

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

CARLOS EDUARDO FERNANDES

**Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência de um
Sistema de Monitores de Falta e sua Rede de Comunicação para
Redução de Tempo de Atendimento Emergencial – Estudo de Caso
na Energisa Mato Grosso**

Curitiba, 2020.

CARLOS EDUARDO FERNANDES

Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência de um Sistema de Monitores de Falta e sua Rede de Comunicação para Redução de Tempo de Atendimento Emergencial – Estudo de Caso na Energisa Mato Grosso

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de Concentração de Geração e Transferência de Tecnologia, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Vóldi Costa
Zambenedetti

Curitiba, 2020.

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

F363d

Fernandes, Carlos Eduardo

Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência de um sistema de monitores de falta e sua rede de comunicação para redução de tempo de atendimento emergencial – Estudo de caso na Energisa - MT [recurso eletrônico] / Carlos Eduardo Fernandes. – Curitiba, 2020.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia (LACTEC), 2020.

Orientador: Vólvi Costa Zambenedetti .

1. Redes de comunicação. 2. Lógica Difusa. 3. Energia elétrica – Distribuição. 4. Energia elétrica – Empresas - Desempenho. I. Universidade Federal do Paraná. II. Zambenedetti, Vólvi Costa. III. Título.

CDD: 621.382

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894

TERMO DE APROVAÇÃO

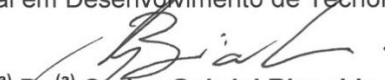
CARLOS EDUARDO FERNANDES

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE MONITORES DE FALTAS E SUA REDE DE COMUNICAÇÃO PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE ATENDIMENTO EMERGENCIAL - ESTUDO DE CASO NA ENERGISA - MT

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito para obtenção do grau de Mestre, no Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, realização do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), pela seguinte banca examinadora:



ORIENTADOR(A): Prof.^(a) Dr.^(a) Vóldi Costa Zambenedetti
Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia LACTEC



Prof.^(a) Dr.^(a) Carlos Gabriel Bianchin
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)



Prof.^(a) Dr.^(a) Alexandre Rasi Aoki
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba, 28 de fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

À Energisa Mato Grosso pela oportunidade de participar do projeto SCODE e apoio financeiro durante a realização do curso.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Vóldi Costa Zambenedetti pela paciência e orientações durante toda a elaboração deste trabalho.

Ao Reginato Scremin e todos os colaboradores do LACTEC envolvidos no projeto SCODE por todas as contribuições dadas a esse trabalho.

Aos professores Saulo, Teresa e Arnulfo pelas contribuições, apoio e incentivo.

A minha amiga Júlia, companheira em todas as viagens para as aulas em Curitiba e parceria em todos os trabalhos que fizemos durante o curso.

Ao meu amigo Johny por todas as vezes que me ajudou durante minhas viagens a Curitiba.

Aos meus colegas da Energisa que me ajudaram de alguma a alcançar meu objetivo, Remy, Leandro, Alessandro, Raphael, Sharles e André.

Aos meus irmãos e minha mãe pelo incentivo e ajuda quando foi necessário.

Aos meus filhos Bruno, Gustavo, Miguel e Isis que são a principal motivação de tudo que faço na minha vida.

Em especial a minha esposa Juliana pelo incentivo, orientações, carinho, dedicação, compreensão e força por tudo que fez por mim e nossa família durante esse período.

E principalmente a Deus que sempre me deu saúde, paciência e força.

RESUMO

Nos últimos anos as empresas de distribuição de energia elétrica têm investido em projetos que visam melhorar a eficiência operacional de forma a poder entregar ao consumidor um produto de qualidade, além de prestar serviços de forma ágil e eficiente dentro de um custo adequado, sempre respeitando as normas e limites estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Medir o desempenho desses projetos é de fundamental importância para que as empresas possam decidir sobre a continuidade desses investimentos ou necessidades de adequações nos projetos para que eles possam atingir os objetivos desejados.

Nesse contexto, este trabalho apresenta uma metodologia de avaliação desenvolvida utilizando sistemas de lógica difusa (*fuzzy*), que foi aplicada para medir o desempenho de um dos sistemas de monitoramento de faltas e de sua rede de comunicação, que foram implementados através de um projeto de P&D, em uma empresa de distribuição de energia elétrica, visando reduzir o tempo médio de atendimento emergencial e melhorar a eficiência operacional. A metodologia utilizou os indicadores de Custo, Tempo e Assertividade, que foram utilizados como parâmetros para medir a Eficiência dos sistemas que foram implementados no projeto.

Os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta mostraram coerência com as opiniões dos especialistas que foram utilizadas como base para o desenvolvimento do trabalho e demonstram que a utilização dos sistemas de lógica difusa na avaliação do desempenho dos sistemas é adequada, sendo capaz de tratar e eliminar as imprecisões das opiniões subjetivas e incertas, traduzindo termos como “Baixo”, “Médio”, “Alto” em valores capazes de serem interpretados numericamente. A metodologia de avaliação utilizando sistemas de lógica difusa se mostrou bastante flexível e permitiu atribuir indicadores e definir critérios de prioridades utilizados pela empresa distribuidora de energia, para mensurar a eficiência de sistemas voltados a otimização das equipes, que poderão auxiliar no cumprimento das metas estabelecidas pela agência reguladora.

Palavras Chave: Redes de Comunicação, Lógica Difusa (*Fuzzy*), Localização de Faltas em Redes de Distribuição, Tempo de Atendimento Emergencial, Sistemas de Avaliação, Indicadores de Desempenho.

ABSTRACT

In the last few years, electrical power distributing utilities have invested in projects to improve their operational efficiency, in order to deliver to the consumers a quality product, besides providing services in an efficient and agile way within an adequate cost, always respecting the standards and limits established by the Nacional Agency of Electrical Power (ANEEL). To measure the performance of these projects is of fundamental importance, so the companies can decide whether to continue these investments or the necessity of adequating the projects so they can reach the desired objectives.

In this context, this work presents an evaluation methodology developed using diffused logic systems (fuzzy), which were applied in order to measure the performance of one of the faults monitoring systems and its communication network, implemented through one project of R&D in an electrical power distributing utilities, aiming to reduce the medium time of emergency attendance and to improve the operational efficiency. The methodology used indicators of cost, time, and assertiveness, as parameters to measure the efficiency of the systems implemented on the project.

The obtained results with the application of the proposed methodology showed coherence with the specialist's opinions, used as the basis for the development of the work, and showed that the use of the diffused logic systems is adequate, being capable of treating and eliminating imprecisions of the subjective and uncertain opinions, translating terms such as "Low", "Medium", and "High" to values that can be interpreted numerically. The methodology of evaluation using the diffused logic systems showed itself as very flexible and allowed to attribute indicators and to define criteria of priority used by the electrical power distributing utilities in order to measure the efficiency of the systems aiming team optimization, which will allow helping in the fulfillment of the goals established by the regulatory agency.

Keywords: Communication Network, Fuzzy Systems, Fault Location, Emergency Service Time, Evaluation Systems, Performance Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - DEC Concessionarias do Brasil	17
Figura 2 – Sistema de Inferência Mamdani	32
Figura 3 – Mapa Geográfico Regional da Energisa Mato Grosso	37
Figura 4 – DEC do Alimentador 6 no DEC na SE Tangará da Serra	39
Figura 5 – Impacto do DEC do Alimentador 6 no DEC global da Energisa MT	39
Figura 6 – Indicadores de Tempo de Atendimento em 2015	40
Figura 7 – Funcionamento do Sistema Implementado	43
Figura 8 – Arquitetura de Funcionamento do SCODE	45
Figura 9 – Monitores de Falta instalados na rede de distribuição aérea	47
Figura 10 – Monitor de Falta com Painel Fotovoltaico	48
Figura 11 - Monitores de Falta sem associação de dispositivos de proteção ao longo do alimentador	49
Figura 12 – Falta no Trecho S6	49
Figura 13 – Metodologia Proposta utilizando Sistema fuzzy	51
Figura 14 – Função de Pertinência Triangular	55
Figura 15 – Função de Pertinência Trapezoidal	56
Figura 16 – Sistema de Inferência para Avaliação do SGMF	67
Figura 17 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Tempo	68
Figura 18 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Custo	68
Figura 19 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Assertividade	68
Figura 20 – Representação das Funções de pertinência das variáveis de Peso	69
Figura 21 – Representação das Regras do FIS	69
Figura 22 – Representação das Funções de pertinência da variável de saída – Eficiência do SGMF	73
Figura 23 – Sistema de Inferência para Avaliação do SHC	82
Figura 24 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Tempo do SHC	83
Figura 25 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Custo do SHC	83

Figura 26 – Representação das Regras do FIS para o SHC	84
Figura 27 – Representação das Funções de pertinência da variável de saída – Eficiência do SHC	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução dos indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil - Anual - Concessionárias	16
Tabela 2 – Indicadores de Continuidade da Energisa Mato Grosso	19
Tabela 3 – Índices de Compensação de Continuidade da Energisa Mato Grosso	19
Tabela 4 – Quantidade de Ordens de Serviços abertas	41
Tabela 5 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Tempo	56
Tabela 6 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Peso do Tempo de Instalação (PTI)	57
Tabela 7 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Custo	57
Tabela 8 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Peso do Custo (PC)	57
Tabela 9 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Assertividade	58
Tabela 10 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Peso da Assertividade (PA)	58
Tabela 11 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável de Saída Eficiência	58
Tabela 12 – Regras para relação das Variáveis Tempo x Peso do Tempo	59
Tabela 13 – Regras para relação das Variáveis Custo x Peso do Custo	59
Tabela 14 – Regras para relação das Variáveis Assertividade x Peso do Assertividade	60
Tabela 15 – Regras para relação das Variáveis de saída Eficiência	61
Tabela 16 – Termos e valores linguísticos das variáveis Tempo e Peso do Tempo	66
Tabela 17 – Termos e valores linguísticos das variáveis Custo e Peso do Custo	66
Tabela 18 – Termos e valores linguísticos das variáveis Assertividade e Peso da Assertividade	66
Tabela 19 – Termos e valores linguísticos das variáveis de Saída Eficiência	67
Tabela 20 – Valores Atribuídos para as Variáveis de entrada na Simulação	70
Tabela 21 – Valores Atribuídos para as Variáveis de Peso	70
Tabela 22 – Regras da Variável de Saída	71
Tabela 23 – Resultados dos Testes de avaliação do SGMF	72
Tabela 24 – Resultados do FIS	73

Tabela 25 – Resultado do acompanhamento do SGMF durante o período de testes	74
Tabela 26 – Resultado da Redução do Número de Deslocamentos Improcedentes com o SGMF	76
Tabela 27 – Resultado do teste utilizando dados do SGMF	78
Tabela 28 – Termos e valores linguísticos das variáveis Tempo e Peso do Tempo	81
Tabela 29 – Termos e valores linguísticos das variáveis Custo e Peso do Custo	81
Tabela 30 – Termos e valores linguísticos das variáveis de Saída Eficiência	81
Tabela 31 – Valores Atribuídos para as Variáveis de entrada na Simulação de Avaliação do SHC	84
Tabela 32 – Valores Atribuídos para as Variáveis de Peso na Simulação de Avaliação do SHC	84
Tabela 33 – Resultados dos Testes de avaliação do SHC	85
Tabela 34 – Resultados da Simulação do Teste para avaliação do SHC	85
Tabela 35 – Indicadores de Tempo de Atendimento Emergenciais	88
Tabela 36 – Resultado do teste utilizando dados do SGMF	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	<i>Analytical Network Process</i>
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
AL	Alimentador
BD	Banco de Dados
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
CDA	Centro de Área
COS	Centro de Operação do Sistema
COD	Centro de Operação da Distribuição
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão
DI	Deslocamento Improcedente
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou ponto de Conexão
EMT	Energisa Mato Grosso
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FAHP	<i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i>
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
FIS	<i>Fuzzy Inference Systems</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>
IED1	<i>Intelligent Electronic Devices</i>
KV	Quilovolt
MF	Monitores de Falta
MF1	Monitor de Falta 1
MF2	Monitor de Falta 2
MT	Mato Grosso
N°	Número
NAE	Número de Atendimentos Emergenciais
NIE	Número de Ocorrências Emergenciais com Interrupção de Energia Elétrica

NUMOCOR	Número de Ocorrências Emergenciais
OS	Ordem de Serviços
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PA	Peso da Assertividade
PC	Peso do Custo
PT	Peso do Tempo
PRODIST	Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PVR	Problema de Roteamento de Veículos
Pv	Peso da Variável
RF	Rádio Frequência
SCODE	Sistema de Despacho Otimizado e Automático de Serviços
SE	Subestação
SF	Sensores de Falta
SGMF	Sistema de Gerenciamento de Monitores de Falta
SHC	Sistema Híbrido de Comunicação
SIGOD	Sistema de Gerenciamento Otimizado da Distribuição
SMART	<i>Strategic Measurement Analysis and Report Technique</i>
TMAE	Tempo Médio de Atendimento Emergencial
TMD	Tempo Médio de Deslocamento
TME	Tempo Médio de Execução
TMP	Tempo Médio de Preparação
TP	Tempo de Preparação
TD	Tempo de Deslocamento
TE	Tempo de Execução
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
VHF	<i>Very High Frequency</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Contexto	15
1.2 Justificativa.....	18
1.3 Objetivos	20
1.4 Metodologia do Estudo.....	20
1.5 Estrutura da Dissertação.....	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E O ESTADO DA ARTE.....	22
2.1 Atendimento de Ocorrências Emergências	24
2.2 Metodologia de Avaliação	27
2.2.1.1 Elementos da Lógica Fuzzy	32
2.3 Considerações Finais	34
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	36
3.1 Método para Escolha do Alimentador	36
3.2 Levantamento de Dados	38
3.3 Projeto SCODE	42
3.3.1 Sistema Computacional de Despacho.....	43
3.3.2 Sistema Híbrido de Comunicação – SHC.....	45
3.3.3 Sistema de Gerenciamento de Monitores de Falta – SGMF	46
3.4 Considerações Finais	50
4 MATERIAIS E METODOLOGIA PROPOSTA	51
4.1 Definição das Variáveis Linguísticas	52
4.1.1 Definição das Variáveis de Avaliação.....	52
4.1.2 Definição das Variáveis de Peso para Avaliação	53
4.2 Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	54
4.2.1 Definição dos Termos Linguísticos.....	54
4.2.2 Definição das Funções de Pertinência	54

4.2.3 Definição da Base de Regras.....	58
4.2.4 Inferências.....	61
4.2.5 Defuzificação.....	62
4.3 Simulação Computacional.....	62
4.4 Considerações Finais.....	62
5 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DO MODELO E SIMULAÇÃO.....	64
5.1 Considerações Iniciais.....	64
5.2 Simulação da Metodologia aplicada para avaliar o SGMF.....	65
5.2.1 Simulação Computacional.....	67
5.2.2 Análise dos Resultados das Simulações.....	72
5.2.3 Análise Preliminares dos Dados para Avaliação do SGMF.....	73
5.3 Simulação da Metodologia aplicada para avaliar o SHC.....	80
5.3.1 Simulação Computacional.....	82
5.3.2 Análise dos Resultados das Simulações.....	85
5.3.3 Análise Preliminares dos Dados para Avaliação do SHC.....	86
5.3.3 Atribuição das Variáveis do Sistema de Avaliação do SHC.....	88
5.4 Considerações Finais.....	91
6 CONCLUSÃO.....	93
6.1 Recomendação para Trabalhos Futuros.....	94
REFERÊNCIAS.....	96

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Uma das principais atividades operacionais das empresas distribuidoras de energia elétrica é o atendimento às solicitações de serviços técnicos e comerciais. O atendimento dessas solicitações representa um grande desafio para as empresas, sendo que é necessário observar diversos aspectos como a produtividade das equipes, deslocamento até o local do atendimento, quantidade de equipes disponíveis e principalmente o tempo de atendimento aos serviços.

A distribuição de serviços entre as equipes que realizam o atendimento deve ser feita de forma homogeneia, para que não haja sobrecarga de trabalho

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) o tempo de atendimento às ocorrências emergenciais deverá ser supervisionado, avaliado e controlado por meio de indicadores que expressem os valores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras (ANEEL, 2018).

A ANEEL definiu alguns indicadores de acompanhamento e controle para a qualidade dos serviços prestados pelas empresas distribuidoras de energia elétrica no Brasil, cujo valores são revistos periodicamente pela agência.

São vários os indicadores definidos pela ANEEL, os mais utilizados para avaliar a qualidade e confiabilidade dos serviços e da energia, medem a duração e frequências das interrupções no fornecimento de energia, como:

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) – indica o número médio de horas que o consumidor ficou sem energia elétrica durante um período, geralmente mensal.
- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) – Indica a quantidade de vezes em média que o consumidor ficou sem energia.
- DIC (Duração de Interrupção por Unidade Consumidora) – indicador individual que mede quanto tempo uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica durante um período considerado.
- FIC (Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora) – indicador individual que mede quantas vezes uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica durante um período considerado.

- TMAE (Tempo Médio de Atendimento a Ocorrências Emergenciais) – indica o valor médio correspondente aos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais, para o atendimento a ocorrências verificadas em um determinado conjunto de unidades consumidoras em um determinado período.

Para cada ano a ANEEL estabelece novas metas para os indicadores de controle de qualidade já mencionados, na tabela 1 pode-se observar que as diferenças entre o DEC apurado e o DEC limite tem diminuído nos últimos anos, essa diminuição tem acontecido em função dos investimentos que as empresas distribuidoras tem realizado em busca da melhoria da eficiência operacional.

Tabela 1 – Evolução dos indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil - Anual - Concessionárias

EVOLUÇÃO DO INDICADORES NO BRASIL - ANUAL – MÉDIA NACIONAL DAS CONCESSIONÁRIAS							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
DEC APURADO (HS)	18,78	18,49	18,03	18,60	15,82	14,39	12,56
DEC LIMITE (HS)	15,87	15,19	14,58	13,94	13,31	12,77	12,72
FEC APURADO	11,17	10,60	10,08	9,86	8,88	8,22	7,04
FEC LIMITE	13,19	12,47	11,77	11,03	10,33	9,72	9,52
Nº DE CONSUMIDORES	71.143.243	73.280.998	75.321.870	77.166.082	78.820.652	80.601.478	82.176.681

Os indicadores são passíveis de alterações após fiscalização da ANEEL.

FONTE – ANEEL (2019)

Analisando os dados da tabela 1, pode-se observar que entre os anos de 2009, até o ano de 2018 o DEC Limite estabelecido pela ANEEL sofreu uma redução de 17,44 (horas) para 12,72 (horas) o que corresponde uma redução em torno de 27,06%, observa-se também na quarta linha da tabela 1 que o FEC Limite foi reduzido de 15,19 para 9,52 o que corresponde uma redução de aproximadamente 37,32% no mesmo período.

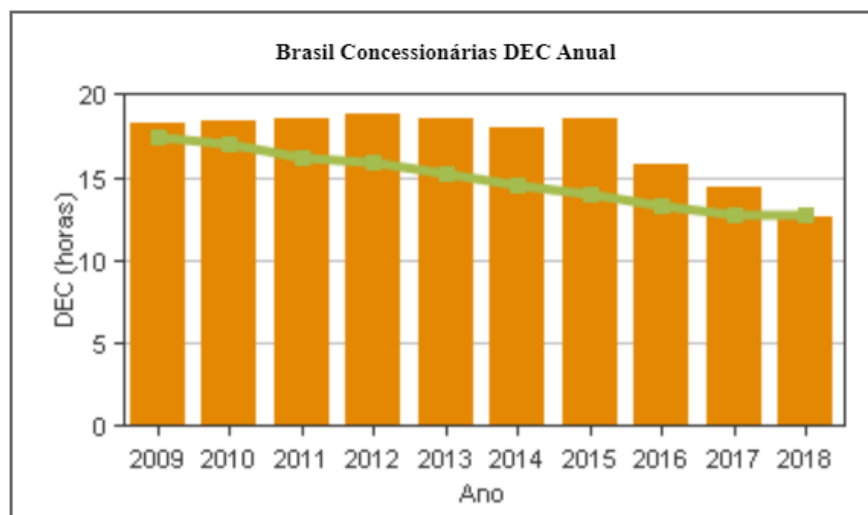
Por outro lado, a quantidade de unidades consumidoras atendidas pelas empresas distribuidoras no Brasil subiu de aproximadamente 65 milhões para 82 milhões, o que corresponde a um aumento de quase 29%.

Os números apresentados na tabela 1 demonstram que a cada ano as empresas têm tido um número maior de clientes a serem atendidos, porém o tempo para realizar um atendimento em caso de defeitos no sistema tem sido menor e a quantidade de vezes que o defeito pode acontecer também tem diminuído.

Na figura 1, o gráfico que representa aos números da tabela 1, onde as barras verticais correspondem à média do DEC apurado de todas as empresas de distribuição do Brasil e a Linha Verde corresponde ao DEC Limite estabelecido pela

ANEEL no período de 2009 a 2018. Pode-se observar que somente em 2018 a média do DEC apurado ficou dentro da meta estabelecida pela ANEEL.

Figura 1 - DEC Concessionárias do Brasil



FONTE – ANEEL (2019)

Para que as empresas de distribuição atinjam tais metas, elas precisam dimensionar e monitorar suas equipes de campo de forma a não ter excesso ou escassez de equipes por região, visando um atendimento satisfatório aos usuários a um custo reduzido. As equipes devem estar preparadas e devidamente equipadas para que possam ser despachadas de forma ágil e consigam chegar ao local de atendimento em menor tempo possível.

Outro aspecto que também deve ser considerado é o econômico, pois enquanto um consumidor estiver desligado a empresa deixa de faturar, além de estar sujeita a arcar com compensações estabelecidas pela ANEEL.

Para obter uma diminuição no tempo de atendimento dos serviços técnicos é de fundamental importância que as informações quanto ao problema ou defeito que ocasionou a solicitação de serviço chegue até a equipe de atendimento de forma mais rápida e confiável possível.

Visando uma melhoria no fornecimento de energia elétrica e conseguir melhorar os indicadores de qualidade, as distribuidoras de energia têm buscado diversas tecnologias, como no trabalho de Volpi et al. (2011) onde os autores apresentam uma ferramenta de apoio de despacho de serviços comerciais e emergências à equipes de atendimento de uma empresa de energia elétrica.

Jakubowski et al. (2011) apresentaram um trabalho desenvolvido em uma empresa de distribuidora de energia elétrica, onde foram aplicados dispositivos localizadores de falta com comunicação sem fio, instalados na rede de distribuição com o objetivo de reduzir o TMAE.

Hao et al. (2017) também apresentaram os monitores de falta com capacidade de comunicação, onde as informações de falha na rede de distribuição que chegam ao COD (Centro de Operação de Distribuição), fazem com que mais rapidamente a informação seja repassada as equipes de serviços, resultando em uma redução no tempo de interrupção.

O sistema de comunicação também possui um papel muito importante nas atividades diárias de uma empresa de distribuição de energia, contribuindo tanto nos sistemas de proteção, quanto nas atividades de despacho de equipes e atendimento emergencial.

Achanta et al. (2011) demonstrou a aplicação de rádios de comunicação para melhorar a confiabilidade, velocidade e sensibilidade da proteção em sistemas de distribuição.

Já Fraulob et al. (2006) utilizaram sistema automático e inteligente de gerenciamento e supervisão de despacho móvel de ordens de serviços, utilizando rádio VHF (*Very High Frequency*).

1.2 Justificativa

O estado de Mato Grosso (MT) é o terceiro maior estado do país, possuindo uma área de aproximadamente 903.357,908 km², distribuídos entre regiões de planaltos, chapadas, planície com pântanos e depressões. É o maior produtor e exportador de carne e grãos do país, atualmente o setor do agronegócio movimenta aproximadamente R\$ 82,8 bilhões de reais no estado, sendo o primeiro no ranking nacional.

Nos últimos anos o setor do agronegócio sofreu uma forte modernização e está cada vez mais mecanizado e automatizado, expandindo por todas as regiões do estado de MT, fazendo com que as cidades do interior e a zona rural passassem a ser um mercado de suma importância na economia do estado e no mercado de energia.

Para a modernização do agronegócio, a energia elétrica passou a ter um papel fundamental para as agroindústrias e grandes fazendas produtoras de gado e grãos,

tornando-se clientes cada vez mais exigentes quanto a qualidade da energia fornecida e qualidade no atendimento técnico e comercial da empresa distribuidora do estado.

A necessidade de expansão das redes de distribuição de energia por todas as regiões do estado fez com que a empresa de distribuição de energia local a Energisa Mato Grosso (EMT), buscasse uma alternativa para atender melhor os clientes consumidores de energia e cumprir as metas de qualidade estabelecidas pela ANEEL, que como pode ser observada na tabela 2, também tem sido reduzida nos últimos anos.

