de pena especificado pelo artigo de enquadramento do réu. Para um determinado crime, cuja pena seja especificada seja de um limite de dois a oito anos, o intervalo de seis anos, convertido para dias representa 2.190 dias. Multiplicando pelo valor crisp 60.24 % encontra-se 1.319 dias. Subtraindo o início do limite que é de dois anos, que representa 730 dias, tem-se 1.319 menos 730 , o que totaliza 589 dias, *que representa uma*

pena procurada pelo magistrado de 1 ano, 7 meses e 14 dias. Esta quantidade de pena, chamada de Pena base, deve ainda ser somada com a quantidade à ser encontrada na segunda fase da Dosimetria da pena, também utilizando Fuzzy Logic, para se obter a pena final.

5 Funções de pertinência e subconjuntos na segunda fase

Esta fase utiliza-se de dois grandes processos *fuzzy*. Um para Agravação e outro para Atenuação. Agravação aumenta a quantidade de pena e Atenuação diminui a quantidade. A diferença entre estes dois processos resulta na quantidade de pena desta fase. Através de um processo similar à primeira fase, apenas três subconjuntos são utilizados para as dezesseis circunstâncias agravantes e para às oito atenuantes. Isto se fez para demonstrar que tanto é possível ter distintos conjuntos fuzzy ou um único.
As circunstâncias recebem um valor na escala [0,100] de forma a refletir a intensidade no crime cometido pelo agente. Apesar deste valor representar o conceito de vários magistrados, o mesmo pode ser alterado como melhor se desejar. Três subconjuntos são criados para representar a intensidade, sendo: O subconjunto *LEVE* é representado pela função linear decrescente; o subconjunto *MÉDIA* é representado por função triangular e o subconjunto *FORTE* representado por função linear crescente. A escolha de funções linear e triangular está na razão de ambas serem uma boa escolha na aproximação de conceitos não bem precisos. A desvantagem de se utilizar os mesmos subconjuntos está na perda de flexibilidade para ajustes diferenciados para as circunstâncias. A vantagem está na simplicidade e facilidade de ter apenas poucos subconjuntos para se ajustar em todo o sistema. A utilização de poucos ou muitos subconjuntos depende de uma análise do modelo a ser implementando e da facilidade ou dificuldade na obtenção de resultados corretos. A fig. 10 demonstra este processo.

$$\text{LEVE} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x > 50 \\ 1 - (x / 50) & \text{se} \quad x \leq 50 \end{cases}$$

$$\text{MÉDIA} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 25 \\ 1-(50-x) / 25 & \text{se} \quad 25 \leq x \leq 50 \\ (75-x) / 25 & \text{se} \quad 50 < x \leq 75 \\ 0 & \text{se} \quad x > 75 \end{cases}$$

$$\text{FORTE} = \begin{cases} 0 & \text{se} \quad x < 50 \\ 1-(100-x) / 50) & \text{se} \quad x \geq 50 \end{cases}$$

