



LUCIRENE VITÓRIA GÓES FRANÇA CAVALCA

**SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY PARA APOIO NA TOMADA DE DECISÃO
EM LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS**

Sorocaba

2019

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

**ciências
ambientais**



unesp
Sorocaba

LUCIRENE VITÓRIA GÓES FRANÇA CAVALCA

**SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY PARA APOIO NA TOMADA DE DECISÃO
EM LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS**

Tese apresentada como requisito para a
obtenção do título de Doutor em Ciências
Ambientais da Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área
de Concentração Diagnóstico, Tratamento
e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso
Roveda

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Bressane

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Sorocaba

2019

C376s

Cavalca, Lucirene Vitória Góes França
Sistemas de inferência fuzzy para apoio na
tomada de decisão em licenciamento ambiental de
empreendimentos rodoviários / Lucirene Vitória Góes
França Cavalca. -- Sorocaba, 2019
113 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: José Arnaldo Frutuoso Roveda
Coorientador: Adriano Bressane

1. Triagem. 2. Lógica. 3. Modelagem Matemática.

4. Análise de processos. 5. EIA. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados
fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

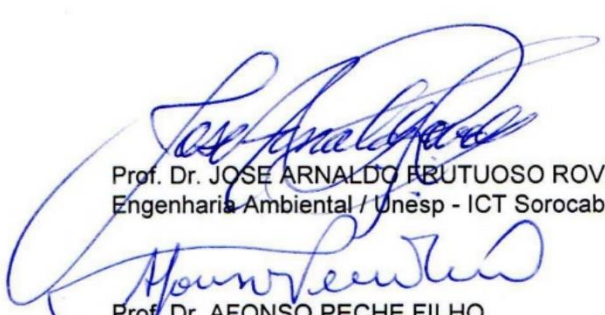
TÍTULO DA TESE: SISTEMAS DE INFERÊNCIA FUZZY PARA APOIO NA TOMADA DE DECISÃO EM LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS

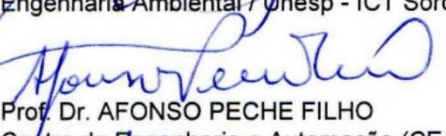
AUTORA: LUCIRENE VITORIA GOES FRANÇA

ORIENTADOR: JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA

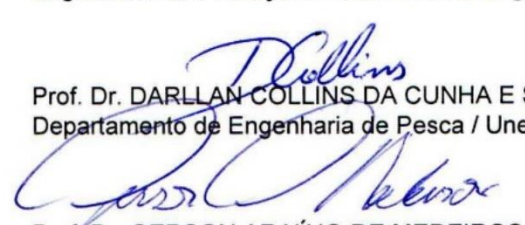
COORIENTADOR: ADRIANO BRESSANE

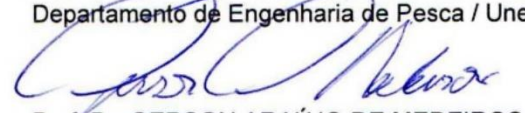
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba


Prof. Dr. AFONSO PECHE FILHO
Centro de Engenharia e Automação (CEA) / Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)


Prof. Dr. HENRIQUE EWBANK DE MIRANDA VIEIRA
Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS)


Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA
Departamento de Engenharia de Pesca / Unesp - Câmpus de Registro


Prof. Dr. GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Sorocaba, 27 de junho de 2019

Aos meus pais, **Carmen Lúcia Góis França** e **José da Costa França**, que com amor e paciência permitiram e orientaram para que me tornasse quem eu sou. Palavras nunca serão suficientes para expressar o meu amor.

Ao amor da minha vida, **Jonas Caçador Cavalca de Barros**, que esteve presente em cada tropeço para não me deixar cair ou ajudar a levantar com carinho, paciência e dedicação. A nossa união nos torna mais fortes.

Às minhas irmãs, **Jeanice**, **Luciene (a Lu da minha casa)** e **Lucilene (Vivi)**, e aos meus **oito sobrinhos**, pelo carinho e alegria mesmo nos momentos mais difíceis e fatigantes. Sem família não seria nada.

A **Regina**, **Mauro**, **Joyce**, **Alex** e **Cida** sou muito feliz por fazer parte dessa família e contar com o carinho e apoio de cada um.