Tabela 2 – Indicadores de Continuidade da Energisa Mato Grosso

	2014	2015	2016	2017	2018
DEC APURADO (HS)	27,99	30,24	23,56	25,35	20,90
DEC LIMITE (HS)	26,32	25,63	24,89	23,94	23,19
FEC APURADO	20,61	24,13	14,26	12,49	9,14
FEC LIMITE	22,33	21,67	20,93	19,85	19,05
Nº DE CONSUMIDORES	1.243.247	1.289.065	1.316.835	1.353.340	1.388.217

Os indicadores são passíveis de alterações após fiscalização da ANEEL.

FONTE – ANEEL (2019)

A implantação de sistema de monitoramento e de uma rede de comunicação através de em um projeto de P&D aplicado na Energisa Mato Grosso, buscou criar uma sistematização eficiente para o atendimento das equipes de manutenção, de forma a otimizar as equipes de atendimento emergencial, reduzir custos com deslocamentos desnecessários, restabelecimento de energia em menor tempo e assim reduzir as compensações geradas pelo descumprimento das metas estipuladas pela ANEEL.

Como pode ser observada na tabela 3, só em 2018 o valor de compensações aplicadas na EMT se aproxima de R\$ 16 milhões de reais.

Tabela 3 – Índices de Compensação de Continuidade da Energisa Mato Grosso

ÍNDICES DE COMPENSAÇÃO DE CONTINUIDADE					
EMT - 2018					
COMPENSAÇÕES	DIC, FIC e DMIC			DICRI	Total
	Mensais	Trimestrais	Anuais	Mensais	
QUANTIDADE DAS COMPENSAÇÕES	841.319	213.218	209.864	55.412	1.319.813
VALOR DAS COMPENSAÇÕES (R\$)	9.041.826,33	1.325.845,66	4.497.594,11	1.048.150,08	15.913.416,18

Os indicadores são passíveis de alterações após fiscalização da ANEEL.

FONTE – Adaptado de ANEEL (2019)

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia utilizando Sistemas de Lógica Difusa (*Fuzzy*) para avaliar a eficiência de um sistema de gerenciamento de monitores de faltas e de sua rede de comunicação, aplicados para obter uma melhoria nos indicadores de qualidade de serviços.

Os objetivos específicos são:

- Desenvolver uma métrica para avaliação da eficiência utilizando sistemas *fuzzy*;
- Avaliar fatores que podem influenciar na eficiência do sistema de comunicação e despacho de equipes de campo;
- Validar e testar a metodologia desenvolvida, utilizando para avaliar o sistema de gerenciamento de monitores de faltas e o sistema híbrido de comunicação implementados na Energisa MT.

1.4 Metodologia do Estudo

A metodologia que se mostrou mais apropriada para atingir os objetivos do trabalho foi a pesquisa exploratória, seguida de análises qualitativa e quantitativa dos dados.

A pesquisa exploratória tem a finalidade de obter maiores informações a respeito do problema, de forma a familiarizar-se com os dados obtidos e assim poder desenvolver uma métrica para avaliar as informações.

A análise qualitativa e quantitativa dos dados proporcionou a avaliação dos fatores que podem ter influenciado os resultados obtidos na pesquisa.

Fez parte da metodologia o levantamento bibliográfico sobre o tema do estudo, atendimento de ocorrência emergencial, e de estudos de como reduzir o tempo de atendimento a ocorrências e metodologias de avaliação.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esse trabalho está dividido em seis Capítulos, conforme descrição a seguir.

No Capítulo 1 é apresentado uma visão geral do trabalho, contextualizando sua importância para o sistema elétrico e para as empresas distribuidoras de energia

elétrica. Também são apresentados a justificativa, os objetivos e a metodologia que será aplicada neste trabalho para alcançar o objetivo.

O capítulo 2 aborda a fundamentação teórica sobre o assunto, a legislação e algumas literaturas. Este capítulo discorre a respeito do estado da arte e sobre as técnicas aplicadas para otimização de serviços, aumento da eficiência operacional e despacho de serviços. Também sobre metodologia de avaliação e um subcapítulo a respeito da metodologia que será utilizada no trabalho.

O capítulo 3 traz informações sobre o sistema de gerenciamento de monitores de falta e do sistema híbrido de comunicação, desenvolvidos para o projeto de P&D, suas características gerais, funcionalidades e aplicações em sistemas de distribuição elétrica.

No capítulo 4 é descrita a metodologia utilizando sistemas *fuzzy* que foi aplicada para realizar a avaliação do desempenho dos sistemas. São descritos quais os indicadores utilizados como variáveis de entrada e saída para medir o desempenho dos sistemas, também são demonstradas as regras com auxílio dos especialistas.

No capítulo 5 é apresentado a aplicação da metodologia de avaliação proposta utilizando dados do projeto para o estudo de caso. São apresentadas as considerações utilizadas para a aplicação do método de avaliação. São apresentadas as simulações realizadas com os dados reais do projeto e são apresentados os resultados e a discussão.

Por fim, o Capítulo 6 traz as conclusões deste trabalho, demonstrando observações e considerações mais importantes sobre os resultados obtidos com as simulações realizadas com a aplicação da metodologia proposta.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E O ESTADO DA ARTE

Este capítulo faz uma breve apresentação da legislação do setor elétrico brasileiro no que diz respeito a regulação sobre o atendimento de ocorrências emergenciais e traz alguns trabalhos relacionados ao tema.

São apresentados alguns trabalhos sobre as técnicas aplicadas na busca da redução no tempo de atendimento, a otimização de serviços e equipes e a eficiência operacional.

Também são apresentados alguns trabalhos os quais fundamentam a metodologia a ser aplicada.

Para que fosse possível realizar a regulação técnica de padrões de serviços de distribuição, foi elaborado o PRODIST, que atualmente é constituído por 11 módulos, que tem por objetivo normatizar e padronizar as atividades técnicas relacionadas ao setor de distribuição de energia elétrica.

Mais especificamente o Módulo 8 do PRODIST, diz respeito aos requisitos de qualidade da energia elétrica fornecida pelas empresas distribuidoras de energia.

Segundo ANEEL (2018, p.3), para a qualidade do fornecimento de energia, este módulo estabelece a metodologia para apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades. Desta forma criou-se indicadores de qualidade, cujo valores são utilizados como referências e possibilitam a medir a qualidade dos serviços prestados pelas empresas distribuidoras de energia elétrica no Brasil.

Ainda de acordo com ANEEL (2018, p.46), o atendimento às ocorrências emergenciais deverá ser supervisionado, avaliado e controlado por meio de indicadores que expressem os valores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras. Sendo assim as empresas distribuidoras de energia elétrica precisam fazer o acompanhamento do TMAE, de forma a controlar se estão ou não excedendo as metas estabelecidas pela ANEEL para cada conjunto.

A redução do tempo de atendimento as ocorrências emergenciais têm sido objeto de estudo de diversas empresas de distribuição de energia.

Segundo a ANEEL as distribuidoras deverão apurar os seguintes indicadores de tempo de atendimento:

- **Tempo Médio de Preparação (TMP)**, indica o tempo médio de preparação da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos, é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$TMP = \sum_{i=1}^n \frac{TP(i)}{n}$$

Onde:

TP(i) é o tempo de preparação da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

n é o número de ocorrências emergenciais verificadas no conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado.

- **Tempo Médio de Deslocamento (TMD)**, indica o tempo médio de deslocamento da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos, é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$TMD = \sum_{i=1}^n \frac{TD(i)}{n}$$

Onde:

TD(i) é o tempo de deslocamento da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

n é o número de ocorrências emergenciais verificadas no conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado.

- **Tempo Médio de Execução (TME)**, indica o tempo médio de execução do serviço até o seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos, é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$TME = \sum_{i=1}^n \frac{TE(i)}{n}$$

Onde:

TE(i) é o tempo de execução do serviço até o seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

n é o número de ocorrências emergenciais verificadas no conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado.

- **Tempo Média de Atendimento a Ocorrências Emergenciais (TMAE)**, indica o tempo médio de atendimento a ocorrências emergenciais, representando o tempo médio para o atendimento de emergência, expresso em minutos, é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$TMAE = TMP + TMD + TME$$

A ANEEL estipula compensações financeiras para o caso de violação dos indicadores de qualidade estabelecidos, a empresa distribuidora deverá compensar financeiramente cada cliente atingido pela violação do indicador estabelecido, sendo que o crédito deverá ocorrer nos meses subsequentes a violação.

Sendo assim, para realizar o atendimento dos serviços operacionais e não exceder as metas estabelecidas pela ANEEL as empresas distribuidoras de energia, tem buscado alternativas que contribuam com as atividades operacionais da empresa que estão relacionadas ao atendimento ao cliente e desta forma evitar ou reduzir o pagamento de possíveis compensações.

Na revisão da literatura, foi realizada uma ampla pesquisa em livros, artigos científicos, relatórios técnicos, monografias, dissertações e teses, em busca de referencial teórico sobre o tema, e foram encontrados diversos trabalhos correlatos.

A pesquisa foi realizada em dois eixos considerando o tema definido de estudo, foram buscadas fontes sobre os temas: Atendimentos de Ocorrências Emergenciais, e Metodologias de Avaliação.

2.1 Atendimento de Ocorrências Emergências

Realizar o atendimento de ocorrências emergenciais é uma atividade desempenhada em diversas áreas, normalmente relacionadas ao campo de prestação de serviços. Esses atendimentos podem ocorrer em empresas de distribuição de energia elétrica que é o foco do trabalho, mas também em outras áreas de atividades distintas.

Para a realização da pesquisa bibliográfica a respeito de atendimento de ocorrências emergenciais foram definidas as palavras chave ou expressões: Atendimento Emergencial, Despacho de Equipes, Otimização, Roteirização, Tempo

de Atendimento, *Fault Indicator, Emergency Care, Assignment of Team Services.*

Aoki et al. (2003) apresenta um trabalho realizado em conjunto com uma empresa distribuidora de energia, onde foi desenvolvido uma metodologia com base em técnicas de inteligência artificial para dar apoio ao atendimento de ocorrências na rede de distribuição, com o objetivo de otimizar os deslocamentos das viaturas, visando diminuir o tempo de deslocamento das equipes que realizam o atendimento na rede de distribuição da empresa, e assim melhorar os indicadores de qualidade.

Magro (2003) apresentou em sua dissertação de mestrado um estudo sobre dimensionamento de equipes, considerando uma demanda de OS futura, o trabalho foi elaborado com base em um estudo de caso de uma empresa de energia elétrica. O método desenvolvido considerando modelos de previsão, alocação e simulação. A autora utilizou técnicas de previsão de demanda para fornecer dados de demanda futuras de ordens de serviços e assim poder prever a necessidade de equipes.

O objetivo do dimensionamento é conseguir definir o número de equipes necessárias para realizar os atendimentos e conseguir cumprir as metas de indicadores estabelecidas pela ANEEL.

Steiner et al. (2006) apresentou um trabalho realizado em conjunto com uma empresa de distribuição de energia elétrica, onde foram aplicadas técnicas de pesquisa operacional, um modelo matemático e algoritmo *Floyd*, o objetivo do trabalho foi otimizar o dimensionamento de equipes de atendimento e o despacho otimizado de ordens de serviços, de forma conseguir executar os serviços dentro das metas estabelecidas pela ANEEL.

Em Volpi et al. (2008) os autores apresentaram um trabalho realizado em parceria com uma concessionária de energia, o objetivo era designação de equipes em busca de um atendimento satisfatório aos clientes, com custo menores e melhoria dos indicadores de qualidade para a empresa. A metodologia proposta pelos autores buscava a otimização do número de equipes e jornadas de trabalho. No trabalho os autores utilizaram de simulação computacional para dimensionar o número de equipes e os turnos de trabalho para cada região de atendimento de serviços. O resultado da simulação, ajustada aos dados históricos de atendimento mostrou-se adequado para o objetivo proposto.

Amorim (2010) apresentou em seu trabalho uma metodologia baseada em técnicas de formação de agrupamentos e metaheurísticas, para o auxílio à alocação

de equipes de emergência, otimizando as rotas das equipes, indicando a sequência de atendimento e qual o efeito que a solução proposta terá nos indicadores de tempo de atendimento e de qualidade de suprimento utilizados pela ANEEL. Para a autora o principal benefício da abordagem proposta no trabalho foi a automação do processo despacho de ocorrências para as equipes de atendimento.

Em Volpi et al. (2011) os autores apresentam uma ferramenta desenvolvida para dar apoio aos operadores do COD de uma empresa de distribuição de energia elétrica. O objetivo da ferramenta desenvolvida era otimizar a taxa de ocupação das equipes, despachando os serviços de acordo com a demanda. Para a parametrização do sistema de processo de despacho de serviços foram considerados critérios estratégicos como: número de clientes atendidos, distância das equipes em espera e meta de atendimento. Segundo os autores os resultados indicaram a redução do tempo do deslocamento e desta forma podem ser considerados benéficos para os clientes e empresa, pois indicaram redução do tempo de atendimento.

Nesse contexto da busca pela melhora do sistema de atendimento emergencial, otimização de equipes e designação de serviços, a aplicação de recursos técnicos que possam contribuir para alcançar esse objetivo tem se mostrado cada vez mais presente.

Verboski (2010) realizou em seu trabalho no sentido de otimizar o despacho de equipes de atendimento de uma empresa de energia elétrica. Assim como realizado por Volpi et al. (2011), Verboski (2010) utilizou algoritmo Munkres que auxilia na designação de forma otimizada para o atendimento. O algoritmo foi simulado utilizando o software MATLAB. Os resultados dos testes realizados demonstraram que o algoritmo foi eficaz para o que se propôs, porém necessitou de adequação para a implementação no ambiente real.

Usida (2011) apresentou um trabalho sobre a aplicação de dispositivos localizadores de falta na rede de distribuição, segundo o autor a instalação desses dispositivos contribuem para a identificação do trecho defeituoso mais rapidamente, o que conseqüentemente traz maior qualidade para o fornecimento da energia elétrica. O foco do autor foi desenvolver um sistema inteligente, baseado em Algoritmo Genético para a alocação dos dispositivos na rede de distribuição, de forma a obter o objetivo de reduzir o tempo de localização da falta.

Nesse contexto a otimização de equipes, rotas de trabalho, despacho de serviços tem se mostrado uma atividade de suma importância para as empresas de

diversas áreas de atendimento, na literatura acadêmica, esses problemas são chamados de Problemas de Roteamento de Veículos – PVR.

Alexandre (2010) apresentou um trabalho de modelagem matemática para otimização de frotas numa empresa de mineração para obter ganho de produtividade e maior eficiência. Foi constatado que a otimização em busca de eficiência é um dos objetivos de diversas empresas em várias áreas da cadeia produtora.

Com o objetivo de implantar melhorias no processo de atendimento às ocorrências emergências, o correto dimensionamento das equipes de serviço tem um destaque muito importante no que diz respeito a redução de tempo e otimização do atendimento.

Nesse sentido, a seguir são citados alguns trabalhos que foram estudados para o desenvolvimento da metodologia proposta, onde foram aplicadas técnicas de otimização computacional.

Os trabalhos de Rakpenthai et al. (2007), REIS (2012) e FREITAS (2016), que desenvolveram algoritmos para alocação ótima de unidades de medição fasorial. A utilização de técnicas de alocação otimizada de equipamentos tem sido objeto de vários estudos. Carvalho (2015) também realizou um trabalho utilizando algoritmo computacional para alocação, o estudo do autor foi na reconfiguração e alocação de bancos de capacitores na rede de distribuição de energia elétrica.

2.2 Metodologia de Avaliação

Tendo sido definida como meta do trabalho o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação, foi necessário realizar um estudo detalhado acerca do tema.

Para a realização da pesquisa bibliográfica a respeito de Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação foram definidas as palavras chave ou expressões: Desenvolvimento de Metodologia, Avaliação de projetos, Critérios de Avaliação, *Performance Measurement Systems*, *Methodology for Project Evaluation*.

O desenvolvimento de uma metodologia de avaliação significa criar uma forma de medir um determinado produto, sistema, serviços etc. Para isso é necessário delimitar a método a ser aplicada e os critérios que serão utilizados no sistema de avaliação.

Por se tratar de um assunto multidisciplinar, foram relacionadas publicações de trabalhos em diversas e áreas do conhecimento, como engenharia, administração, ciências econômicas e ciências da saúde. As publicações abordam estudos relacionados a avaliações de diversas empresas, de variados ramos da cadeia produtiva, desde a análises de desempenho de projetos de processos corporativos, recursos humanos, cadeia de suprimentos, logística, projetos de P&D e empresas prestadoras de serviços.

Diversos são os objetivos que as empresas buscam ao avaliar os resultados obtidos com o desenvolvimento de determinado projeto. Segundo Ribeiro et al. (2013) uma das finalidades é verificar se seus investimentos foram aplicados de maneira sensata, se alcançaram o retorno esperado e se fizeram alguma diferença ao gasto privado pré-existente.

Para Furtado et al., (2008) independente dos objetos selecionados ou dos objetivos e métodos utilizados, os produtos obtidos em exercícios de avaliação, assim como a condução de tais exercícios são fundamentais para o aprendizado coletivo dos atores envolvidos com a pesquisa ora em avaliação, assim como para a tomada de decisões relacionadas ao planejamento e gestão de tais esforços.

No trabalho de Tezza et al. (2010) os autores fizeram uma classificação de diversos Sistemas de Medição de Desempenho adotados em trabalhos entre os anos de 1980 a 2007, nele foi observado a crescente tendência das corporações em avaliar a cadeia de serviços com foco na perspectiva de melhoria contínua.

Existem diversas metodologias de avaliação ou medição de projetos, cada uma com características que se encaixam nos propósitos a serem avaliados.

Metodologia *SMART* (*Strategic Measurement Analysis and Report Technique*) desenvolvida por Cross; Lynch (1988), onde organizações definem medidas de importância estratégicas para o negócio, criam um consenso entre os colaboradores e departamentos a fim de atingir as metas estabelecidas e instala medições de nível operacional para que os gestores possam avaliar se os resultados estão sendo atingidos dentro esperado.

Metodologia ou Modelo BSC (*Balanced Scorecard*) uma estrutura complexa que envolve quatro perspectivas, uma financeira e três não financeiras (cliente, processo de negócio interno, e da inovação e do aprendizado (Tezza et al. 2010)

Ainda de acordo com Tezza et al. (2010), o BSC é sem dúvidas o modelo de medição de desempenho mais difundido no mundo. Pode ser utilizado pela

organização e gestores para medir o desempenho dos colaboradores e acompanhar o atingimento das metas, verificando se alcançarão o objetivo da empresa.

O Modelo *Quantum* de Medição de Desempenho, foi desenvolvido por Steven M Hronec, no trabalho de Godoy et al. (2016) os autores demonstram que o modelo desenvolvido é dividido em categorias de qualidade, custo e tempo, que se relacionam formando uma matriz de medição de desempenho quando relacionada com os níveis da estrutura da empresa, onde temos a organização, os processos e os colaboradores. A relação entre todas essas variáveis é capaz de medir o nível de desempenho (serviços x tempo) e (qualidade x custo).

2.2.1 Sistemas de Avaliação utilizando Lógica Difusa (*Fuzzy*)

Para VAZ (2006, p.10) grande parte da problemática do conhecimento está em representar matematicamente ideias sobre pensamento, sensações ou percepções do mundo físico que nos rodeia, sem perder a precisão.

Para resolver problemas nesse sentido, em 1965, o professor de engenharia elétrica e ciências da computação da Universidade da Califórnia Loft Aliasker Zadeh, introduziu a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*. Que segundo Santos (2016) tem entre suas principais finalidades representar incertezas e conceitos mal definidos, tendo em vista que nem sempre as variáveis podem ser definidas como verdadeiro e falso, ou 0 e 1.

Durante o processo de revisão de literatura a sobre o tema de metodologia de avaliação, foram encontrados diversos trabalhos aplicando sistemas *fuzzy* como seu elemento principal. Há uma variedade de aplicações dos sistemas *fuzzy* em diversas áreas de conhecimento, como avaliações de projetos, gestão de desempenho, controle de trânsito, sistemas de controle, determinação de perfil de carga, avaliação de eficiência, tomada de decisão e diversas outras aplicações.

A aplicação dos conjuntos *fuzzy* em problemas com variáveis subjetivas, sem dados numéricos concretos, pode ser observada em diversas literaturas, motivo pelo qual essa característica foi determinante para a escolha da lógica *fuzzy* para a aplicação neste trabalho.

Os autores Rafaeli; Müller (2007);Hernández et al. (2009);Aguiar; Salomon (2007) aplicaram o método AHP, para estudos na avaliação e classificação de critérios para tomada de decisão, os três trabalhos foram aplicados em empresas do ramo automobilístico. Aguiar; Salomon (2007) utilizaram o método AHP e a teoria dos

conjuntos *fuzzy* foram aplicados para avaliar as práticas atuais da utilização de FMEA em algumas empresas do ramo automobilístico. O AHP foi aplicado para priorizar e definir o grau de importância de cada fator a ser comparado, que retrataram o desempenho da aplicação do FMEA. Com os conjuntos *fuzzy* pode-se avaliar o desempenho da aplicação dos formulários do FMEA.

Segundo Gao (2010) um projeto pode ser visto como todo o processo necessário para produzir um novo produto, nova fábrica, novo sistema ou outros resultados específicos. Devido à problemas como falta de informações ou conhecimentos incompletos, complexidade ou incerteza na decisão, o autor utilizou o sistema *fuzzy* em associação com o método ANP para aplicação em uma metodologia de avaliação de projetos. O método de avaliação denominado ANP *Fuzzy* seguiu os seguintes passos: Estruturar o modelo da ANP, incluindo meta, fatores e subfatores; determinar os pesos locais dos fatores e subfatores usando matrizes de comparação pareadas, e calcular os pesos globais para os subfatores. No trabalho foram utilizados os indicadores de Qualidade, Custo, Tempo e Risco como forma de medir o desempenho do projeto. O ANP *Fuzzy* foi considerado como método eficiente para medir desempenho onde as informações são incompletas ou subjetivas.

Para Gao (2010) o AHP é um método popular para resolver problemas de decisão multicritério, que é adequado para estruturas hierárquicas e quando não existem dependências. No entanto, muitos problemas de tomada de decisão, não podem ser estruturados hierarquicamente e pode haver dependência e *feedback* entre os elementos, ANP é a extensão do AHP, que pode superar essa limitação.

Bermudez Peña et al. (2015) apresentou uma metodologia de avaliação de projetos baseado em Lógica *fuzzy* e Redes Neurais Artificiais denominado Sistema Neuro-*Fuzzy*, o sistema foi implementado com uso da ferramenta *Fuzzy Logic do Matlab*. Também foram atribuídos indicadores para avaliar o desempenho de projeto, porém os autores utilizaram Desempenho da Execução, Recursos Humanos, Logística. Semelhante ao trabalho de Gao (2010) os autores Bermudez Peña et al. (2015) também utilizaram os indicadores Tempo, Custo, Risco e Qualidade atributos de medição de desempenho de projetos. Novamente a utilização dos Sistemas *Fuzzy* foi aplicada para problemas onde as variáveis de entrada eram imprecisas.

Ribas et al. (2016) realizou uma pesquisa onde desenvolveram um procedimento metodológico para classificação de projetos de P&D no setor elétrico brasileiro. No trabalho foi utilizado a metodologia *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*

(FAHP) que é uma variação do ANP *Fuzzy* citado anteriormente. Os projetos foram classificados conforme aspectos de Benefícios e Número de Prioridade de Risco, posteriormente foi atribuído 6 (seis) critérios a serem avaliados para cada um dos aspectos escolhidos. Semelhante ao trabalho de Gao (2010) os autores também utilizam a técnica de atribuir pesos para definir o grau de importância de cada critério a ser avaliado.

Ainda sobre o tema do uso dos sistemas *fuzzy* para a avaliação de projeto o trabalho apresentado por Nazareno et al. (2012) os autores realizaram a avaliação da qualidade de gerenciamento de projetos de engenharia web. Seguindo passos semelhantes aos citados nos trabalhos apresentados anteriormente os autores definiram os atributos de qualidade de projeto a ser avaliado. Porém os autores optaram em realizar uma revisão bibliográfica para identificar quais atributos seriam avaliados, através da pesquisa foram definidos: Funcionalidade, Confiabilidade, Usabilidade, Eficiência, Manutenibilidade e Portabilidade. Os autores concluíram o trabalho consideraram que a abordagem *fuzzy* se mostrou adequada para tratar de forma matemática as medidas subjetivas obtidas das opiniões dos especialistas consultados na pesquisa.

Outros trabalhos utilizando sistemas *fuzzy* encontrados durante a pesquisa bibliográfica e revisão da literatura:

Terra (2002), apresentou um trabalho de mestrado aplicando a sistema *fuzzy* para o desenvolvimento de um sistema de controle de trafego urbano. Sobre o mesmo tema VAZ (2006), também no seu trabalho de mestrado realizou um estudo das Funções de Pertinência para Conjuntos *Fuzzy* utilizando Controladores Semafóricos *Fuzzy*.

