



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS APLICADAS A
ANIMAIS DE INTERESSE REGIONAL - PPGTAIR**

EVERALDO ARAÚJO FERREIRA

**MODELAGEM DE DADOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL NA CIDADE DE
TERESINA E GERENCIAMENTO DE PROCESSOS NA TOMADA DE DECISÃO
EM GESTÃO PÚBLICA**

Orientador(a):

Prof. Dr^a Maria do Socorro Pires e Cruz

Coorientador:

Prof. Dr Jefferson Cruz dos Santos Leite

Teresina

2022

EVERALDO ARAÚJO FERREIRA

**MODELAGEM DE DADOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL NA CIDADE DE
TERESINA E GERENCIAMENTO DE PROCESSOS NA TOMADA DE DECISÃO
EM GESTÃO PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional (PPGTAIR) da Universidade Federal do Piauí - UFPI, na área de Diagnósticos Avançados em Saúde Animal e linha de pesquisa Diagnóstico e terapêutica em medicina veterinária, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador(a): Prof. Dr^a Maria do Socorro Pires e Cruz

Coorientador: Prof. Dr. Jefferson Cruz dos Santos Leite

**Teresina
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Ciências da Natureza - CCN
Serviço de Processamento Técnico

F383m Ferreira, Everaldo Araújo.

Modelagem de dados de Leishmaniose visceral na cidade de Teresina e gerenciamento de processos na tomada de decisão na gestão pública / Everaldo Araújo Ferreira. -- 2022.

55 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional (PPGTAIR), Teresina, 2022.

“Orientadora: Profª. Drª. Maria do Socorro Pires e Cruz”.

1. Leishmaniose Visceral. 2. Modelo Regra de Fuzzy. 3. Gestão Pública. I. Cruz, Maria do Socorro Pires e. II. Título.

CDD 616.936 4

Bibliotecária (o): Caryne Maria da Silva Gomes – CRB3/ 1461

EVERALDO ARAÚJO FERREIRA

MODELAGEM DE DADOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL NA CIDADE DE TERESINA E GERENCIAMENTO DE PROCESSOS NA TOMADA DE DECISÃO EM GESTÃO PÚBLICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional (PPGTAIR) da Universidade Federal do Piauí - UFPI, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Diagnósticos Avançados em Saúde Animal.

Linha de Pesquisa: Diagnóstico e terapêutica em medicina veterinária.

Orientador(a): Prof. Dr^a Maria do Socorro Pires e Cruz.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Maria do Socorro Pires e Cruz

Assinado de forma digital por Maria do Socorro Pires e Cruz
Dados: 2022.02.11 12:10:02 -03'00'

Prof^a. Dra. Maria do Socorro Pires e Cruz

(Presidente / Orientadora) / DMV / CCA / UFPI



Prof. Dr. Jefferson Cruz dos Santos Leite

(Examinador externo / Coorientador) / DM / CCN / UFPI

CARLOS HENRIQUE NERY
COSTA:11694998134

Digitally signed by CARLOS HENRIQUE NERY
COSTA:11694998134
Date: 2022.02.11 16:59:15 -03'00'

Prof. Dr. Carlos Henrique Nery Costa

(Examinador Externo) / DMC / CCS / UFPI

ANTONIO JOSE LEAL
COSTA:92384560700

Assinado de forma digital por ANTONIO JOSE LEAL
COSTA:92384560700
Dados: 2022.02.11 12:12:42 -03'00'

Prof. Dr. Antônio José Leal Costa

(Membro externo) / DMP / FM / UFRJ

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, nosso Criador que em sua Infinita bondade e imenso amor, permitiu minha caminhada até esse momento. Ele me deu forças para seguir e conquistar meus objetivos. Minha esposa Maria da Conceição Moura Cardoso de Araújo e minha filha Marjorie Cardoso Castro, por serem a base da minha vida. À minha orientadora Dra. Maria do Socorro Pires e Cruz por me dar a incrível oportunidade e honra de ser seu orientando. À minha maravilhosa Jackellyne Geórgia Dutra e Silva Leite pela viabilidade de minha Cooperação Técnica no IFMA. Ao meu Irmão Prof. Dr. Jefferson Cruz dos Santos Leite por achar tantas soluções para tantos problemas e pela total dedicação a esta Dissertação.

A ordem da citação não traduz a importância, pois todos sem exceção foram da maior valia para o desenvolvimento do trabalho. O papel de cada um foi diferente, entretanto, não menos importante e a todos quero expressar os meus mais sinceros agradecimentos e dizer que só Deus pode retribuir-lhes a dedicação, o carinho que me dispensaram neste tempo de realização do estudo. Muito obrigado!

RESUMO

Essa pesquisa mensura a complexidade das doenças conhecidas como Leishmanioses e propõe a criação de um Modelo Dinâmico baseado nas Regras de Fuzzy, que descreve o comportamento da doença considerando indicadores estatísticos pesquisados nos últimos 15 anos. A Modelagem deverá subsidiar os processos gerenciais de tomada de decisão na Gestão Pública o que contribuirá para o controle ou minimização de um surto epidemiológico. A doença pode manifestar-se como leishmaniose visceral (também conhecida como calazar), leishmaniose cutânea e leishmaniose mucocutânea, sendo todas elas causadas por espécies de protozoário intracelular obrigatório do gênero *Leishmania*. A necessidade de se estudar o comportamento dinâmico de epidemias e endemias em populações no geral é de fundamental importância no que diz respeito à evolução, estabilidade e eventual controle das doenças. Porém, como boa parte dos fenômenos naturais, os fenômenos biológicos possuem uma carga grande de subjetividade que não são usualmente incorporadas nos tradicionais modelos de diagnósticos que os descrevem. Na última década, a literatura que trata de fenômenos incertos tem crescido consideravelmente, principalmente no tocante da teoria de controle automático segundo Zadeh (1965). Nosso principal interesse nesse trabalho está relacionado com o estudo e identificação de fenômenos biológicos ligados ao contágio do calazar que exibem graus de incertezas e que possam ser modelados pelas Bases de Regra Fuzzy. Acreditamos que tal ferramenta pode acrescentar informações "novas" no estudo de certas situações reais complexas, como por exemplo, em diagnósticos médicos, em epidemiologia, e em sistemas de interação de espécies, ecologia, onde tem-se apenas informações parciais ou imprecisas. Considerando cenário multifacetado, dentro de um contexto social urbano diverso no papel primordial de coleta, consolidação, avaliação e disseminação de informações para subsidiar a tomada de decisão, exigindo constantes inovações, sobretudo na forma de articular as diversas realidades contidas nas conjunturas das vigilâncias locais, a identificação de áreas críticas para doenças infecciosas e parasitárias no Brasil e o conhecimento sobre a sua relação com indicadores socioeconômicos são de fundamental importância para alinhar as ações de vigilância nos âmbitos local e nacional, fornecendo subsídios para o estabelecimento de medidas assertivas de controle, planejamento e intervenção, bem como para articular ações intersetoriais de mitigação das causas determinantes desses adoecimentos.

Palavras-chave: Leishmaniose visceral, Calazar, fenômenos incertos, Bases de Regra Fuzzy, Modelagem, Gestão Pública.

ABSTRACT

This research measures the complexity of the diseases known as Leishmaniasis and the creation of a Dynamic Model based on Fuzzy's Rules, which describes the behavior of the disease considering statistical indicators researched in the last 15 years. Modeling should support managerial decision-making processes in Public Management, which will certainly contribute to the control or minimization of an epidemiological outbreak person. The disease can manifest as visceral leishmaniasis (VL; also known as kala-azar), cutaneous leishmaniasis, and mucocutaneous leishmaniasis, all of these forms are caused by obligate intracellular protozoan species of the genus *Leishmania*. The need to study the dynamic behavior of epidemics and endemics in populations in general is of fundamental importance with regard to the evolution, stability and eventual control of diseases. However, like most natural phenomena, biological phenomena have a large load of subjectivity that is not usually incorporated in the traditional diagnostic models that describe them. In the last decade, the literature dealing with uncertain phenomena has grown considerably, especially with regard to the automatic control theory according to Zadeh (1965). Our main interest here is related to the study and identification of biological phenomena linked to kala azar contagion that exhibit degrees of uncertainty and that can be modeled by Fuzzy Rule Bases. We believe that such a tool can add "new" information in the study of certain complex real situations, such as in medical diagnoses, in epidemiology, and in species interaction systems, ecology, where only partial or imprecise information is available. Considering a multifaceted scenario, within a diverse urban social context in the primary role of collecting, consolidating, evaluating and disseminating information to support decision-making, requiring constant innovations, especially in the way of articulating the various realities contained in the conjunctures of local surveillance, the identification of critical areas for infectious and parasitic diseases in Brazil and knowledge about their relationship with socioeconomic indicators are of fundamental importance to align surveillance actions at the local and national levels, providing subsidies for the establishment of assertive control and planning measures and intervention, as well as to articulate intersectorial actions to mitigate the determinant causes of these illnesses.

Keywords: Visceral leishmaniasis, kalazar, uncertain phenomena, Fuzzy Rule Bases, Modeling, Public Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição dos casos de Leishmaniose visceral.....	13
Figura 2: Número de casos novos de Leishmaniose visceral e coeficiente de Incidência, considerando o Estado do Piauí, Brasil, como provável local de infecção, durante o período de 1971 a 2018.....	20
Figura 3: Representação de uma função de pertinência triangular.....	30
Figura 4: Representação de uma função de pertinência trapezoidal.....	30
Figura 5: Representação de uma função de pertinência gaussiana.....	31
Figura 6: Representação de uma função de pertinência do tipo S.....	31
Figura 7: Exemplo de partição Fuzzy.....	32
Figura 8: Estrutura de um SFBR.....	33
Figura 9: Sistema de Inferência Fuzzy.....	35
Figura 10: Estrutura de um SFBR segundo Herrera.....	36
Figura 11: Exemplo de Fuzzificação.....	37
Figura 12: Output das Regras.....	39
Figura 13: O processo de tomar decisões segundo Simon.....	41
Figura 14: Processo Decisório.....	42
Figura 15: Elementos Clássicos da tomada de decisão.....	49
Figura 16: Pertinência das variáveis: Precipitação Pluviométrica x Temperatura x Ocorrência de Leishmaniose visceral.....	50
Figura 17: Pertinência das variáveis: Temperatura x Desmatamento x Ocorrência de Leishmaniose visceral.....	50
Figura 18: Pertinência das variáveis: Desmatamento x Precipitação Pluviométrica x Ocorrência de Leishmaniose visceral.....	51

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1: Comparação entre decisões programadas e não programadas.....	39
Quadro 2: Componentes do processo decisório na Administração Pública.....	43
Quadro 3; Definição das funções de pertinência para a variável Precipitação Pluviométrica.....	46
Quadro 4: Definição das funções de pertinência para a variável Temperatura.....	46
Quadro 5: Definição das funções de pertinência para a variável Desmatamento.....	46
Quadro 6: Definição das funções de pertinência para a variável Ocorrência de Leishmaniose visceral.....	47
Gráfico 01: Dados médios de Temperatura no período de 2011 a 2021.....	22
Gráfico 02: Dados médios de Precipitação no período de 2011 a 2021.....	23
Gráfico 03: Dados médios de Desmatamento no período de 2011 a 2021.....	24
Gráfico 04: Dados médios de Ocorrência em LV no período de 2011 a 2021.....	25

LISTA DE SIGLA

A.A = Ao Ano

BC = Base de Conhecimento

BR = Base de Regras

BD = Base de Dados

CF = Conjuntos Fuzzy

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LV = Leishmaniose Visceral

MI = Mecanismo de Inferência

OPAS = Organização Pan-Americana da Saúde

PI = Piauí

PMT = Prefeitura Municipal de Teresina

SFBR = Sistema Fuzzy Baseados em Regras

SEMPPLAN = Secretaria Executiva de Planejamento e Gestão

SDU = Superintendência de Desenvolvimento Urbano

TCF = Teoria dos Conjuntos Fuzzy

UD = Universo de Discurso

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
Objetivo Geral.....	14
Objetivos Específicos.....	14
Caracterização do Problema.....	14
CAPÍTULO 1 - A LEISHMANIOSE NO MUNDO, NO BRASIL E NO MUNICÍPIO DE TERESINA	15
1.1 A leishmaniose visceral no mundo.....	15
1.2 A leishmaniose visceral no Brasil.....	16
1.3 A leishmaniose visceral no município de Teresina.....	18
1.4 Características do Município de Teresina.....	21
1.5 Temperaturas Médias.....	23
1.6 Regime Pluvial.....	24
1.7 Componente Ambiental.....	25
1.8 Densidade da Ocupação.....	26
CAPÍTULO 2 - A MODELAGEM BASEADA EM REGRAS FUZZY	27
2.1 Controlador Fuzzy.....	28
2.2 Modo de Inferência Fuzzy.....	28
2.3 Conceitos Básicos da TCF.....	29
2.4 Sistema Fuzzy Baseados em Regras.....	31
CAPÍTULO 3 - MÉTODO DE INFERÊNCIA DIFUSA MAMDANI	36
3.1 Etapas.....	36
3.2 As Regras.....	37
3.3 A Fuzzificação.....	37
3.4 Avaliação das Regras.....	38
3.5 Agregação das saídas das Regras.....	39
3.6 A Defuzzificação.....	39
CAPÍTULO 4 - PROCESSOS NA TOMADA DE DECISÃO NA GESTÃO PÚBLICA	40
4.1 Tipos de decisões, o processo de tomada de decisões, suas fases e elementos.....	40
4.2 Componentes do Processo Decisório na Administração Pública.....	44
4.3 Decisão do Gestor diante dos Resultados Esperados.....	46
CAPÍTULO 5 - O MODELO	47
5.1 Contextualização do Modelo.....	47
5.2 Resultados Esperados.....	49
5.3 O Modelo e as características Fuzzy.....	49
CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma percepção que nos últimos 30 anos, o perfil da mortalidade da população brasileira foi substancialmente alterado, sendo um traço marcante das modificações o declínio no peso relativo das doenças infecciosas e parasitárias, por assim dizer. Apesar desta evolução aparentemente favorável, pesquisas demonstram que o Brasil ainda apresentava, na segunda metade da década de 80, latência nos coeficientes de mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias, totalizando algo em torno de 53,0 por 100.000 habitantes, o que nos aproxima das taxas observadas na Colômbia e Suriname e bem acima das verificadas em países como o Chile (19,2 por 100.000 hab.), Costa Rica (11,8 por 100.000 hab.) e Cuba (9,1 por 100.000 hab.) (OMS, 2020; MS 2019).

A leishmaniose visceral é uma doença infecciosa de caráter crônico por protozoários do gênero *Leishmania* (NOGUEIRA et al., 2009). Corresponde a um dos principais problemas veterinários e de saúde pública devido a sua ampla distribuição geográfica, alta incidência e formas clínicas severas (SCHALLIG et al., 2002; MALMASI et al., 2014).

A leishmaniose visceral é registrada em 98 países, sendo a Índia, Bangladesh, Sudão, Sudão do Sul, Brasil e Etiópia os responsáveis por mais de 90% dos casos (ALVAR et al., 2012). No Brasil, por exemplo, a leishmaniose visceral encontra-se registrada em aproximadamente 77,8% do território brasileiro, sendo que a região do Nordeste se observa os maiores índices da doença (ALVES; FAUSTINO, 2005; CAMARGO-NEVES, 2005, WERNECK, 2014).

Segundo o Ministério da Saúde, em 19 anos de notificação (1984-2002), os casos de leishmaniose visceral somaram 48.455 casos, sendo que aproximadamente 66,0% deles ocorreram nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí. Nos últimos anos, a média anual de casos no País foi de 3.156 casos, e a incidência de dois casos/100.000 habitantes (BRASIL, 2013).