AGRADECIMENTOS

À UNESP - Universidade Estadual Paulista, na pessoa do diretor do ICT - Instituto de Ciência e Tecnologia - Campus de Sorocaba, Prof. Dr. Alexandre da Silva Simões.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, na pessoa do coordenador Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais.

Ao Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda, pela dedicação, pela amizade e pela paciência sempre.

Ao Engenheiro Ambiental Thales Andrés Carra, sem nossas conversas mágicas no café ou almoço, esse trabalho não existiria.

Ao amigo e coorientador Prof. Dr. Adriano Bressane pela dedicação e apoio.

À CAPES pela concessão de bolsa, não sei se teria chegado ao fim sem esse auxílio.

Aos membros da banca que doaram um pouco do seu tempo para compartilhar conhecimentos e experiência para auxiliar no enriquecimento do trabalho.

FRANÇA, L V G. **Sistemas de inferência fuzzy para apoio na tomada de decisão em licenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários**. 2019. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Câmpus Experimental de Sorocaba, UNESP - Univ Estadual Paulista, Sorocaba, 2019.

RESUMO

A Avaliação do Impacto Ambiental tornou-se obrigatória para atividades consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras. A experiência e o conhecimento de agentes técnicos para direcionar estudos e medidas para minimizar e / ou mitigar os impactos causados ao meio ambiente é fundamental em um processo que envolve muitas variáveis, como o licenciamento ambiental. O processo de licenciamento ambiental recebe muitas críticas devido a burocracia e morosidade. Estudos e pesquisas para melhorar as etapas do processo vêm sendo apresentados ao longo dos anos, mas ainda há muito a ser investigado e compartilhado, sendo pouco o que é encontrado na literatura que enfoque o desenvolvimento de um procedimento lógico estruturado para apoiar a definição do escopo do estudo mais apropriado caso a caso. Aqui, propõe-se uma metodologia baseada em modelagem fuzzy para apoiar a fase de triagem com intuito de minimizar o tempo e a burocracia existente dentro do processo. Contou-se com a colaboração de especialistas do setor de licenciamento para a construção do modelo e para sua avaliação. Foi utilizado um conjunto de dados com trinta e dois projetos rodoviários, disponibilizados pelo setor de protocolos da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. O sistema foi aplicado em processos de licenciamento de empreendimentos rodoviários (construção, ampliação e manutenção de rodovias, além de dispositivos, como trevos e alças de acesso) e os resultados obtidos pelo modelo foram comparados com análise prévia realizada por especialistas do setor. Os resultados mostram que embora o formulário prévio contenha falhas que podem ser aprimoradas, a sistematização é imprescindível para a otimização do processo. A modelagem fuzzy pode ser considerada uma abordagem promissora, e pode ser implementada no intuito de promover maior rapidez e padronização no processo de licenciamento.

Palavras-chave: Triagem. Lógica. Modelagem Matemática. Análise de processos. EIA.

FRANÇA, L V G. **Fuzzy inference systems for support in decision-making in environmental licensing of road entrepreneurs**. 2019. 113 f. Thesis (PhD in Environmental Sciences) – Experimental Campus of Sorocaba, UNESP - Univ Estadual Paulista, Sorocaba, 2019.

ABSTRACT

Environmental impact assessment has become mandatory for activities either considered to be effectively or potentially polluting. The experience and knowledge of technical agents to direct studies and measures to minimize and / or mitigate the impacts caused to the environment is fundamental in a process that involves many variables, such as environmental licensing. The environmental licensing process receives many criticisms due to bureaucracy and morosity. Studies and researches to improve stages of the process have been presented over the years, but there is still much to be investigated and shared, with few studies reported in the literature focusing on developing a structured logical procedure to support the definition of type of study more appropriated case-by-case. Here, a methodology based on fuzzy modeling is proposed to support the screening phase in order to minimize the time and bureaucracy within the process. It was counted with collaboration of specialists in the licensing sector for the construction of the model and for its evaluation. A data set was used with 32 road projects, made available by the protocols sector of the Environmental Company of the State of São Paulo. The system was applied in the licensing processes of road projects (construction, expansion and maintenance of highways, as well as devices such as clovers and access handles) and the results obtained by the model were compared with previous analysis performed by specialists in the sector. The results show that although the previous form contains flaws that can be improved, systematization is indispensable for the optimization of the process. Fuzzy modeling can be considered a promising approach, and can be implemented to promote faster and more standardized licensing.