Alfaia (2018), em seu mestrado também utilizou os sistemas *fuzzy*, porém foi no desenvolvimento de um módulo inteligente de gerenciamento e controle de condicionadores de ar, onde foram atribuídas a temperatura externa, umidade relativa do ar e temperatura operante, como as variáveis de entrada do sistema de inferência *fuzzy*, foi obtido que a lógica do sistema desenvolvido fizesse o controle térmico automaticamente.

SANTOS (2016) realizou em seu doutorado um trabalho para a determinação do perfil de curva de carga residencial baseado em um sistema *fuzzy*. No trabalho a autora utilizou o período do dia e a taxa de ocupação da residência como entradas linguísticas para o sistema de inferência *fuzzy*.

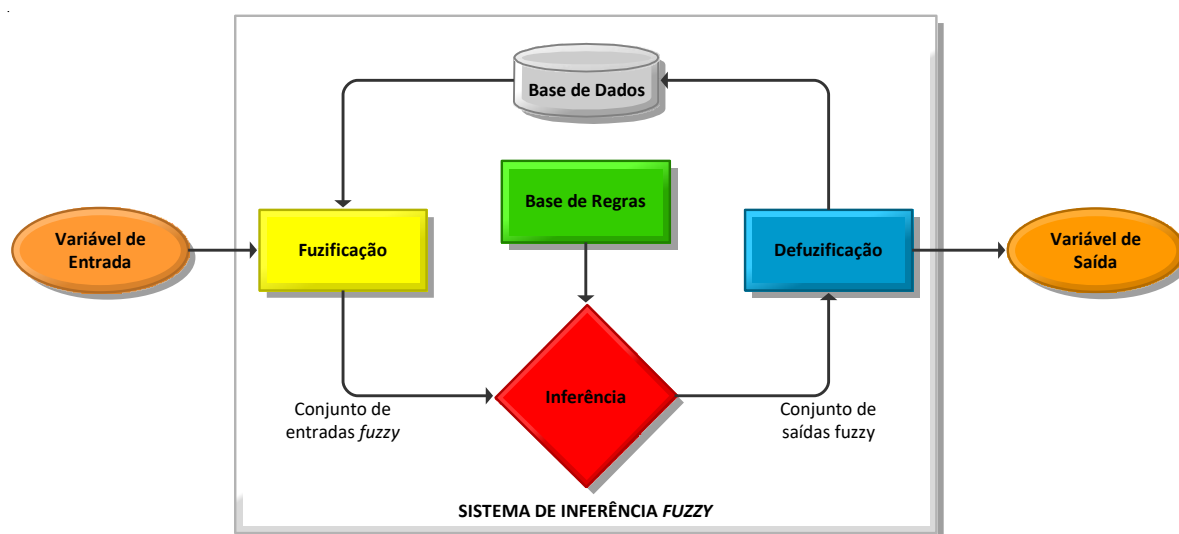
2.2.1.1 Elementos da Lógica Fuzzy

Os conjuntos difusos foram desenvolvidos para determinar o quanto um elemento pertence ou não a um determinado conjunto, com o uso de graus de pertinência (μ), que são valores reais no intervalo $[0;1]$. Assim é possível determinar os elementos que pertencem a um grupo e seu respectivo grau de pertinência (Posselt, 2011).

De acordo com Lima Jr et al. (2014) o primeiro FIS foi proposto por Mamdani e Assilian em 1975 e a adaptação mais significativa foi sugerida por Takagi e Sugeno em 1985. Em ambos modelos as variáveis de entrada e saída estão relacionadas por meio de uma base de regras de inferência.

O sistema de inferência Mamdani é dividido em cinco etapas conforme demonstrado na figura 2.

Figura 2 – Sistema de Inferência Mamdani



Fonte: Elaboração do autor

De acordo com Chen et al. (2018) a chamada lógica *fuzzy* é uma teoria que incorpora a intuição, o conhecimento de especialistas e a natureza imprecisa do processo de decisão humana por meio de um conjunto de regras simples. A lógica *fuzzy* foi criada para lidar com informações imprecisas ou vagas onde o valor de uma variável pode ser verdadeiro e falso com grau de porcentagem. Além disso, quando variáveis linguísticas são usadas, esses graus podem ser manipulados por funções específicas.

- Variáveis de Entrada

Na pesquisa realizada sobre os sistemas de conjunto *fuzzy* as variáveis de entrada são comumente chamadas de variáveis linguísticas.

Uma variável linguística é uma variável cujos valores são nomes de conjuntos fuzzy. Por exemplo, a temperatura de um dado processo poderia ser uma variável linguística assumindo valores baixa, média, alta, etc. (Gomide et al. 1988, p.4) A função da variável linguística é providenciar um meio sistemático para caracterização de um fenômeno complexo (VAZ, 2006, p.11)

As variáveis de entrada podem assumir valores linguísticos que também são tratados nas literaturas como termos linguísticos.

- Fuzificação

Analisando a figura 2, observa-se que o processo de fuzificação é a primeira etapa dentro do sistema de inferência fuzzy, nele cada variável de entrada é convertida em um valor numérico dentro do domínio do conjunto fuzzy definido.

A principal função de um fuzificador é converter os valores reais de entrada (escalar ou vetorial) em um grau de pertinência a conjuntos fuzzy para que sejam tratados pela máquina de inferência (Campos; Lima, p.17, 2016)

Para a realização do processo de fuzificação é necessário que para cada entrada tenha sido suas funções de pertinência.

As funções de pertinência dos conjuntos fuzzy podem assumir diversas formas, sendo a função trapezoidal, ou um de seus casos particulares e a função triangular, são os tipos de funções de pertinência mais utilizados (VAZ, 2006).

- Base de Regras

Os sistemas de inferência *fuzzy* permite modelar e processar termos linguísticos, armazenar o conhecimento de acordo com as regras de decisões. As parametrizações desses sistemas de inferência devem ser feitas a partir de opiniões de especialistas relacionados a área de aplicação, que também deverão apoiar nas escolhas e definições dos critérios e regras de inferências, além de colaborar na definição e parametrização dos termos linguísticos utilizados para a representação de cada variável.

A base de regras é onde se atribui um conjunto de regras que servirá como base conhecimento para a etapa de inferências, segundo Campos et al. (2016) essa

etapa consiste num conjunto de regras fuzzy do modelo causa e consequência *if – then*.

- Inferência

De acordo com Mares et al. (2015) o mecanismo de inferência é responsável por aplicar as regras definidas na base de regras de acordo com as variáveis de entradas já fuzificadas.

O processo de inferência fuzzy funciona a partir de um conjunto de regras denominado regras fuzzy, onde através das proposições condicionais do tipo ***if***(se) e ***then*** (então), as regras irão operar as variáveis linguísticas de entrada de forma a obter uma variável de saída de acordo com o grau de pertinência, além do operador lógico ***and***.

Os sistemas de inferência fuzzy são sistemas que mapeiam as entradas advindas de um conjunto de dados resultante de medições ou observações experimentais em saídas precisas, $y = f(x)$, onde x é entrada e y a saída do sistema de inferência fuzzy e f uma representação quantitativa do mapeamento (BENINI; MENEGUETTE JR, 2008).

- Defuzificação

O processo de defuzificação consiste na conversão das inferências realizadas, as quais são fornecidas em termos de conjuntos fuzzy de saída, ou seja, traduzir a inferência feita em valores representativos e que forneçam uma informação clara para a tomada de decisão e priorização dos riscos (Mares; Lucena, p.10, 2015). O operador mais utilizado no processo de defuzificação é o denominado centro de área, mostrado na equação abaixo.

$$CDA = \frac{\sum_{i=1}^L w_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^L w_i}$$

- Variáveis de Saída

As variáveis de saída são os valores que representam os conjuntos fuzzy, e são formados por valores precisos que podem gerar uma classificação de pertinência dentro do universo do discurso.

2.3 Considerações Finais

Este capítulo apresentou um breve resumo sobre a legislação que regula o atendimento a ocorrências emergências e os indicadores utilizados para controlar a qualidade dos serviços prestados pelas empresas distribuidoras de energia do Brasil.

Apresentou também a literatura de alguns trabalhos que estão sendo realizados pelas empresas distribuidoras de energia, voltados a melhorar a qualidade dos serviços prestados, de forma a adequar o tempo de atendimento dentro de dos limites estabelecidos pela ANEEL, e redução de custo e otimização de equipes. Nesse contexto pode-se observar que onde o emprego de tecnologias de equipamentos e sistemas tem sido amplamente aplicado na busca de alcançar os objetivos desejados.

O capítulo é finalizado com a apresentação de algumas metodologias de avaliação que foram estudadas para fundamentar o desenvolvimento do trabalho, foram apresentados os indicadores mais comuns utilizados como critérios de avaliação de projetos e os elementos da lógica *fuzzy* que será aplicada no desenvolvimento da metodologia proposta neste trabalho, pois é considerada bastante adequada para problemas com dados imprecisos e subjetivos.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação utilizando sistemas *fuzzy*, a metodologia será aplicada em um estudo de caso, para medir a eficiência dos sistemas implantando através de um projeto de P&D denominado Projeto SCODE, realizado pela Energisa Mato Grosso durante os anos de 2016 a 2018.

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para a identificação do problema relacionado ao tempo de atendimento de ocorrências na Energisa Mato Grosso, serão apresentados os dados dos indicadores levantados durante a pesquisa realizada e também serão apresentadas as soluções propostas pelo projeto de P&D, que foi desenvolvido visando a redução do TMAE e que serão utilizados para a aplicação da metodologia avaliação utilizando os sistemas *fuzzy*.

Freitas e Moscarola (2002) apresentam em seu trabalho algumas maneiras de realizar uma pesquisa prática e eficaz, utilizando técnicas de análise de dados. No trabalho os autores também explicam conceitos de análises qualitativas e quantitativa de dados. Os conceitos abordados foram aplicados no desenvolvimento deste trabalho, principalmente no sentido da análise qualitativa dos dados.

Para Freitas (2000) a busca por informações consistentes e válidas não podem deter-se apenas em dados estruturados e puramente quantitativos, precisa-se cada vez mais, ir aos dados de natureza qualitativas, como entrevistas, textos e etc.

Os dados apresentados e utilizados no trabalho foram obtidos através de pesquisa em planilhas de controle fornecidas pela Energisa Mato Grosso e nos relatórios técnicos elaborados pela equipe do P&D.

Os projetos de P&D devem ser compatíveis com a visão e missão da empresa. Sempre que possível, esses projetos devem fornecer benefícios para partes interessadas Taylor et al. (2012).

3.1 Método para Escolha do Alimentador

Para a implementação dos sistemas propostos no projeto de P&D, foi realizado um levantamento dos dados dos indicadores de qualidade da EMT e um estudo dos parâmetros que influenciam nos indicadores de qualidade de serviços, DEC, FEC e TMAE, dos alimentadores de distribuição de energia do estado de MT. O

objetivo do estudo foi identificar um alimentador onde seriam aplicados os sistemas de comunicação e de monitoramento da rede de distribuição.

O sistema de atendimento da Energisa Mato Grosso é distribuído em seis polos regionais, como pode ser observado na figura 3, a rede de distribuição da empresa possui mais de 700 alimentadores operando nos níveis de tensão 13,8 kV e 34,5 kV.

Após criteriosa análise dos indicadores de qualidade de serviços da concessionária de energia, priorizou-se a regional de Tangará da Serra, por se tratar de uma regional cujos indicadores estavam ultrapassando os limites estabelecidos pela ANEEL.

Figura 3 – Mapa Geográfico Regional da Energisa Mato Grosso



Fonte: Elaboração do autor

Foi definido o alimentador 06 da Subestação de Tangará da Serra, pois seus números de atendimento correspondem a 18,6% do total de ordens de serviços da subestação e que os problemas que ocorrem ao longo do alimentador afetam

significativamente os indicadores da subestação, impactando também no indicador global do conjunto e conseqüentemente da distribuidora de energia.

3.2 Levantamento de Dados

Para o levantamento dos dados para o trabalho foi realizado uma pesquisa nos relatórios elaborados durante o projeto do P&D e dados existentes nos sistemas de controle da Energisa Mato Grosso.

Para possibilitar efeitos de levantamento de dados e comparações de resultados, foram considerados somente informações compreendidas entre os anos 2015 a 2019.

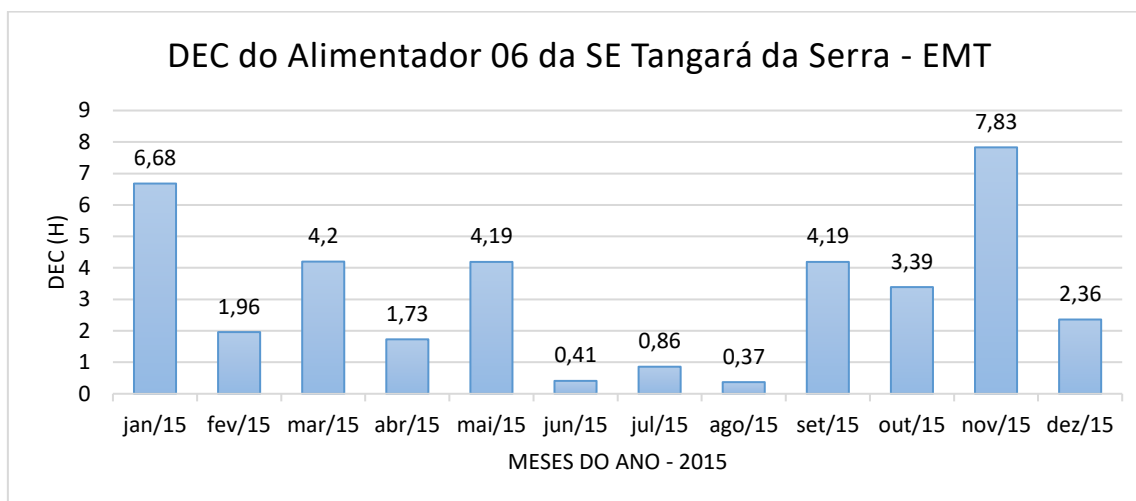
O critério de escolha dos anos foi com base no desenvolvimento do projeto que estava em andamento. Nos anos de 2015 e 2016 não havia sido implementado nenhum sistema de melhoria no alimentador do estudo, sendo assim são considerados dados do período antes da implantação de qualquer melhoria prevista no P&D.

Os dados referentes aos anos de 2017 a 2019 correspondem ao período em que o projeto estava em desenvolvimento e alguns dos sistemas previstos no projeto de P&D já haviam sido entregues ou estavam em fase de testes.

Os dados levantados durante as pesquisas foram os de indicadores de qualidade estabelecidos pela ANEEL o DEC, FEC e TMAE. Posteriormente e para melhor entendimento dos problemas de atendimento foram sendo realizados novos levantamentos e assim obtidos novos dados como Número de Atendimentos Emergenciais (NAE), Número de Deslocamentos Improcedentes (DI) e os valores de compensações.

O gráfico da figura 4 demonstra o DEC do alimentador 06.

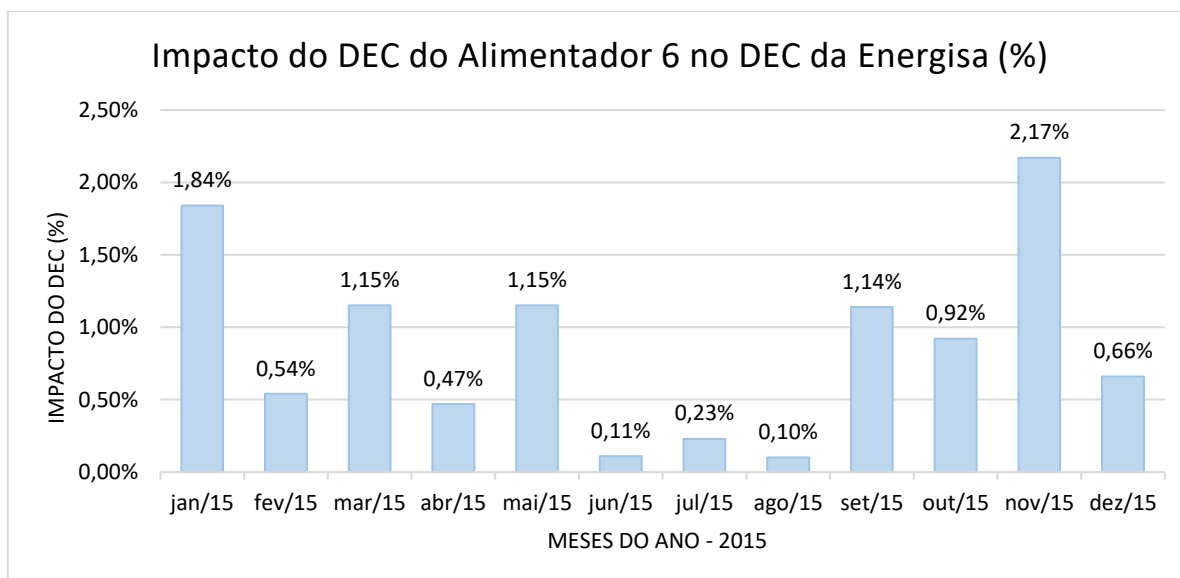
Figura 4 – DEC do Alimentador 6 no DEC na SE Tangará da Serra



Fonte: Adaptado de VASCONCELLOS et al. (2016)

O gráfico da figura 5 demonstra o impacto do DEC do alimentador 06 no valor global do conjunto Energisa Mato Grosso.

Figura 5 – Impacto do DEC do Alimentador 6 no DEC global da Energisa MT



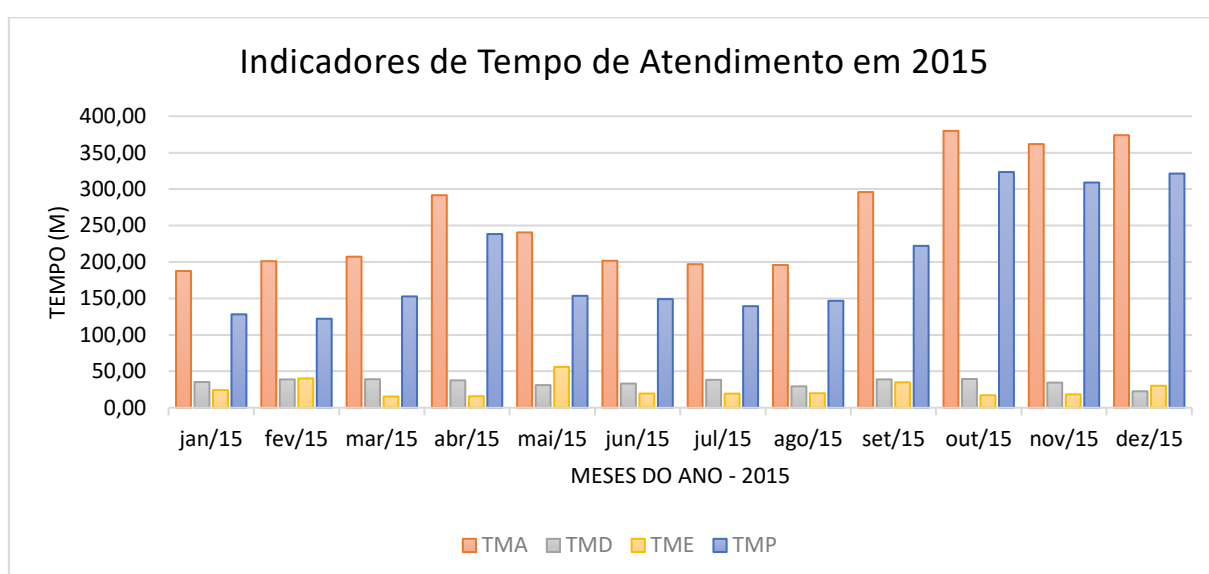
Fonte: Adaptado de VASCONCELLOS et al. (2016)

Conforme apresentado por Vasconcellos et al. (2016, p.14) o alimentador 06 apresentou em 2015 um impacto no DEC do conjunto ENERGISA de 0,87% em média. Foi realizado um estudo detalhado dos dados dos indicadores de qualidade deste alimentador para poder obter os dados que foram analisados para a identificação das causas que impactam no DEC da EMT.

A análise dos dados demonstrou que o impacto no DEC é ocasionado principalmente pelo índice de TMAE, onde são considerados o TMP, o TMD e o TME. Como pode ser observado no gráfico da figura 5, o TMP (tempo médio de preparação) corresponde com a maior parte do TMAE.

O Tempo de Preparação é afetado pelo tempo levado para reunir uma equipe de manutenção, preparação e/ou checagem dos materiais, veículos, ferramentas e equipamentos de segurança necessários para realizar o atendimento Andrade et al. (2009, p.2)

Figura 6 – Indicadores de Tempo de Atendimento em 2015



Fonte: Adaptado de Vasconcellos et al. (2017)

Foi realizado um levantamento sobre a quantidade de ordens de serviços (OS) abertas para atendimento, os dados apresentados na tabela 4 demonstram a proporção de solicitações de atendimentos para o alimentador 06 em relação a quantidade geral de OS abertas para subestação de Tangará da Serra e ao total geral de OS abertas para a EMT no período do levantamento.

Tabela 4 – Quantidade de Ordens de Serviços abertas

	nº OS_AL06	nº OS_TG	% TG	nº OS_EMT	% EMT
jan/15	192	995	19,30	43596	0,44
fev/15	97	647	14,99	32476	0,30
mar/15	111	515	21,55	29714	0,37
abr/15	96	552	17,39	28128	0,34
mai/15	61	407	14,99	21847	0,28
jun/15	48	356	13,48	16520	0,29
jul/15	48	343	13,99	17766	0,27
ago/15	57	350	16,29	17348	0,33
set/15	99	512	19,34	25957	0,38
out/15	157	748	20,99	36619	0,43
nov/15	190	801	23,72	38925	0,49
dez/15	81	421	19,24	24261	0,33
Média	103,08	553,92	17,94	27763,08	0,35

Fonte: Próprio Autor - Adaptado de Vasconcellos et al. (2017)

Os dados apresentados na tabela 4 demonstram que o alimentador 6 da SE Tangará da Serra correspondeu em média por aproximadamente 17,94% do número de atendimento total da SE, o que corresponde a 0,35% do total de atendimentos da empresa no ano do levantamento.

Considerando que a EMT possui mais de 690 alimentadores, é possível afirmar que o valor encontrado é elevado, pois se o número médio de ordens de serviços abertas por mês na Energisa Mato Grosso é de aproximadamente 27.763 OS.

Fazendo a relação direta de divisão entre a quantidade total de OS abertas pela quantidade total de alimentadores na EMT.

$$\frac{n^{\circ}OS}{n^{\circ}AL} = \frac{27763}{690} = 40.23$$

Sendo assim a relação média de solicitações de atendimento por alimentador deveria ser de 40,23 OS/mês, porém para o alimentador do estudo o valor apurado nos dados analisado são de 103 OS/mês em média.

O alimentador opera no nível de tensão de 13,8kV e possui um comprimento total de 599,26 km e apenas 11,57 km são em perímetro urbano na cidade de Tangará da Serra, os demais 587,69 km atendem clientes que estão instalados na zona rural da região, ao longo do alimentador estão instalados 1090 transformadores de distribuição, sendo 81 transformadores na área urbana e 1009 na zona rural.

Devido à grande extensão do alimentador, sendo em sua maior parte em área não urbana, as equipes de manutenção encontram grandes dificuldades de

comunicação com o centro de operações, ocasionando atrasos em manobras de restabelecimento, detecção de faltas e despachos de novos serviços.

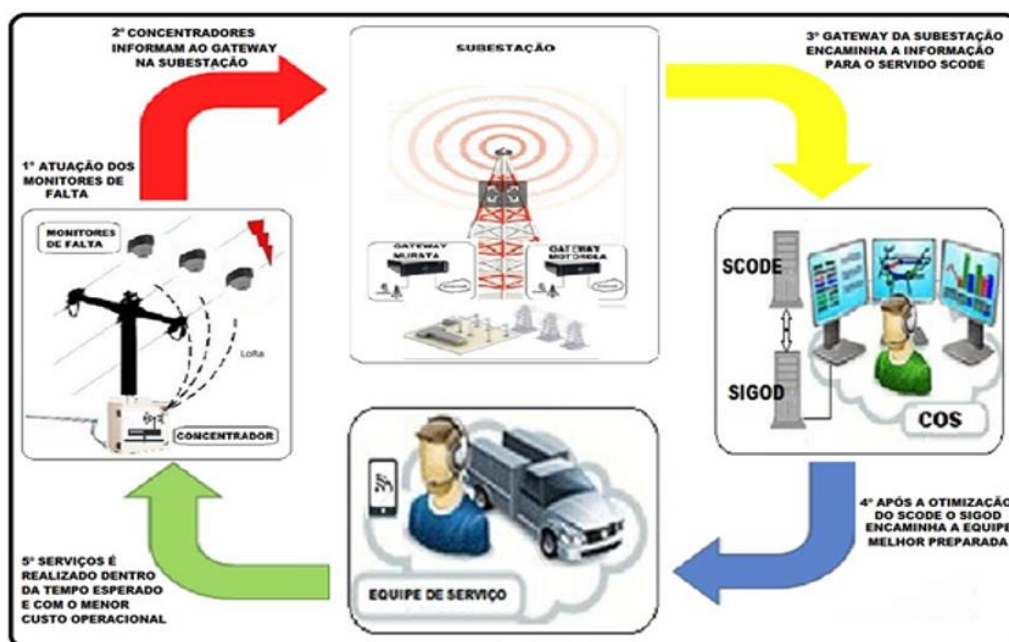
3.3 Projeto SCODE

Como pode ser observado no capítulo 2, existem vários projetos sendo desenvolvidos pelas empresas distribuidoras de energia elétrica com o objetivo de otimizar o atendimento de ocorrências emergenciais. Dentre os projetos pesquisados foram observados que o investimento em sistemas de otimização de despacho de equipes, localização de faltas e rede de comunicação tem dado bons resultados no sentido do correto dimensionamento das equipes, redução do tempo de deslocamento, redução no custo operacional, além de outros benefícios indiretos como por exemplo a satisfação do cliente.