Status of endemicity of visceral leishmaniasis worldwide, 2015

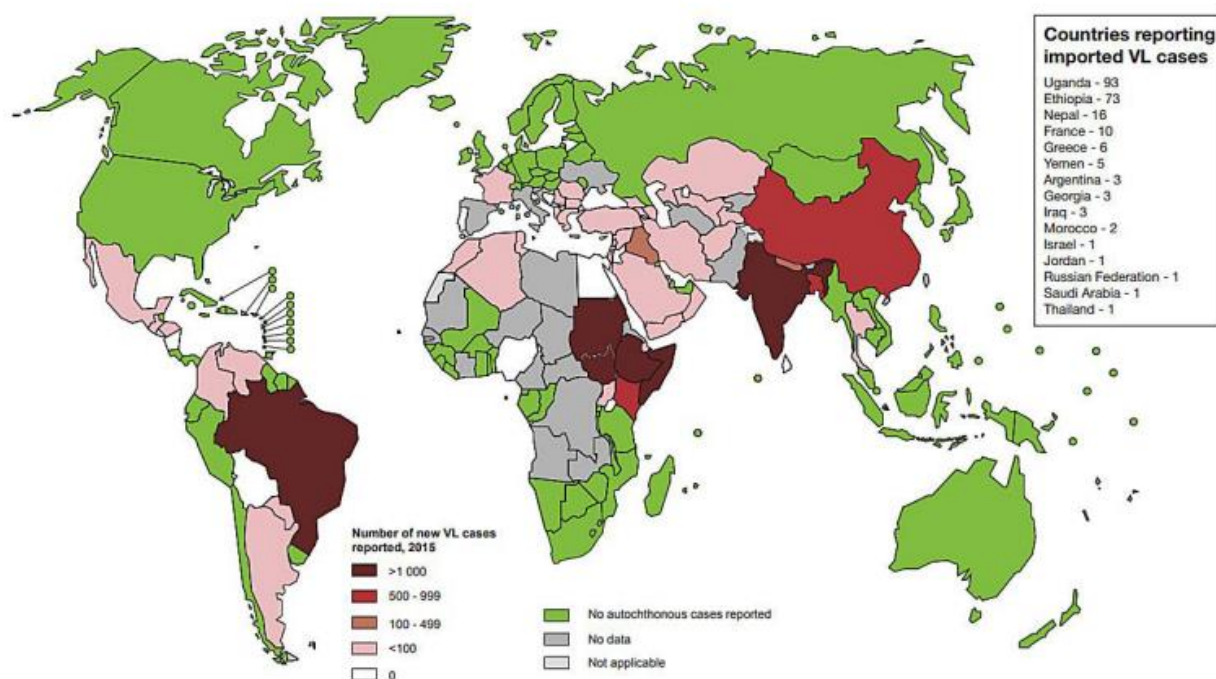


Figura 1: Distribuição dos casos de leishmaniose visceral (LV)

Fonte: OMS 2015

A leishmaniose visceral ou calazar, como é popularmente conhecida, é uma doença de notificação compulsória e está entre as mais importantes endemias mundiais. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), somente em 2015, foram relatados aproximadamente 25.000 (vinte e cinco mil) novos casos da infecção, no entanto, vale salientar que este valor representa apenas os casos registrados nos sistemas nacionais de vigilância e relatados à OMS (WHO, 2017).

No Brasil, registra-se que o primeiro grande surto urbano de leishmaniose visceral foi relatado em Teresina (PI), com aproximadamente 900 casos entre os anos de 1981 a 1985 (COSTA et al., 1990). Alguns anos depois desse primeiro registro em zona urbana, a zoonose expandiu-se para outras cidades de diferentes regiões do país, tais como São Luís, Natal, Aracaju, Boa Vista, Santarém, Belo Horizonte, Cuiabá e Campo Grande (BRASIL, 2001; WERNECK, 2014.).

Entre 2010 e 2014 foram registrados aproximadamente 17 mil novos casos de leishmaniose visceral e mais de 1.100 óbitos com autoctonia em $\frac{1}{4}$ dos municípios brasileiros e 21 Unidades da Federação (WERNECK, 2016). Apenas em 2014 foram

registrados no SINAN 3.453 novos casos de leishmaniose visceral, representando um coeficiente de incidência de 1,7 casos por 100 mil habitantes, distribuídos em 17 Unidades Federativas (BRASIL, 2014).

Embora em 2015 tenha ocorrido um pequeno decréscimo no total de novos casos notificados da doença (3.289), com uma incidência de 1,6 casos por 100.000 habitantes, estes novos casos estavam distribuídos em 22 Unidades Federativas, abrangendo as cinco regiões, demonstrando a expansão do problema (BRASIL, 2015).

A leishmaniose visceral no Piauí, como em outras áreas do Brasil, estava inicialmente associada às áreas rurais, mas devido às diversas alterações no ambiente, como desmatamento, urbanização e intenso processo migratório, ocorreu a expansão das áreas endêmicas, levando à urbanização da doença (COSTA et al., 1990).

Diante desse contexto, observou-se a problemática no aumento da incidência dessa doença no mundo, no Brasil e, principalmente, no Piauí. Foi observado que a cidade de Teresina possui os maiores números de casos de leishmaniose visceral humana e canina no estado, e que a migração da população rural para zona urbana facilitou a proliferação do agente etiológico. A leishmaniose visceral é uma antroponose que tem sido utilizada como exemplo de doença reemergente, frequentemente associada às alterações no padrão de ocupação do espaço. Além disso, a enfermidade é responsável por grandes gastos por parte do setor público tanto na parte da prevenção e controle quanto no tratamento dos acometidos pela doença (COSTA et al., 1990).

Então, o presente trabalho se torna relevante por Teresina ser considerada uma cidade endêmica para leishmaniose visceral, uma das doenças incluídas no grupo das mais negligenciadas no mundo, assim como pelo fato da leishmaniose visceral ter se tornado um grave problema de saúde pública, com várias metodologias de controle e prevenção, porém com pouca eficiência.

Objetivos

Objetivo Geral

O objetivo central é desenvolver um Modelo descritivo de dados de Leishmaniose Visceral (LV) na cidade de Teresina (PI), para subsidiar o gerenciamento de tomada de decisão no âmbito da Gestão Pública

Objetivos Específicos

- Estabelecer um perfil padrão da leishmaniose visceral por meio da modelagem de dados de notificação de casos no SINAN;
- Desenvolver um conjunto fuzzy baseado em controladores e regras para integrar o conhecimento que seja capaz de subsidiar decisões de Políticas Públicas;
- Modelar problemas que simulem os fenômenos biológicos associados à transmissão e espalhamento da leishmaniose visceral.

Caracterização do problema

Ninguém desconhece a importância das ciências básicas, sem as quais não se pode obter uma tecnologia independente nem resolver os problemas fundamentais com vistas ao bem estar humano. Muito menos se ignora que o cultivo dessas ciências e o estímulo às vocações jovens se fazem através da difusão adequada das ideias avançadas. Nos últimos anos foram acumulados vários conhecimentos acerca das técnicas envolvidas nos trabalhos descritos na literatura e se acredita poder utilizar a técnica dos conjuntos fuzzy, juntamente com as equações diferenciais ou diferenças para modelar problemas que simulem a realidade, principalmente os fenômenos biológicos como o contágio e disseminação da leishmaniose visceral no município de Teresina (PI). Vale ressaltar que essa estratégia de modelagem vem sendo desenvolvida com êxito por vários cientistas, mas ainda não para leishmaniose, e que nosso diferencial seria o tratamento dos dados de forma segmentada com o objetivo de oferecer sugestões para a adoção de medidas eficientes no combate e prevenção de endemias.

Capítulo 1

A LEISHMANIOSE VISCERAL NO MUNDO, NO BRASIL E NO MUNICÍPIO DE TERESINA

1.1 A leishmaniose visceral no Mundo

Mundialmente, com a expansão da leishmaniose visceral, a abrangência da doença e o aumento significativo do número de casos, a enfermidade passou a ser considerada uma das prioridades dentre as doenças tropicais pela Organização Mundial da Saúde - OMS. A leishmaniose visceral é endêmica em 98 países, em quatro continentes, sendo a grande maioria desses países classificados como em desenvolvimento. Trata-se de cerca de 200 milhões de pessoas expostas ao risco de contrair a infecção, com aproximadamente 90% dos casos mundiais concentrados na Índia, Bangladesh, Nepal e Brasil (PAHO, 2020).

As leishmanioses são consideradas primariamente como uma zoonose podendo acometer o homem, quando este entra em contato com o ciclo de transmissão do parasito, transformando-se em uma antropozoonose. Atualmente, encontra-se entre as seis endemias consideradas prioritárias no mundo (TDR/WHO).

A doença é endêmica e surtos frequentes estão sendo registrados. Conforme a OPAS (2018) e o Ministério da Saúde (2019), no início, a Leishmaniose Visceral era limitada a áreas rurais e a pequenas localidades urbanas, hoje, no entanto, já se percebe um crescimento para os grandes centros. Além disso, nota-se que a doença apresenta aspectos climáticos, sociais e geográficos diferenciados.

A leishmaniose visceral, também conhecida como calazar, é uma doença sistêmica e letal quando não tratada. Tem como agente etiológico protozoários do gênero *Leishmania* sendo que as espécies causadoras fazem parte do complexo *Leishmania donovani* e são classificadas em duas espécies: *L. donovani* e *L. infantum*. *L. donovani* é encontrada no Subcontinente Indiano e no leste da África, enquanto *L. infantum* está distribuída na Ásia Central e Oriente Médio, no Cáucaso, na Bacia do Mediterrâneo e na América Latina, incluindo o Brasil. Os parasitos são transmitidos por meio da picada das fêmeas de diversas espécies de flebotomíneos. No Brasil, a principal espécie vetora é a *Lutzomyia longipalpis*. A doença se caracteriza por um

amplo espectro clínico, que incluem febre prolongada, perda substancial de peso, palidez devido à anemia e aumento do baço e do fígado (CAVALCANTE, et al., 2017).

1.2 A leishmaniose visceral no Brasil

No Brasil, a importância da leishmaniose visceral reside não somente na sua alta incidência e ampla distribuição, mas também na possibilidade de assumir formas graves e letais, principalmente quando associada ao quadro de má nutrição e infecções concomitantes (LIMA et al., 2021). As medidas de controle da leishmaniose visceral, empregadas no país, são direcionadas apenas para os aspectos biológicos da doença e têm se mostrado pouco efetivas, apesar de amplamente executadas.

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (2019), nas Américas, 96% dos registros referentes ao período de 2018 foram notificados no Brasil, com coeficiente de incidência de 5,05 casos para 100 mil habitantes. No Brasil, até a década de 1970, o agravo era quase restrito às áreas rurais. Supõe-se que o processo de urbanização tenha sido decorrente de movimentos migratórios, ocupação desordenada do solo, condições de vida precárias, entre vários outros fatores. Além disso, a doença aparentemente dispersou-se da Região Nordeste para o resto do país e para os países do Cone Sul, como Argentina, Paraguai e Uruguai.

O registro do primeiro caso da doença no Brasil ocorreu em 1913, quando Migone, no Paraguai, descreveu o caso em material de necrópsia de paciente oriundo de Boa Esperança, Mato Grosso (Alencar et al. 1991).

A partir de um estudo realizado para o diagnóstico e distribuição da febre amarela no Brasil, encontraram-se 41 casos positivos para *Leishmania*, sendo identificados em lâminas de viscerotomias praticadas post-mortem, em indivíduos oriundos das regiões Norte e Nordeste (Penna et al, 1934).

Leishmaniose visceral no Brasil

Ainda concentrada no Nordeste, doença avança para outras regiões



O *Lutzomyia longipalpis* foi incriminado como espécie vetora e foram descobertos os primeiros casos da infecção em cães. Desde então, a transmissão da doença vem sendo descrita em vários municípios, de todas as regiões do Brasil, exceto na Região Sul. A doença tem apresentado mudanças importantes no padrão de transmissão, inicialmente predominado pelas características de ambientes rurais e periurbanas e, mais recentemente, em centros urbanos como Rio de Janeiro (RJ), Corumbá (MS), Belo Horizonte (MG), Araçatuba (SP), Palmas (TO), Três Lagoas (MS), Campo Grande (MS), entre outros.

Segundo Costa (2011), no Brasil, as ações de controle da leishmaniose visceral foram sempre descontinuadas, por diversas razões, tais como: problemas orçamentários e escassez de recursos humanos adequadamente treinados, e por isso, não atingiram os objetivos esperados, ocorrendo recorrência em localidades trabalhadas, com ressurgimento de casos humanos e caninos de leishmaniose visceral.

Romero (2010) considera que o impacto do controle canino, através do sacrifício dos cães soropositivos, tem sido discutido por se mostrar trabalhoso e de eficácia duvidosa. O inseticida de ação residual é aplicado no interior das casas e abrigos de animais, sendo esta medida considerada pouco eficaz para reduzir a população de flebotomíneos e, conseqüentemente, os níveis de transmissão. A aplicação de inseticida no interior e no peridomicílio, é geralmente dificultada pelo grande número de recusas por parte da população.

O Ministério da Saúde (2015) relata que os cães também possuem elevada ocorrência de infecções inaparentes, e, mesmo nos casos assintomáticos, podem apresentar intenso parasitismo cutâneo. Considera-se ainda que o cão representa uma fonte de alimentação preferencial para o vetor, e é, portanto, considerado um importante elo na transmissão da doença para os humanos. A prevalência de leishmaniose em cães é alta em áreas endêmicas, podendo acometer 20 a 40% da população. A maior incidência da leishmaniose visceral em cães parece estar associada a moradias próximas de matas e ao compartilhamento do peridomicílio com galinhas, porcos e gambás.

Em relação a cães, existe uma reflexão sobre considerar eliminação para a situação em que o diagnóstico da leishmaniose visceral for confirmado parasitologicamente ou que exames sorológicos confirmem casos clinicamente suspeitos, em cães procedentes de áreas endêmicas. O insucesso das medidas de

controle adotadas impõe um planejamento urbano adequado, focado nas áreas periféricas das grandes cidades, que tradicionalmente são ocupadas desordenadamente, e com frequência, ilegalmente. Só assim, poderá se alcançar grande impacto na redução da incidência de leishmaniose visceral. O saneamento básico e a ordenação urbana irão não apenas facilitar o controle da leishmaniose visceral, mas também melhorar a qualidade de vida da população dessas áreas. Novos conhecimentos científicos e tecnológicos são ainda necessários para que talvez um dia se possa pensar em controlar a transmissão de doenças vetoriais sem o uso de inseticidas, nocivos à população humana e ao meio ambiente (BELO et al., 2013).

1.3 A leishmaniose visceral no município de Teresina

O município de Teresina constitui um centro político e de serviços interiorizado, situado na confluência dos eixos de circulação que ligam as metrópoles do Nordeste (Salvador, Recife e Fortaleza) com a metrópole de Belém, porta de entrada para a Amazônia (GONTIJO, 2004). De acordo com o IBGE, em 1993, a cidade de Teresina foi classificada como um dos 24 centros sub-metropolitanos do país, subordinada mais diretamente, tendo em vista os fluxos de bens e serviços, à maior das nove metrópoles nacionais, como por exemplo, São Paulo.

Costa (2011) relata que a área de influência de Teresina alcança regiões dos estados do Maranhão, Ceará e Tocantins, atingindo ainda parte do Pará, sendo que sua influência mais direta, além do Piauí, estende-se às regiões de Balsas, Caxias e Bacabal, no Maranhão. Os fatores que impulsionam sua economia estão determinados basicamente por estas três características da cidade: a) Capital do estado, e, portanto, centro político-administrativo, sediando instituições de todos os níveis de governo; b) Entroncamento rodoviário regional e nacional, tornando a cidade um importante elo na cadeia de distribuição e comercialização de mercadorias; c) Sub Metrópole regional, fornecendo produtos e serviços para a sua área de influência.

No município de Teresina a população residente cresceu à taxa média de 2,0% a.a. na última década, alcançando 715.360 habitantes no ano 2000, sendo 95% com domicílio urbano. A taxa de crescimento da população vem diminuindo ao longo das últimas décadas, o que é extremamente benéfico, já que reduz a pressão sobre os

equipamentos urbanos e sociais da cidade, e sobre o meio ambiente e os recursos naturais (DUTRA E SILVA et al., 2007).

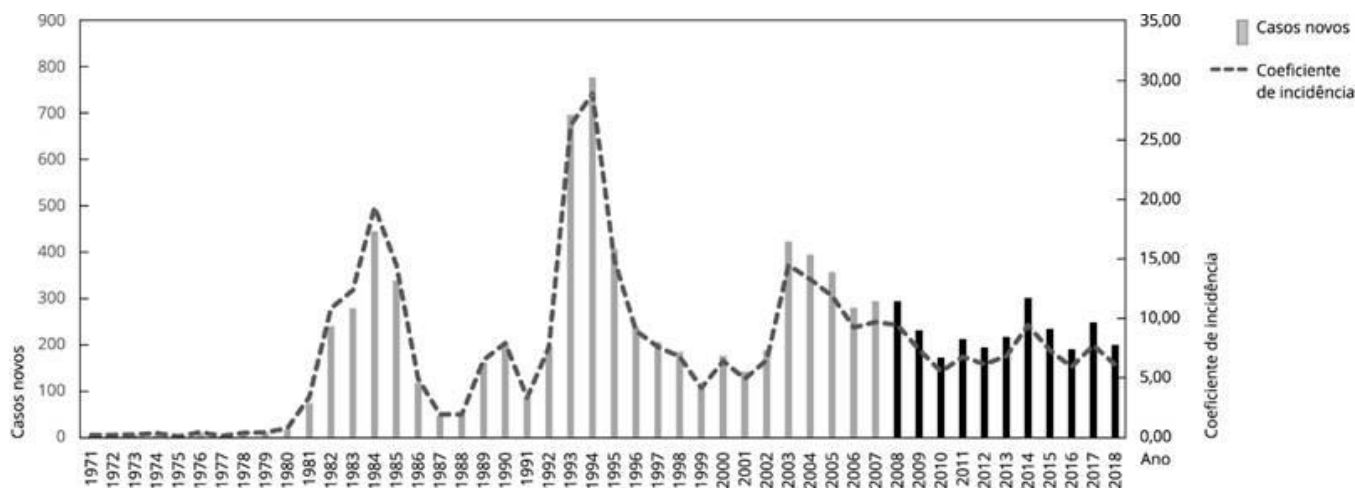


Figura 2: Número de casos novos de leishmaniose visceral e coeficiente de incidência, considerando o Estado do Piauí, Brasil, como provável local de infecção, durante o período de 1971 a 2018, Ministério da Saúde - 2019.