Keywords: Screening. Logic. Mathematical Modeling. Process Analysis. EIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Item 1 da Ficha Cadastral	28
Figura 2: Item 2 da Ficha Cadastral	29
Figura 3: Item 3 da Ficha Cadastral	29
Figura 4: Item 4 da Ficha Cadastral	30
Figura 5: Item 5 da Ficha Cadastral	31
Figura 6: Esquema do Sistema Baseado em Rearas Fuzzy (SBRF)	35
Figura 7: Esquema com os sistemas desenvolvidos	41
Figura 8: Estrutura dos sistemas com as alterações realizadas (Em vermelho o que foi suprimido e em azul o que foi adicionado)	42
Figura 9: Item 2 da Ficha Cadastral com as variáveis utilizadas em negrito	43
Figura 10: Item 3 da Ficha Cadastral com as variáveis em negrito	43
Figura 11: Fuzzificação da variável ADA – Área Diretamente Afetada	44
Figura 12: Fuzzificação da variável VDM – Veículos Diário Médio	45
Figura 13: Fuzzificação da variável de saída do Sistema 1 - PORTE	45
Figura 14: Esquema do Sistema 1 (Versão 1).....	46
Figura 15: Conjuntos da variável INTERVENÇÃO	48
Figura 16: Esquema do Sistema 1 (Versão 2).....	49

Figura 17: Item 4 da Ficha Cadastral com as variáveis utilizadas em negrito	50
Figura 18: Fuzzificação da variável Propriedade.....	51
Figura 19: Fuzzificação da variável Família.....	52
Figura 20: Fuzzificação da variável Desapropriação.....	52
Figura 21: Esquema do Sistema 2.1	53
Figura 22: Fuzzificação da variável Nativa	54
Figura 23: Fuzzificação da variável Sucessional.....	55
Figura 24: Fuzzificação da variável Supressão	55
Figura 25: Esquema do Sistema 2.2 (Versão 1).....	56
Figura 26: Fuzzificação da variável ESTÁGIO MÉDIO	57
Figura 27: Esquema do Sistema 2.2 (Versão 2).....	58
Figura 28: Fuzzificação da variável Movimentação do Solo.....	60
Figura 29: Fuzzificação da variável Supressão - Sistema 2	60
Figura 30: Fuzzificação da variável Desapropriação - Sistema 2.....	61
Figura 31: Fuzzificação da variável IPDA - Impacto na População Diretamente Afetada.....	61
Figura 32: Esquema do Sistema 2	64

Figura 33: Item 5 da Ficha Cadastral com as variáveis utilizadas em negrito	64
Figura 34: Valores das variáveis de entrada do Sistema 3	65
Figura 35: Valores da variável de saída do Sistema 3	66
Figura 36: Esquema do Sistema 3	67
Figura 37: Fuzzificação da variável PORTE no Sistema 4	68
Figura 38: Fuzzificação da variável IPDA do Sistema 4	69
Figura 39: Fuzzificação da variável IC do Sistema 4	69
Figura 40: Fuzzificação da variável de saída do Sistema 4 utilizando funções triangulares (DOC Triangular)	70
Figura 41: Fuzzificação da variável de saída do Sistema 4 utilizando funções trapezoidais (DOC Trapezoidal)	70
Figura 42: Esquema do Sistema 4	72
Figura 43: Variáveis de saída do Sistema 4 em funções triangulares e trapezoidais	90

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Terminologia utilizada para EAS na região sudeste do Brasil	23
Tabela 1: Grupos de Empreendimentos Rodoviários	25
Tabela 2: Legislação que norteia a solicitação de licença dos Empreendimentos Rodoviários	26
Tabela 3: Base de Regras de Inferência do Sistema 1 (Versão 1)	46
Tabela 4: Base de Regras de Inferência do Sistema 1 (Versão 2 <i>(continua)</i>	48
Tabela 5: Base de Regras de Inferência do Sistema 2.1.....	53
Tabela 6: Base de Regras de Inferência do Subsistema 2 (Versão 1)	56
Tabela 7: Base de Regras de Inferência do Subsistema 2 (Versão 2) <i>(continua)</i>	58
Tabela 8: Base de Regras de Inferência do Sistema 2.....	62
Tabela 9: Base de Regras de Inferência do Sistema 3.....	66
Tabela 10: Base de Regras de Inferência do Sistema 4.....	71
Tabela 11: Intervalo de Classificação do Sistema 1	74
Tabela 12: Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados.....	74
Tabela 13: Dados de Entrada e Saída da Segunda versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados <i>(continua)</i>	76