Nesse sentido a Energisa Mato Grosso em parceria com o Instituto Lactec e a UFMT desenvolveram um projeto de P&D, com o objetivo de desenvolver um sistema computacional de despacho otimizado e automático de serviços, utilizando dispositivos de monitoramento de faltas dotados com sistema de comunicação para realizar a monitoramento on-line da rede de distribuição, utilizando uma rede inovadora de comunicação híbrida com meios alternativos.

A figura 7 representa a arquitetura básica do funcionamento do sistema proposto.

Figura 7 – Funcionamento do Sistema Implementado



Fonte: Fernandes et al. (2018)

De uma forma simplificada o sistema pretende operar conforme demonstrado na figura 7, uma rede de Monitores de Falta – MF será instalado ao longo de um determinado trecho do alimentador escolhido, no momento de uma falha o MF irá detectá-la e enviar as informações de atuação para o concentrado que será instalado próximo aos monitores, esses por sua vez irá encaminhar as informações até *Gateway* que será instalado na sala de comando da subestação que atende o alimentador. O *Gateway* está interligado ao Servidor do SGMF que receberá a informação da ocorrência.

Com a informação no SGMF os operadores do COS poderão despachar as equipes de atendimento com maior assertividade ao local do defeito e desta forma reduzir o tempo de atendimento a ocorrência.

3.3.1 Sistema Computacional de Despacho

O desenvolvimento de sistemas automatizados e ferramentas computacionais para o atendimento de ocorrências na rede de distribuição de energia elétrica tem sido de grande importância para as concessionárias, pois contribuem para a diminuição do tempo de interrupção do fornecimento de energia elétrica (Kiyohara, et al., 1998).

O sistema computacional foi desenvolvido para otimizar e automatizar o despacho de serviços para equipes de campo utilizando algoritmos de otimização baseado em inteligência computacional.

Para o desenvolvimento do sistema foi baseado no algoritmo Munkres, já citado no capítulo 2, onde foram aplicados em sistemas de despacho de equipes desenvolvidos por Volpi et al. (2011) e Verboski (2010). O que demonstra que o trabalho desenvolvido durante o projeto está alinhado com as técnicas já aplicadas de otimização de despacho.

Para o desenvolvimento do algoritmo foi necessário fazer o levantamento das regras de despacho, considerando o tipo de serviço, perfil da equipe, tipo de veículo, região, entre outras. Posteriormente foram analisados os parâmetros de despacho como: distância, número de clientes, folga da meta etc.

- Características de Funcionamento

O Sistema de Despacho Otimizado e Automático de Serviços – SCODE foi uma ferramenta desenvolvida com base em um conjunto de regras e um algoritmo de inteligência computacional que visa automatizar e otimizar o processo de despacho e designação de OS para as equipes de atendimento de campo.

O SCODE foi desenvolvido para designar a equipe que estiver mais apta a realizar o atendimento dos serviços, para a definição da equipe foram estabelecidas regras de priorização, a otimização fora implementada em módulos com funções distintas que sempre buscam a melhor alternativa para o atendimento das OS. A figura 8 e demonstra a arquitetura de funcionamento do SCODE.

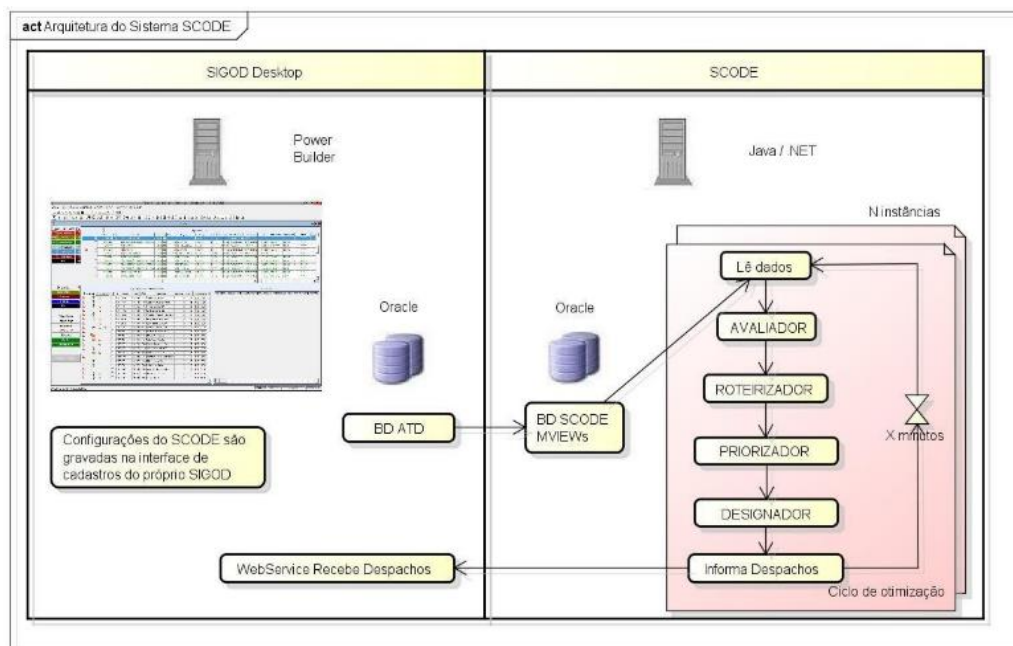
Módulo Avaliador é responsável por avaliar as regras básicas do despacho.

Módulo Roteirizador calcula a distância e o tempo do deslocamento da equipe de serviços até o local do atendimento.

Módulo Priorizador é onde são atribuídos os pesos das variáveis de otimização e executar o cálculo dos “custos” definido entre serviços e equipes.

Módulo Designador realiza a escolha da equipe que irá realizar os serviços de acordo com as informações dos módulos anteriores.

Figura 8 – Arquitetura de Funcionamento do SCODE



Fonte: Relatório Projeto P&D 0405-0012/2015 (SCODE 2017)

3.3.2 Sistema Híbrido de Comunicação – SHC

A maioria dos esquemas básicos de proteção elétrica opera sem o uso da comunicação. A adição da comunicação tem como resultado uma cobertura mais precisa e operação mais rápida. A maior velocidade de operação reduz o esforço imposto aos componentes elétricos e melhora a confiabilidade e a estabilidade do sistema de potência global. Uma cobertura com melhor precisão ajuda o esquema de proteção a definir onde o evento está localizado e reduz a probabilidade de uma operação incorreta Achanta et al. (2011)

Para o funcionamento do sistema proposto é fundamental a existência de uma rede de comunicação eficiente, confiável e de longo alcance. Para atendimento a esses requisitos está sendo desenvolvido no projeto uma rede de comunicação híbrida, com a utilização de link de satélites, rádios bidirecionais VHF e rede GPRS, já em operação atualmente na concessionária. Em conjunto com as tecnologias já utilizadas pela EMT, foram desenvolvidos para o projeto rádios utilizando as tecnologias LoRa e Murata com características de baixa potência e longo alcance.

A denominação híbrida vem da característica do projeto em estar utilizando diversos sistemas e protocolos de comunicação como sinal de rádio VHF, Satélite, tecnologia Lorawan, Murata, Bluetooth.

Um das principais aplicações do sistema híbrido de comunicação é possibilitar o tráfego de Ordens de Serviço do sistema SIGOD pelo canal de rádio VHF ROIP. Com a implantação do sistema espera-se facilitar o acesso de comunicação entre as equipes e o centro de operações e assim diminuir os tempos de respostas aos atendimentos.

3.3.3 Sistema de Gerenciamento de Monitores de Falta – SGMF

Como abordado nas literaturas citados do capítulo 2, a utilização de dispositivos de monitoramento ou sinalização de faltas tem sido de grande aplicação nas empresas distribuidoras de energia, como ferramenta de auxílio na redução dos indicadores de qualidade.

O desenvolvimento de dispositivos de monitoramento de falta foi um dos objetivos do projeto, esses dispositivos foram aplicados para a formação de um Sistema de Monitoramento de Faltas (SGMF) na rede de distribuição de energia em Média Tensão, com a finalidade de subsidiar com informações quanto a localização do possível trecho defeituoso e desta forma auxiliar o sistema de despacho de serviços para as equipes de campo de forma inteligente e eficiente.

No projeto da Energisa que é o objeto do estudo de caso, foram aplicados 7 (sete) conjuntos de MF ao longo do alimentador 06 da SE Tangará da Serra em Mato Grosso, ao todo foram utilizados 21 dispositivos, que fizeram por um determinado tempo a supervisão do trecho do alimentador onde foram instalados e reportaram as informações remotamente através do sistema de comunicação até o servidor que está instalado no COS em Cuiabá.

Espera-se que com as informações enviadas pelos MF que as equipe serviços consigam chegar até o encontrar o ponto da falta com maior agilidade, reduzindo assim o TMAE.

- **Características de Funcionamento**

Em os MF são dispositivos eletrônicos projetados para serem instalados nas redes de distribuição, ficam presos aos cabos de força e detectam a faltas ou defeitos ocasionados por curto circuitos, essas faltas podem ter características transitórias ou

permanentes, podem detectar também se o sistema está energizado ou desenergizado, monitorando a presença ou não de tensão na rede de distribuição.

O dispositivo desenvolvido no projeto da Energisa não foge das características citadas acima, os MF serão capazes de fornecer um diagnóstico da rede de distribuição, reportando os eventos detectados com estampa de tempo para melhorar as análises das ocorrências.

Os MF foram construídos para serem instalados na rede de distribuição aérea de até 34,5kV somente com o auxílio da vara de manobra conforme demonstrado na figura 9 com corrente de operação máxima de 400A. Dentre as características inovadoras dos dispositivos desenvolvidos no projeto é a comunicação entre os MF e o *GATEWAY* que é através do protocolo LORA e que será transmitido por um sinal de RF de baixo consumo de energia.

Figura 9 – Monitores de Falta instalados na rede de distribuição aérea



Fonte: Relatório SCODE

Uma das principais características do MF é a operacional, na forma que o dispositivo se comporta na rede de distribuição e como ele identifica o que é defeito e o que é carga. O dispositivo desenvolvido no projeto tem por característica de funcionamento normal, considerando o sistema energizado quando a corrente medida estiver acima da corrente mínima de operação, que é o limite mínimo para o correto funcionamento do equipamento, abaixo desse limite o MF considera que o sistema está desligado ou desenergizado. Essa característica limita um pouco o uso do MF

em alimentadores ou ramais onde a corrente da carga for muito baixa, onde na prática ocorre normalmente em alimentadores muito longo, em trechos não urbanos.

As Faltas são caracterizadas como transitórias ou permanentes, para as faltas transitórias o MF detecta uma corrente de curto circuito e logo em seguida é percebido um desligamento, provocado pelo equipamento de proteção do sistema, seja ele religador instalado na rede de distribuição ou mesmo na subestação de energia, e após é percebido uma ou mais tentativas de religamento automático até a situação de restabelecimento da corrente de operação. A falta permanente o princípio de detecção é semelhante, porém após as tentativas de religamento não é percebido o restabelecimento da corrente de operação e a corrente medida fica abaixo da corrente de operação.

Outra característica inovadora do dispositivo é a alimentação do circuito do MF que é feita através de painéis fotovoltaicos figura 10, sem a necessidade de alimentação externa ou baterias, o MF pode atingir uma autonomia de até 72 horas sem irradiação solar.

Figura 10 – Monitor de Falta com Painel Fotovoltaico



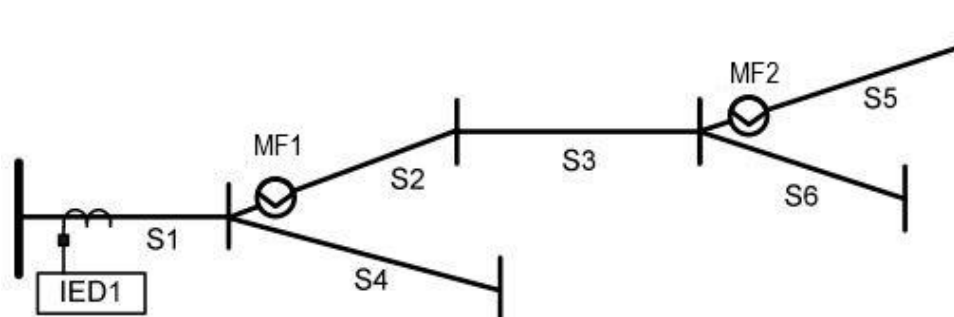
Fonte: Relatório SCODE

- Arquiteturas de Instalação

A arquitetura básica de instalação dos dispositivos Monitores de Falta (MF) é a distribuição coordenada ou planejada ao longo do alimentador normalmente nas derivações de ramais próximo ao troco principal, conforme pode ser observado na figura 11. Nessa configuração pode-se observar que o único dispositivo de proteção existente é o IED1 normalmente instalado na barra da subestação, observa-se

também que o MF1 foi instalado logo após a primeira derivação na seção S2 e o MF2 foi instalado logo após a segunda derivação na seção S5.

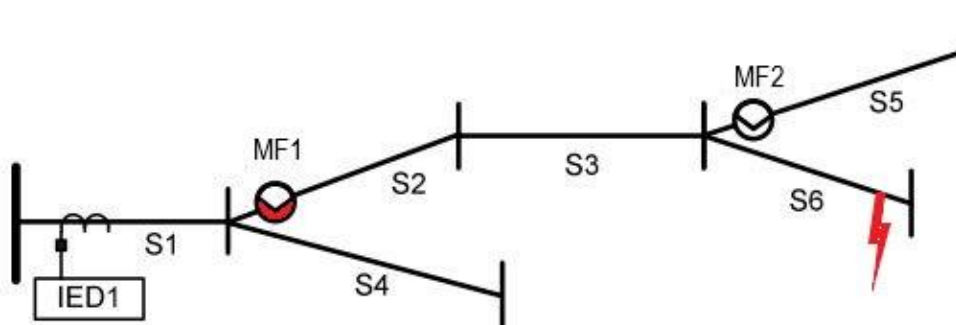
Figura 11 - Monitores de Falta sem associação de dispositivos de proteção ao longo do alimentador



Fonte: Adaptado de Gong; Guzman (2011)

Para o exemplo da figura 12, numa situação de falta no trecho S6, o monitor MF1 seria acionado e enviaria informação de atuação ao COS e as equipes seriam deslocadas para atendimento a procura de defeito nos trechos S2, S3 e S6, sem necessidade de percorrer os trechos S1, S4 e S5 indevidamente, ganhando tempo na identificação do defeito e garantindo o restabelecimento em um tempo menor de atendimento.

Figura 12 – Falta no Trecho S6



Fonte: Adaptado de Gong; Guzman (2011)

Diversos estudos utilizam algoritmo computacional para a alocação otimizada dos MF de forma a aumentar a eficiência operacional do sistema de distribuição de energia elétrica, com a redução do tempo de identificação do ponto defeituoso na rede de distribuição.

3.4 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os materiais e metodologias de pesquisa aplicadas para obtenção dos dados que foram utilizados para avaliar o projeto utilizado para testar a metodologia.

Foi contextualizado o motivo da escolha do alimentador onde foram aplicados os sistemas avaliados, são apresentados os dados relativos aos indicadores de qualidade de serviços DEC, FEC, TMAE que posteriormente foram analisados para determinar se os resultados obtidos com a implantação dos sistemas alcançaram os objetivos pretendidos no projeto.

Também foram apresentados os sistemas desenvolvidos e aplicados no projeto, visando atingir o objetivo da empresa, e que neste trabalho foram utilizados para validar a metodologia de avaliação proposta.

4 MATERIAIS E METODOLOGIA PROPOSTA

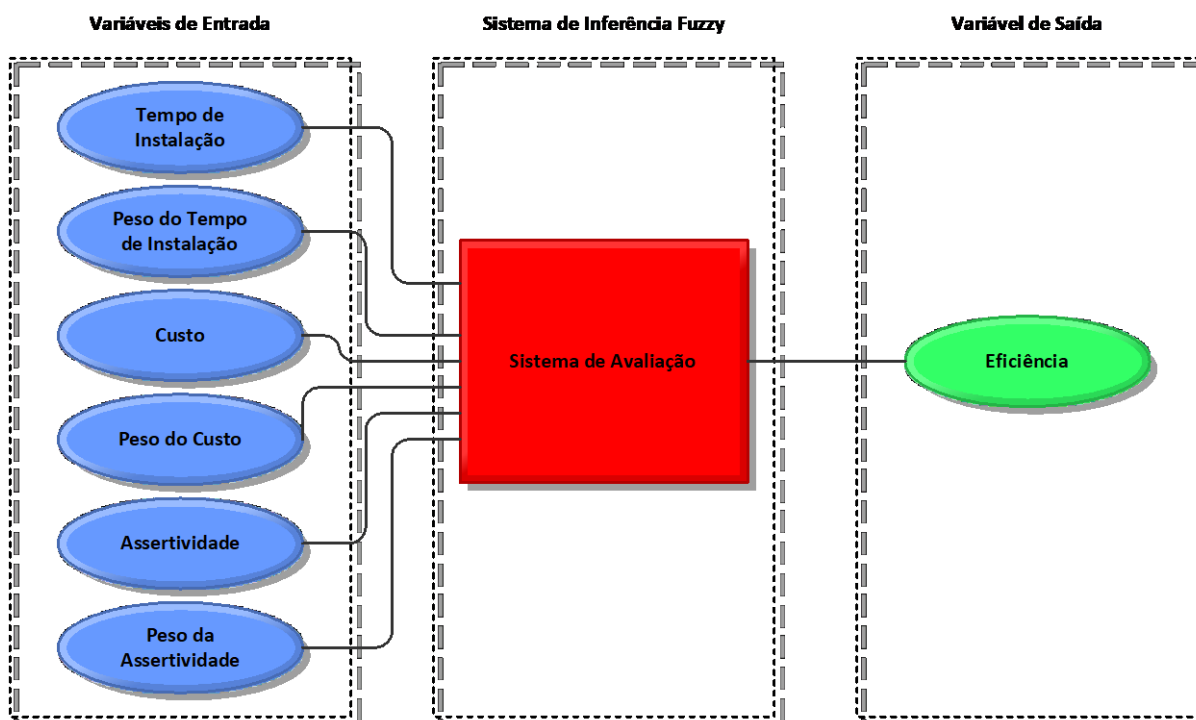
A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação, tendo como base a aplicação de Sistemas *Fuzzy* para realizar a análise dos dados, para o desenvolvimento da metodologia foram utilizados indicadores ou critérios como variáveis de entrada e foi considerado um fator peso para cada uma das variáveis de entradas.

A metodologia poderá nos permitir avaliar aspectos relacionados a diversas áreas do conhecimento, onde os critérios definidos como variáveis de entrada serão avaliados e resultarão nas variáveis de saída.

Para a simulação da proposta foi utilizado *Software MATLAB*, onde o sistema de inferência será parametrizado no *Fuzzy Logic Toolbox*.

A figura 13 ilustra a proposta da metodologia de avaliação utilizando sistema *fuzzy*.

Figura 13 – Metodologia Proposta utilizando Sistema *fuzzy*



Fonte: Elaboração do autor

4.1 Definição das Variáveis Linguísticas

4.1.1 Definição das Variáveis de Avaliação

Para a definição das variáveis linguísticas que irão representar a entrada e saída do Sistema de Inferência *Fuzzy* foi realizada através de revisão literatura e posteriormente consulta a especialista. Na revisão bibliográfica foi realizada uma pesquisa a respeito dos temas “Avaliação de projetos” e “Medição de desempenho”, a pesquisa permitiu identificar os atributos mais utilizados para avaliação ou medição de desempenho.

No trabalho de Cesar e Carpinetti (2011) os autores fazem uma revisão bibliográfica a respeito de medição de desempenho. Os indicadores ou atributo mais citados como métrica de desempenho são: Confiabilidade, Flexibilidade, Custo, Eficiência e Tempo.

Foi elaborado questionário estruturado e posteriormente aplicados a profissionais que trabalham nas áreas que possuem interrelação do com o projeto que está sendo avaliado, ao todo foram entrevistados 10 profissionais especialistas, sendo três supervisores, três engenheiros e quatro técnicos.

Os profissionais consultados possuem mais de 15 anos de experiência na áreas que atuam, foram consideradas áreas afins os setores de: Gestão de Projetos, responsáveis por fazer a gestão dos projetos que são implantados na empresa, de onde foram consultados três engenheiros; o setor de Operação do Sistema de Distribuição, responsável por gerenciar as ocorrências e atendimentos das equipes de campo, de onde foram consultados um engenheiro supervisor e três técnicos operadores do sistema e também foi consultada o setor de Proteção Elétrica, responsável por fazer estudos de curto circuito e melhorias do sistema elétrico, onde foram consultados três engenheiros.

Após análise dos resultados obtidos nos questionários foram escolhidos os três indicadores que obtiveram notas de maior relevância segundos os profissionais.

Foram escolhidos como variáveis linguísticas de entrada os indicadores de Tempo, Custo e Confiabilidade/Assertividade. Os mesmos indicadores são utilizados no trabalho de Bermudez Peña et al. (2015).

A variável Tempo irá representar um percentual do tempo reduzido no indicador TMAE com a aplicação do SGMF para monitorar a rede de distribuição na empresa, e assim agilizar o atendimento das ocorrências emergenciais.

A variável Custo irá representar o percentual financeiro reduzido com a aplicação do SGMF, foi considerado o ganho com a redução do custo operacional com veículos, considerando a redução do número de atendimento a chamadas improcedentes que seriam reduzidas com a aplicação do sistema.

A variável Assertividade/Confiabilidade irá representar o quanto as informações são assertivas ou confiáveis para o sistema, se irão auxiliar a proposta de redução do TMAE.

De maneira análoga ao que foi procedimento que foi utilizado para a escolha das variáveis de entrada, foi utilizado o resultado da pesquisa para a definição da variável de saída, que nesse caso foi definida a variável Eficiência como a saída no nosso sistema de avaliação *fuzzy*, que irá representar a relação das variáveis de entrada de acordo com a base de regras definidas para o FIS.

4.1.2 Definição das Variáveis de Peso para Avaliação

Cada uma das variáveis de entrada possui prioridade diferente dentro do objetivo desejados, a metodologia proposta utiliza pesos para cada uma das variáveis, de forma que a soma dos pesos seja igual a 1 (um).

$$Pv1 + Pv2 + Pv3 + \dots + Pvn = 1$$

Onde:

$Pv1$ é o peso da variável de entrada 1

$Pv2$ é o peso da variável de entrada 2

$Pv3$ é o peso da variável de entrada 3

Pvn é o peso de número de variáveis que houver.

O valor de cada peso será atribuído em função do que será avaliado e da variável escolhida para avaliá-lo, esse valor será atribuído com a ajuda de especialista em função do conhecimento adquirido sobre o assunto.

4.2 Sistema de Inferência *Fuzzy*

O Sistema de inferência *Fuzzy* ou *Fuzzy Inference System (FIS)* é a etapa responsável por receber as variáveis de entrada, processar a base de regras e retornar com a saída de acordo com o sistema que havia sido modelado.

Segundo Lima Jr et al. (2014) o primeiro sistema de inferência fuzzy foi proposto por Mamdani e Assilian em 1975, é constituído por cinco elementos principais sendo: interface de fuzificação, base de regras, mecanismo de inferência, base de dados e interface de defuzificação.

4.2.1 Definição dos Termos Linguísticos

Os termos linguísticos ou valores linguísticos são utilizados para expressão qualitativamente as expressões imprecisas fornecidas durante o processo de modelamento ou configuração do sistema de inferência *fuzzy*, pode-se considerar que os termos linguísticos são os adjetivos que podem ser atribuídos para cada variável de entrada do sistema.

Segundo Cesar e Carpinetti (2011) os termos linguísticos são utilizados para expressar qualitativamente os valores das variáveis linguísticas de entrada.