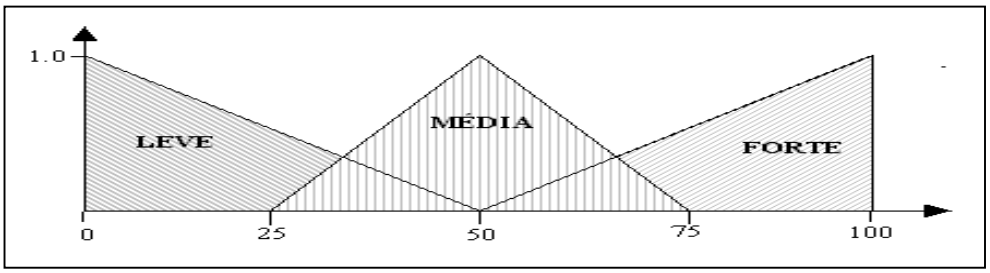

Figura 10. Formato dos subconjuntos para Agravantes e Atenuantes

6 Regras de controle utilizadas na segunda fase

Na implementação das regras, as Circunstâncias Agravantes são numeradas de 1 a 16. Esta numeração equivale a ordem seqüencial em que estão inseridas nos artigos. Para exemplificar, a circunstância agravante "a reincidência" do art. 61 recebe numeração um, "por motivo fútil ou torpe" recebe numeração dois, "em estado de embriaguez pré ordenada" recebe numeração três e assim sucessivamente. O mesmo princípio de numeração é aplicado para as oito circunstâncias atenuantes, sendo que "O desconhecimento da lei" recebe sequencial dois e assim sucessivamente. As regras devem ser definidas por um especialista com fortes conhecimentos na área do Direito Penal, e por uma ferramenta de Inteligência Computacional. Esta exigência se faz necessário para que as regras representem o melhor possível a realidade de equivalência. Da mesma forma que na primeira fase, os valores de entrada das circunstâncias são aplicados nas funções de pertinência para se obter o grau de pertinência que são aplicados nas regras habilitadas.
Exemplos de regras para Agravação e Atenuação:

Regra 1 Se Agravante_1_é_LEVE .AND. Agravante_3_é_MÉDIA
Então Atenuação é *SUAVE*

Regra 2 Se Atenuante_2_é_MÉDIA .AND. Atenuante_6_é_FORTE
Então Atenuação é FORTE

Regra n Se Agravante_5_é_FORTE .AND. Atenuante_4_é_LEVE
Então Atenuação é MODERADA

Aplicando os graus para a regra 2 acima, com um valor de 70 para a Atenuante_2 e um valor de 80 para a Atenuante_6, tem-se:

Atenuante_2 : x = 70 : f (x) = (75–x) / 25 = **0.2** grau

Atenuante_6 : x = 80 : f (x) = 1–(100–x) / 50) = **0.6** grau

Regra 2 Se Atenuante_2_é_MÉDIA (**0.2** grau) . AND. Atenuante_6_é_FORTE (**0.6** grau)
Então Atenuação é (**0.2**) FORTE = MIN (0.2 , 0.6)

7 Processo de Defuzzificação na segunda fase

Os subconjuntos de Agravação e Atenuação necessitam ser convertidos para um valor exato. Este valor será encontrado pelo processo de defuzzificação utilizando o método do centro de gravidade idêntico a primeira fase. Para exemplificar, suponha-se que as regras habilitadas resultaram um grau de 0.20 para o subconjunto FORTE e 0.34 para o subconjunto MODERADA do conjunto de defuzzificação Agravação. A fig. 10 demonstra o processo utilizado para Agravação. A regras habilitadas resultaram um grau de 0.20 para o subconjunto SUAVÍSSIMA e SUAVE do conjunto de defuzzificação de Atenuação, conforme fig. 11.

O valor exato resultante da compensação de Agravação e Atenuação encontrado neste processo, representa quantidade de pena, que deve ser somada à quantidade encontrada na primeira fase, para se obter a pena final.

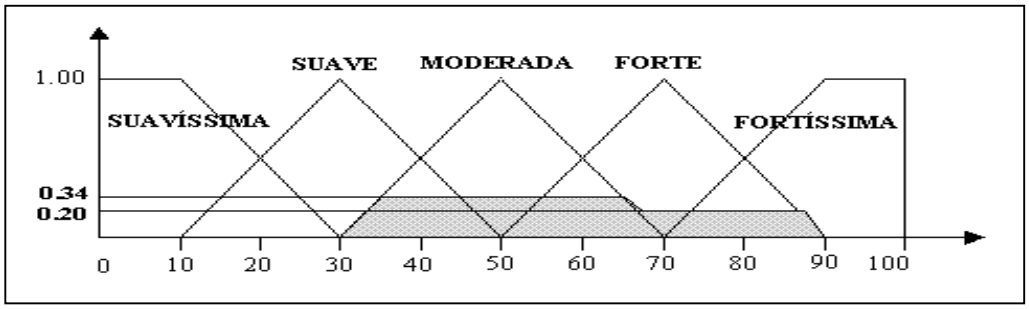

Figura 10. Defuzzificação para Agravantes

Executando o método do Centro de Gravidade para os subconjunto MODERADA e FORTE

MODERADA = 0.34 (40 + 30) / 2 = 11.9
FORTE = 0.20 (40 + 35) / 2 = 07.5
AGRAVAÇÃO = 11.9 (50) + 7.50 (70) / 11.9 + 07.5 = Crisp **57.73**