De acordo com os dados do IBGE (2000), a cidade de Teresina tem relações de complementaridade com as demais cidades de sua área de influência e compete na atração de investimentos e na oferta de bens e serviços principalmente com as cidades de São Luís e Fortaleza, também capitais de unidades da federação. Fortaleza é a maior das três cidades, com mais de 2,1 milhões de habitantes em 2000, enquanto São Luiz possui 868 mil e Teresina 715 mil. A atividade econômica piauiense é fortemente concentrada em Teresina, sendo que 43% das empresas e 71% das pessoas empregadas formalmente estão na capital.

No Piauí, a doença é conhecida desde 1934, sendo o estado um dos principais focos da doença no Brasil. Apesar disso, é na capital Teresina que se concentra atualmente o maior número de casos da doença, apresentando de 1991 até o ano de 2005, 2.276 casos humanos (53% em relação ao estado), com uma incidência média de 26,84 casos/100.000 habitantes, e uma taxa de letalidade de 3,34%. A cidade enfrentou duas grandes epidemias, desde a notificação do primeiro caso humano, ocorrido na década de 80 (BRASIL, 2001; COSTA et al., 1990; WERNECK, 2014).

A leishmaniose visceral no Piauí, como em outras áreas do Brasil, estava inicialmente associada às áreas rurais, mas devido às diversas alterações no ambiente, como desmatamento, urbanização, migração e intenso processo migratório, ocorreu a expansão das áreas endêmicas, levando à urbanização da doença. A distribuição geográfica do processo epidêmico e a concomitância de seu

início com seca prolongada, acompanhada de migração de pessoas e animais domésticos, sugerem que estes movimentos migratórios desencadearam a epidemia em Teresina (SOUSA et al., 2021).

Segundo pesquisas do Ministério da Saúde, dados apontam que neste município, a doença se apresentou com maior frequência no sexo masculino e a faixa etária mais acometida é a de 0 – 4 anos. Os casos ocorreram em todos os meses do ano, mas com menores médias nos meses de fevereiro e abril e as maiores médias no período de setembro a janeiro, com maior concentração em outubro.

A distribuição da incidência de leishmaniose visceral em Teresina, na década de 90, foi heterogênea no tempo e no espaço em todos os anos do período estudado, epidêmico ou não. Áreas periféricas de Teresina, na transição do espaço urbano para o rural e ainda com grande cobertura vegetal, quando submetidas a ocupação rápida e desordenada, estão fortemente relacionados à taxa de incidência de leishmaniose visceral (PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA, 2018).

A ocorrência da doença em Teresina – PI está associada às áreas menos urbanizadas, mais pobres, com piores condições de saneamento e que cresceram de maneira mais rápida. As maiores taxas de incidência de leishmaniose visceral, foram registradas nos bairros com grande cobertura vegetal, localizadas na transição do ambiente rural para o urbano, que experimentaram rápido adensamento populacional e ocupação desordenada e sem infraestrutura adequada.

O crescimento populacional, em uma área já urbanizada, teve impacto muito menor sobre a incidência de leishmaniose visceral em Teresina do que o mesmo crescimento em uma área com grande cobertura vegetal. Deve-se considerar o fator tempo (velocidade de ocupação) e o fator espaço (características da área e pela forma como foi transformada). A introdução de uma população numerosa em um curto período de tempo, propicia a formação de um bolsão de susceptíveis expostos às condições ecológicas ideais para o desenvolvimento do ciclo da doença, o que não ocorre no caso de uma ocupação lenta.

Em Teresina, o crescimento da economia e do mercado de trabalho não acompanharam o processo de urbanização, que foi acelerado por conta do fluxo migratório procedente das áreas rurais. Segundo dados do IBGE (2020), de 1950 a 2017, a população passou de aproximadamente 90 mil para quase 802 mil habitantes, como resultado, a cidade teve seu desenho alterado pelo desordenado crescimento de vilas e favelas, figuras explícitas da pobreza.

Em Teresina-PI, as tentativas de controle da leishmaniose visceral inicialmente foram realizadas através do uso intensivo de inseticidas e eliminação de cães, sem resultados satisfatórios, porém em outras regiões do estado, borrifadas intensamente para o controle de Chagas e malária, a epidemia de leishmaniose visceral foi pouco importante e cedeu espontaneamente. Os recursos humanos e orçamentários não são suficientes para a execução de medidas de controle que possam atingir de uma só vez, toda a área da cidade, e este fato, coloca as autoridades de saúde e os gestores dos programas de combate à doença, que necessitam tomar as decisões, no seguinte dilema: i) Priorizar e intensificar as ações de combate aos transmissores e aos reservatórios da doença nas áreas recém – desmatadas, considerando que a derrubada das matas, coloca o homem frente a frente com os insetos com alto potencial de transmissão, tendo ao seu lado, uma população canina servindo como fonte de infecção para esses insetos; ii) Executar as medidas nos bairros onde já existe uma infraestrutura relativa, mas que também apresentam vários casos da doença, onde as ações de controle vetorial poderiam ser mais efetivas, devido às características dos domicílios. iii) Investigar se os casos caninos da doença realmente precedem os casos humanos, sendo um fator preditivo, e como tal, devem ser levados em consideração, na hora de execução das medidas de controle (COSTA et al., 1990).

Surge, a nosso ver, uma necessidade premente, não de priorizar uma área, mas da realização de estudos relacionando à doença, às modificações climáticas, ambientais e socioeconômicas, pelas quais a cidade vem passando, bem como das estratégias utilizadas para o controle da doença.

Por outro lado, os gestores dos sistemas de saúde e a própria população cobram ações imediatas e resultados, que são dificultados devido aos problemas acima mencionados. Assim, as questões permanecem muitas vezes sem respostas ou as respostas continuam não sendo satisfatórias.

1.4 Características do Município de Teresina

Segundo dados do IBGE (2017), Teresina, capital do Estado do Piauí, é um município localizado na Mesorregião do Centro-Norte Piauiense. Seu território urbano é marcado pela presença de dois cursos d'água importantes – o rio Parnaíba, maior do Estado do Piauí, e o rio Poti.

O rio Parnaíba é perene e no período chuvoso sua vazão pode chegar a 433 milhões de metros cúbicos de água por dia. O rio Poti, embora intermitente, no trecho que corta o Município de Teresina permanece com água durante todo o ano. Apresenta uma vazão média anual de 121 metros cúbicos por segundo de volume de água. A presença destes cursos d'água na malha urbana de Teresina exigiu a construção de uma estrutura significativa de transposição através de 10 pontes (IBGE, 2017).

O relevo é bastante plano, com exceção da região onde localiza-se o bairro Monte Castelo, ao sul, e nas proximidades dos bairros Satélite e Vila Bandeirante, ambos na zona leste – onde se encontra uma topografia mais acidentada (IBGE, 2017).

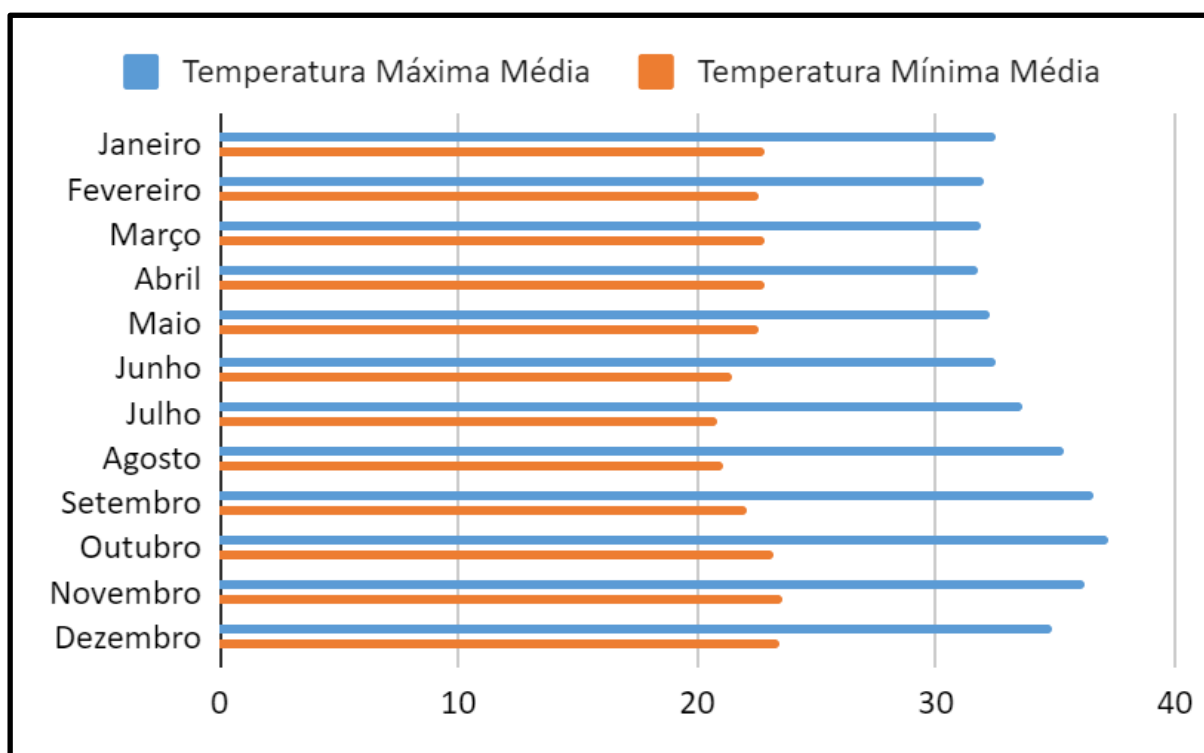
Seus principais acessos rodoviários são: do norte, a PI-112; do leste, a BR-343; do sul, a BR-316 e a PI-130; e do oeste, a BR-316. A situação geográfica do município e o seu raio de influência nas cidades do interior do Nordeste e na região Norte brasileira, impulsionam o desenvolvimento de atividades de comércio e prestação de serviços (SEMPPLAN, 2019).

Por Teresina apresentar uma extensão significativa, fator que dificultava a administração pública da cidade, em 2000 o governo municipal aprovou a Lei nº 2.960 e 2.965 que subdividiu o território de Teresina em cinco áreas de ação da prefeitura, sendo quatro urbanas denominadas Superintendência de Desenvolvimento Urbano (SDU) Centro Norte, Sul, Leste e Sudeste; e uma SDU Rural. A criação das SDU's tem como principal objetivo aproximar os serviços públicos à população. A descentralização facilitou a identificação das peculiaridades de cada área e as demandas necessárias (PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA, 2021).

1.5 Temperaturas Médias

O Instituto Nacional de Meteorologia (2021) observa que não se verifica significativa oscilação da temperatura média mensal ao longo do ano no município de Teresina, assim como, em toda a região nordeste brasileira. Devido à sua localização geográfica nas proximidades da linha do Equador, a incidência da radiação solar é quase perpendicular e intensifica o calor sobre a região. A temperatura média em Teresina é de **27,7° C**, sendo o mês mais quente, outubro, quando as temperaturas chegam a **36,5° C**. O mês que alcança menores temperaturas é julho, chegando a **20,4° C**.

GRÁFICO 01: DADOS MÉDIOS DE TEMPERATURA NO PERÍODO DE 2011 A 2021

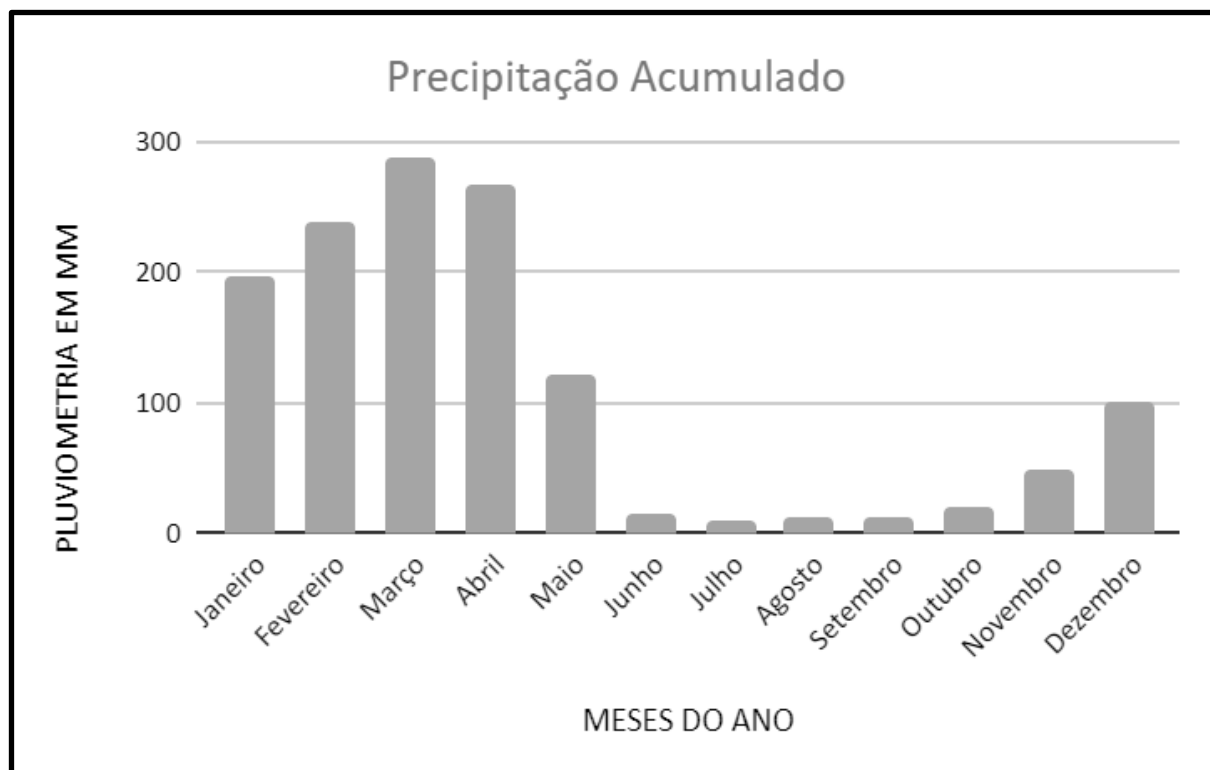


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia/PMT/SEMPPLAN)

1.6 Regime Pluvial

Ainda segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2021), a precipitação em Teresina é desigual ao longo do ano, sendo insuficiente em todas as estações do ano. De janeiro a abril a concentração de chuva é elevada, cerca de 75,6% da precipitação do ano, sendo o mês de março o mais chuvoso, com volume médio de precipitação de 321 mm. O período seco inicia no mês de maio até o mês de dezembro, sendo o período mais crítico do mês de julho a setembro. A umidade relativa do ar de Teresina ao longo do ano reflete esta situação, apresentando períodos de ar saturado com vapor d'água, como também de ar seco. Conforme dados acumulados, a precipitação média anual de Teresina se manteve relativamente a mesma ao longo desses quase 100 anos. A maior variação constatada foi no final da década de 1940, onde os índices pluviométricos aumentaram significativamente.