Sendo assim para as variáveis linguísticas definidas no trabalho foram adotados os seguintes termos linguísticos:

- Variável de entrada Tempo, foram atribuídos os termos linguísticos Baixo, Médio, Alto e Muito Alto;
- Variável de entrada Custo, foram atribuídos os termos linguísticos Baixo, Médio, Alto e Muito Alto;
- Variável de entrada Assertividade, foram atribuídos os termos linguísticos Baixo, Médio, Alto e Muito Alto;
- Variável de saída Eficiência, foram atribuídos os termos linguísticos Muito Baixo, Baixo, Médio, Alta e Muito Alta.

4.2.2 Definição das Funções de Pertinência

Como já citado no capítulo 2, as funções de pertinência são uma representação numérica gráfica da magnitude de participação de cada entrada e saída, caracterizando de forma gradual, a pertinência nos conjuntos *fuzzy*.

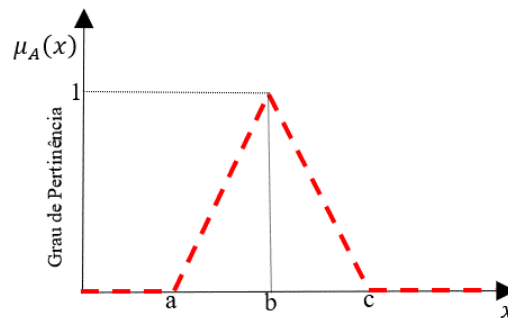
Para o desenvolvimento da metodologia utilizaremos as funções de pertinência do tipo Triangular e Trapezoidal.

- Função Triangular;

A função triangular é representada por três parâmetros (a, b, c), conforme representado na figura 14.

$$Tring(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Figura 14 – Função de Pertinência Triangular



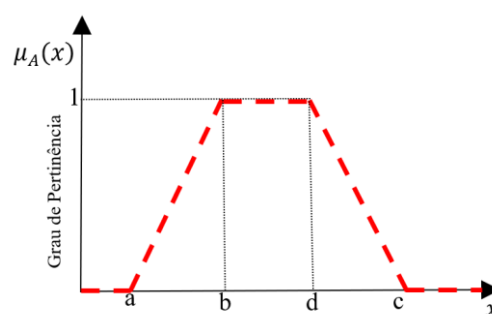
Fonte: Elaboração do autor

- Função Trapezoidal;

A função trapezoidal é representada por quatro parâmetros (a, b, c, d), conforme representado na figura 15.

$$Trapez(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq d \\ \frac{c-x}{c-d}, & d \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

Figura 15 – Função de Pertinência Trapezoidal



Fonte: Elaboração do autor

Para cada variável de entrada foram atribuídas funções de pertinência que representam os respectivos termos linguísticos, e para cada função de pertinência serão atribuídos seus respectivos valores numéricos de acordo com sua característica.

De acordo com Cesar e Carpinetti (2011, p.759) a atuação de um especialista na área do fenômeno a ser modelado é de fundamental importância para colaborar na construção das funções de pertinência para a descrição das entradas. Sendo assim os valores numéricos atribuídos para cada função de pertinência foi definido com a ajuda dos especialistas da empresa.

- Variável de Entrada Tempo

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de entrada Tempo, estão representadas no Tabela 5.

Tabela 5 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Tempo

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Tempo	Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Muito Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

- Variável de Entrada Peso do Tempo – (PT)

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de entrada Peso do Tempo, estão representadas no Tabela 6.

Tabela 6 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Peso do Tempo de Instalação (PTI)

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Peso do Tempo	Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

- Variável de Entrada Custo

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de entrada Custo, estão representadas no Tabela 7.

Tabela 7 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Custo

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Custo	Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Muito Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

- Variável de Entrada Peso do Custo – (PC)

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de entrada Peso do Custo, estão representadas no Tabela 8.

Tabela 8 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Peso do Custo (PC)

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Peso do Tempo	Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

- Variável de Entrada Assertividade

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de entrada Assertividade, estão representadas no Tabela 9.

Tabela 9 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Assertividade

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Assertividade	Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Muito Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

- Variável de Entrada Peso da Assertividade – (PA)

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de entrada Peso da Assertividade, estão representadas no Tabela 10.

Tabela 10 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável Peso da Assertividade (PA)

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Peso da Assertividade	Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

- Variável de Saída Eficiência

As funções de pertinência e termos linguísticos definidos para a variável de saída Eficiência, estão representadas no Tabela 11.

Tabela 11 – Função de Pertinência e Termo Linguístico da Variável de Saída Eficiência

Variável	Termo Linguístico	Função de Pertinência	Ponto (a)	Ponto (b)	Ponto (c)	Ponto (d)
Eficiência	Muito Baixo	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)
	Baixo	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Médio	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Alto	Triangular	(x;y)	(x;y)	(x;y)	-----
	Muito Alto	Trapezoidal	(x;y)	(x;y)	(x;y)	(x;y)

Fonte: Elaboração do autor

4.2.3 Definição da Base de Regras

Para a configuração do nosso sistema de avaliação utilizando lógica *fuzzy* é necessário definir uma base de regras *if* (se) e *then* (então) que irão operar as variáveis de entrada.

De acordo com SANTOS (2016) a base de regras é um dos principais componentes do SF. As regras podem ser definidas de acordo com o conhecimento do especialista, sendo crucial para obtenção de bons resultados.

Primeiramente foram criadas as bases de regras para a relação entre a variável definida pelos especialistas e seu respectivo peso.

- Base de Regras Tempo x Peso Tempo

As regras para a relação entre o as variáveis Tempo x PT está representada na tabela 12, como pode ser observado a relação entre as duas variáveis resultou em 12 regras que irá determinar a eficiência da variável tempo para o sistema de avaliação.

Tabela 12 – Regras para relação das Variáveis Tempo x Peso do Tempo

REGRAS DA VARIÁVEL TEMPO X PESO DO TEMPO					
EFICIÊNCIA		TEMPO			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
PESO DO TEMPO	Baixo	Muito Baixa	Muito Baixa	Baixa	Baixa
	Médio	Baixa	Media	Média	Alta
	Alto	Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta

Fonte: Elaboração do Autor

- Base de Regras Custo x Peso do Custo

As regras para a relação entre o as variáveis Custo x PC está representada na tabela 13, como pode ser observado a relação entre as duas variáveis também resultou em 12 regras que irá determinar a eficiência da variável Custo para o sistema de avaliação.

Tabela 13 – Regras para relação das Variáveis Custo x Peso do Custo

REGRAS DA VARIÁVEL CUSTO X PESO DO CUSTO					
EFICIÊNCIA		CUSTO			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
PESO DO CUSTO	Baixo	Média	Média	Media	Baixa
	Médio	Alta	Média	Baixa	M. Baixa
	Alto	M. Alta	Alta	Baixa	M. Baixa

Fonte: Elaboração do Autor

- Base de Regras Assertividade x Peso da Assertividade

A relação entre o as variáveis Assertividade x PA está representada na tabela 14, como pode ser observado a relação entre as duas variáveis também resultou em 12 regras que irá determinar a eficiência da variável Assertividade para o sistema de avaliação.

Tabela 14 – Regras para relação das Variáveis Assertividade x Peso do Assertividade

REGRAS DA VARIÁVEL ASSERTIVIDADE X PESO DA ASSERTIVIDADE					
EFICIÊNCIA		ASSERETIVIDADE			
		Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
PESO DA ASSERTIVIDADE	Baixo	Muito Baixa	Muito Baixa	Baixa	Baixa
	Médio	Baixa	Media	Média	Alta
	Alto	Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta

Fonte: Elaboração do Autor

- Base de Regras da Eficiência

Para a variável de saída Eficiência as regras foram definidas de acordo com a opinião dos especialistas e totalizaram 36 regras que resultaram nas variáveis de saída. A tabela 15 apresenta a relação das regras para a variável de saída Eficiência.

Tabela 15 – Regras para relação das Variáveis de saída Eficiência

REGRAS PARA RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE SAÍDA					
REGRAS	Variáveis	If			Then
		Variável de Entrada	If	Peso da Variável Entrada	Variável de Saída
TERMOS LINGUISTICOS					
1	Tempo	Baixo	&	Baixo	M. Baixa
2		Baixo		Médio	Baixa
3		Baixo		Alto	Média
4		Médio		Baixo	M. Baixa
5		Médio		Médio	Media
6		Médio		Alto	Alta
7		Alto		Baixo	Baixa
8		Alto		Médio	Média
9		Alto		Alto	M. Alta
10		M. Alto		Baixo	Baixa
11		M. Alto		Médio	Alta
12		M. Alto		Alto	M. Alta
13	Custo	Baixo		Baixo	M. Baixa
14		Baixo		Médio	Baixa
15		Baixo		Alto	Média
16		Médio		Baixo	M. Baixa
17		Médio		Médio	Media
18		Médio		Alto	Alta
19		Alto		Baixo	Baixa
20		Alto		Médio	Média
21		Alto		Alto	M. Alta
22		M. Alto		Baixo	Baixa
23		M. Alto		Médio	Alta
24		M. Alto		Alto	M. Alta
25	Assertividade	Baixo		Baixo	M. Baixa
26		Baixo		Médio	Baixa
27		Baixo		Alto	Média
28		Médio		Baixo	M. Baixa
29		Médio		Médio	Media
30		Médio		Alto	Alta
31		Alto		Baixo	Baixa
32		Alto		Médio	Alto
33		Alto		Alto	M. Alta
34		M. Alto		Baixo	Baixa
35		M. Alto		Médio	Alta
36		M. Alto		Alto	M. Alta

Fonte: Elaboração do Autor

4.2.4 Inferências

Para a proposta do trabalho foi adotado o modelo de inferência Mamdani, pois é considerado o mais intuitivo e adequado para tratar conhecimentos imprecisos extraídos das opiniões dos especialistas. Nesta etapa que serão processadas as regras do tipo *if* e *then* definidas anteriormente.

4.2.5 Defuzificação

Nesta etapa cada variável linguística de saída é convertida em um valor de saída real.

Para a aplicação na metodologia proposta foi utilizado o processo de defuzificação denominado Centro de Área ou Centro de Gravidade, pois é considerado um método muito eficiente que pode ser utilizado com a maioria das funções de pertinência.

$$CDA = \frac{\sum_{i=1}^L w_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^L w_i}$$

4.3 Simulação Computacional

Para a aplicação da metodologia desenvolvida foi utilizado o software MATLAB, que é uma ferramenta computacional matemática de grande aplicação em trabalhos científicos, permitindo que sejam implementados em ambientes de simulação computacional os modelos desenvolvidos teoricamente.

Para a implementação foi utilizado a toolbox da lógica *fuzzy* (*Fuzzy Logic Toolbox*) que é uma ferramenta que pode ser usado para simular as saídas do seu sistema de inferência fuzzy.

Para a utilização da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox* é necessário realizar a parametrização de acordo com a metodologia desenvolvida no trabalho, esses passos serão realizados no capítulo 5 deste trabalho.

4.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi demonstrado como os sistemas *fuzzy* foram aplicados no desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de projetos. Foram apresentados os critérios aplicados nesse trabalho para medir o desempenho dos sistemas desenvolvidos e aplicados no projeto em busca de obter a redução no tempo de atendimento emergencial.

É demonstrado como os indicadores de Custo, Tempo, Assertividade e Eficiência foram definidos e aplicados na metodologia proposta como variáveis de entradas e saída.

Com base na experiência profissional e opiniões de uma equipe de especialistas da empresa, foram definidas as funções de pertinência e os termos linguísticos e as regras de avaliação utilizadas na metodologia, e como essas regras se relacionaram para obter uma métrica do desempenho do sistema.

Neste capítulo observa-se que a opinião dos especialistas tem uma forte contribuição no resultado da avaliação, também é importante observar que independente das opiniões a metodologia proposta é válida, porém os valores de avaliação podem ter resultados diferentes se o sistema for parametrizado com base em opiniões de uma equipe especialista com experiências diferentes.

5 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DO MODELO E SIMULAÇÃO

Este capítulo aborda detalhes da aplicação do método a um projeto real, para isso será contextualizado a escolha dos indicadores utilizados como variáveis de entrada do sistema no qual o método é aplicado, depois serão abordadas considerações necessárias e por fim serão apresentados os resultados.

A metodologia foi desenvolvida com base na lógica *fuzzy* e para sua aplicação foi utilizado a ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox* que faz parte do software de computação matemática MATLAB.

Para validação da metodologia proposta o modelo foi aplicado para avaliar um projeto de P&D desenvolvido na Energisa Mato Grosso, empresa responsável pela distribuição e comercialização de energia do estado de Mato Grosso EMT.

Com a metodologia pretende-se avaliar um sistema de gerenciamento de monitores de falta e uma rede de híbrida de comunicação que foram implementados na Energisa Mato Grosso, com a finalidade de obter a redução do Tempo Médio de Atendimento Emergencial da empresa.

Como citado anteriormente o projeto tem por objetivo reduzir o tempo de atendimento emergencial realizado pelas equipes de campo que trabalham realizando o atendimento de OS na rede de distribuição de energia elétrica.

No período pré-projeto SCODE a comunicação da regional de Tangará da Serra para despacho de OS e comunicação com as equipes que atendiam as ocorrências na cidade de Tangará da Serra era realizado via sinal GPRS, o raio de cobertura do sinal era de 8km em torno da SE Tangará da Serra.

Sendo assim toda as vezes que uma equipe realizava um atendimento fora desse raio de cobertura era necessário o retorno da equipe para dentro do raio para realizar o sincronismo dos equipamentos e desta forma poder dar baixa em OS e receber novas solicitações.

5.1 Considerações Iniciais

O sistema de avaliação proposto foi parametrizado de acordo com o apoio da opinião dos especialistas da área de operação, proteção e planejamento da empresa.

Foram utilizados os dados obtidos nas pesquisas realizados relatórios técnicos de acompanhamento de indicadores da Energisa Mato Grosso e relatórios das etapas do projeto de P&D.

Através das entrevistas e aplicação do questionário estruturado foram definidos os indicadores que seriam utilizados para avaliação dos SGMF e SHC.

5.2 Simulação da Metodologia aplicada para avaliar o SGMF

Para a avaliação do SGMF foram atribuídos três indicadores, Tempo, Custo e Assertividade.

Variável Tempo, considerando o objetivo do projeto a variável de entrada Tempo irá representar quanto tempo poderia ser ganho ou reduzido nos serviços de atendimento as ocorrências emergenciais com a aplicação do SGMF para monitorar a rede de distribuição na empresa, foi considerado o ganho no tempo médio de preparação (TMP).

Variável Custo, representou o indicador de ganho financeiro estimado que poderia ser obtido com a aplicação do SGMF. Foi considerado o ganho com a redução do custo operacional, considerando a redução do número de atendimento a chamadas improcedentes que seriam reduzidas com a aplicação do sistema.

Variável Assertividade, representou o indicador de assertividade das informações originadas pelo sistema. Foram consideradas os dados reportados pelo SGMF e comparado com as ocorrências registradas pela empresa no mesmo “trecho” e período em que os monitores estavam instalados na rede de destruição.

Seguindo os passos que foram padronizados na metodologia proposta é necessário fazer a atribuição dos valores linguísticos para cada variável de entrada, essa atribuição de valores é feita com base nas opiniões dos especialistas considerando o que se espera do sistema que está sendo avaliado.

Para a variável linguística Tempo foram atribuídos os termos linguísticos que foram apresentados no capítulo 4, e representados no Tabela 5, os termos linguísticos e seus respectivos valores adotados para as variáveis Tempo e Peso do Tempo estão representados na tabela 16.

Tabela 16 – Termos e valores linguísticos das variáveis Tempo e Peso do Tempo

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
TEMPO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(40;0)	(20;1)
	Médio	Triangular	(20;0)	(40;1)	(60;0)	----
	Alto	Triangular	(40;0)	(60;1)	(80;0)	----
	Muito Alto	Trapezoidal	(60;0)	(80;1)	(100;0)	(100;1)
PESO DO TEMPO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(0,5;0)	(0,35;1)
	Médio	Triangular	(0,35;0)	(0,5;1)	(0,65;0)	----
	Alto	Trapezoidal	(0,5;0)	(0,65;1)	(1;0)	(1;1)

Fonte: Elaboração do Autor

Da mesma forma para as variáveis Custo e Peso do Custo, os termos linguísticos e seus valores estão representados na tabela 17.

Tabela 17 – Termos e valores linguísticos das variáveis Custo e Peso do Custo

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
CUSTO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(40;0)	(20;1)
	Médio	Triangular	(20;0)	(40;1)	(60;0)	----
	Alto	Triangular	(40;0)	(60;1)	(80;0)	----
	Muito Alto	Trapezoidal	(60;0)	(80;1)	(100;0)	(100;1)
PESO DO CUSTO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(0,5;0)	(0,35;1)
	Médio	Triangular	(0,35;0)	(0,5;1)	(0,65;0)	----
	Alto	Trapezoidal	(0,5;0)	(0,65;1)	(1;0)	(1;1)

Fonte: Elaboração do Autor

E para as variáveis Assertividade e Peso da Assertividade, os termos linguísticos e seus respectivos valores estão representados na tabela 18.

Tabela 18 – Termos e valores linguísticos das variáveis Assertividade e Peso da Assertividade

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
ASSERTIVIDADE	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(40;0)	(20;1)
	Médio	Triangular	(20;0)	(40;1)	(60;0)	----
	Alto	Triangular	(40;0)	(60;1)	(80;0)	----
	Muito Alto	Trapezoidal	(60;0)	(80;1)	(100;0)	(100;1)
PESO DA ASSERTIVIDADE	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(0,5;0)	(0,35;1)
	Médio	Triangular	(0,35;0)	(0,5;1)	(0,65;0)	----
	Alto	Trapezoidal	(0,5;0)	(0,65;1)	(1;0)	(1;1)

Fonte: Elaboração do Autor

Para a variável de saída do sistema de inferência *fuzzy* foi atribuída o indicador de Eficiência, que corresponde as mudanças significativas que os sistemas poderiam causar no processo de atendimento de ocorrências emergenciais.

Semelhante ao realizado no processo de atribuição das variáveis de entrada, a variável de saída também foi parametrizada conforme critérios definidos pela equipe de especialistas, com base nas suas experiências técnicas.

Os termos linguísticos e seus respectivos valores adotados para a variável de saída Eficiência estão representados na tabela 19.

Tabela 19 – Termos e valores linguísticos das variáveis de Saída Eficiência

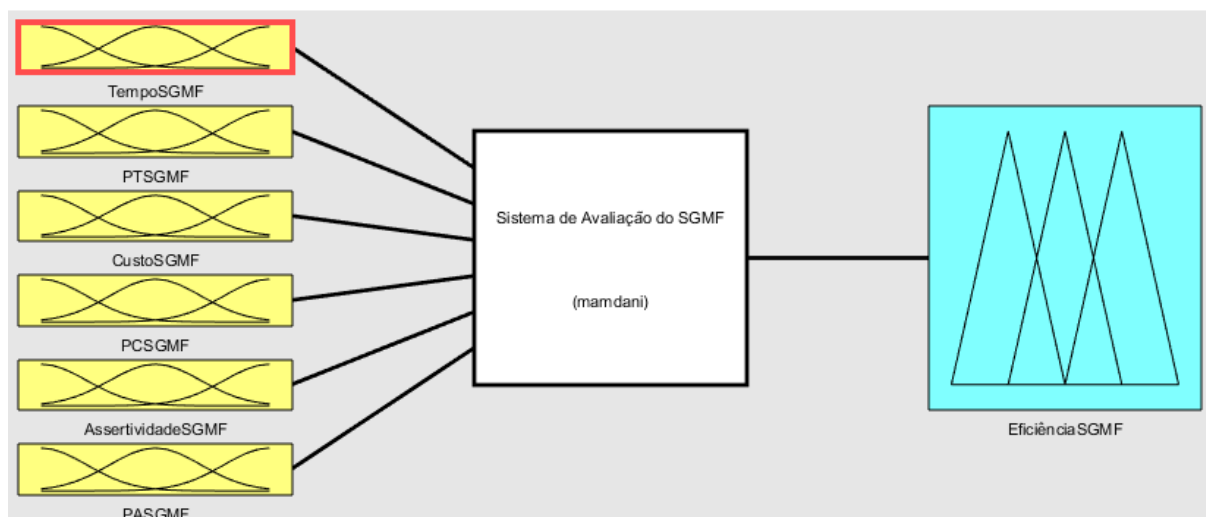
VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
EFICIÊNCIA	Muito Baixa	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(55;0)	(65;1)
	Baixa	Triangular	(55;0)	(65;1)	(75;0)	-----
	Média	Triangular	(65;0)	(75;1)	(85;0)	-----
	Alta	Triangular	(75;0)	(85;0)	(95;0)	
	Muito Alta	Trapezoidal	(85;0)	(95;0)	(100;0)	(100;1)

Fonte: Elaboração do Autor

5.2.1 Simulação Computacional

Como citado no início desse capítulo a metodologia foi simulada utilizando a ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox*. A figura 16 representa o FIS responsável pela avaliação do SGMF, onde temos representadas as entradas, o sistema de inferência Mamdani e a saída.

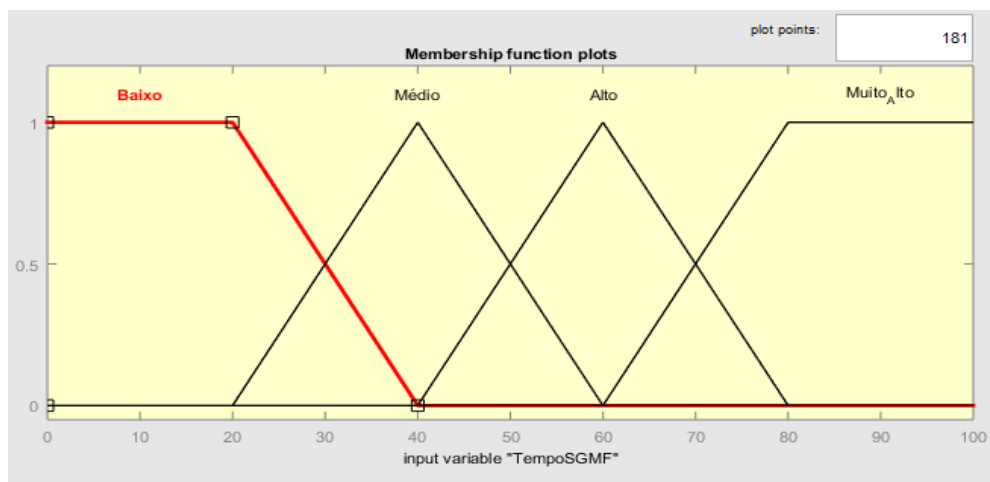
Figura 16 – Sistema de Inferência para Avaliação do SGMF



Fonte: Elaboração do Autor

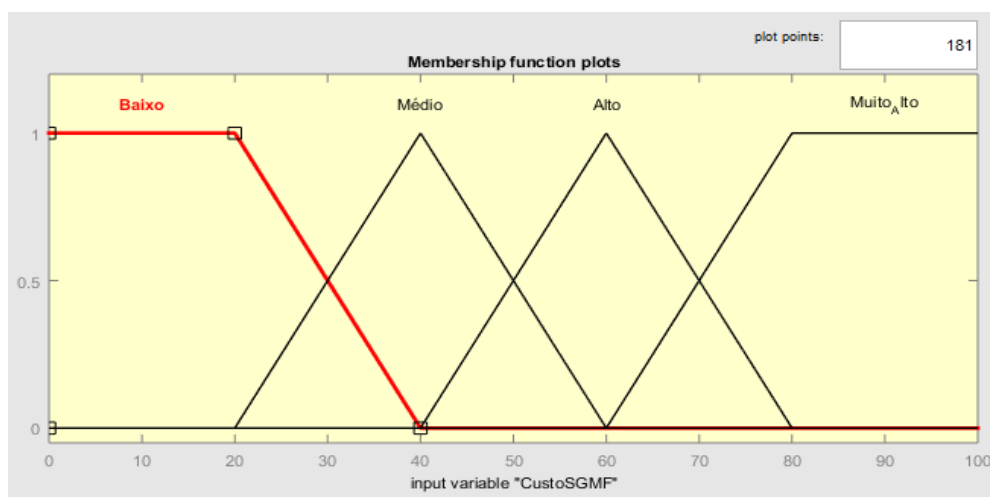
Após a construção do FIS foi necessário atribuir as características de cada variável de entrada. As figuras 17, 18 e 19 representam as funções de pertinência das variáveis de entrada Tempo, Custo e Assertividade, conforme haviam sido definidas nas tabelas 16, 17 e 18. Nelas estão representados os termos linguísticos e seus respectivos valores numéricos de cada uma das variáveis de entrada.