Tabela 14: Fuzzificação das variáveis de entrada e saída do sistema 2	79
Tabela 15: Intervalo de Classificação do Sistema 2	80
Tabela 16: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados da primeira versão do Sistema 2.....(continua)....	80
Tabela 17: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados da segunda versão do Sistema 2.....(continua)....	82
Tabela 18: Intervalo de Classificação do Sistema 3	84
Tabela 19: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3.....(continua)....	84
Tabela 20: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3 e a avaliação de dois especialistas.....(continua)....	86
Tabela 21: Saídas Normalizadas e Fuzzificadas para entrada do Sistema 4	89
Tabela 22: Intervalo de Classificação do Sistema 4	90
Tabela 23: Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema 4 e Classificação Preliminar dos Resultados.....(continua)....	91
Tabela 24: Dados de Entrada e Saída da segunda versão do Sistema 4 e Classificação Qualitativa dos Resultados.....(continua)....	93
Tabela 25: Classificação Qualitativa do Sistema, dos Especialistas e Documento Original.....(continua)....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAI	=	Associação Brasileira de Avaliação de Impacto
ACV	=	Avaliação do Ciclo de Vida
ADA	=	Área Diretamente Afetada
AHP	=	Analytical Hierarchy Process
AIA	=	Avaliação de Impacto Ambiental
AMD	=	Auxílio Multicritério de Decisão
ANFIS	=	Adaptive Neuro - Fuzzy Inference System
APED	=	Avaliação Periódica de Desempenho
APP	=	Áreas de Preservação Permanente
CETESB	=	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	=	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DER / PR	=	Departamento de Estradas e Rodagem do Paraná
DER / SP	=	Departamento de Estradas e Rodagem de São Paulo
EAS	=	Estudo Ambiental Simplificado
EIA	=	Estudo de Impacto Ambiental
EIA / RIMA	=	Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental
ELECTRE	=	ELimination Et Choix Traduisant la Réalité
EUA	=	Estados Unidos da América
Fuzzy - QFD	=	Fuzzy - Quality Function Deployment
Fuzzy - TOPSIS	=	Fuzzy - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
IBAMA	=	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IC	=	Impacto Cultural
IEMA	=	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo
INEA	=	Instituto Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro
IPDA	=	Impacto na População Diretamente Afetada
ITAP	=	Setor de Triagem e Acompanhamento de Processos
LI	=	Licença de Instalação

LO	=	Licença de Operação
LP	=	Licença Prévia
MCDA	=	Apoio à Decisão Multicritério
MCDA - C	=	Apoio à Decisão Multicritério - Construtivista
PCA	=	Plano de Controle Ambiental
PROMETHEE	=	Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations
RAP	=	Relatório Ambiental Preliminar
RAS	=	Relatório Ambiental Simplificado
RCA	=	Relatório de Controle Ambiental
REEE	=	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
RP	=	Risco Potencial
SAD	=	Sistema de Apoio à Decisão
SBRF	=	Sistema Baseado em Regras Fuzzy
SEMAD – MG	=	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
SIG	=	Sistema de Informações Geográficas
SMA-SP	=	Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo
SUPRAMs	=	Superintendências Regionais de Meio Ambiente de Minas Gerais
TODIM	=	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério
UE	=	União Européia
VDM	=	Volume Diário Médio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 OBJETIVOS	19
1.1 Objetivos gerais	19
1.2 Objetivos específicos	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Licenciamento ambiental	20
2.1.1 Atividades ou Empreendimentos Sujeitos ao Licenciamento Ambiental	20
2.1.2 Metodologia do Licenciamento Ambiental	21
2.1.3 Licenciamento de Empreendimentos Rodoviários	25
2.2 Triagem no licenciamento ambiental	27
2.2.1 Triagem no Estado São Paulo: Ficha Cadastral para Licenciamento de Empreendimentos Rodoviários	28
2.3 Lógica fuzzy e seus sistemas baseados em regras	31
2.3.1 Lógica Fuzzy	31
2.3.2 Conjuntos Fuzzy	32
2.3.3 Variáveis Linguísticas	32
2.3.4 Funções de Pertinência	33
2.3.5 Sistemas Baseados em Regras Fuzzy - SBRF	34
2.4 Sistema de apoio à decisão	36
3 DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS	41
3.1 Sistema 1: Caracterização do empreendimento	42
3.1.1 Sistema 1 - Versão 1	43
3.1.2 Sistema 1 - Versão 2	47
3.2 Sistema 2: Atividades com impacto potencial	49
3.2.1 Subsistema 1 - Desapropriação	51
3.2.2 Subsistema 2 - Supressão de Vegetação (Versão 1)	54
3.2.3 Subsistema 2 - Supressão de Vegetação (Versão 2)	56
3.3 Sistema 3: Caracterização da área de influência	64
3.4 Sistema 4: Processo decisório	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
4.1 Sistema 1	74
4.2 Sistema 2	79
4.3 Sistema 3	83