GRÁFICO 02: DADOS MÉDIOS DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO DE 2011 A 2021

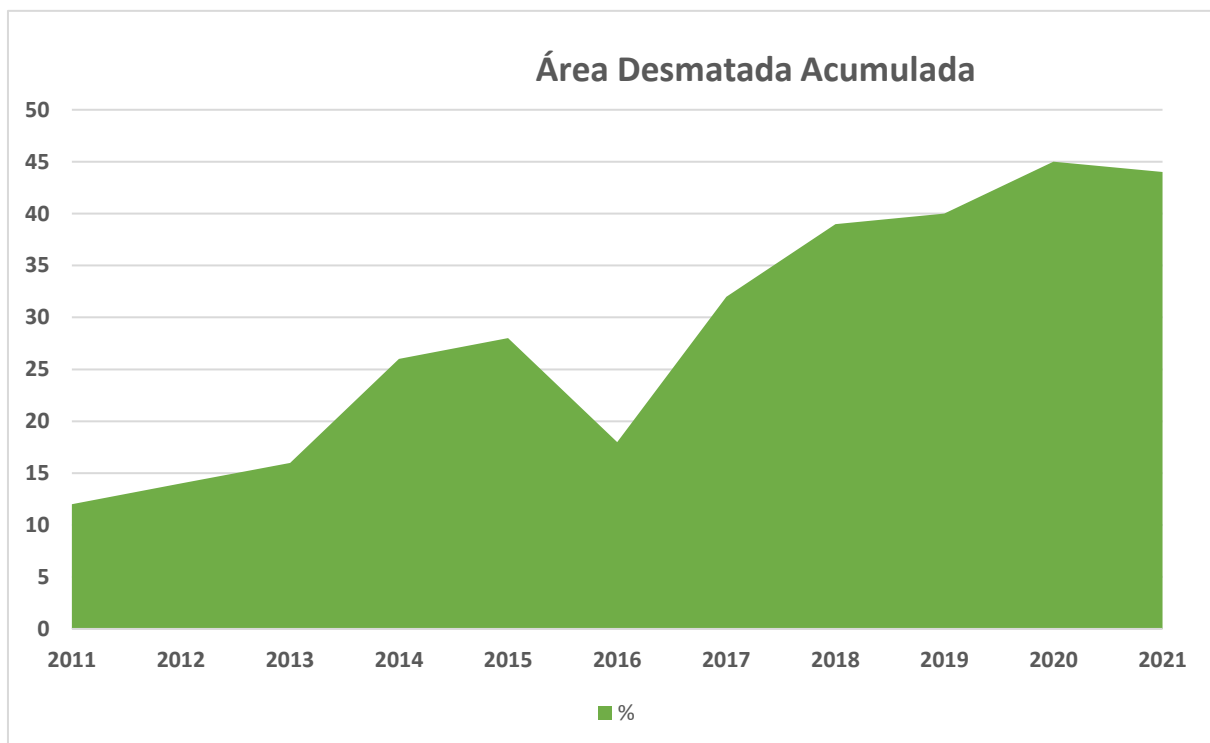


Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia/PMT/SEMPAN

1.7 Componente Ambiental

Machado et al. (2018) relata na revista “*Árvores nativas para arborização de Teresina, Piauí*” que o desmatamento acumulado chega a 46% de sua área total, e mesmo com a criação de novas unidades de conservação, a porcentagem de área de proteção integral ainda é de apenas, aproximadamente, 1%. A principal característica de sua flora, denominada xenófila, é sua resistência ao tempo seco e a falta de água. A vegetação é composta tanto por estrato arbóreo, quanto arbustivo e herbáceo. Segundo MapBiomas Brasil (2021), na região de Teresina, geralmente as plantas possuem folhas miúdas, casca grossa e tronco espinhento, para evitar a perda de água. Alguns exemplos de sua flora são o ipê roxo, o cumaru, a carnaúba e a aroeira. Já os representantes de sua fauna são o preá, a asa branca e o tamanduá-mirim, a onça pintada e a jaguatirica. Ainda do ponto de vista da caracterização ambiental, Teresina possui incidência de Mata Atlântica no seu território. A área urbana da capital está quase que totalmente inserida na área de proteção desse bioma, conforme a Lei nº 11.428 de 2006/17.

GRÁFICO 03: DADOS MÉDIOS DESMATAMENTO NO PERÍODO DE 2011 A 2021



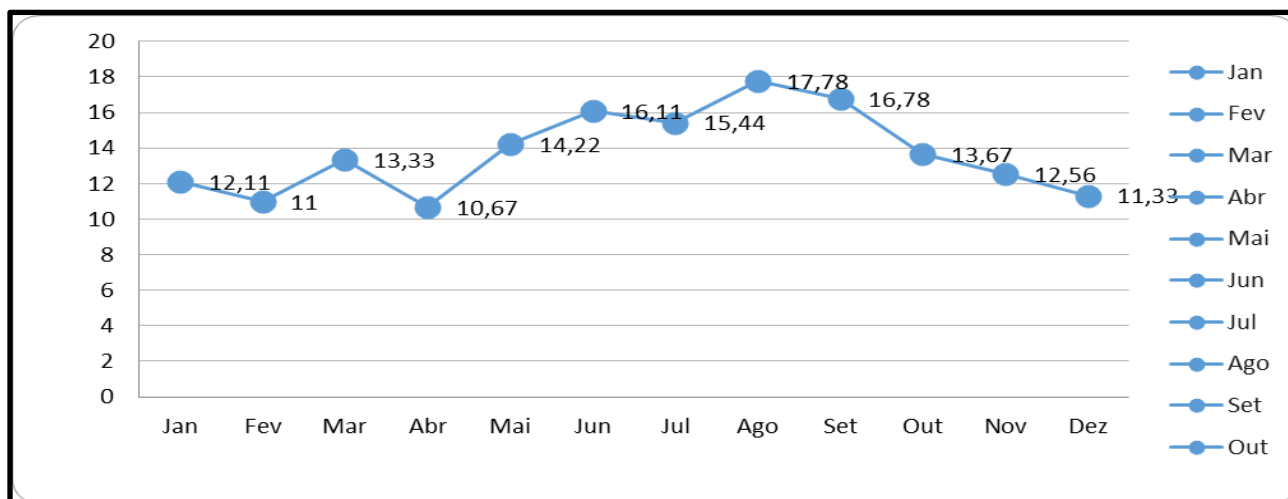
Fonte: (MapBiomas)

1.8 OCORRÊNCIA DE LEISHMANIOSE VISCERAL

Segundo apontam estudos do Ministério da Saúde, da totalidade de casos notificados no Estado do Piauí, a capital Teresina representa o maior número com 1.683 casos notificados (77,48% do total), seguido de Parnaíba com 112 casos (5,15% do total), Floriano com 65 casos (2,99% do total) e Miguel Alves com 43 casos (1,98% do total).

Destaca-se ainda, que as áreas de maior probabilidade de infecção favoráveis à proliferação do vetor, relaciona-se a precárias condições de infraestrutura sanitária, criação de animais, condições climáticas, cobertura vegetal com predomínio de árvores frutíferas, crescimento desordenado de áreas, acúmulo da matéria orgânica, além disso, existe uma grande incidência de doenças como a sobre a leishmaniose visceral na região Nordeste (MARTINS CP, et al., 2018).

GRÁFICO 04: DADOS MÉDIOS OCORRÊNCIA DA LEISHMANIOSE VISCERAL NO PERÍODO DE 2011 A 2021



Fonte: Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net

Capítulo 2

A MODELAGEM BASEADA EM REGRAS FUZZY

Zadeh (1965) fundamentou o conceito de Conjuntos Fuzzy, como sendo uma extensão da teoria clássica de conjuntos, na qual cada elemento possui um grau de pertinência ao conjunto, que usualmente é um valor entre 'zero' e 'um'. Este conceito subsidiou um conjunto de operações análogo ao presente na teoria de conjuntos clássica, dando origem à Teoria de Conjuntos Fuzzy (TCF). De forma semelhante à extensão do conceito de conjunto, Zadeh propôs também uma extensão da lógica multivalorada, definindo valores de verdade linguísticos e criando assim a lógica fuzzy. Segundo o autor, tais conceitos permitem que sejam tratados problemas do mundo real, onde os critérios de pertinência e as fronteiras entre classes não são precisamente definidos (nebulosos ou difusos).

Nos sistemas baseados em regras fuzzy cada proposição fuzzy tem a forma

Se “estado” Então “resposta”

Em que cada “estado” e cada “resposta” são valores assumidos por variáveis linguísticas, e esses por sua vez, são modelados por conjuntos fuzzy. Os conjuntos fuzzy que compõem o “estado” são chamados de antecedentes. Por outro lado, os conjuntos fuzzy que compõem a “resposta” são chamados consequentes. A particularidade dos controladores fuzzy, como já observamos, é que cada regra tem a forma

Se “condição” Então “ação”

Klir et al. (1995) supõe que cada tarefa seja executada por um ser humano, não precisando, pois, de qualquer ferramenta matemática. Esse não é o caso de controladores fuzzy. As variáveis de interesse são, por exemplo, roupa (**r**) a ser lavada; sua sujeira (**s**) e o controle adotado (**e**), e cada uma das classificações “*grossa*” ou “ *fina*”, para roupa, e “*fácil*” ou “ *difícil*” para a sujeira, “*muito tempo*”, “*pouco tempo*” ou “em tempo *médio*”, para a ação de lavar, devem ser modeladas por conjuntos fuzzy.

Cada uma das classificações das variáveis que constam na base de regras é modelada por um conjunto fuzzy. A lógica fuzzy é a outra parte utilizada na obtenção

da relação fuzzy que sintetiza as informações matemáticas contidas na base de regras (SHAW et al., 2001).

Para Silveira et al. (2008), a base de regras cumpre o papel de “traduzir” matematicamente as informações que formam a base de conhecimentos do sistema fuzzy. Num certo sentido, pode-se afirmar que quanto mais precisas forem tais informações, menos fuzzy (mais crisp) será a relação fuzzy que representa a base de conhecimentos. Numa situação ideal, tal relação pode mesmo ser uma função no sentido clássico.

2.1. Controlador Fuzzy

Em geral, para um sistema fuzzy qualquer, a cada entrada fuzzy faz-se corresponder uma saída fuzzy. Os controladores fuzzy também têm essa característica. No entanto, se a entrada for crisp (**ponto de R^n**), espera-se que a saída também seja crisp (**ponto de R^m**).

Neste caso, um sistema fuzzy é uma função de R^n em R^m construída de alguma maneira específica (MAGNAGO, 2005).

O modo de Fuzzificação é o estágio onde as entradas do sistema são modeladas por conjuntos fuzzy com seus respectivos domínios. E nele que justifica-se a grande importância de especialistas do fenômeno a ser modelado. Juntamente com os especialistas, as funções de pertinências são formuladas para cada conjunto fuzzy envolvido no processo. Mesmo que a entrada seja *crisp*, essa será fuzzificada por meio de sua função característica (RALESCU et al., 2001).

2.2. Modo de Inferência Fuzzy

Segundo Ogura (2001), cada proposição fuzzy é “traduzida” matematicamente por meio das técnicas da lógica fuzzy. É onde se define quais *t-normas*, *t-conormas* e regras de inferência (que podem ser implicações fuzzy) serão utilizadas para se obter a relação fuzzy que modela a base de regras. Basicamente dele é que depende o sucesso do controlador fuzzy, já que ele fornecerá a saída (controle) fuzzy a ser adotada pelo controlador, a partir de cada entrada fuzzy.

2.3. Conceitos Básicos da TCF

a) **Função de pertinência:** Assim como a função característica de um conjunto crisp define a pertinência (1 se pertence ou 0 se não pertence) de um elemento do conjunto universo a um determinado conjunto, a função de pertinência de um conjunto fuzzy pode ser abordada como uma função característica generalizada, que mapeia cada elemento do conjunto universo em um determinado valor, pertinente a um intervalo (usualmente o intervalo $[0,1]$), que reflete o grau de pertinência (grau de compatibilidade) do elemento ao conjunto fuzzy sendo definido.

b) **Conjunto Fuzzy:** Um conjunto fuzzy A é definido em termos de um conjunto universo X , por meio de sua função de pertinência, que atribui a cada elemento $x \in X$, um número, $A(x) \in [0,1]$, que representa o grau de pertinência de x a A , como em (2.1).

$$A : X \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Outra notação comumente utilizada para funções de pertinência é mostrada em (2.2). Se X é um dado conjunto universo e A é um conjunto fuzzy, então sua função de pertinência (μ_A) pode ser notada como:

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad (2.2)$$

c) **Representação de funções de pertinência:** Quando conjuntos fuzzy são definidos em um universo finito, a representação analítica (por meio de uma função parametrizável) é recomendada. As famílias de funções parametrizáveis mais comumente utilizadas para representar conjuntos fuzzy são:

→ **Funções Triangulares:** definida pelos parâmetros a , m e b , sendo $a \leq m \leq b$, como descrito em (2.3) e representado na Figura 2.1:

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{se } x \in (a, m) \\ 1 & \text{se } x = m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{se } x \in (m, b) \\ 0 & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

→ **Funções Trapezoidais:** definida pelos parâmetros a, m, n e b, sendo $a \leq m < n \leq b$, como descrito em (2.4) e representado na Figura 2.2:

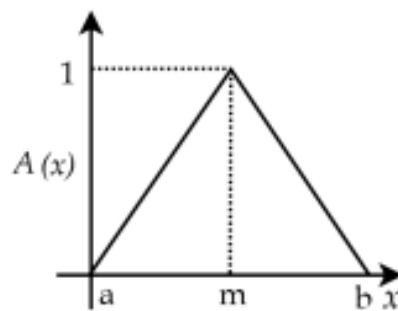
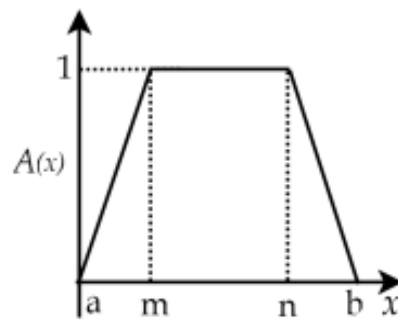


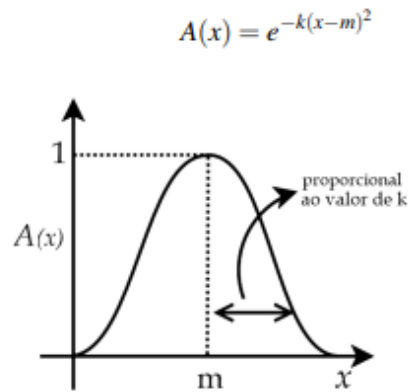
Figura 3: Representação de uma função de pertinência triangular.



(2.4)

Figura 4: Representação de uma função de pertinência trapezoidal.

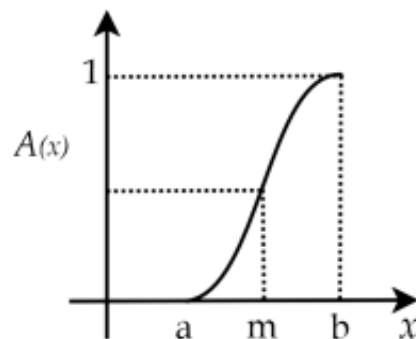
→ **Funções Gaussianas:** definida pelos parâmetros m e k, sendo $k > 0$, como descrito em (2.5) e representado na Figura 2.3:



(2.5)

Figura 5: Representação de uma função de pertinência gaussiana.

→ **Funções do tipo S:** definida pelos parâmetros a, m e b, como descrito em (2.6) e representado na Figura 2.4. O ponto $m = (a+b) / 2$ é conhecido como cruzamento da função S.



(2.6)

Figura 6: Representação de uma função de pertinência do tipo S

2.4 Sistemas Fuzzy Baseados em Regras

Ribacionka (1999), de maneira simplificada, pode-se considerar como sistema fuzzy qualquer sistema que faz uso da Teoria de Conjuntos Fuzzy para representar suas variáveis ou suas interações. As variáveis em um sistema fuzzy são chamadas variáveis linguísticas, pois seus valores são sentenças na forma de linguagem natural, por exemplo, temperatura, altura, velocidade, distância, etc.

Tais variáveis são definidas por termos linguísticos, que são rótulos ou valores de uma variável linguística aos quais estão associados conjuntos fuzzy, por exemplo, frio, alto, rápido, longe, etc. O universo de discurso (UD) de uma variável em um sistema fuzzy é o conjunto de todos os valores crisp que uma variável pode assumir

(conjunto universo) e sobre o qual os conjuntos fuzzy são definidos. O processo de particionar o UD de uma variável em termos linguísticos, define uma partição fuzzy (ROMAN, 2003).