Figura 17 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Tempo



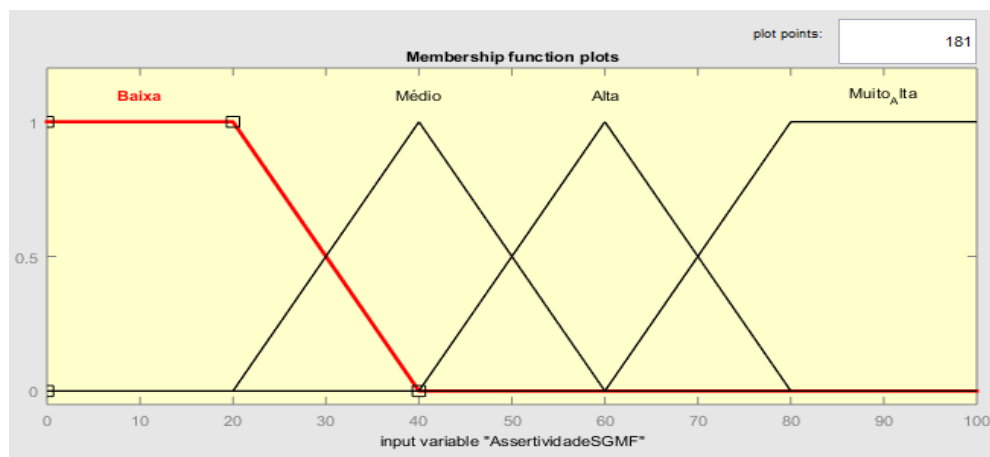
Fonte: Elaboração do Autor

Figura 18 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Custo



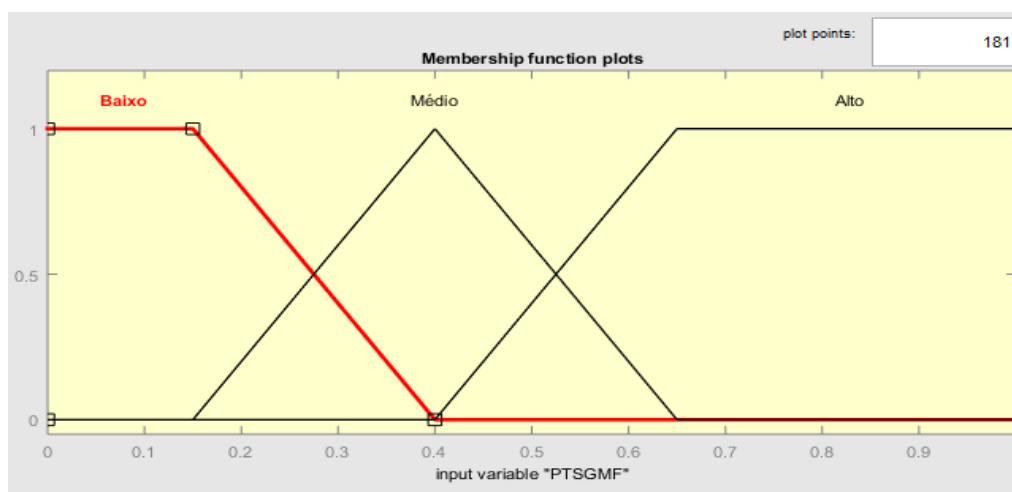
Fonte: Elaboração do Autor

Figura 19 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Assertividade



Fonte: Elaboração do Autor

Figura 20 – Representação das Funções de pertinência das variáveis de Peso



Fonte: Elaboração do Autor

Figura 21 – Representação das Regras do FIS

1. If (Tempo is Baixo) and (PT is Baixo) then (Efetividade is Muito_Baixa) (1)
2. If (Tempo is Baixo) and (PT is Médio) then (Efetividade is Baixa) (1)
3. If (Tempo is Baixo) and (PT is Alto) then (Efetividade is Média) (1)
4. If (Tempo is Médio) and (PT is Baixo) then (Efetividade is Muito_Baixa) (1)
5. If (Tempo is Médio) and (PT is Médio) then (Efetividade is Média) (1)
6. If (Tempo is Médio) and (PT is Alto) then (Efetividade is Alta) (1)
7. If (Tempo is Alto) and (PT is Baixo) then (Efetividade is Baixa) (1)
8. If (Tempo is Alto) and (PT is Médio) then (Efetividade is Média) (1)
9. If (Tempo is Alto) and (PT is Alto) then (Efetividade is Muito_Alta) (1)
10. If (Tempo is Muito_Alto) and (PT is Baixo) then (Efetividade is Baixa) (1)
11. If (Tempo is Muito_Alto) and (PT is Médio) then (Efetividade is Alta) (1)
12. If (Tempo is Muito_Alto) and (PT is Alto) then (Efetividade is Muito_Alta) (1)
13. If (Custo is Baixo) and (PC is Baixo) then (Efetividade is Muito_Baixa) (1)
14. If (Custo is Baixo) and (PC is Médio) then (Efetividade is Baixa) (1)
15. If (Custo is Baixo) and (PC is Alto) then (Efetividade is Média) (1)
16. If (Custo is Médio) and (PC is Baixo) then (Efetividade is Muito_Baixa) (1)
17. If (Custo is Médio) and (PC is Médio) then (Efetividade is Média) (1)
18. If (Custo is Médio) and (PC is Alto) then (Efetividade is Alta) (1)
19. If (Custo is Alto) and (PC is Baixo) then (Efetividade is Baixa) (1)
20. If (Custo is Alto) and (PC is Médio) then (Efetividade is Média) (1)
21. If (Custo is Alto) and (PC is Alto) then (Efetividade is Muito_Alta) (1)
22. If (Custo is Muito_Alto) and (PC is Baixo) then (Efetividade is Baixa) (1)
23. If (Custo is Muito_Alto) and (PC is Médio) then (Efetividade is Alta) (1)
24. If (Custo is Muito_Alto) and (PC is Alto) then (Efetividade is Muito_Alta) (1)
25. If (Assertividade is Baixa) and (PA is Baixo) then (Efetividade is Muito_Baixa) (1)
26. If (Assertividade is Baixa) and (PA is Médio) then (Efetividade is Baixa) (1)
27. If (Assertividade is Baixa) and (PA is Alto) then (Efetividade is Média) (1)
28. If (Assertividade is Médio) and (PA is Baixo) then (Efetividade is Muito_Baixa) (1)
29. If (Assertividade is Médio) and (PA is Médio) then (Efetividade is Média) (1)
30. If (Assertividade is Médio) and (PA is Alto) then (Efetividade is Alta) (1)
31. If (Assertividade is Alto) and (PA is Baixo) then (Efetividade is Baixa) (1)
32. If (Assertividade is Alto) and (PA is Médio) then (Efetividade is Alta) (1)
33. If (Assertividade is Alto) and (PA is Alto) then (Efetividade is Muito_Alta) (1)
34. If (Assertividade is Muito_Alta) and (PA is Baixo) then (Efetividade is Baixa) (1)
35. If (Assertividade is Muito_Alta) and (PA is Médio) then (Efetividade is Alta) (1)
36. If (Assertividade is Muito_Alta) and (PA is Alto) then (Efetividade is Muito_Alta) (1)

Fonte: Elaboração do Autor

A tabela 20 representa os valores atribuídos para cada uma das variáveis de acordo com a base de regra, e que foram aplicados na simulação.

Nas colunas de valores das variáveis de entrada, foram definidos com os valores utilizados na simulação.

A variável Tempo representa o tempo, em minutos, que se espera reduzir com a utilização do SGMF, sendo assim o critério adotado foi, quanto maior o tempo melhor a eficiência do sistema.

Da mesma forma a variável Custo representa o valor que se espera reduzir com a aplicação do sistema.

A variável Assertividade representa o quanto se espera de confiabilidade nas informações reportadas pelo SGMF.

Para fins de simulação foram adotados os valores contidos nos intervalos definidos nas tabelas 16, 17 e 18, conforme representados na tabela 20.

Tabela 20 – Valores Atribuídos para as Variáveis de entrada na Simulação

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO			
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
TEMPO	30	50	70	95
CUSTO	25	40	65	90
ASSERTIVIDADE	25	40	65	90

Fonte: Elaboração do Autor

Na tabela 21 estão apresentadas as variáveis de peso e seus valores contidos nos intervalos de definidos nas tabelas 16, 17 e 18, sendo:

Tabela 21 – Valores Atribuídos para as Variáveis de Peso

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO		
	Baixo	Médio	Alto
PESO DO TEMPO	0,10	0,30	0,60
PESO DO CUSTO	0,10	0,30	0,60
PESO DO ASSERTIVIDADE	0,10	0,30	0,60

Fonte: Elaboração do Autor

A Somatória dos valores atribuídos aos pesos para cada avaliação deve ser igual a 1.

Para cada uma das regras definidas na tabela 15, foram atribuídos os valores para as variáveis de entrada e variáveis peso de acordo com o termo linguístico estabelecido na regra.

A tabela 22 representa numericamente os valores definidos para as variáveis e que foram parametrizados no sistema de avaliação. Esses valores serão utilizados para avaliar o SGMF conforme a base de regras definida.

Tabela 22 – Regras da Variável de Saída

REGRAS PARA RELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE SAÍDA					
REGRAS	Variáveis	If			Then
		Valor da Variável de Entrada	If	Valor da Variável Peso de Entrada	Variável de Saída
		TERMOS LINGUISTICOS			
1	Tempo	30	&	0,10	Baixo
2		30		0,30	M Baixo
3		30		0,60	M Baixo
4		50		0,10	Médio
5		50		0,30	Médio
6		50		0,60	Baixo
7		70		0,10	Médio
8		70		0,30	Alto
9		70		0,60	M. Alto
10		95		0,10	Médio
11		95		0,30	Alto
12		95		0,60	M. Alto
13	Custo	25		0,30	Baixo
14		25		0,60	M Baixo
15		25		0,10	M Baixo
16		40		0,10	Médio
17		40		0,30	Médio
18		40		0,60	Baixo
19		65		0,10	Médio
20		65		0,30	Alto
21		65		0,60	M. Alto
22		90		0,10	Médio
23		90		0,30	Alto
24		90		0,60	M. Alto
25	Assertividade	25		0,60	Baixo
26		25		0,10	M Baixo
27		25		0,30	M Baixo
28		40		0,10	Médio
29		40		0,30	Médio
30		40		0,60	Baixo
31		65		0,10	Médio
32		65		0,30	Alto
33		65		0,60	M. Alto
34		90		0,10	Médio
35		90		0,30	Alto
36		90		0,60	M. Alto

Fonte: Elaboração do Autor

Para avaliar o SGMF foram realizados 36 testes, utilizando uma combinação das regras, a tabela 23 demonstra os valores numéricos utilizados em cada um dos testes de simulação e o resultado numérico após o processo de defuzificação.

Os testes foram realizados fazendo uma combinação entre as variáveis de entrada e variáveis de pesos.

Tabela 23 – Resultados dos Testes de avaliação do SGMF

TESTES	IF							THEN		
	Tempo		Peso do Tempo	Custo		Peso do Custo	Assertividade			Peso da Assertividade
1	30		0,10	25		0,30	25		0,60	37,9
2	30		0,30	25		0,60	25		0,10	38,7
3	30		0,60	25		0,10	25		0,30	38,6
4	50		0,10	40		0,30	40		0,60	69,6
5	50		0,30	40		0,60	40		0,10	74
6	50		0,60	40		0,10	40		0,30	77,9
7	70		0,10	65		0,30	65		0,60	83,2
8	70		0,30	65		0,60	65		0,10	84,5
9	70		0,60	65		0,10	65		0,30	84,5
10	95		0,10	90		0,30	90		0,60	84,5
11	95		0,30	90		0,60	90		0,10	84,5
12	95		0,60	90		0,10	90		0,30	84,5
13	30		0,10	40		0,30	65		0,60	80
14	30		0,30	40		0,60	65		0,10	43,5
15	30		0,60	40		0,10	65		0,30	42,5
16	50		0,10	65		0,30	90		0,60	85,6
17	50		0,30	65		0,60	90		0,10	84,2
18	50		0,60	65		0,10	90		0,30	78,9
19	70		0,10	90		0,30	90		0,60	85,6
20	70		0,30	90		0,60	90		0,10	84,4
21	70		0,60	90		0,10	90		0,30	82,9
22	95		0,10	90		0,30	90		0,60	84,5
23	95		0,30	90		0,60	90		0,10	84,5
24	95		0,60	90		0,10	90		0,30	84,5
25	95		0,10	90		0,30	25		0,60	43,2
26	95		0,30	90		0,60	25		0,10	80,1
27	95		0,60	90		0,10	25		0,30	49,6
28	95		0,10	90		0,30	40		0,60	74,5
29	95		0,30	90		0,60	40		0,10	84,5
30	95		0,60	90		0,10	40		0,30	84,4
31	95		0,10	90		0,30	65		0,60	84,2
32	95		0,30	90		0,60	65		0,10	84,7
33	95		0,60	90		0,10	65		0,30	84,5
34	95		0,10	25		0,30	25		0,60	39,1
35	95		0,30	25		0,60	25		0,10	42,7
36	95		0,60	25		0,10	25		0,30	48

Fonte: Elaboração do Autor

5.2.2 Análise dos Resultados das Simulações

A tabela 24 apresenta o resultado do FIS após a etapa de defuzificação, nela estão representados os termos linguísticos de cada regra utilizada em cada teste realizado. Para a variável de saída foram apresentados os valores numéricos e os termos linguísticos correspondente.

Comparando as colunas que correspondem a variável de saída Eficiência na tabela 24, com o gráfico da variável de saída configurado no FIS, que os valores

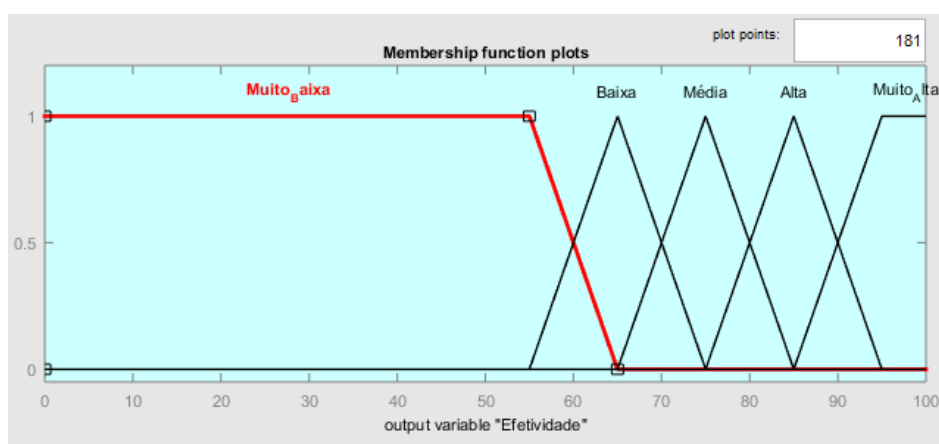
numéricos após o processo de defuzificação são coerentes com os termos linguísticos.

Tabela 24 – Resultados do FIS

TESTES	IF				THEN	
	Tempo & Tempo Peso do Tempo	&	Custo & Peso do Custo	&	Assertividade & Peso da Assertividade	Eficiência
1	Baixo		Baixo		Baixo	37,9
2	M Baixo		M Baixo		M Baixo	38,7
3	M Baixo		M Baixo		M Baixo	38,6
4	Médio		Médio		Médio	69,6
5	Médio		Médio		Médio	74
6	Alto		Alto		Alto	77,9
7	Médio		Médio		Médio	83,2
8	Alto		Alto		Alto	84,5
9	M. Alto		M. Alto		M. Alto	84,5
10	Médio		Médio		Médio	84,5
11	Alto		Alto		Alto	84,5
12	M. Alto		M. Alto		M. Alto	84,5

Fonte: Elaboração do Autor

Figura 22 – Representação das Funções de pertinência da variável de saída – Eficiência do SGMF



Fonte: Elaboração do Autor

5.2.3 Análise Preliminares dos Dados para Avaliação do SGMF

Durante o período de testes do SGMF foram registradas e comparadas as atuações dos monitores de falta e as informações que eram reportadas aos computadores do SGMF. Os resultados entre a atuação dos monitores e o registro de ocorrências no COS foram anotados e comparados, a tabela 25 demonstra os números registrados durante o período de testes.

A coluna diferença apresenta a discordância entre os tempos de atuação do MF registrados no SGMF e os tempos de abertura e encerramento das ocorrências

no COS. Foi observado que em todas as atuações registradas no SGMF as informações possuem um tempo de início da ocorrência anterior ao tempo de atuação registrado no COS, e em alguns casos o tempo de reestabelecimento da energia reportado pelos MF ao SGMF também foram anteriores ao tempo registrado pelo COS.

Tabela 25 – Resultado do acompanhamento do SGMF durante o período de testes

ATUAÇÃO DOS MONITORES DE FALTA							
FONTE	INÍCIO			FIM			TMA (min)
	Dia	Hora	Diferença (min)	Dia	FIM	Diferença (min)	
C105 e C103	15/08/2018	0:14	0:17	15/08/2018	12:05	00:00	--
COS EMT	15/08/2018	0:31		15/08/2018	12:05		604
C102 e C104	11/09/2018	13:40	0:21	11/09/2018	17:42	00:00	--
COS EMT	11/09/2018	14:01		11/09/2018	17:42		221
C102 e C104	12/09/2018	11:26	00:14	12/09/2018	14:45	00:03	--
COS EMT	12/09/2018	11:40		12/09/2018	14:48		188
C102, C104, 105 e 103	13/09/2018	15:15	00:12	13/09/2018	22:00	00:11	--
COS EMT	13/09/2018	15:27		13/09/2018	22:11		404
C105 e C103	25/10/2018	12:40	00:93	25/10/2018	17:20	00:16	--
COS EMT	25/10/2018	14:13		25/10/2018	17:36		203
C105	25/10/2018	17:50	00:32	25/10/2018	21:40	00:00	--
COS EMT	25/10/2018	18:22		25/10/2018	21:40		198
C103	28/10/2018	20:50	00:06	29/10/2018	07:30	00:35	--
COS EMT	28/10/2018	20:56		29/10/2018	08:05		669
C103	30/10/2018	21:00	00:48	31/10/2018	10:45	00:27	--
COS EMT	30/10/2018	21:48		31/10/2018	11:12		806
Tempo total de atendimento as ocorrências registradas no COS durante o período apurado, no trecho com MF							3293
Diferença no tempo da informação			243			92	335

Fonte: Elaboração do Autor

O SGMF esteve em funcionamento para testes entre os meses de agosto e outubro de 2018, para a análise dos resultados foram considerados as atuações obtidas no período de 90 dias.

Observando os dados apresentados na tabela 25 nota-se que as ocorrências registradas no trecho onde os monitores estiveram instalados, registraram um TMAE de 3293 minutos, pode-se considerar para o período de três meses que foram aproximadamente 1100 minutos/mês em média.

Observa-se também que a soma das diferenças de tempo registradas pelo SGMF e o COS é de 335 minutos, também pode-se considerar para o período de operação que a diferença de tempo registrada seria de aproximadamente 110 minutos/mês em média.

Analisando os valores apresentados acima, pode-se considerar que o impacto esperado no indicador TMAE, com a utilização das informações originadas pelo SGMF seria de 10% de redução do tempo.

A tabela 25, também sugere que com a utilização do SGMF poderia reduzir consideravelmente o número de deslocamentos improcedentes, porém por se considerar que os dispositivos estiveram instalados e operando em um curto período de tempo, foi considerando que a redução de 80% de DI já resultaria em uma grande economia de OPEX.

Outra informação importante que pode ser observada na tabela 25 é quanto a assertividade, analisando a tabela 25 e comparando com as informações de ocorrências do alimentador do estudo de caso, contidas nos relatórios do departamento de operações da EMT, é possível considerar que no período de testes, entre os meses de agosto a novembro de 2018, período em que o SGMF esteve em funcionamento na EMT, as informações reportadas pelo sistema tiveram 100% de assertividade, considerando o trecho do alimentador onde os equipamentos estiveram instalados.

A tabela 26 apresenta na linha 3 (Custo com DI 100%) os valores atualizados do custo com o atendimento a deslocamentos improcedentes (DI), apenas no alimentador do estudo de caso, e apresenta na linha 5 o custo esperado considerando uma redução de 80% na quantidade de DI.

Sendo assim foi aplicado o fator de 80% de redução no número de DI e calculado o valor em reais R\$ que seria economizado pela empresa.

Para esses cálculos são considerados:

- Quantidade de Atendimento Improcedentes (Nº de DI);
- Custo por atendimento (base 2019 em R\$ por OS);

Sendo assim foi aplicado o fator de 80% de redução no número de DI e calculado o valor em reais R\$ que seria economizado pela empresa.

Tabela 26 – Resultado da Redução do Número de Deslocamentos Improcedentes com o SGMF

	ANO			
	2016	2017	2018	2019
TMAE	229,9	325,5	309,78	371,48
R\$/OS	58,03	58,03	58,03	58,03
R\$/KM	1,11	1,11	1,11	1,11
Nº DE OS (REAL)	1063	1001	1096	1095
Nº DE DI (REAL)	425	455	294	186
DI/OS (%)	39,98	45,45	26,82	16,99
CUSTO DI 100%	24.662,75	26.403,65	17.060,82	10.793,58
Nº DE DI (REDUZIDO 80%)	85	91	58,8	37,2
CUSTO DI (REDUZIDO 80%)	4.932,55	5.280,73	3.412,16	2.158,72

Fonte: Elaboração do Autor

5.2.4 Atribuição das Variáveis do Sistema de Avaliação do SGMF

Para a atribuição das variáveis de entrada que irão ser utilizadas para avaliar o SGMF, foram analisados os dados relativos aos indicadores de tempo de atendimento e custo operacional, que poderiam obter uma melhora com a implantação do sistema.

- Variável de entrada Tempo

Foi considerado o indicador TMAE, os especialistas estimam que com a utilização das informações originadas pelo SGMF o tempo de atendimento emergencial seja reduzido na mesma proporção do ganho apresentado analisando a tabela 25, ou seja, a equipe espera que pode haver uma redução de até 10% do TMAE se o sistema for eficiente.

- Variável de entrada Custo

Atualmente na empresa aproximadamente 12% de todos os atendimentos emergenciais realizados são improcedentes, no alimentador do estudo o valor em 2019 gasto com esse tipo de atendimento foi apresentado na tabela 26. Espera-se que com a utilização do SGMF o número de DI seja reduzido em até 80% e desta forma o pagamento com esse tipo de despesa seja reduzido na mesma proporção.

- Variável Assertividade

Utilizando o mesmo indicador de deslocamento improcedente, a equipe de especialista estima que com a redução de 80% no número de deslocamento improcedente e desta forma o tempo poderia ser aproveitado para estar realizando atendimento em OS onde realmente fosse necessário.

Segundo a opinião da equipe, a assertividade do sistema influencia diretamente as demais variáveis analisadas, pois segundo a opinião da equipe, as

variáveis custo e tempo só terão sua eficiência comprovada se a assertividade do sistema tiver uma elevada eficiência.

5.2.5 Simulação da Metodologia utilizando dados do Alimentador

O SGMF não esteve em operação durante a fase de testes e os atendimentos realizados pelas equipes de serviços não foram realizados considerando suas informações.

Para efeito de simulação e testes da metodologia foi considerado, o ganho de tempo em minutos que a utilização do SGMF poderia proporcionar ao indicador, desta forma foi considerado uma redução de 110 minutos no TMAE apurado para o ano de 2019.

Analisando os dados da tabela 26, nota-se que o TMAE médio apurado em 2019 foi de 371,48. Aplicando a redução proposta para a simulação o valor apurado do TMAE seria de 261,48 minutos.

Comparando o TMAE dos anos de 2015, período antes do SGMF e 2019 considerando o ganho de tempo do SGMF poderia causar, pode-se considerar que o TMAE estimado para 2019 seria 6,17% menor que o indicador apurado em 2015 e 29,61% que o apurado em 2019.

O impacto esperado na redução do TMAE foi de 10% na redução do tempo, logo, fazendo a relação entre a redução obtida na hipótese e a redução esperada tem-se o valor de 61,70%, esse será o percentual atribuído a variável de entrada Tempo.

Para as variáveis Custo e Assertividade foi atribuído um fator de 80% de redução, ou seja, o valor apurado em 2019 aplica-se o fator de redução e compara com o valor apurado em 2015. Feito isso tem-se que o valor atribuído para a variável Custo foi de 91,25% e para a variável Assertividade o valor também foi de 91,25%, que correspondem ao impacto esperado com a aplicação da SGMF, conforme análise apresentada anteriormente.

Os pesos foram atribuídos considerando todas as situações de importância para as 3 (três) variáveis e seguindo os valores definidos na tabela 21.

Tabela 27 – Resultado do teste utilizando dados do SGMF

TESTES	IF							THEN		
	Tempo		Peso do Tempo	Custo		Peso do Custo	Assertividade			Peso da Assertividade
1	61,70		0,10	91,25		0,10	91,25		0,80	85,2
2	61,70		0,30	91,25		0,60	91,25		0,10	84,5
3	61,70		0,80	91,25		0,10	91,25		0,10	84,9

Fonte: Elaboração do Autor

5.2.6 Análise dos resultados das Simulações para o SGMF

Teste 1:

Analisando os dados numéricos apresentados na tabela 21 para o teste número 1, pode-se observar que foram processadas as regras 4, 23 e 33, apresentadas na tabela 15, o resultado obtido de cada regra de forma isolada corresponde a seguinte saída:

Regra 4 - **SE** o Tempo é “Alto” (61,70) **E** o Peso do Tempo é “Baixo” (0,10), **Então** a Eficiência é “Média”.