4.4	Sistema 4	88
5	CONCLUSÕES	97
	REFERÊNCIAS	98

INTRODUÇÃO

O Licenciamento de empreendimentos e atividades causadoras de impacto e degradação ambiental iniciou no final da década de 1960, nos EUA e começou a ser realizado no Brasil a partir da década de 1970, tendo a sua validade legislativa nos anos 80, após a aprovação pelo Congresso Nacional do projeto de lei sobre Política Nacional do Meio Ambiente, em 31 de agosto de 1981, e confirmada com o art. 225 da Constituição Federal de 1988.

De acordo com o inciso I do artigo 1º da Resolução CONAMA 237/97, é um processo administrativo e burocrático utilizado para obtenção de licenças (localização, instalação, ampliação e operação) de empreendimentos e atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, ou seja, que possam causar degradação ambiental.

Embora o processo tenha orientação legal por meio de leis e decretos, não existe um padrão para o licenciamento conforme apresentado nos trabalhos de Hofmann (2015), Gama (2016), Fonseca e Resende (2016) e Fonseca, Moraño e Moretto (2017) que apresentaram que existem falhas que precisam ser corrigidas para que melhore a qualidade não só do processo de Licenciamento Ambiental, como também da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), ou seja, a avaliação dos impactos positivos e negativos que podem ser gerados ao meio ambiente na implantação de atividades ou empreendimentos.

Hofmann (2015) apresentou as dificuldades encontradas nos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários e afirmou que: “... é corriqueira a emissão de licenças contendo condicionantes que deveriam ter sido cumpridos em fases anteriores, a exemplo de estudos e diagnósticos.” A autora apontou que existem emissões de licença de instalação e operação que não podem ser utilizadas por fixarem condicionantes que deveriam ser verificadas em etapas anteriores à obra ou operação, mesmo tendo regulamentação que determina que “o órgão ambiental não poderá admitir a postergação de estudos de diagnóstico próprios da fase prévia para as fases posteriores sob a forma de condicionantes do licenciamento” (BRASIL, 2006).

De Sousa (2015) apontou que as fases iniciais (triagem e escopo) são decisivas para qualidade e agilidade do licenciamento ambiental, pois as informações obtidas permitem avaliar o potencial de serem causados danos

ambientais significativos e auxiliam na tomada de decisão sobre a aprovação da licença ambiental. A autora comparou as etapas iniciais de licenciamento pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD – MG) e apresentou as diferenças de processo, mostrando o quanto ainda é preciso estudos que auxiliem a tomada de decisão para que tenhamos uma avaliação mais unificada no país.

Gama (2016) afirmou que as *“críticas ao processo de AIA partem de diferentes atores”*, como a insatisfação do setor econômico com relação aos prazos e clareza das legislações; e a falta de capacidade institucional apontada pelos executores de AIA *“para atender às evoluções necessárias para os procedimentos”*. A autora também apresentou críticas realizadas pela Associação Brasileira de Avaliação de Impacto (ABAI), em 2015:

- *“Deficiência nos mecanismos de participação pública;*
- *Deficiência nos Termos de Referência;*
- *Problemas na triagem;*
- *Conflitos de competência entre órgãos ambientais;*
- *Conflitos entre órgãos ambientais e Ministério Público”.*

No mesmo estudo, a autora fez uma análise do panorama do licenciamento no mundo, apontando governos como os do Canadá e Reino Unido, que realizaram mudanças no processo de triagem devido a pressão por parte das indústrias e empresários. O mesmo cenário é apontado por Bond et al. (2014) que mostrou as mudanças ocorridas na África do Sul, Reino Unido, Austrália Ocidental e Canadá para a diminuição de prazos.