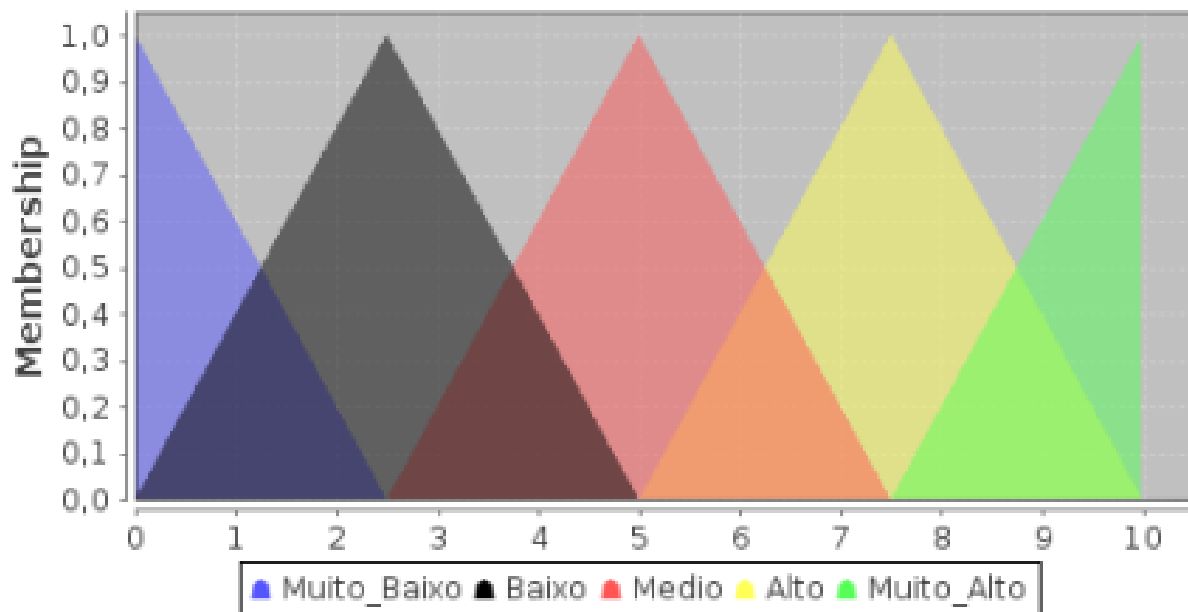


Figura 7: Exemplo de Partição Fuzzy

Para Zadeh (1999), no cotidiano, as ações humanas controlam os mais diversos sistemas do mundo real por meio de informações *imprecisas*. Cada indivíduo funciona como uma “*caixa preta*”: recebe informações que são interpretadas segundo seus parâmetros e então decide qual atitude tomar. O controle e a execução de tarefas devem seguir uma sequência de “ordens” linguísticas, traduzidas por um conjunto de regras, capazes de serem decodificadas pelo controlador.

Para esta proposta, o tipo específico de sistema fuzzy de interesse é o Sistema Fuzzy Baseados em Regras (SFBR). As partes essenciais de um SFBR são a Base de Conhecimento (BC) e o Mecanismo de Inferência (MI). A BC por sua vez é dividida entre a Base de Dados (BD) e a Base de Regras (BR).

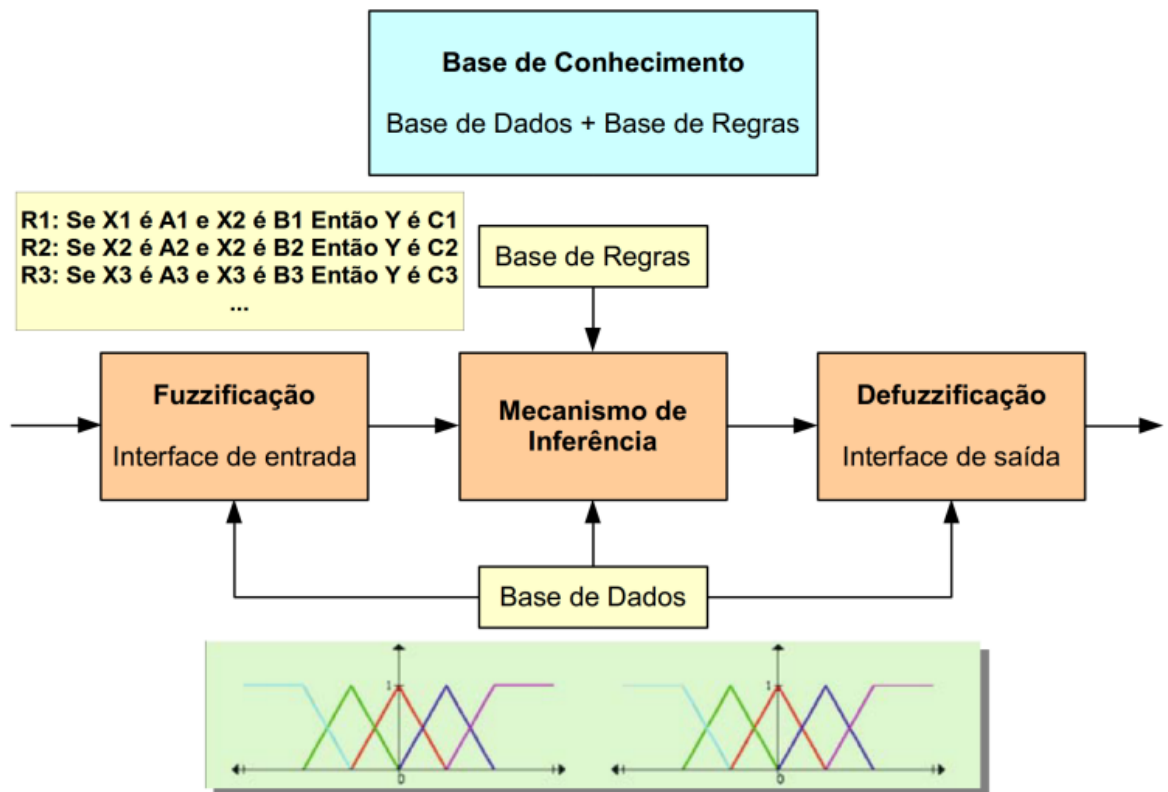


Figura 8: Estrutura de um SFBR - adaptada de HERRERA (2008).

Na BD são descritos os termos linguísticos associados às variáveis do problema e suas respectivas funções de pertinência que descrevem sua semântica. Cada variável do problema tem associada uma partição fuzzy do seu universo, formada pelos Conjuntos Fuzzy (CF) associados com cada termo linguístico. Esta abordagem pode ser considerada um tipo de discretização para domínios contínuos onde é estabelecido uma função de pertinência para cada termo linguístico e há uma sobreposição entre eles. A BR descreve um conjunto de regras fuzzy associadas ao problema em função das variáveis e dos termos linguísticos da BD. Ela desempenha um papel chave nos SFBR, pois é por meio das regras que o conhecimento é representado no sistema. O Mecanismo de Inferência (MI) é capaz então, de processar as regras a partir de fatos conhecidos, de acordo com um dado método de raciocínio, fornecendo uma conclusão (SILVA, 2005).

O formato das regras fuzzy em um SFBR segue o padrão:

“SE um conjunto de condições são satisfeitas ENTÃO um conjunto de consequências podem ser inferidas”

Para Ribacionka (1999), existem dois modelos principais de SFBR que recebem mais destaque na literatura devido seu sucesso em aplicações práticas. Em ambos o antecedente das regras é formado por variáveis linguísticas e seus respectivos termos linguísticos definidos na BD, residindo no consequente das regras sua principal diferença, a saber:

- **Linguístico ou de Mamdani:** Os consequentes das regras também são formados por termos linguísticos da BD. A saída é formada a partir da união dos CF inferidos de cada regra ativada na BR, gerando um CF agregado, ao qual então é aplicado um processo para transformá-lo em um valor numérico de saída (MAMDANI; ASSILIAN, 1975; MAMDANI, 1977);

- **Funcional ou Takagi-Sugeno:** Os consequentes das regras são uma função polinomial aplicada aos valores de entrada. A saída é formada a partir da média ponderada do resultado da função de cada regra da BR. Os coeficientes de ponderação correspondem ao grau de ativação de cada regra. Esta abordagem aproxima um sistema não linear a partir de vários sistemas lineares (TAKAGI; SUGENO, 1985).

O modelo de inferência de interesse nesta proposta é o de Mamdani, visto ser mais intuitivo e adequado à intervenção humana, encaixando-se melhor ao contexto do problema a ser abordado. Seus passos básicos (YING, 1990) são descritos a seguir:

- **Fuzzificação:** É o processo matemático pelo qual o valor numérico (crisp) de uma variável de entrada é convertido para um valor de pertinência a um CF (termo linguístico) por meio da função de pertinência do mesmo;

- **Inferência:** É o processo de raciocínio por meio do qual são ativadas as regras da BR em que o antecedente possui CF (termos linguísticos) que tiveram grau de pertinência maior que zero na fuzzificação. Para cada regra ativada, os CF no consequente são então implicados de acordo com alguma operação aplicada aos graus de pertinência de cada CF no antecedente, que no método de inferência de Mamdani;

→ **Defuzzificação:** É o processo por meio do qual os CF das variáveis de saída das regras ativadas no processo de inferência da BR são agregados e, então, submetidos à um método para converter este resultado em um valor numérico (crisp). Para isso, várias expressões matemáticas podem ser usadas, uma das mais adotadas é centro de gravidade, que consiste em dividir a área sob a função de pertinência do conjunto resultante da agregação em duas subáreas iguais.

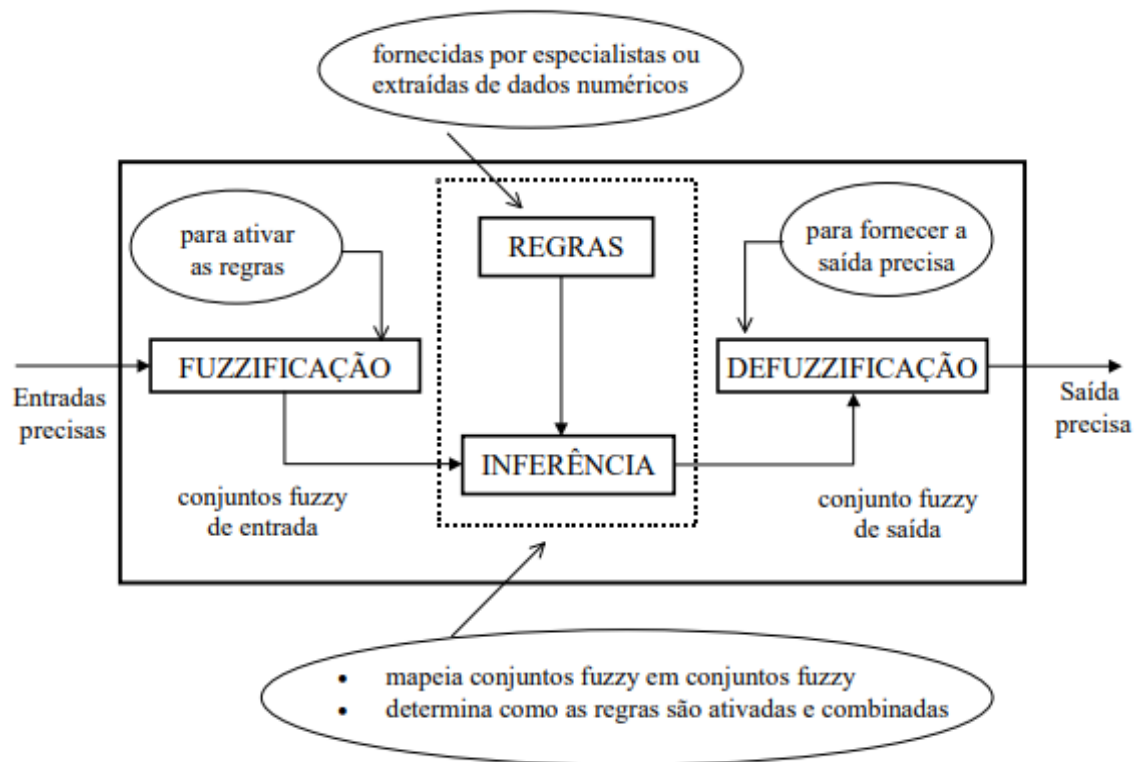


Figura 9: Sistema de Inferência Fuzzy

Capítulo 3

MÉTODO DE INFERÊNCIA DIFUSA MAMDANI

3.1 Etapas

Do ponto de vista teórico, Mamdani (1975), propõe uma relação fuzzy binária M entre x e u para modelar matematicamente a base de regras. Para calcular a saída deste método dadas as entradas, seis passos devem ser seguidos:

1. Determinar um conjunto de regras fuzzy;
2. Fuzzificar das entradas usando as funções de pertinência de entrada;
3. Combinar as entradas fuzzificadas de acordo com as regras fuzzy para estabelecer a “força da regra” (operações difusas);
4. Encontrado o resultado da regra, combinar a “força da regra” com a função de pertinência de saída (implicação);
5. Combinar as consequências para obter uma saída (agregação);
6. Defuzzificar a saída (apenas se uma saída crisp é necessária).

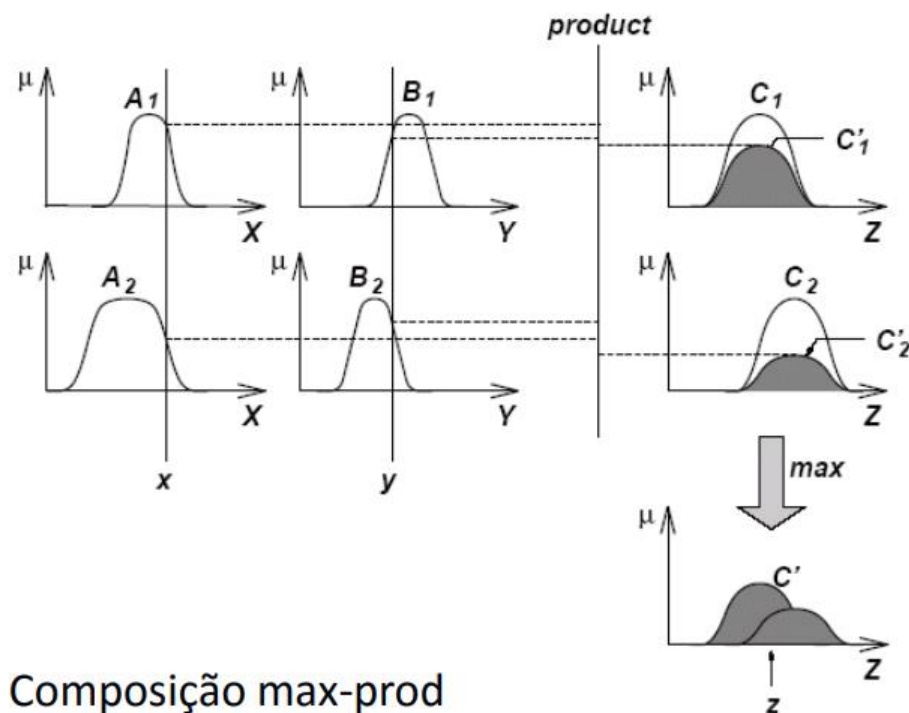


Figura 10: Estrutura de um SFBR (adaptada de (HERRERA, 2008)).

3.2 As Regras

Mamdani (1975), deixa claro que quando examinamos um problema de uma saída simples e duas entradas que inclui 3 regras:

- Regra 1: SE X é A_3 OU Y é B_1 ENTÃO Z é C_1
- Regra 2: SE X é A_2 E Y é B_2 ENTÃO Z é C_2
- Regra 3: SE X é A_1 ENTÃO Z é C_3

Logo:

- Regra 1: SE o input *Temperatura* é adequado OU o input *Desmatamento* é pequeno, ENTÃO o risco do output *Ocorrência leishmaniose visceral* é Baixo;
- Regra 2: SE o input *Temperatura* é marginal E o input *Desmatamento* é grande, ENTÃO o risco do output *Ocorrência leishmaniose visceral* é normal;
- Regra 3: SE o input *Desmatamento* é inadequado ENTÃO o risco do output *Ocorrência leishmaniose visceral* é alto.

3.3 A Fuzzificação

Para Takagi and M. Sugeno (1985) os controladores fuzzy são compostos de quatro módulos: fuzzificação, base de regras, inferência e defuzzificação. O método de Mamdani é um caso típico. No entanto, para algumas situações o módulo de defuzzificação pode ser suprimido. O primeiro passo é tomar as entradas *crisp*, X_1 e Y_1 e determinar o grau com que essas entradas pertencem a cada um dos conjuntos fuzzy.