Regra 23 - **SE** o Custo é “Muito Alto” (91,25) **E** o Peso do Custo é “Médio” (0,30), **Então** a Eficiência é “Alta”.

Regra 36 - **SE** a Assertividade é “Muito Alta” (91,25) **E** o Peso da Assertividade é “Alto” (0,60), **Então** a Eficiência é “Muito Alta”.

A metodologia propõe fazer uma associação matemática entre os valores das variáveis de entradas e processá-los conforme as regras definidas, de forma que a variável de saída represente o resultado desta associação.

O resultado após a simulação do teste número 1 obteve o valor de 85,2% que representa a Eficiência do SGMF. Esse valor representa em termos linguísticos uma Eficiência “Alta”.

Analisando a associação das variáveis de saída de cada regra processada, pode-se observar que variável de saída obteve um resultado coerente.

“Média” **and** “Alta” **and** “Muito Alta” **then** “Alta”

Para o teste número 1 o resultado obtido para a variável de saída Eficiência está em concordância as opiniões da equipe de especialistas.

Teste 2:

Novamente fazendo análise dos dados da tabela 21 para o teste número 2, pode-se observar que foram processadas as regras 5, 24 e 34, apresentadas na tabela 15, o resultado obtido de cada regra de forma isolada corresponde as seguintes saídas:

Regra 5 - **SE** o Tempo é “Alto” (61,70) **E** o Peso do Tempo é “Médio” (0,30), **Então** a Eficiência é “Alta”.

Regra 24 - **SE** o Custo é “Muito Alto” (91,25) **E** o Peso do Custo é “Alto” (0,60), **Então** a Eficiência é “Muito Alta”.

Regra 34 - **SE** a Assertividade é “Muito Alta” (91,25) **E** o Peso da Assertividade é “Baixo” (0,10), **Então** a Eficiência é “Média”.

O resultado após a simulação do teste número 2 a variável de saída Eficiência também obteve um valor de 84,5% de Eficiência do SGMF.

Novamente fazendo a análise da associação das variáveis de saída de cada regra processada, também pode-se observar que variável de saída obteve um resultado coerente.

“Alta” **and** “Muito Alta” **and** “Média” **then** “Alta”

Sendo assim, para o teste número 2 o resultado obtido para a variável de saída Eficiência também está em concordância as opiniões da equipe de especialistas.

Teste 3:

Analisando os dados da tabela 21 para o teste número 3, pode-se observar que desta vez foram processadas as regras 6, 19 e 32, apresentadas na tabela 15 e o resultado obtido de cada regra corresponde as seguintes saídas:

Regra 6 - **SE** o Tempo é “Alto” (61,70) **E** o Peso do Tempo é “Alto” (0,80), **Então** a Eficiência é “Muito Alta”.

Regra 19 - **SE** o Custo é “Muito Alto” (91,25) **E** o Peso do Custo é “Baixo” (0,10), **Então** a Eficiência é “Média”.

Regra 32 - **SE** a Assertividade é “Muito Alta” (91,25) **E** o Peso da Assertividade é “Baixo” (0,10), **Então** a Eficiência é “Média”.

O resultado após a simulação do teste número 3 a variável de saída Eficiência desta vez obteve um valor de 84,9% de Eficiência do SGMF.

Novamente fazendo a análise da associação das variáveis de saída de cada regra processada, também pode-se observar que variável de saída obteve um resultado coerente.

“Muito Alta” **and** “Média” **and** “Média” **then** “Alta”

Da mesma forma, para o teste número 3 o resultado obtido para a variável de saída Eficiência também está em concordância as opiniões da equipe de especialistas.

Os resultados obtidos nos testes realizados para avaliar o SGMF demonstraram que a metodologia de avaliação utilizando sistemas *fuzzy* apresentaram resultados consistentes, que foram de encontro com os critérios de avaliação da equipe de especialistas.

Após a análise dos resultados obtidos com a avaliação do SHC, percebe-se que em todas as simulações a variável de saída eficiência foi classificada de acordo com o conhecimento dos especialistas.

Os elementos de avaliação e a concepção da metodologia foram de plena aceitação e concordância da equipe de especialista envolvidos no trabalho.

5.3 Simulação da Metodologia aplicada para avaliar o SHC

Para a avaliação do SHC foram atribuídos 2 (dois) indicadores, Tempo e Custo.

Variável Tempo, novamente considerando o objetivo do projeto, a variável de entrada Tempo será utilizada para medir se o tempo ganho com a melhoria no sistema de comunicação resultou em redução do TMAE.

Variável Custo, representou indicador de ganho financeiro estimado que poderia ser obtido com a aplicação do SHC, foi considerado o ganho com a redução do custo operacional com veículos.

Os termos linguísticos e seus respectivos valores adotados para as variáveis Tempo e Peso do Tempo estão representados na tabela 28.

Tabela 28 – Termos e valores linguísticos das variáveis Tempo e Peso do Tempo

VARIÁVEL	TERMO LINGÜÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
TEMPO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(40;0)	(20;1)
	Médio	Triangular	(20;0)	(40;1)	(60;0)	----
	Alto	Triangular	(40;0)	(60;1)	(80;0)	----
	Muito Alto	Trapezoidal	(60;0)	(80;1)	(100;0)	(100;1)
PESO DO TEMPO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(0,5;0)	(0,35;1)
	Médio	Triangular	(0,35;0)	(0,5;1)	(0,65;0)	----
	Alto	Trapezoidal	(0,5;0)	(0,65;1)	(1;0)	(1;1)

Fonte: Elaboração do Autor

Da mesma forma para as variáveis Custo e Peso do Custo, os termos linguísticos e seus valores estão representados na tabela 29.

Tabela 29 – Termos e valores linguísticos das variáveis Custo e Peso do Custo

VARIÁVEL	TERMO LINGÜÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
CUSTO	Baixo	Trapezoidal	(0;1)	(0;1)	(40;0)	(20;1)
	Médio	Triangular	(20;0)	(40;1)	(60;0)	----
	Alto	Triangular	(40;0)	(60;1)	(80;0)	----
	Muito Alto	Trapezoidal	(60;0)	(80;1)	(100;0)	(100;1)
PESO DO CUSTO	Baixo	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(0,5;0)	(0,35;1)
	Médio	Triangular	(0,35;0)	(0,5;1)	(0,65;0)	----
	Alto	Trapezoidal	(0,5;0)	(0,65;1)	(1;0)	(1;1)

Fonte: Elaboração do Autor

Para a variável de saída do sistema de inferência *fuzzy* foi atribuída o indicador de Eficiência, que corresponde as mudanças significativas que os sistemas poderiam causar no processo de atendimento de ocorrências emergenciais.

Semelhante ao realizado no processo de atribuição das variáveis de entrada, a variável de saída também foi parametrizada conforme critérios definidos pela equipe de especialistas, com base nas suas experiências técnicas.

Os termos linguísticos e seus respectivos valores adotados para a variável de saída Eficiência estão representados na tabela 30.

Tabela 30 – Termos e valores linguísticos das variáveis de Saída Eficiência

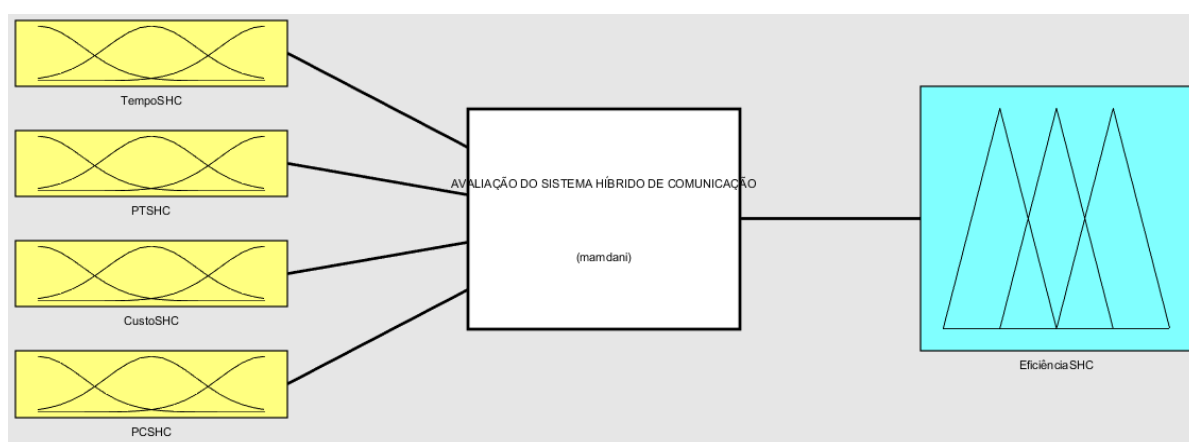
VARIÁVEL	TERMO LINGÜÍSTICO	FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	PONTO (A)	PONTO (B)	PONTO (C)	PONTO (D)
EFICIÊNCIA	Muito Baixa	Trapezoidal	(0;0)	(0;1)	(55;0)	(65;1)
	Baixa	Triangular	(55;0)	(65;1)	(75;0)	----
	Média	Triangular	(65;0)	(75;1)	(85;0)	----
	Alta	Triangular	(75;0)	(85;0)	(95;0)	
	Muito Alta	Trapezoidal	(85;0)	(95;0)	(100;0)	(100;1)

Fonte: Elaboração do Autor

5.3.1 Simulação Computacional

Para a simulação aplicada para avaliar o Sistema Híbrido de Comunicação SHC, o sistema também foi parametrizado no *Fuzzy Logic Toolbox*, porém desta vez com menos variáveis de entrada, o sistema de inferência aplicado também foi o Mamdani e a variável de saída Eficiência foi configurada conforme a opinião dos especialistas.

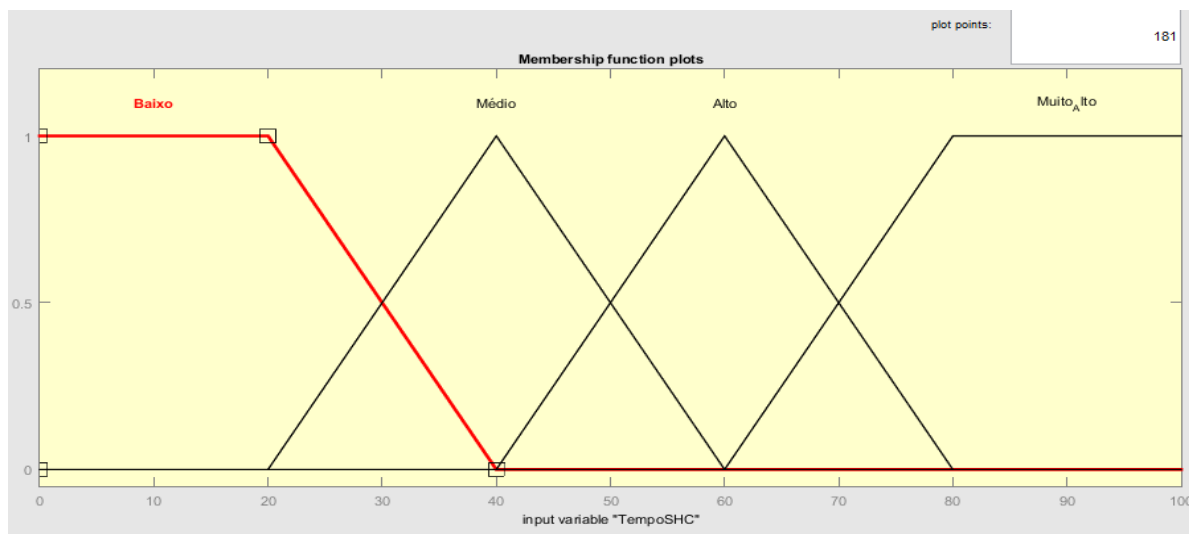
Figura 23 – Sistema de Inferência para Avaliação do SHC



Fonte: Elaboração do Autor

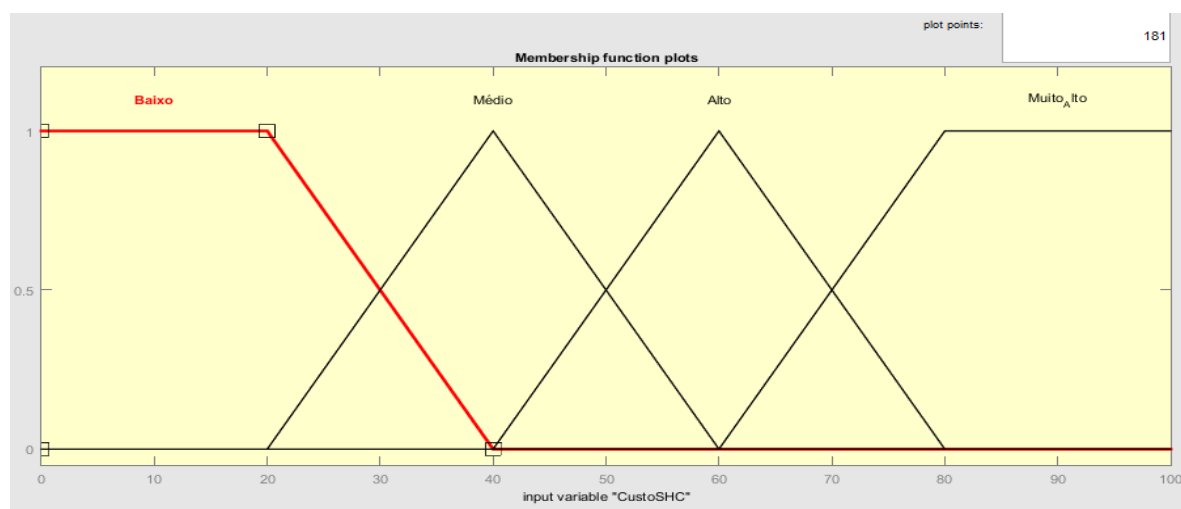
De forma análoga ao realizado na avaliação do SGMF, após a parametrização do FIS foi necessário atribuir as características das variáveis de entradas que fizeram parte da avaliação do SHC. As figuras 24 e 25 representam as funções de pertinência das variáveis Tempo e Custo, nelas estão representadas os termos linguísticos e seus valores numéricos.

Figura 24 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Tempo do SHC



Fonte: Elaboração do Autor

Figura 25 – Representação das Funções de pertinência da variável de entrada Custo do SHC



Fonte: Elaboração do Autor

Para a avaliação do SHC foram parametrizadas as 24 regras de saídas, representadas na figura 26. As regras fazem uma relação entre a variável de entrada e seu respectivo peso.

Figura 26 – Representação das Regras do FIS para o SHC

1. If (TempoSHC is Baixo) and (PTSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Baixa) (1)
2. If (TempoSHC is Baixo) and (PTSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Muito_Baixa) (1)
3. If (TempoSHC is Baixo) and (PTSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Muito_Baixa) (1)
4. If (TempoSHC is Médio) and (PTSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
5. If (TempoSHC is Médio) and (PTSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
6. If (TempoSHC is Médio) and (PTSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Baixa) (1)
7. If (TempoSHC is Alto) and (PTSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
8. If (TempoSHC is Alto) and (PTSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Alta) (1)
9. If (TempoSHC is Alto) and (PTSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Muito_Alta) (1)
10. If (TempoSHC is Muito_Alto) and (PTSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
11. If (TempoSHC is Muito_Alto) and (PTSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Alta) (1)
12. If (TempoSHC is Muito_Alto) and (PTSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Muito_Alta) (1)
13. If (CustoSHC is Baixo) and (PCSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Baixa) (1)
14. If (CustoSHC is Baixo) and (PCSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Muito_Baixa) (1)
15. If (CustoSHC is Baixo) and (PCSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Muito_Baixa) (1)
16. If (CustoSHC is Médio) and (PCSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
17. If (CustoSHC is Médio) and (PCSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
18. If (CustoSHC is Médio) and (PCSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Baixa) (1)
19. If (CustoSHC is Alto) and (PCSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
20. If (CustoSHC is Alto) and (PCSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Alta) (1)
21. If (CustoSHC is Alto) and (PCSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Muito_Alta) (1)
22. If (CustoSHC is Muito_Alto) and (PCSHC is Baixo) then (EficiênciaSHC is Média) (1)
23. If (CustoSHC is Muito_Alto) and (PCSHC is Médio) then (EficiênciaSHC is Alta) (1)
24. If (CustoSHC is Muito_Alto) and (PCSHC is Alto) then (EficiênciaSHC is Muito_Alta) (1)

Fonte: Elaboração do Autor

Os valores atribuídos para as variáveis de entrada que serão aplicados para a simulação da avaliação do SHC são apresentados na tabela 31 e 32.

Tabela 31 – Valores Atribuídos para as Variáveis de entrada na Simulação de Avaliação do SHC

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO			
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
TEMPO	25	40	65	90
CUSTO	30	50	70	95

Fonte: Elaboração do Autor

Tabela 32 – Valores Atribuídos para as Variáveis de Peso na Simulação de Avaliação do SHC

VARIÁVEL	TERMO LINGUÍSTICO		
	Baixo	Médio	Alto
PESO DO TEMPO	0,20	0,50	0,80
PESO DO CUSTO	0,20	0,50	0,80

Fonte: Elaboração do Autor

Para avaliar o modelo configurado para avaliar o SHC foram realizados 12 testes, utilizando uma combinação das regras, a tabela 33 demonstra os valores numéricos utilizados em cada um dos testes de simulação e o resultado numérico após o processo de defuzificação.

Tabela 33 – Resultados dos Testes de avaliação do SHC

TESTES	IF				THEN	
	Tempo		Peso do Tempo	Custo	Peso do Custo	Tempo
1	25		0,20	25	0,80	37,1
2	25		0,50	25	0,50	35,8
3	25		0,80	40	0,20	37,1
4	40		0,20	40	0,80	69,9
5	40		0,50	40	0,50	70,8
6	40		0,80	65	0,20	71,8
7	65		0,20	65	0,80	84,4
8	65		0,50	65	0,50	88,1
9	65		0,80	90	0,20	84,3
10	90		0,20	90	0,80	85,4
11	90		0,50	90	0,50	88,1
12	90		0,50	40	0,50	79

Fonte: Elaboração do Autor

5.3.2 Análise dos Resultados das Simulações

A tabela 34 apresenta o resultado da simulação do teste de avaliação do SHC.

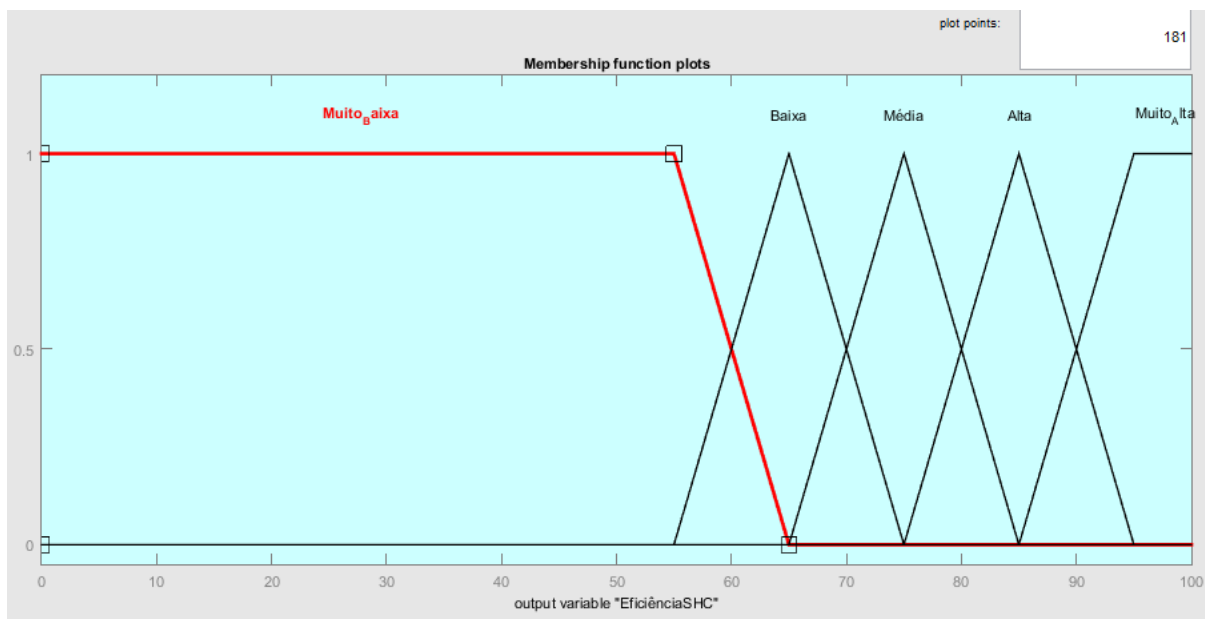
Comparando as colunas que correspondem a variável de saída Eficiência na tabela 34, com o gráfico da variável de saída configurado no FIS, que os valores numéricos após o processo de defuzificação são coerentes com os termos linguísticos.

Tabela 34 – Resultados da Simulação do Teste para avaliação do SHC

TESTES	IF			THEN	
	Tempo & Tempo Peso do Tempo	&	Custo & Peso do Custo	&	Eficiência
1	Baixo		M Baixo		37,1 M Baixo
2	M Baixo		M Baixo		35,8 M Baixo
3	M Baixo		Médio		37,1 M Baixo
4	Médio		Baixo		69,9 Médio
5	Médio		Médio		70,8 Médio
6	Baixo		Médio		71,8 Médio
7	Médio		M. Alto		84,4 Alto
8	Alto		Alto		88,1 Alto
9	M. Alto		Médio		84,3 Alto
10	Médio		M. Alto		85,4 Alto
11	Alto		Alto		88,1 Alto
12	M. Alto		Médio		79 Alto

Fonte: Elaboração do Autor

Figura 27 – Representação das Funções de pertinência da variável de saída – Eficiência do SHC



Fonte: Elaboração do Autor

5.3.3 Análise Preliminares dos Dados para Avaliação do SHC

Antes da implantação dos sistemas previstos no projeto do P&D, a comunicação para envio e recebimento de OS para as equipes de serviços que atendem a região de Tangará da Serra era realizada via rede de comunicação GPRS.

A raio de cobertura do sinal GPRS em torno da SE Tangará da Serra era de aproximadamente 8km, desta forma as equipes de serviços que estivessem fora desse raio de cobertura precisavam retornar até onde houvesse sinal para receber ou encerrar um atendimento.

Durante a fase de implantação do SHC, foi constatado que cada equipe precisava deslocar aproximadamente 5 km por dia para realizar o recebimento e encerramento de OS, esses dados foram obtidos através do dispositivo de rastreamento georeferenciado que cada viatura é equipada.

Para a atribuição de valores a serem utilizados como métrica para as variáveis na avaliação do SHC, foram definidas as seguintes considerações:

- A Velocidade média para cada atendimento emergencial é de 60km/h;
- A viatura se desloca a 1km/min;
- O tempo médio de deslocamento (TMD) é expresso em minutos;

- Segundo dados de controle do departamento de operações da empresa, cada equipe percorre aproximadamente 3000km por mês;
- A região da cidade de Tangará da Serra é atendida por 9 (nove) viaturas que realizam serviços técnicos e comerciais.

Antes da implantação dos sistemas previstos no projeto do P&D, a comunicação para envio e recebimento de OS para as equipes de serviços que atendem a região de Tangará da Serra era realizada via rede de comunicação GPRS.

A raio de cobertura do sinal GPRS em torno da SE Tangará da Serra era de aproximadamente 8km, desta forma as equipes de serviços que estivessem fora desse raio de cobertura precisavam retornar até onde houvesse sinal para receber ou encerrar um atendimento.

Durante a fase de implantação do SHC, foi constatado que cada equipe precisava deslocar aproximadamente 5 km por dia para realizar o recebimento e encerramento de OS, esses dados foram obtidos através do dispositivo de rastreamento georreferenciado que cada viatura é equipada.

Com a implantação do SHC previsto pelo projeto de P&D, a rede comunicação passou a ter um raio de atendimento de aproximadamente 30km, desta forma não foi mais necessário o retorno das viaturas para a região atendida pelo sinal GPRS, as OS foram despachadas para as equipes de serviços via rede de comunicação do SHC.

Sendo assim pode-se realizar as seguintes análises:

- Antes da implantação do SHC cada equipe percorria 136,36 km/dia, após a implantação houve uma redução de 5 km no deslocamento diário;
- Antes da implantação do SHC as viaturas que atendem a região de Tangará da Serra, percorriam aproximadamente 27000 km/mês, após a implantação do SHC houve uma redução de 1110 km/mês, o que corresponde a 4,11% de ganho.
- Considerando que cada 1 km é percorrido em 1 minuto, com a implantação do SHC houve uma redução de aproximadamente 1110 minutos/mês.