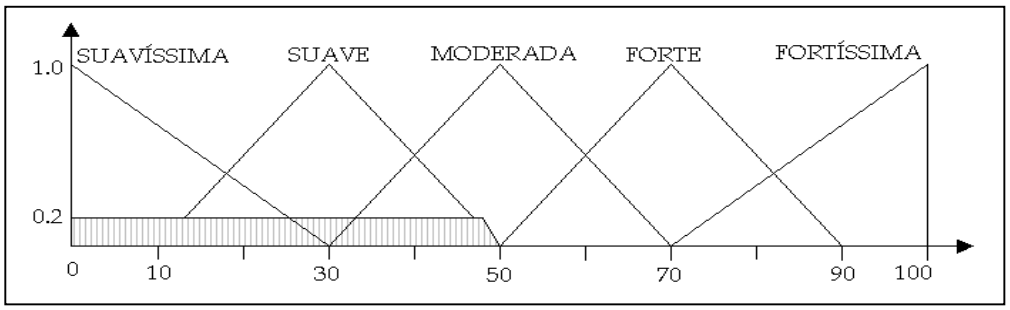

Figura 11. Defuzzificação para Atenuantes

Executando o método do Centro de Gravidade para os subconjunto SUAVÍSSIMA e SUAVE.

SUAVÍSSIMA = 0.2 (30 + 25) / 2 = 5.5
SUAVE = 0.2 (40 + 30) / 2 = 7.0

AGRAVAÇÃO = 5.5 (15) + 7.0 (30) / 5.5 + 7.0 = Crisp **23.40**

O valor resultante da segunda fase é encontrado pela compensação do valor de Agravação **57.73** subtraído do valor de Atenuação de **23.40**, ou seja, um valor exato de **34.33** para agravar a pena. Este valor deve ser compensado com o valor encontrado na defuzzificação da primeira fase. Desta forma tem-se acrescido ao valor de **34.33** mais **60.24**, resultando em um valor final de **94.57** . Este valor pode ainda ser reduzido pelas causas especiais de aumento ou diminuição, por exemplo, diminuir em um terço, resultando em uma pena final de **63.05** . Assim para um intervalo de dois a oito anos, a pena final será:

Três anos, nove meses e quinze dias

8 Conclusões

Para se obter avaliações práticas do desempenho da metodologia apresentada, algumas sentenças reais aplicadas por magistrados foram submetidas ao modelo, de forma a atingir o mesmo resultado do mundo jurídico real. Em alguns casos a mesma sentença atribuída pelo magistrado foi encontrada pelo sistema. Em outros casos se obteve penas diferentes com variações para mais ou para menos. Isto demonstra a necessidade de melhores parametrizações nos domínios dos subconjuntos utilizados e abrangência das regras. Pode-se avaliar que as variações não foram muito significativas, podendo-se concluir que o sistema tem grande potencial de um modelo confiável. Outro fator a ser levado em consideração são as próprias variações entre as próprias sentenças aplicadas. Os passos seguintes desse modelo se voltarão a encontrar os ideais domínios dos subconjuntos e definição das regras de controle, para concretizar essa metodologia apresentada em uma ferramenta concreta disponível na Internet e ser disponibilizado à classe jurídica. De forma geral, a grande contribuição deste trabalho vem em suprir a falta da existência de uma fonte de apoio à decisão na Dosimetria da Pena do Código Penal Brasileiro.

9 Referências bibliográficas

[1] Ferraz, Nélson (1989). "Dosimetria da Pena",7ª edição

[2] J. Bezdek, "Pattern Recognition with Fuzzy Objetive Function Algorithms", Plenum, New York, 1981.

[3] Kandel, A. (1986). "Fuzzy Expert Systems".Boca Raton, FL: CRC Press.

[4] Zadeh, L. (1965). "Fuzzy Sets, Information and Control", Vol. 8, pp. 338-353