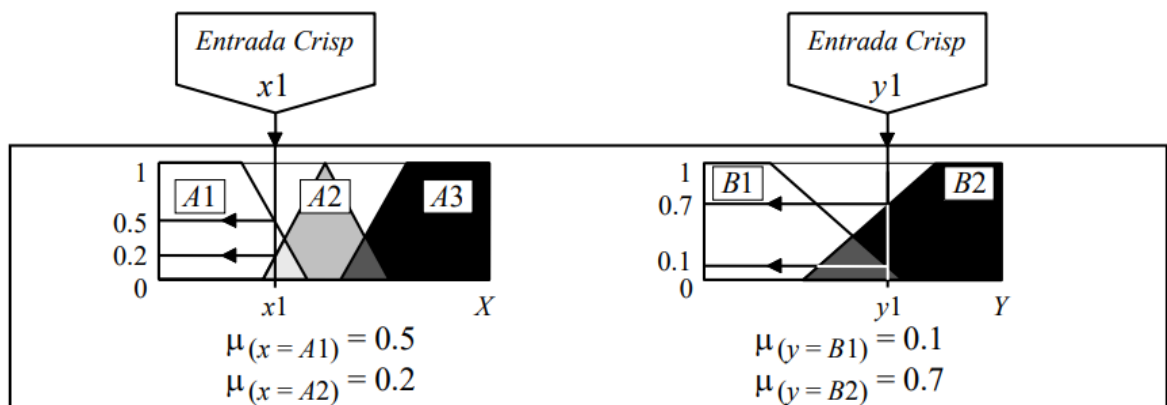


Figura 11: Exemplo de Fuzzificação

3.4 Avaliação das regras

Takagi (1985) descreve que o passo seguinte é tomar as entradas fuzzificadas e aplicá-las aos antecedentes das regras difusas.

$$\mu_{(x=A1)} = 0,5, \mu_{(x=A2)} = 0,2, \mu_{(y=B1)} = 0,1 \text{ e } \mu_{(y=B2)} = 0,7.$$

Se uma dada regra difusa tem múltiplos antecedentes, o operador difuso (E e OU) é utilizado para obter um único número que representa o resultado da avaliação do antecedente. Avaliar a disjunção dos antecedentes da regra, usa-se o operador OU. Normalmente, os sistemas especialistas difusos geralmente fazem uso da operação clássica de união difusa:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Da mesma forma, a fim de avaliar o conjunto dos antecedentes da regra usando E, geralmente aplica-se o operador de interseção difuso:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

O resultado da avaliação do antecedente pode ser aplicado para a função de pertinência do conseqüente. O método mais comum é cortar a função de pertinência do conseqüente ao nível da “verdade” do antecedente. Este método é chamado de recorte (corte-alfa) (SANCHEZ, 1976).

Como o topo da função de pertinência é cortado, o conjunto difuso fatiado/cortado perde algumas informações. No entanto, o corte-alfa ainda é muitas vezes preferido porque envolve matemática menos complexa e mais rápida, e gera uma figura de saída agregada mais fácil de defuzzificar.

Para Ralescu (2001), enquanto corte-alfa é um método frequentemente utilizado, o escalonamento oferece uma melhor abordagem para a preservação da forma original do conjunto difuso. A função de pertinência original do conseqüente da regra é ajustada multiplicando todos os seus graus de pertinência pelo grau de “verdade” do antecedente da regra. Este método, que geralmente perde menos informação, pode ser muito útil em sistemas especialistas difusos.

3.5 Agregação das saídas das regras

Pereira et al., (2002), discorre que a agregação é o processo de unificação das saídas de todas as regras. Tomamos as funções de pertinência de todos os consequentes das regras previamente cortadas ou escalonadas e combinamos num único conjunto difuso. A entrada do processo de agregação é a lista das funções de pertinência consequentes cortadas ou escalonadas, e a saída é um conjunto difuso para cada variável de saída.

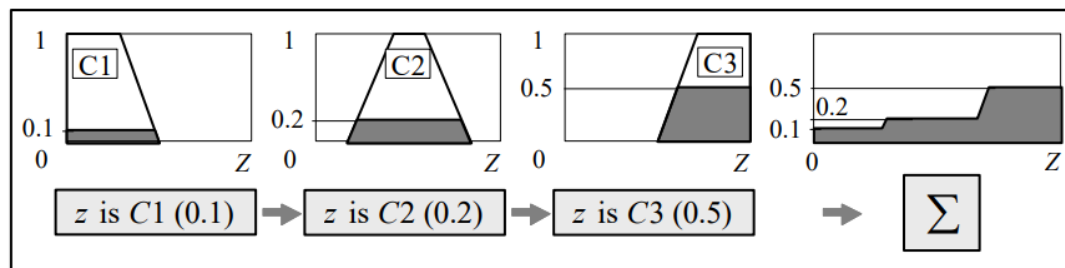


Figura 12: Output das Regras

3.6 Defuzzificação

Takagi-Sugeno (1985), propõe que o último passo no processo de inferência difuso é a defuzzificação. Fuzziness ajuda-nos a avaliar as regras, mas o resultado final de um sistema difuso tem que ser um número crisp. A entrada para o processo de defuzzificação é o conjunto difuso de saída agregado e a saída é um número crisp.

No estágio de defuzzificação é efetuada uma interpretação dessa informação. Isto se faz necessário pois, em aplicações práticas, geralmente são requeridas saídas precisas. No caso de um sistema de controle, por exemplo, em que o controle é efetuado por um sistema de inferência fuzzy (ou controlador fuzzy), este deve fornecer à planta dados ou sinais precisos, já que a "apresentação" de um conjunto fuzzy à entrada da planta não teria significado algum. Existem vários métodos de defuzzificação na literatura; dois dos mais empregados são o centro de gravidade e a média dos máximos. A saída precisa é obtida tomando-se a média entre os dois elementos extremos no universo que correspondem aos maiores valores da função de pertinência do consequente. Com o centro de gravidade, a saída é o valor no universo que divide a área sob a curva da função de pertinência em duas partes iguais.

Capítulo 4

PROCESSOS NA TOMADA DE DECISÃO NA GESTÃO PÚBLICA

4.1 Tipos de decisões, o processo de tomar decisões, suas fases e elementos

Na concepção de Maximiano (2012), um teórico que contribuiu de forma notável para a análise do processo decisório nas organizações foi Herbert Simon, o qual defendia que a tomada de decisão é sinônimo de administrar, tendo toda ação gerencial a natureza decisória. Segundo Sobral e Peci (2013), Simon propôs em seus estudos que ocorrem pelo menos dois tipos de decisões e cujos processos se diferem: as decisões programadas e as decisões não programadas.

Quadro 1: Comparação entre decisões programadas e não programadas

	DECISÕES PROGRAMADAS	DECISÕES NÃO PROGRAMADAS
Classificação da decisão	Rotina Recorrentes Genéricas	Singulares Inovadoras Específicas
Natureza da situação	Bem definida Estruturada	Ambígua Desestruturada
Ambiente da decisão	Condições Estáticas Informação confiável e precisa	Condições dinâmicas Ausência de informação
Método de decisão	Regras Procedimentos Políticas	Julgamento Intuição Princípios do decisor
Técnicas de apoio à decisão	Modelos Matemáticos Orçamentos Pesquisa Operacional	Sistemas Corporativos de apoio à decisão Simulações Análise de Cenários

Fonte: Sobral e Peci (2013, p. 150)

As decisões programadas aplicam-se a problemas repetitivos, são pré-definidas, de caráter cotidiano e possuem procedimentos de solução, bem como alternativas específicas, expressamente claras e com alto grau de certeza de sucesso na resolução do problema ou situação (SOBRAL; PECI, 2013; DAFT, 2015). Por outro lado, as decisões não programadas são únicas, indefinidas e inovadoras porque aplicam-se a problemas não rotineiros, caracterizando-se por alternativas confusas e

sem clareza, bem como pelo alto grau de incerteza de sucesso sobre uma solução, inexistindo nestes quaisquer procedimentos de resolução do problema (SOBRAL; PECI, 2013; DAFT, 2015).

No que diz respeito à composição do processo de tomada de decisão, é de propositura de Simon que para se solucionar um problema, se faz necessário percorrer a sequência de pelo menos três fases, como apresentado na Figura 13: a Prospecção, a Concepção e a Decisão (MAXIMIANO, 2018).



Figura 13: O processo de tomar decisões, segundo Simon

Segundo o autor, diante da demanda de uma solução se inicia o processo de tomada de decisão com a etapa de Prospecção ou intelecção, ou seja, a análise do cenário ou adversidade em si. Na segunda etapa (Concepção) são criadas alternativas que visam solucionar o problema/situação. Por fim passa-se à terceira etapa (Decisão), a qual caracteriza-se pelo exame e seleção da alternativa mais adequada para solucionar o problema que gerou todo este processo (MAXIMIANO, 2012).

Já os autores Sobral e Peci (2013), em sua obra sobre a teoria e a prática da administração no contexto brasileiro, apresentam o processo decisório gerencial com seis etapas sequenciais como apresentado na Figura 14.

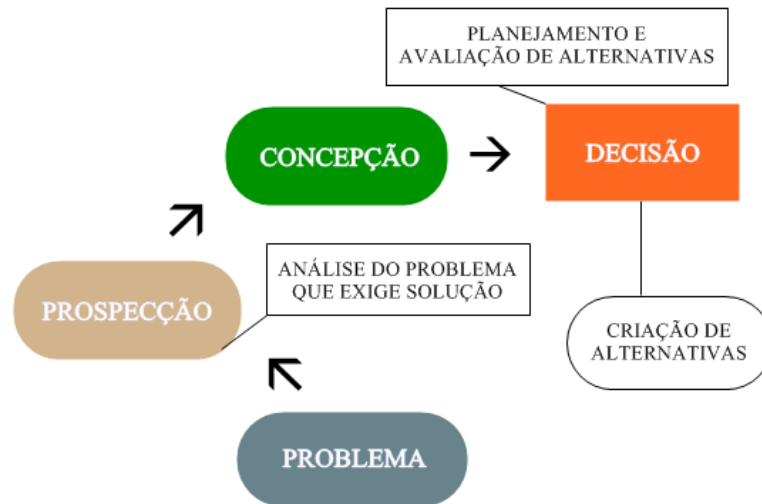


Figura 14: O Processo Decisório

Segundo os autores é preciso (1) identificar a oportunidade ou situação a ser solucionada, bem como (2) diagnosticá-la, (3) desenvolver alternativas que venha a solucioná-la, (4) avaliar essas alternativas, (5) selecionar e implementar a ação escolhida e, por fim, (6) monitorar sua implementação e fornecer o feedback da decisão tomada, etapa está onde geralmente se inicia um novo processo decisório (SOBRAL; PECI, 2013).

Gonçalves e Souza (2015) apontam que a Teoria das Decisões de Simon defende as organizações como ambientes de ações e decisões, bem como sugere que há seis elementos clássicos no processo decisório (FIGURA 15): 1) o tomador de decisão; 2) os objetivos; 3) as preferências; 4) a estratégia; 5) a situação; e, 6) o resultado.



Figura 15: Elementos clássicos na tomada de decisão

O primeiro elemento do processo de decisão é o tomador de decisão que, nada mais é do que o sujeito que faz a escolha ou a opção das alternativas postas dentro do processo decisório e o segundo elemento são os objetivos, os quais revelam o que o tomador de decisão pretende ao optar por tal decisão (GONÇALVES; SOUZA, 2015).

Já como terceiro elemento, o teórico apresenta as preferências que são as regras ou preceitos adotados pelo tomador de decisão para que faça as escolhas e a estratégia que como quarto elemento é o caminho adotado por quem decide para perseguir seus objetivos. O quinto componente que é a situação revela a maneira pela qual o ambiente influencia o tomador de decisão e, como sexto e último componente, o resultado que é o efeito gerado por determinada estratégia de decisão (GONÇALVES; SOUZA, 2015).

De acordo com Silva (2013), além de investigar esses elementos também é importante levar em consideração o perfil do tomador de decisão a partir de uma análise de variáveis demográficas como gênero, idade, escolaridade e tempo de trabalho no serviço público, acrescentando que possíveis falhas no processo decisório podem ser resultado do uso de critérios pessoais como experiência e conhecimento, dentre outras.

Existe, contudo, relação direta da idade do gestor público e o tempo em que é funcionário público com o grau de racionalidade de suas decisões, haja visto que o passar do tempo se traduz em experiência, os gerentes que atuam na Administração Pública tomam decisões embasadas na experiência adquirida no setor público. Além disso, o tempo de funcionalismo público, se traduzido por experiência, pode resultar em decisões mais objetivas (embasadas em informações) e racionais (utilizando técnicas e instrumentos), exigindo mais tempo do tomador de decisão a fim de avaliar melhor as consequências de suas escolhas e, se aliado à idade e ao nível de instrução, estas variáveis complementam conhecimento técnico à experiência adquirida ao longo dos anos (SILVA, 2013).

Com efeito, já foi possível evidenciar por meio de testes estatísticos que a decisão tomada por pós-graduados difere daquelas tomadas por pessoas com grau de formação de ensino fundamental e ensino superior, evidenciando a necessidade de investimentos na adoção de políticas de incentivo à educação formal e qualificação profissional de funcionários envolvidos na gerência de instituições que compõem a Administração Pública (SILVA, 2013). Além de identificar o perfil de quem decide e

seu estilo decisório, faz-se também necessário conhecer como a decisão no âmbito da Administração está composta, aspecto a ser evidenciado no tópico em sequência.

4.2 Componentes do Processo Decisório na Administração Pública

Pesquisadores vêm constatando em seus estudos que a morosidade muitas vezes presente nos processos decisórios da Administração Pública se dá pelo excesso de burocracia, ou seja, o excesso de formalismo, representado por normas e procedimentos (PACHECO; MATTOS, 2014). Segundo Silva (2013), no arcabouço teórico sobre tomada de decisão organizacional, há pelo menos três componentes no processo decisório que se aplicam à Administração Pública.

Quadro 2: Componentes do processo decisório na Administração Pública

TECNOLOGIA	REGRAS E NORMAS	ESTILO DECISÓRIO
Verificar o uso ou a ausência do uso de tecnologia de informação e/ou ferramentas de apoio à decisão por parte do Gestor Público	Identificar os limites impostos à decisão do Gestor Público por Leis e Normas	Apurar se a Decisão se deu de forma Autocrática (Gestor Público decide sozinho) ou Democrática (Gestor Público pede a opinião da equipe)

Fonte: Adaptado de Silva (2013)

Com relação à tecnologia, a autora salienta que a estrutura administrativa e organizacional deve ser modernizada com ferramentas de tecnologia de informação para apoiar a decisão, como forma de reduzir riscos e incertezas no alcance de escolhas mais acertadas. Ela acrescenta ainda que muitas vezes os gestores públicos tomam decisão apoiados puramente em critérios subjetivos, quando deveriam se utilizar das ferramentas de apoio de decisão disponíveis como, por exemplo, sistemas de informação gerencial, banco de dados socioeconômicos e sistemas de informações geográficas (SILVA, 2013).

Vale salientar que, segundo Paludo (2017), tanto pessoas quanto organizações vêm se utilizando de sistemas de informação (SI) para facilitar sua tomada de decisão, pois estas ferramentas são capazes de processar um volume enorme de dados e transformá-los em informações seguras, o que permite reduzir incertezas e elevar a assertividade das decisões.

Já no que diz respeito às regras e normas, a experiência dos tomadores de decisão no trabalho permite conhecimento e obediência a elas, mas também proporciona o alcance da eficiência na decisão, a qual vem sendo perseguida pela administração pública moderna (SILVA, 2013). Desde a promulgação da Constituição Federal de 1988, a forma de proceder dos gestores públicos deve estar pautada nos cinco princípios constitucionais da administração pública (Art. 37, CF/88), ou seja, na legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência.

De fato, as instituições públicas possuem uma estrutura rígida e estão sujeitas a legislações e normas, o que exige do gestor sensibilidade e obediência a elas, mas também é necessário que na nova Administração Pública Gerencial o gestor não só se limite à execução das leis e normas, mas também tome suas decisões embasadas em informações seguras, visando o melhor atendimento do cidadão (SILVA, 2013).

O estilo decisório em si, diz respeito aos padrões habituais aos quais os gestores tendem a recorrer quando enfrentam uma situação de decisão e estudiosos do processo de decisão têm definido o estilo decisório como autocrático ou democrático (SILVA, 2013; ROBBINS, 2015).

O gestor considerado autocrático é aquele que identifica o problema a ser solucionado, considera as alternativas e toma a decisão. Já o gestor denominado como democrático, identifica o problema, mostra as alternativas para outros atores e pede opiniões e contribuições, ou seja, considera a opinião da equipe antes de tomar a decisão (SILVA, 2013).