No cenário europeu, a revisão da diretiva da União Européia 2014/52 UE apontou, no Art. 26, mudanças para a simplificação da etapa de triagem definindo novos procedimentos e prazo de 90 dias (EC ENVIRONMENTAL, 2015).

Fonseca e Resende (2016) sugeriram boas práticas que podem ser aplicadas para *“aprimorar a transparência, informatização e comunicação”* nos websites dos órgãos licenciadores estaduais em todas as etapas do processo:

- a) Disponibilização dos tipos de empreendimentos que são passíveis de licenciamento ambiental (lista positiva);

- b) Disponibilização dos tipos de empreendimentos que não são passíveis de licenciamento ambiental (lista negativa);
- c) Disponibilização dos critérios de corte, como PORTE e/ou POTENCIAL POLUIDOR do projeto usados na triagem;
- d) Informe dos pedidos de licenciamento disponíveis para CONSULTA da população;
- e) Informe dos pedidos de licenciamento com COLETA DE OPINIÃO da população.

Fonseca, Montañó e Moretto (2017) mostraram a importância da pesquisa para auxiliar na busca de soluções para os problemas que vêm sendo apresentados no processo de Licenciamento e Avaliação de Impacto Ambiental.

A etapa de triagem culmina na tomada de decisão quanto ao tipo de estudo que deve ser realizado e entregue pelo empreendedor para análise e obtenção de licença.

Nesse contexto, Silva (2016) mostrou que modelos de avaliação integrada, algoritmos de otimização e ferramentas de análise de decisão multicritério, podem ser utilizadas em modelagem de sistemas de suporte à decisão para a análise comparativa e avaliação da incerteza de alternativas de gestão ambiental. O autor apontou algumas das questões relacionadas à incerteza nos processos de tomada de decisões ambientais:

- “1. O desenvolvimento de métodos para quantificar a incerteza associada com a entrada humana;*
 - 2. O desenvolvimento de critérios de desempenho adequados baseados no risco que são compreendidos e aceitos por uma série de disciplinas;*
 - 3. A incorporação de práticas de manejo adaptativo para o processo de tomada de decisão em matéria ambiental, incluindo a correção do modelo de divergência;*
 - 4. O desenvolvimento de abordagens e estratégias para aumentar a eficiência computacional de modelos integrados, métodos de otimização e métodos para estimar as medidas de desempenho baseadas no risco;*
 - 5. O desenvolvimento de sistemas integrados para tratamento integral da incerteza como parte do processo de tomada de decisão ambiental.”*
- (SILVA, 2016).*

A Teoria dos Conjuntos Fuzzy tem sido utilizada como uma importante ferramenta para lidar com a incerteza e subjetividade que envolve as avaliações interdisciplinares como ocorre na Avaliação de Impacto Ambiental. Trabalhos como os de Amorim et al. (2016), Zanghelini (2018), França (2016), Dias (2016), Ribeiro et al. (2018), apresentaram propostas utilizando a lógica fuzzy em sistemas de suporte à decisão em vários setores.

Amorim et al. (2016) em seu estudo na área de gestão pública participativa, demonstraram que a atribuição de pesos na Soma Ponderada por meio da Lógica Fuzzy, melhorou a usabilidade e, conseqüentemente, a eficiência do suporte à decisão.

Um modelo híbrido utilizando duas abordagens da Análise de Decisão Multicritério (MCDA), o Analytical Hierarchy Process (AHP) e o Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations (PROMETHEE II) foi desenvolvido para facilitar a interpretação de resultados de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) concluindo que nenhum tomador de decisão pode ser excluído do processo, uma vez que há variação no julgamento das partes (ZANGHELINI, 2018).

França (2016), modelou um Adaptive Neuro-fuzzy Inference System (ANFIS) para analisar os riscos de projetos. Os resultados indicaram que o gerenciamento de riscos em projetos foi realizado com sucesso, pois possibilitou a modelagem de conhecimento e experiências humanas, diminuição dos custos com mão de obra especializada e aumento da velocidade das análises.

Dias (2016) considerou indicadores econômicos, sociais e ambientais na avaliação da sustentabilidade nos países em nível mundial utilizando dois métodos de Apoio Multicriterial: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), e Analytic Hierarchic Process (AHP).