Desta forma, analisando os dados relativos ao TMAE, TMD, TMP e TME apresentados na tabela 35, obtidos no site da ANEEL.

Tabela 35 – Indicadores de Tempo de Atendimento Emergenciais

ANO	2015	2016	2017	2018	2019
TMD	33,55	25,18	36,15	37,21	33,12
TME	26,77	24,05	21,82	26,08	25,60
TMP	218,36	180,68	267,53	246,49	312,48
TMAE	278,68	229,90	325,50	309,78	371,48
TMD %	13,02%	11,48%	11,41%	12,43%	9,68%
TME %	10,33%	11,09%	7,01%	8,80%	7,36%
TMP %	76,65%	77,43%	81,58%	78,77%	82,95%
R\$/KM	37,24	27,94	40,12	41,30	36,76

Fonte: ANEEL

Pode-se observar que o TMD corresponde em média a aproximadamente 11,77% do TMAE e que o TMP corresponde a aproximadamente 79,26% do TMAE.

5.3.3 Atribuição das Variáveis do Sistema de Avaliação do SHC

Para a atribuição das variáveis de entrada que irão ser utilizadas para avaliar o SHC, foram consideradas as análises realizadas acima, desta forma os dados relativos aos indicadores de tempo de atendimento e custo operacional, que poderiam obter uma melhora com a implantação do SHC.

- Variável de entrada Tempo

Os especialistas estimam os ganhos de tempo obtidos com a ampliação do sinal de comunicação com o SHC, os mesmos sejam refletidos nos indicadores de tempo de deslocamento, desta forma o TMD foi considerado para averiguar se com a implantação do SHC.

Espera-se que com o sistema tenha havido uma redução de 4,11% no TMD, então a metodologia proposta irá avaliar o quanto eficiente foi a implantação do SHC para obter a redução deste indicador.

- Variável de entrada Custo

Para a variável Custo foi realizada a mesma analogia, espera-se que a redução de 4,11% obtida com o SHC seja refletida na redução do custo operacional para atendimento emergencial, considerando do quilometro rodado com a viatura.

5.3.4 Simulação da Metodologia utilizando dados do Alimentador

Para a simulação foram utilizados os valores numéricos obtidos após análise das informações do alimentador do estudo de caso, foi realizado uma comparação entre os dados do TMD, foram comparados os valores do indicador no ano de 2015, antes da implantação do SHC e 2019 ano após a implantação do SHC.

Pode-se observar que em 2019 houve uma redução de 3,34% do TMD em relação ao ano de 2015. O ganho esperado para este indicador era de 4,11%, desta forma a relação entre os valores é de 81,27%, este será o valor utilizado para parametrizar a variável de Tempo.

Analisando os dados da tabela 35, pode-se observar que em 2019 o valor obtido para cada atendimento foi de aproximadamente R\$ 36,76. Em 2015 o valor de cada atendimento era de R\$ 37,25 a redução obtida foi de 1,29%. Fazendo a mesma analogia utilizada para a variável tempo, a relação entre o redução obtida e a esperada resulta no valor de 31,39%, da mesma forma este será o valor utilizado para parametrizar a variável Custo

A simulação foi realizada considerando atribuições de pesos diferentes para as variáveis de entrada, conforme apresentado na tabela 36.

Tabela 36 – Resultado do teste utilizando dados do SGMF

TESTES	IF					THEN	
	Tempo		Peso do Tempo	Custo		Peso do Custo	Eficiência
1	81,27		0,20	31,39		0,80	46,5
2	81,27		0,50	31,39		0,50	51,6
3	81,27		0,80	31,39		0,20	63,9

Fonte: Elaboração do Autor

5.3.5 Análise dos resultados das Simulações para o SHC

Teste 1:

Analisando os valores utilizados para o teste número 1, verifica-se que foram processadas as regras 10 e 3 definidas para avaliar para SHC, o resultado de cada regra resulta da seguinte variável de saída:

Regra 10 - **SE** o Tempo é “Muito Alto” (81,27) **E** o Peso do Tempo é “Baixo” (0,20), **Então** a Eficiência é “Média”.

Regra 3 - **SE** o Custo é “Baixo” (31,39) **E** o Peso do Custo é “Alto” (0,80), **Então** a Eficiência é “Muito Baixa”.

O resultado após a simulação do teste número 1 obteve o valor de 46,5% que representa a Eficiência “Muito Baixa” do SHC para essas condições.

Fazendo a análise das variáveis de saída de cada regra, observa-se que a variável Eficiência do SHC obteve um resultado coerente.

“Média” **and** “Muito Baixa” **then** “Muito Baixa”

Para o teste número 1 o resultado obtido para a avaliação do SHC demonstrou concordância as opiniões da equipe de especialistas.

Teste 2:

Analisando os valores utilizados para o teste número 2, nota-se que foram processadas as regras 11 e 2, o resultado de cada regra resulta da seguinte variável de saída:

Regra 11 - **SE** o Tempo é “Muito Alto” (81,27) **E** o Peso do Tempo é “Médio” (0,50), **Então** a Eficiência é “Alta”.

Regra 2 - **SE** o Custo é “Baixo” (31,39) **E** o Peso do Custo é “Médio” (0,50), **Então** a Eficiência é “Muito Baixa”.

O resultado do teste número 2 obteve o valor de 51,6% que representa a Eficiência também “Muito Baixa” do SHC para essas condições.

Fazendo a análise das variáveis de saída de cada regra, observa-se que a variável Eficiência do SHC, apesar de ter havido uma pequena melhora, o valor “Muito Baixo” atribuído para a variável de entrada Custo ainda impacta bastante na avaliação do sistema.

“Alta” **and** “Muito Baixa” **then** “Muito Baixa”

Para o teste número 2 o resultado obtido para a avaliação do SHC demonstrou concordância as opiniões da equipe de especialistas.

Teste 3:

Para a simulação realizada no teste número 1, verifica-se que desta vez foram processadas as regras 12 e 1, o resultado de cada regra resulta da seguinte variável de saída:

Regra 12 - **SE** o Tempo é “Muito Alto” (81,27) **E** o Peso do Tempo é “Alto” (0,80), **Então** a Eficiência é “Muito Alta”.

Regra 1 - **SE** o Custo é “Baixo” (31,39) **E** o Peso do Custo é “Baixo” (0,20), **Então** a Eficiência é “Baixa”.

O resultado do teste número 3 obteve o valor de 63,9% que representa a Eficiência “Baixa” do SHC para essas condições.

Analisando as variáveis de saída de cada regra, observa-se que a variável Eficiência do SHC, obteve uma melhora, a alteração dos pesos impactou no resultado obtido para a variável de entrada saída.

“Muito Alta” **and** “Baixa” **then** “Baixa”

O resultado obtido com o teste número 3 também demonstrou que o sistema de avaliação *Fuzzy* aplicado para avaliar o SHC apresentou concordância as opiniões da equipe de especialistas.

Assim como na análise realizada para a avaliação do SGMF, após a avaliação do SHC, também foi constatado em todas as simulações que a variável de saída eficiência foi classificada de acordo com o conhecimentos dos especialistas.

Sendo assim, também para a avaliação do SHF a concepção da metodologia obteve plena aceitação e concordância da equipe de especialista envolvidos no trabalho.

5.4 Considerações Finais

Neste capítulo, a metodologia desenvolvida com base em sistemas *fuzzy* foi aplicada com auxílio da ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox*, utilizando os dados obtidos através das pesquisas realizadas demonstradas anteriormente.

Primeiro foi demonstrada como a metodologia proposta foi aplicada para avaliar o desempenho do SGMF, utilizando como variáveis de entrada os indicadores de Custo, Tempo e Assertividade, e como variável de saída o indicador Eficiência. Foi apresentado como os dados obtidos na pesquisa foram utilizados para parametrizar o sistema de avaliação.

Na segunda parte do capítulo foi demonstrado como a metodologia foi aplicada para avaliar o desempenho do SHC, porém para essa avaliação foram utilizadas apenas as duas variáveis de entrada, Custo e Tempo, permanecendo a Eficiência como variável de saída.

Pode-se observar que em ambos os testes as variáveis de Peso têm um importante papel no sistema de avaliação e que deve ser aplicado conforme critério a ser definido de acordo com a priorização da equipe ou empresa.

As simulações demonstraram que a metodologia é bastante flexível e se comporta de acordo com a opinião da equipe de especialistas que ajudaram a parametrizar o sistema. Pode-se observar que ela foi capaz de traduzir com bastante precisão as opiniões da equipe.

6 CONCLUSÃO

A proposta fundamental desse trabalho foi propor uma metodologia de avaliação baseada na aplicação de sistemas *fuzzy* para medir a eficiência de um sistema de monitores de falta e sua rede de comunicação aplicados na redução do tempo de atendimento emergencial de uma empresa de distribuição de energia elétrica.

A partir de conhecimentos de uma equipe de especialistas, foi desenvolvido um sistema capaz de avaliar indicadores que influenciam no tempo de atendimento, muitas vezes os conceitos traziam ideias confusas e julgamentos imprecisos. A metodologia busca racionalizar o pensamento humano e desta forma obter um comportamento padronizado para os resultados dos sistemas avaliados.

A metodologia representa o raciocínio da equipe de especialistas, aplicados no problema de tempo de atendimento emergencial de uma empresa de distribuição de energia, o que significa que os conceitos aplicados nas regras de avaliação, foram extraídos da realidade da empresa onde o sistema foi aplicado. Apesar de terem sido aplicados indicadores e critérios objetivos, é possível que existam entendimentos diferentes, tendo em vista que foram utilizados conceitos obtidos com a experiência da equipe de especialistas da empresa.

A utilização dos sistemas *fuzzy* se mostrou adequado para o desenvolvimento da metodologia, pois foi capaz de representar através dos termos linguísticos, as variáveis de entrada que foram obtidas através de julgamentos imprecisos e incertos, como bom, médio e alto.

Na metodologia proposta o resultado do desempenho dos sistemas avaliados é determinado a partir da agregação entre as variáveis de entrada Tempo, Custo e Assertividade, e a combinação entre essas variáveis e seus respectivos pesos.

A atribuição de pesos para as variáveis permitiu que fossem definidos graus de importância para cada uma das variáveis de entrada, de acordo com os critérios adotados pela equipe de especialistas.

A aplicação da metodologia foi realizada através da simulação no *software MATLAB* utilizando dados obtidos na pesquisa e realizando no desenvolvimento do trabalho e posteriormente dados do alimentador do estudo de caso.

Os resultados obtidos nos testes de simulação foram apresentados para a equipe de especialistas que colaboraram na definição das funções de pertinência,

termos linguísticos e regras de avaliação. De acordo com a análise dos realizada pela equipe, os resultados demonstraram ser coerentes com as opiniões e critérios de avaliação praticados pela equipe sobre os sistemas avaliados, porém a correta atribuição de valores linguísticos é de fundamental importância para a obtenção dos resultados.

Desta forma, é possível concluir que os resultados das simulações demonstram que a metodologia proposta permite avaliar o desempenho dos sistemas implementados.

A sistematização da metodologia de avaliação proposta é calçada fortemente no conhecimento dos especialistas que contribuíram para a definição das variáveis atribuídas para a avaliação, na definição das regras e a distribuição dos valores linguísticos. Sendo assim a correta aplicação da metodologia necessita de grande experiência das pessoas envolvidas no processo de avaliação.

Quando comparado com outros estudos da literatura de avaliação de projetos e observa-se que a maioria dos autores utilizaram da teoria dos sistemas *fuzzy* pela necessidade de criar uma sistematização da avaliação de projeto. Além disso os sistemas *fuzzy* são aplicados também pela capacidade de avaliação simultânea de vários critérios, pela possibilidade aplicação de regras de decisão de acordo com os cenários a ser avaliados e pela característica de tratar de forma numérica as imprecisões de opiniões muitas vezes subjetivas.

Outra característica observada em outros estudos e a necessidade de utilização do conhecimento de especialistas, principalmente na elaboração das bases de regras de avaliação.

6.1 Recomendação para Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho, pode ser notado algumas possibilidades de trabalhos futuros que complementariam a metodologia de avaliação proposta.

A metodologia poderia ser aperfeiçoada com o desenvolvimento de um sistema que possibilite a inter-relação entre as variáveis de entrada e entre as variáveis de pesos, para este estudo poderia ser aplicado a metodologia *AHP-Fuzzy*.

Também a utilização de um sistema automático para o cálculo das variáveis de pesos, conforme os critérios a serem definidos pela empresa.

Desenvolvimento de uma ferramenta computacional de fácil utilização para aplicação do método desenvolvido para avaliação de projetos em diferentes áreas de atuação.

REFERÊNCIAS

ACHANTA, S.; MACLEOD, B.; SAGEN, E.; LOEHNER, H. **Aplicação de Rádios para Melhorar a Operação da Proteção Elétrica Aplicação de Rádios para Melhorar a Operação da Proteção Elétrica.** v. 1, 2011.

AGUIAR, D. C. DE; SALOMON, V. A. P. **Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão.** Production, v. 17, n. 3, p. 502–519, 2007.

ALBUQUERQUE, A. R. **Fluxo de Caixa em risco: Uma nova abordagem para o setor de distribuição elétrica.** PUC- Rio, p. 1–14, 2008.

ALEXANDRE, R. F. **Modelagem , Simulação da Operação e Otimização Multiobjetivo Aplicada ao Problema de Despacho de Veículos em Minas a Céu Aberto.** 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

ALFAIA, R. D. **MGI: Módulo de Gerenciamento Inteligente para Otimização de Conforto Térmico do usuário em Smart Home.** 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

REIS, D.; **Alocação de Monitores de Qualidade de Energia e Unidades de Medição Fasorial usando Propagação Dinâmica Aproximada.** 2012. 96 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

AMORIM, M. L. F. DE. **Otimização de Atendimentos de Emergência em Rede de Distribuição de Energia Elétrica.** 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em Computação Científica e Sistemas de Potência), Faculdade de Computação, Universidade Federal Fluminense, 2010.

ANDRADE, F.; SANTOS, J.; MÔNACO, D.; FERREIRA, A.; CAMARGO, J. **Redução no Tempo Médio de Atendimento a Ocorrências Emergenciais Aplicando o Sinalizador de Falhas**. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. 2018.

AOKI, A. R.; LAMBERT-TORRES, G.; BARBOSA, J. A.; COSTA, B. R. **Sistema multi-agente para o atendimento de ocorrências na rede de distribuição de energia elétrica**. In: VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, Bauru, 2003.

BENINI, L. C.; MENEGUETTE JR, M. **Modelagem Neuro-Fuzzy com Apoio do MATLAB**. 2008. 53 f.

BERMUDEZ PEÑA, A.; LUGO GARCÍA, J. A.; PIÑERO PÉREZ, P. Y. **Sistema de inferencia borroso baseado em redes adaptativas para la evaluación de proyectos**. Ingeniería y Universidad, v. 19, n. 2, p. 53, 2015.

CAMPOS, L. M. L.; LIMA, A. S. **Um método Fuzzy para a análise qualitativa de riscos em projetos de desenvolvimento de software**. In: Regista Gestão & Tecnologia, v. 16, n. 2177–6652, p. 7–38, 2016.

CARVALHO, T.; **Aplicação de algoritmos colônia de formigas na reconfiguração e alocação de bancos de capacitores em redes elétricas de distribuição**. 2015, 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal Bahia, 2015.

CESAR, L.; CARPINETTI, R. **Gestão do desempenho em cadeias de suprimentos usando lógica fuzzy**. In: Regista Gestão & Produção, São Carlos, v. 4, p. 755–773, 2011.

CHEN, T.; SHANG, C.; SU, P.; SHEN, Q. **Induction of accurate and interpretable fuzzy rules from preliminary crisp representation**. Knowledge-Based Systems, v.

146, p. 152–166, 2018. Elsevier B.V.

CROSS, K.; LYNCH, R. **The “SMART” way to define and sustain success.** National Productivity Review, v. 8, n. 1, p. 23–33, 1988.

FERNANDES, C. E.; ZAMBENEDETTI, V. C.; MEYER, J. F.; VASCONCELLOS, A. B.; REIS, S. R. S. **Análise de uma Proposta de Sistema de Despacho Otimizado de Serviços através de uma Rede Híbrida de Comunicação na Energisa Mato Grosso.** In: XXIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Fortaleza, 2018.

FRAULOB, S. M.; FAVALI, J. L.; BARBOSA, R. S. P.; SCUCUGLIA, J. W.; REIS, A. M. **Sistema de Despacho de Ordem de Serviço via Palm Top e Rádio VHF.** In: XVII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Belo Horizonte, 2006.

FREITAS, A. F. **Alocação Ótima de PMU em Sistemas de Energia Elétrica.** 2016, 211 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Escola de Engenharia, Universidade Federal Minas Gerais, 2016.

FREITAS, H. **Análise de dados qualitativos: aplicações e as tendências mundiais em Sistemas de Informação.** In: Revista de Administração da USP, RAUSP, v. 35, n. 4, p. 84–102, 2000.

FREITAS, H.; MOSCAROLA, J. **From observation to decision: quantitative and qualitative data research and analysis methods.** In: RAE eletrônica, v. 1, n. 1, p. 1–30, 2002.

FURTADO, A. T.; BIN, A.; BONACELLI, M. B. M.; et al. **Avaliação de resultados e impactos da pesquisa e desenvolvimento – avanços e desafios metodológicos a partir de estudo de caso Resumo.** In: Regista Gestão & Produção, São Carlos, v.15, n. 2, p. 381–392, 2008.

GAO, H. **A fuzzy-ANP approach to project management performance evaluation indices system.** In: 2010 International Conference on Logistics Systems and

Intelligent Management, ICLSIM 2010. v. 1, p.273–277, 2010.

GODOY, T. P.; WEGNER, R. DA S.; GODOY, L. P.; BUENO, W. P.; NETO, C. R. P. **Comparação De Modelos Dos Sistemas De Medição De Desempenho Com Base Nos Indicadores De Qualidade.** In: Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 29–50, 2016.

GOMIDE, F. A. C.; GUDWIN, R. R.; TANSCHKEIT, R. **Conceitos Fundamentais da Teoria dos Conjuntos Fuzzy, Lógica Fuzzy e Aplicações.** In: Proc. 6 th IFSA Congress-Tutorials, p. 1-38, 1995.

GONG, Y.; GUZMAN, A. **Distribution feeder fault location using IED and FCI information.** In: 2011 64th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, Texas, p.168–177, 2011.

HAO, K.; ACHANTA, S. V; FOWLER, J.; KECKALO, D. **Apply a wireless line sensor system to enhance distribution protection schemes.** In: 2017 70th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, Texas, p.1–11, 2017.

HERNÁNDEZ, C. T.; MARINS, F. A. S.; DURÁN, J. A. R.; ROCHA, P. M. DA. **Utilização do AHP e do ANP para avaliar a relação entre a logística reversa e o desempenho empresarial: um estudo no setor automotivo brasileiro.** In: XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - XLI SBPO, p.1812–1823, 2009.

INSTITUTOS LACTEC; GRUPO ENERGISA; SIGMA - Pesquisa e Consultoria em Engenharia. **Relatório de Etapas: Projeto P&D 0405-0012/2015 (SCODE). Sistema de Despacho Otimizado e Automático de Serviços.** Curitiba, 2017. pp. 31. Relatório Técnico.

INSTITUTOS LACTEC; GRUPO ENERGISA; SIGMA - Pesquisa e Consultoria em Engenharia. **Relatório de Etapas: Projeto P&D 0405-0012/2015 (SCODE). Levantamento dos índices de qualidade de serviços do sistema elétrico de distribuição do conjunto de alimentadores da subestação de Tangará da Serra, com ênfase no alimentador 06, realizado pela UFMT (antes da implantação do**

projeto). Cuiabá, 2016. pp. 46. Relatório Técnico 01.

INSTITUTOS LACTEC; GRUPO ENERGISA; SIGMA - Pesquisa e Consultoria em Engenharia. **Relatório de Etapas: Projeto P&D 0405-0012/2015 (SCODE).**

A) Levantamento dos índices de qualidade de serviços (TMP, TMD, TME, TMAE) do sistema elétrico de distribuição do conjunto de alimentadores da subestação de Tangará da Serra, com ênfase no alimentador 06, realizado pela UFMT; B) Análise das medições em campo de cobertura do sinal VHF realizada no alimentador 6 em dezembro/2016. Cuiabá, 2016. pp. 21. Relatório Técnico 02.

JAKUBOWSKI, E. F.; SANTOS, J. C.; ANDRADE, F. J. DE. **Localizador de Falhas com Comunicação Sem Fio.** In: VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL), Fortaleza, 2011.

LIMA JR, F. R.; CERVI, A. F. C.; CARPINETTI, L. C. R. **UMA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO BASEADA EM INFERÊNCIA FUZZY PARA CLASSIFICAÇÃO ABC DE ESTOQUES.** In: Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v. 6, p. 343–366, 2014.

MAGRO, M. A. DE B. **Dimensionamento de equipes baseado em modelos de previsão, simulação e alocação: caso de uma empresa do setor elétrico,** 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MARES, F. M.; LUCENA, B. R. D. **ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA BASEADA EM LÓGICA FUZZY.** In: IV Singep - Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, n. 2317–8302, p. 16, 2015.

NAZARENO, A.; BOENTE, PEREIRA; MIRANDA, R.; BOENTE, PIRES; BOENTE, K. P. **Avaliação Fuzzy da Qualidade do Gerenciamento de Projeto de Engenharia Web : Estudo de Caso do Produto de Software Omega Residential Condominium Plus.** In: IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, 2012.

POSSELT, E. **Infuzzy - Ferramenta para desenvolvimento de aplicações de sistemas difusos**. 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Processos Industriais), Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011.

RAFAELI, L.; MÜLLER, C. J. **Estruturação de um índice consolidado de desempenho utilizando o AHP**. In: Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 363–377, 2007.

RAKPENTHAI, C.; PREMRUDEEPREECHACHARN, S.; UATRONGJIT, S.; WATSON, N. R.; MEMBER, S. **An Optimal PMU Placement Method Against Measurement Loss and Branch Outage**. In: IEEE Transactions on Power Delivery vol. 22, n. 1, p. 101–107, 2007.

RIBAS, J. R.; GUIMARÃES, L. F.; CAIAFFA, C. M. **Benefícios e Riscos na Avaliação de Projetos de Pesquisa e de Desenvolvimento no Setor Elétrico Brasileiro**. In: Revista ADM.MADE, Rio de Janeiro, v. 20, n.2, p.23-40, 2016.

RIBEIRO, C.; JÚNIOR, E.; FURTARO, A.; SILVA, G.; SICSU, A.; TÁVORA, L.; PEREIRA, V. **Metodologia de avaliação de projetos de P & D do setor elétrico**. In: XV Congresso Latino-Iberoamericana de Gestão de Tecnologia, Porto, 2013.

SANTOS, T. A. A. **DETERMINAÇÃO DE PERFIL DE CURVA DE CARGA RESIDENCIAL BASEADO NUM SISTEMA- FUZZY**, 2016. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2016.

STEINER, M. T. A.; COSTA, C. E. D. S.; COSTA, D. M. B.; FILHO, É. A.; ZAMBENEDETTI, V. C. **Técnicas da pesquisa operacional aplicadas à logística de atendimento aos usuários de uma rede de distribuição de energia elétrica**. In: Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, v. 1, n. 3, p. 229–243, 2006.

TAYLOR, P.; MOHANTY, R. P.; AGARWAL, R.; CHOUDHURY, A. K.; TIWARI, M. K. **A fuzzy ANP-based approach to R & D project selection: A case study**. In: International Journal of Production Research, vol. 43, n. 24, p. 5199-5216, 2005.

TERRA, T. **Aplicação De Lógica Fuzzy No Controle De Trânsito Urbano**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; VEY, I. H. **Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura**. In: Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 75–93, 2010.

USIDA, W. F. **Sistema Inteligente para Alocação Eficiente de Dispositivos Indicadores de Falta em Alimentadores de Distribuição**. 2011. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências, Programa de Engenharia Elétrica), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

VAZ, A. M. **ESTUDO DAS FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA PARA CONJUNTOS FUZZY UTILIZADOS EM CONTROLADORES SEMAFÓRICOS FUZZY**, 2006, 158 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

VERBOSKI, T. A. **Proposta e simulação de um algoritmo de designação otimizado para despacho de equipes de atendimento de uma empresa de energia elétrica**, 2010. 189 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Departamento de Matemática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

VOLPI, N. M. P.; WILHELM, V. E.; CARNIERI, R.; ZAMBENEDETTI, V. C.; GROSS, J. H. **Designação de Serviços em uma Empresa de Distribuição de Energia Elétrica**. In: Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, Rio de Janeiro, V. 3, n.1, p. 58–68, 2011.

VOLPI, N.; WILHELM, V.; ZAMBENEDETTI, V.; PINTO, C.; STEINER, M. **Logística de atendimento aos usuários de energia elétrica via simulação**. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008.