É importante salientar ainda que, segundo Almeida (2013), um decisor se responsabiliza pela tomada de decisão e possui poder sobre a decisão em questão e, muitas das vezes, pode envolver outras pessoas nesse processo, mas estes não exercem poder sobre a decisão, porém podem de alguma forma influenciar esse processo. De fato, a racionalidade no estilo decisório no setor público é predominante, se considerado que nas Instituições Públicas o estilo de decidir está intimamente relacionado ao princípio da impessoalidade da Administração Pública que, segundo a Constituição Federal, deve estar presente nas decisões do setor público, diferentemente daquelas decisões que ocorrem nas empresas privadas em que os fatores emocionais influenciam nas decisões (GONÇALVES; SOUZA, 2015).

4.3 A Decisão do Gestor diante dos Resultados Esperados

No nicho (mundo) da gestão pública, os resultados deveriam reinar com um certo grau de soberania, contudo, a figura do gestor público, não está associada às questões de dedicação ao debate e reflexão sobre a natureza dos resultados ou sobre como uma gestão deve ser pensada e executada, vale salientar que em tempos de impacto social e economia colaborativa como os de hoje, os resultados vão muito além do aspecto orçamentário financeiro.

Quando objetiva-se alinhar e/ou subsidiar a tomada de decisão do gestor diante dos resultados ora proposto, fala-se em uma conjuntura em que os propósitos levantados, fazem com que haja uma decisão estratégica, bem como indícios de quão próxima uma política pública está de realizar visão e missão das estruturas que compõe a gestão pública.

Para Maximiano (2007), por sua vez, define que um “...resultado final é sempre uma saída direta, objetivamente constatável, da operação de um sistema: bens ou serviços como, por exemplo, vacinas aplicadas, livros distribuídos, refeições servidas, alunos certificados, áreas reflorestadas, etc.”

Portanto, apesar de serem muito importantes, por comporem a cadeia causal qualquer que seja os resultados produzidos, do ponto de vista político, por propiciarem alguma noção do ativismo e da produção dos governos, os dados/resultados, per si, não garantem os efeitos nas condições sociais que se pretende alterar. Ou seja, os efeitos são a consequência do produto, “...a mudança desencadeada na realidade pela intenção de fazer do gestor.” (SILVA, 2013).

Finalmente, cabe ressaltar, remetendo ao conceito de eficiência, que um gestor preocupado com o bem estar da sociedade e comprometido com um modelo normativo preocupa-se essencialmente com a tradução dos objetivos e o seu compartilhamento por toda a organização. Isso implica, mais uma vez, a substituição dos procedimentos e/ou a eliminação da exigência de habilidades como mecanismos de coordenação, em benefício da autonomia e da autoridade dos gestores e implementadores sobre os processos e recursos. Ou seja, um conceito intrinsecamente relacionado ao processo de decisão considerando os dados e o modelo de resultados é a flexibilidade em relação aos meios.

Capítulo 5

O MODELO

5.1 Contextualização do Modelo

O Modelo ora proposto busca uma descrição bem próxima do comportamento real do perfil resultante nos números de Ocorrências de leishmaniose visceral, considerando algumas variáveis importantes de entrada, assim, consideramos 3 (três) *inputs (a)* para fuzzificação e 01 (um) *output (b)* de defuzzificação, sendo: a) *Precipitação Pluviométrica (mm)*, *Temperatura (°C)*, *Desmatamento (%)*; b) *Ocorrência em leishmaniose visceral*.

Os parâmetros utilizados nas variáveis de entrada e na saída, possuem os seguintes conjuntos de valores:

→ **Precipitação Pluviométrica:**

- 0 a 60mm → Muito Baixo
- 60 a 120mm → Baixo
- 120 a 180mm → Médio
- 180 a 240mm → Médio Alto
- 240 a 300mm → Alta

→ **Temperatura:**

- 0 a 10°C → Muito Baixo
- 10 a 20°C → Baixo
- 20 a 30°C → Médio Alta
- 30 a 40°C → Alto
- Acima de 40°C → Muito Alta

→ **Desmatamento Acumulado**

- 0 a 10% → Baixo
- 10 a 15% → Médio
- 15 a 25% → Médio Alta
- 25 a 35% → Alta
- 35 de 45% → Muito Alta

→ **Ocorrência de leishmaniose visceral**

- 0 a 05 → Muito Baixo
- 05 a 10 → Baixo
- 10 a 15 → Médio
- 15 a 20 → Médio Alta
- 20 a 25 → Alta
- 25 a 30 → Muito Alta

Quadro 3: Definição das funções de pertinência para a variável “Precipitação Pluviométrica”

Conjunto Fuzzy	Tipo	Delimitadores
Muito Baixo	Trapezoidal	[0 0 60 120]
Baixo	Triangular	[60 120 180]
Médio	Triangular	[120 180 240]
Médio Alta	Triangular	[180 240 300]
Alta	Triangular	[240 300 360]
Muito Alta	Trapezoidal	[300 360 400 400]

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4: Definição das funções de pertinência para a variável “Temperatura”

Conjunto Fuzzy	Tipo	Delimitadores
Muito Baixa	Trapezoidal	[0 0 5 10]
Baixa	Triangular	[5 10 15]
Média	Triangular	[10 15 20]
Médio Alta	Triangular	[15 20 25]
Alta	Triangular	[20 25 30]
Muito Alta	Trapezoidal	[25 30 40 40]

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 5: Definição das funções de pertinência para a variável “Desmatamento”

Conjunto Fuzzy	Tipo	Delimitadores
Baixo	Trapezoidal	[0 0 10 15]
Médio	Triangular	[10 15 20]
Médio Alto	Triangular	[15 20 25]
Alta	Triangular	[20 25 30]
Alta Média	Triangular	[25 30 35]
Muito Alta	Trapezoidal	[30 35 45 45]

Quadro 6: Definição das funções de pertinência para a variável “Ocorrência de leishmaniose visceral”

Conjunto Fuzzy	Tipo	Delimitadores
Muito Baixo	Trapezoidal	[0 0 5 10]
Baixo	Triangular	[5 10 15]
Médio	Triangular	[10 15 20]
Médio Alto	Triangular	[15 20 25]
Alta	Triangular	[20 25 30]
Muito Alta	Trapezoidal	[25 30 40 40]

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Resultados e Impactos Esperados

- Análise de contexto e planejamento;
- Análise sistemática dos dados como ferramenta de gestão eficiente;
- Caracterização do perfil epidemiológico da Leishmaniose Visceral no Município de Teresina;
- Descrição e estimativa do número de casos de Leishmaniose Visceral no Município de Teresina visando meios de combate da propagação da doença.

5.3 O Modelo e as Características Fuzzy

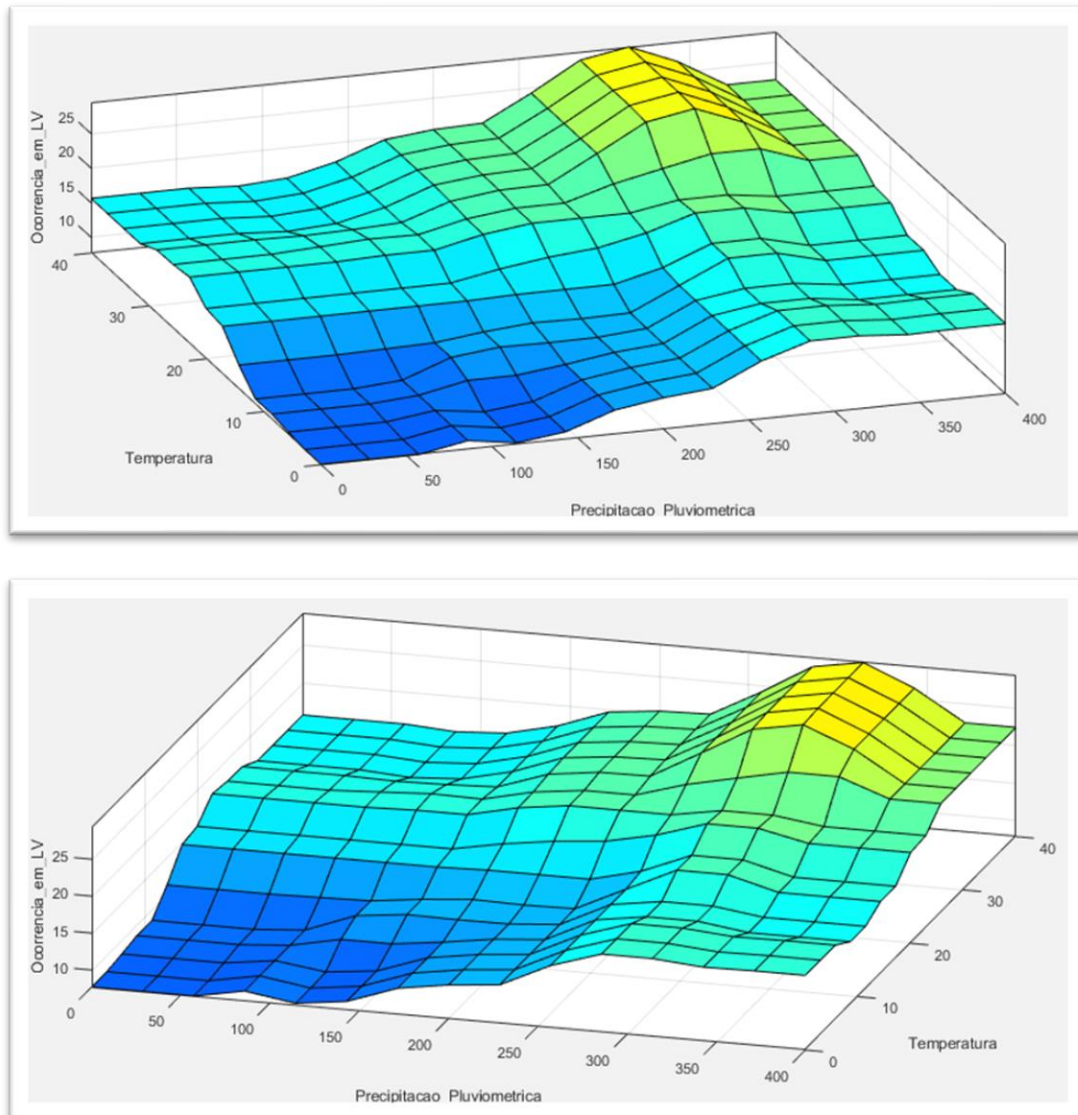
A lógica fuzzy é uma maneira matemática de interpretarmos o perto e o longe, muito fácil ou o pouco difícil, ou seja, uma álgebra que pode explicar a um computador a lógica do mais ou menos como linguagem humana. Tem uma ampla flexibilidade e está baseada em uma linguagem natural e não em números, ou seja, os valores verdade são expressos linguisticamente. Por exemplo: ausente, presente, instável, moderado, estável, muito vulnerável, vulnerável, não vulnerável, etc.

Usa todos os valores entre 0 e 1 para expressar o pertence ou não pertence ao conjunto estudado, havendo uma tolerância na imprecisão dos dados fazendo a modelagem de uma função não linear, combinando as técnicas de controle convencionais sendo construída com base na experiência dos especialistas.

Para aplicação da lógica fuzzy é realizado uma relação entre o dado e o agrupamento que varia de 0 a 1, onde o 0 exclui totalmente esse dado do

agrupamento e o 1 indica a inclusão total do dado no agrupamento (Guiera et al., 2005).

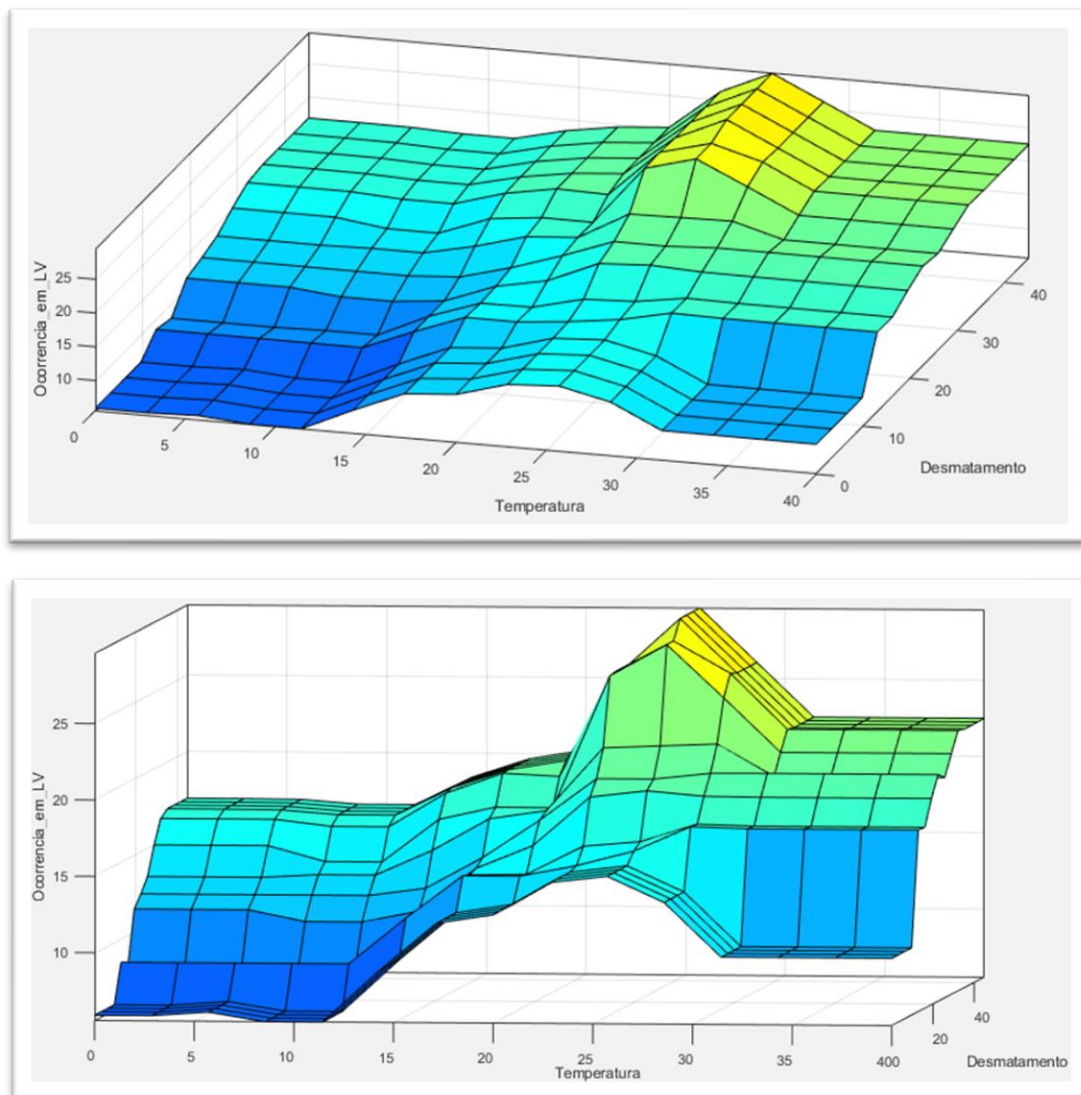
Figura 16: Pertinências das Variáveis: Precipitação Pluviométrica x Temperatura
→ **Ocorrência leishmaniose visceral**



Observa-se na figura 16 a pertinência das variáveis com relação a Precipitação Pluviométrica e Temperatura, estas sendo apontadas como variáveis de entrada e a Ocorrência em leishmaniose visceral como variável de saída, dessa forma nós usamos as regras estabelecidas nos Quadros 3 e 4, que após plotagem utilizando o Método de Mamdani, método este que já foi previamente exposto, customizamos com as devidas adequações ao modelo e conseguimos chegar a figura de um Gráfico Tridimensional. Este Gráfico alinha-se com as entradas que modelam a base do mesmo (inputs, como sendo Precipitação Pluviométrica e Temperatura) e o

alinhamento da altura desse Gráfico Tridimensional como outputs de Ocorrência em leishmaniose visceral. Podemos vislumbrar como representatividade: a partir do momento em que observamos um aumento de Precipitação Pluviométrica juntamente com a Temperatura, ou seja, muita chuva combinada a temperaturas elevadas faz com que tenhamos uma Ocorrência em leishmaniose visceral bem mais acentuada. Esse modelo está alinhado com os dados coletados dos órgãos de monitoramento e controle, então dentro desta perspectiva nosso Modelo se mostra bem posto.