Ribeiro et al. (2018) propôs uma metodologia para avaliação de impacto, melhorando o índice global ponderado desenvolvido por Bressane et al. (2017), adicionando uma ponderação baseada na priorização dos impactos de acordo com a sua importância relativa caso a caso. Tal índice foi aplicado em dois estudos de caso: suporte a decisão na manutenção ou demolição de construções irregulares e escolha de alternativas locais para uma estação de tratamento de esgoto em condomínio urbano. Os autores concluíram que tal índice foi capaz de avaliar criticamente e de forma abrangente as alternativas disponíveis para ambos os casos

mostrando ser uma abordagem promissora como método de suporte a decisão em avaliação de impactos ambientais.

Esta tese, dividida em cinco capítulos, apresenta o desenvolvimento de um conjunto de sistemas baseados em regras fuzzy, para auxílio à tomada de decisão, na etapa de triagem, procurando fornecer uma estrutura esquematizada no processo de licenciamento.

Inicialmente, é apresentado no capítulo 1, os objetivos gerais e específicos do trabalho de pesquisa.

A revisão bibliográfica, apresentada no capítulo 2, conta com a definição do processo de licenciamento ambiental e suas etapas com as regulamentações pertinentes, com foco na etapa de triagem e o detalhamento do processo em empreendimentos rodoviários de acordo com o estipulado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se a Teoria dos Conjuntos fuzzy, por trabalhar bem com termos linguísticos e limites variáveis. Assim, ainda neste capítulo, são apresentadas as definições utilizadas da teoria e seus sistemas baseados em regras e por fim, a definição de Sistemas de Apoio à Decisão e a sua importância em processos de licenciamento.

O desenvolvimento dos sistemas utilizados e suas integrações são apresentadas no capítulo 3.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões de cada um dos sistemas desenvolvidos.

As conclusões com as sugestões de melhorias para a etapa de triagem do processo de Licenciamento Ambiental são apresentadas no capítulo 5.

Assim, esta tese tem como objetivo desenvolver um modelo fuzzy para melhorar a etapa de triagem no processo de licenciamento, propondo um sistema de apoio à tomada de decisão baseado em Regras Fuzzy. A aplicação em processos de licenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários, auxilia no melhor entendimento das ações e nas decisões a serem tomadas sobre que tipo de estudo que deve ser apresentado pelas empresas para obtenção da licença.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivos gerais

Desenvolver um modelo fuzzy para auxiliar e melhorar a eficiência da triagem em processos de licenciamento ambiental.

Avaliar a proposta do modelo fuzzy na triagem de processos de licenciamento ambiental em empreendimentos rodoviários.

1.2 Objetivos específicos

Comparar os resultados produzidos com o auxílio do modelo com os resultados produzidos por especialistas;

Analisar as divergências entre os resultados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Licenciamento ambiental

De acordo com o artigo 1º da Resolução 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em seu inciso I:

“Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.” (CONAMA, 1997).

O processo de licenciamento ambiental é utilizado para a concessão de licenças de planejamento, implantação e operação de empreendimentos que podem vir a causar danos ao meio ambiente, de forma a proteger, minimizar ou mitigar possíveis impactos.

Apesar da sua função essencial ao meio ambiente, é muito criticado por ser moroso e burocrático (BORGES, 2015, apud OLIVEIRA et al. 2016), o que leva a busca de procedimentos que tentem agilizar de forma estruturada e menos burocrática o processo para obtenção de licenças.

Foi adotado no Brasil a partir da década de 60 e vem sendo utilizado para implantação de empreendimentos a partir de análise prévia de impactos ambientais (SANCHÈZ, 2015).

2.1.1 Atividades ou empreendimentos sujeitos ao Licenciamento Ambiental

De acordo com o Anexo I da Resolução Conama 237/97, são sujeitos ao licenciamento as seguintes atividades e/ou empreendimentos:

- a) Extração e tratamento de minerais;
- b) Indústria de produtos minerais não metálicos;
- c) Indústria metalúrgica;
- d) Indústria mecânica;

- e) Indústria de material elétrico, eletrônico e comunicações;
- f) Indústria de material de transporte;
- g) Indústria de madeira;
- h) Indústria de papel e celulose;
- i) Indústria de borracha;
- j) Indústria de couros e peles;
- k) Indústria química;
- l) Indústria de produtos de matéria plástica;
- m) Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos de tecidos;
- n) Indústria de produtos alimentares e bebidas;
- o) Indústria de fumo;
- p) Indústrias diversas;
- q) Obras civis: rodovias, ferrovias, hidrovias, metropolitanos; barragens e diques; canais para drenagem; retificação de curso de água; abertura de barras, embocaduras e canais; transposição de bacias hidrográficas; outras obras de arte;
- r) Serviços de utilidade;
- s) Transporte, terminais e depósitos;
- t) Turismo;
- u) Atividades diversas;
- v) Atividades agropecuárias;
- w) Uso de recursos naturais.