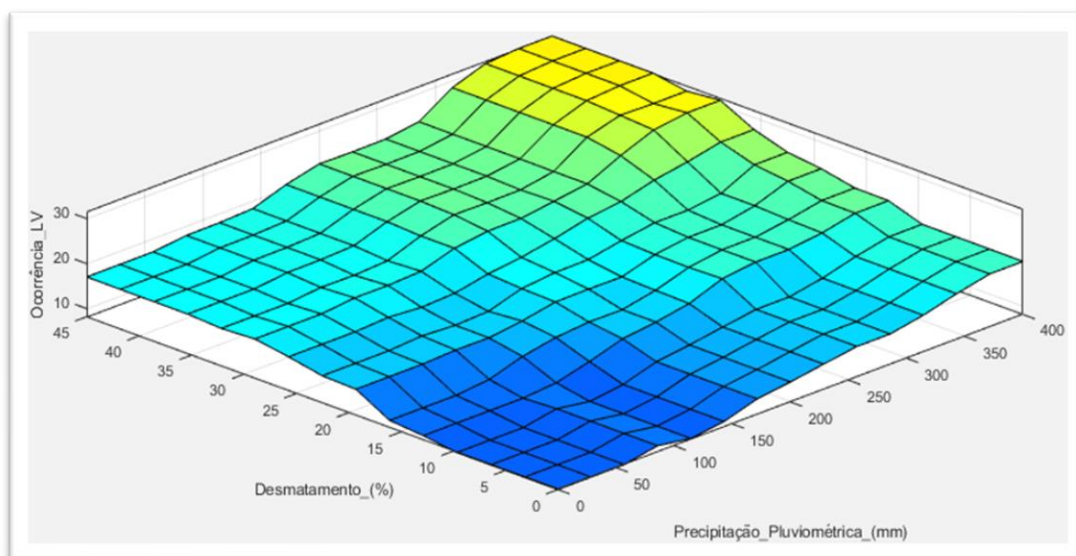
Figura 17: Pertinências das Variáveis: Temperatura x Desmatamento → Ocorrência leishmaniose visceral



Quando olhamos para a Figura 17, percebe-se a análise feita considerando as pertinências das variáveis Temperatura e Desmatamento (Variáveis de Entrada) e

Ocorrência em leishmaniose visceral (Variável de saída), semelhante a Figura 16. Vale salientar que consideramos essas variáveis de Entradas como aquelas que o especialista com Know How acredita ser de extrema relevância quando da Ocorrência em leishmaniose visceral. Portanto, ao fazermos mais uma vez a plotagem do Gráfico utilizando o mesmo processo de Defuzzificação Mamdani, e, considerando as variáveis do Quadro 5 e 6, apresentamos o Gráfico observado que acreditamos que também chega muito próximo dos pontos que temos no estudo da realidade, ou seja, quanto maior a Temperatura e maior for a área desmatada, certamente o especialista observará um aumento nos casos de Ocorrência em leishmaniose visceral, se formos plotar os pontos dos dados reais de monitoramento e controle certamente veremos o sucesso do Modelo ora apresentado, o que nos faz acreditar que essa interação que fazemos com as variáveis de Inputs e Outputs, juntamente com as Regras ditas pelo especialista se adequam muito bem as essas duas Entradas.

Figura 18: Pertinências das Variáveis: Desmatamento x Precipitação Pluviométrica → Ocorrência leishmaniose visceral



Na Figura 18 fazemos a associação do que seria Desmatamento com Precipitação Pluviométrica, ou seja, muita chuva associada a pouco espaço para os animais em relação às florestas. Quando fazemos o Gráfico, também percebemos uma saída bastante interessante, na verdade as 3 Figuras são muito próximas, quer dizer quanto maior precipitação, maior temperatura e maior desmatamento certamente teremos uma Ocorrência em leishmaniose visceral maior. Resolvemos

plotar essa figura em uma configuração diferente olhando por cima, mas sempre ressaltando que também poderemos interpretar pelas cores, ou seja, quanto mais intensa for a tonalidade AZUL, menor será a Ocorrência em leishmaniose visceral, quanto mais intensa a tonalidade AMARELO, maior será a Ocorrência em leishmaniose visceral, neste caso não olhamos a altura do Gráfico e sim suas tonalidades. Observamos novamente que quanto maior for a pertinência das variáveis de Entrada, maior será a pertinência da variável de saída, acreditando assim, que o Modelo está bem posto.

Conclusão

Neste trabalho apresenta-se o histórico de ocorrência de leishmaniose visceral no Mundo, Brasil e na cidade de Teresina, Capital do Piauí. Apresenta-se também, de modo sucinto, os conceitos fundamentais de Conjuntos Fuzzy, além de uma pequena introdução à Lógica fuzzy com mecanismos de inferência fuzzy. O sistema de inferência fuzzy aqui abordado foi concebido por Zadeh e outros pesquisadores, entre os quais E.H. Mamdani, que deu início a aplicações de caráter prático na década de 70. Em virtude disso, este tipo de sistema de inferência é muitas vezes referenciado, como sendo do tipo Mamdani.

Esse tipo de inferência foi de extrema importância para atingir os resultados aqui apresentados, os devidos ajustes realizados nas bases de regras fuzzy, a maneira como as funções de pertinência foi adequada e o emprego do método de defuzzificação escolhido, que neste trabalho foi o método do centro de gravidade.

Considerando os resultados obtidos, foi possível avaliar o processo de ocorrência de leishmaniose visceral no município de Teresina sob três condições distintas de simulação, sendo elas, Precipitação Pluviométrica, Temperatura e Desmatamento, utilizando para isso modelo baseado em regras fuzzy. O modelo estava devidamente ajustado e os resultados da modelagem fuzzy quando comparada aos dados coletados foram extremamente satisfatórios.

Os sistemas de inferência fuzzy tiveram suas aplicações iniciais concentradas na área de registro de ocorrências de leishmaniose visceral, onde modelou-se por meio de regras linguísticas a tomada de decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão.

Em relação ao âmbito do processo decisório na Gestão Pública, vale salientar que as mudanças devem ser implementadas nas organizações quando o gestor avalia as opções de decisão e escolhe aquela que melhor se adequa ao objetivo proposto pelas mesmas. O município de Teresina não difere da realidade observada nos demais entes federativos, ou seja, o gargalo estabelecido entre saber e agir se depara constantemente com problemas que exige dos gestores prioridades de demandas diante das alternativas que lhes são apresentadas para solucioná-los.

Além disso, as decisões coletivas permitem encontrar uma solução com maior qualidade e precisão, imprimem mais legitimidade diante dos envolvidos e aumentam tanto a motivação quanto a aceitação da decisão por parte das pessoas que foram envolvidas no processo.

Registra-se que uma das limitações deste trabalho diz respeito à ausência de uma análise dos aspectos financeiros e políticos envolvidos no processo decisório em questão. Outro aspecto relevante é a avaliação dos processos organizacionais alterados pela mudança estrutural sofrida no último pleito. Entretanto, cabe a menção da verificação das consequências positivas do processo de decisão quando fala-se de um tema de importante relevância e impacto no serviço público final oferecido à sociedade.

Por fim, concluímos que a partir da análise dos resultados apresentados nesse trabalho, constata-se que o modelo descritivo construído e baseado em regras fuzzy oferecem uma alternativa para o cálculo de ocorrências em leishmaniose visceral e para a modelagem de diferentes processos epidemiológicos. O modelo apresenta também como vantagem a necessidade de poucos parâmetros, ao contrário dos modelos numéricos, além de serem consideravelmente mais rápidos e robustos.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

ALVAR J. Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidences, **PLOS ONE**, 7 (5): e35671; 2012.

ALVES L. C.; FAUSTINO MAG. **Leishmaniose visceral canina. Manual da Schering-Plough**, São Paulo, 2005, 14 p.

BELO V. S.; WERNECK G. L.; BARBOSA DS, SIMÕES T. C.; NASCIMENTO B. W. et al. Factors associated with visceral leishmaniasis in the americas: a systematic review and meta-analysis. **PLoS Negl Trop Dis**. 2013; 25;7(4):e 2182.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL. **Guia de Vigilância em Saúde: volume único** [recurso eletrônico], 3ª. ed. 2015.

BRASIL. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

CAMARGO-NEVES V. L. F. **Leishmaniose Visceral Americana: doença emergente no estado de São Paulo**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico: Com Ciência. 2005.

CAVALCANTE M.N.; MEDEIROS M. N.; PIRES B.N.; GONÇALVES E. G. R. **Situação epidemiológica da leishmaniose visceral**. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 41(4): 358-364; 2017.

CERBINO NETO, J. **Fatores Associados à Incidência de Leishmaniose Visceral em Teresina-PI, na década de 90**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Saúde) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

COSTA C. H. N.; PEREIRA H. F.; ARAÚJO M. V. Epidemia de leishmaniose visceral no estado do Piauí, Brasil, 1980-1986. **Revista de Saúde Pública**, 24(5): 361-372; 1990.

COSTA, C. H. N. How effective is dog culling in controlling zoonotic visceral leishmaniasis? A critical evaluation of the science, politics and ethics behind this public health policy. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, 44 (2): 232-242. 2011.

DAFT, Richard L. **Organizações: teorias e projetos**. 11.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

DEANE, L.M., DEANE, M.P. **Encontro de leishmânias nas vísceras e na pele de uma raposa em zona endêmica de calazar nos arredores de Sobral, Ceará**. O Hospital, v.45, p.419-421, 1954.

DUTRA E SILVA, J. G.; WERNECK, G. L.; CRUZ, M. S. P.; COSTA, C H N; MENDONÇA, I. L. **Infecção natural de Lutzomyia longipalpis por Leishmania sp em Teresina, Piauí, Brasil**. Cad. Saúde Públ., 23 (7): 1715-1720. 2007.

GONÇALVES, M. F. C. P.; SOUZA, M. A. Processo decisório nos setores público e privado: estudo exploratório e comparativo sobre a dimensão decisão. **Anais do XV Colóquio Internacional de Gestão Universitária – CIGU**. Mar del Plata – Argentina, 2015.

GONTIJO, C. M. F.; MELO, M. N. **Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas**. Rev. Brás. Epidemiol. São Paulo, v.7, n.3, p. 338-349, Set., 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@ Piauí**, Teresina. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=221100>. Acesso em: 18 nov. 2021.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET em Teresina. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosDiarios/A312>. Acesso em: 16 de nov. 2021.

KLIR, G., and YUAN B., **Fuzzy sets and fuzzy logic theory and applications**, Prentice-Hall, 1995.

LIMA I, et al. Mudança demográfica da leishmaniose visceral no nordeste do Brasil: Lições para o futuro. **PLoS Negl Trop Dis.**, 2021; 12.

MAGNAGO, K. F., **Abordagem fuzzy em modelos populacionais discretos**, Tese (Doutorado IMECC) – UNICAMP) Campinas, 2005.

MALMASI A.; JANITABAR S.; MOHEBALI M.; AKHOUNDI B. Seroepidemiologic survey of canine visceral leishmaniasis in Tenran and Alborz Provinces of Iran. **Journal Arthropod Borne Diseases**, 8:132-138; 2014.

MAMDANI E. H. and ASSILIAN S., An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, **Int. J. Man-Machine Studies** 7 (1975), 1–13.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Atlas, 2012.

NGUYEN, H. T., SUGENO, M., TANG R., and YAGER, R. (eds.), **Theoretical aspects of fuzzy control**, New York, **IEEE International Conference on Fuzzy Systems 1993**, John Wiley & Sons, 1995.

NOGUEIRA, J. L.; SILVA, M.V.M.; PASSOS, C. C.; AMBRÓSIO, C. E. **A importância da leishmaniose visceral canina para a saúde pública: uma zoonose reemergente**. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, 13; 2009.

OMS – Organização Mundial de Saúde. Controle das Leishmanioses. **Relatório de uma reunião do Comitê de Peritos sobre o Controle das leishmanioses**, Genebra, 22-26 de março 2010.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE. Leishmanioses: **Informe Epidemiológico nas Américas**. Washington, 2018.

PACHECO; G. B.; MATTOS, A. S. Processo decisório no setor público: um estudo de caso na Caixa Econômica Federal e na Universidade Federal de Santa Catarina. **Anais do XIV Colóquio Internacional de Gestão Universitária – CIGU - Florianópolis**, 2014.

PALUDO, A. V. **Administração Pública** – 6. ed. rev. e atual. – Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2017.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). Plan de Acción para fortalecer la vigilancia y control de las leishmaniasis en las Américas 2017- 2022, 2020. PAHO/WHO. Available from: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/34147>

PENNA, H. A. **Leishmaniose visceral no Brasil**. Brasil Médico, 48: 949-950. 1934.

PEREIRA, J. C. R.; TONELLI, P. A.; BARROS, L. C., and ORTEGA, N. R. S., **Defuzzification in medical diagnosis**, **Advances in Logic, Artificial Intelligence and Robotics** 85 (2002), 202–207.

PMT. Prefeitura Municipal de Teresina. Teresina – **Aspectos e Características**. Teresina: Prefeitura Municipal de Teresina, 2018.

PMT. Prefeitura Municipal de Teresina. Teresina – **Delimitação dos perímetros dos bairros de Teresina.**: Prefeitura Municipal de Teresina, 2021.

Prefeitura Municipal de Teresina, por meio das Secretarias Municipais de Educação (SEMEC) e de Planejamento e Coordenação (SEMPPLAN), 2019.

RALESCU, D., OGURA Y., and LI S., **Set defuzzification and choquet integrals, International J. Uncertainty, Fuzziness and KnowledgeBased Systems** 9 (2001), 1–1.

RALESCU, D., OGURA Y., and LI S., **Set defuzzification and choquet integrals, International J. Uncertainty, Fuzziness and KnowledgeBased Systems** 9 (2001), 1–12.

RALESCU, D., OGURA, Y., LI, S., **Set defuzzification and choquet integrals, International J. Uncertainty, Fuzziness and KnowledgeBased Systems** 9 (2001), 1–12.

RIBACIONKA, F., **Sistemas computacionais baseados em lógica fuzzy**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 1999.

ROBBINS, Stephen P. **Decida e conquiste: o guia definitivo para tomada de decisão.** Tradução de [Arlete Simille Marques]. – São Paulo: Saraiva, 2015.

ROMAN-FLORES, H., A note on transitivity in set-valued discrete systems, *Chaos solitons & fractals* 17 (2003), 99–104.

ROMERO GAS. O controle da leishmaniose visceral no Brasil: transformar é preciso. **Cad. Saúde Pública** 2016; 32: 1–3.

SANCHEZ E., **Resolution of composite fuzzy relation equations, Information and Control** 30 (1976), 35–47.

SCHALLIG H. D.; Neto F.; KROON N.; RODRIGUES M. Serological survey of Leishmania infection in dogs from the municipality of Peso da Regua (Alto Douro, Portugal) using the direct agglutination test (DAT) and fast agglutination screening test (FAST). **Acta Trop.** 2004 Jul;91(2):95- 100.

SHAW, I. S. and SIMÕES, M. G., **Controle e modelagem fuzzy**, Editora Edgar Blucher Ltda, São Paulo, 2001.

SILVA, J. D. M., **Análise de estabilidade de sistemas dinâmicos P-fuzzy com aplicações em biomatemática** (Tese de Doutorado IMECC) – Unicamp, Campinas, 2005.

SILVA, R. M. P. **Análise do Processo Decisório na Administração Pública e Sistemas de apoio à Tomada de Decisão**: Contradições e paradoxos na realidade organizacional pelo não uso de ferramentas disponíveis. Tese (Doutorado)

SILVEIRA, G. P., VENDITE, L. L., and BARROS L. C., Software desenvolvido a partir de um modelo matemático fuzzy para predizer o estágio patológico do câncer de próstata, **Biomatemática 18** (2008), 27–36.

Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima - **MapBiomias**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 13 de nov. 2021.

SOBRAL, F.; PECL, A.. **Administração: teoria e prática no contexto brasileiro**. - 2.ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013.

SOUSA M. L.R.; MELO, E. C. S.; CAMPOS M. P.; ALVES N. D.; WERNECK G. L. Impact of 4% Deltamethrin-Impregnated Dog Collars on the Prevalence and Incidence of Canine Visceral Leishmaniasis. **Vector Borne Zoonotic Dis.** 2018;18(7):356-363.

TAKAGI, T. and SUGENO, M., **Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control**, IEEE Trans. System Man Cybernetics 15 (1985), 116–132

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, **Escola de Administração**, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, 2013.

WERNECK G. L., **Controle da leishmaniose visceral no Brasil: o fim de um ciclo?** Cadernos de Saúde Pública, 32(6) eED010616; 2016.

WERNECK G. L., **Visceral leishmaniasis in Brazil: rationale and concerns related to reservoir control**. Revista de Saúde Pública, 48: 851-855; 2014.

WHO. **Visceral Leishmaniosis**. Net, Disponível em: Acesso em: 04 nov. 2021.

YING, M., **Reasonableness of compositional rule of fuzzy inference**, Fuzzy Sets and Systems 36 (1990), 305–310.

ZADEH, L. A., **Fuzzy sets, Information and Control 8** (1965), 338– 353.