2.1.2 Metodologia do licenciamento ambiental

Dietz e Stern (2008) resumiu o processo de licenciamento ambiental em sete etapas: 1) proposta de projeto ou atividade, 2) triagem das propostas, 3) determinação do escopo dos estudos, 4) elaboração dos estudos de identificação e predição de impacto ambiental, 5) análise dos estudos, 6) decisão sobre a concessão da licença, e 7) acompanhamento dos compromissos e condicionantes da licença ambiental.

Proposta de projeto ou atividade - Documento apresentado ao órgão licenciador com a apresentação do objeto de licenciamento, ou seja, a determinação

do empreendimento para o qual é necessário a obtenção da licença para planejamento, implantação e/ou operação.

Triagem das propostas - Paulo Pinho, McCallum e Cruz (2010) resumiram essa etapa como um procedimento para determinar se um projeto deve estar sujeito a Estudo de Impacto Ambiental (EIA) como pré-requisito do processo de licenciamento.

Determinação do Escopo dos estudos - De acordo com a Resolução 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em seu artigo 1º, inciso III:

“Estudos Ambientais: são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.” (CONAMA, 1997).

Na mesma resolução no artigo 3º parágrafo único:

“Parágrafo único. O órgão ambiental competente, verificando que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente, definirá os estudos ambientais pertinentes ao respectivo processo de licenciamento.” (CONAMA, 1997).

Nesta etapa é definido o tipo de estudo de impacto ambiental que o empreendedor deve realizar e entregar para dar prosseguimento no processo de licenciamento. De acordo com Montañó e De Souza (2008), a legislação no Estado de São Paulo determina que os estudos são, em ordem crescente de complexidade e detalhamento, o Estudo Ambiental Simplificado (EAS), o Relatório Ambiental Preliminar ou Simplificado (RAP ou RAS) - aqui utilizou-se a terminologia RAP - e o Estudo Prévio de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), que podem ser fundamentados por outros estudos específicos.

Estudo Ambiental Simplificado – De acordo com Oliveira et al. (2016), este estudo é utilizado para projetos com baixo potencial de degradação ambiental. No mesmo artigo são apresentadas as terminologias usadas para a representação de tais estudos na região sudeste do Brasil. (Quadro 1).

Quadro 1: Terminologia utilizada para EAS na região sudeste do Brasil

	Espírito Santo (IEMA)	Minas Gerais (SUPRAMs)	Rio de Janeiro (INEA)	São Paulo (CETESB)
Terminologia utilizada para descrever estudos de impacto ambiental simplificados	Relatório Ambiental Preliminar (RAP) e Plano de Controle Ambiental (PCA)	Relatório de Controle Ambiental (RCA) e Plano de Controle Ambiental (PCA)	Relatório Ambiental Simplificado (RAS)	Relatório Ambiental Preliminar (RAP) e Estudo Ambiental Simplificado (EAS)

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2016)

Sanchèz (2015), afirma que o EAS é aplicado em empreendimentos com impactos ambientais muito pequenos e não significativos, tendo como referência legal a Resolução nº54 de 2004 da Secretaria de Meio ambiente de São Paulo (SMA-SP).

Relatório Ambiental Preliminar – É uma versão simplificada do EIA/RIMA. Segundo Oliveira et al. (2016), é aplicável quando os projetos são considerados potencialmente causadores de degradação do meio ambiente. Para Sanchèz (2015), o RAP tem a função de instruir requerimentos de licenciamento de empreendimentos que possam causar impactos significativos de acordo com a resolução nº 42 de 1994 da SMA-SP.

Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental – Estudo detalhado dos possíveis impactos que podem afetar a área do empreendimento e seu entorno. É regulamentado pela Resolução nº1 de 1986 do CONAMA, sendo aplicado no licenciamento de atividades listadas no artigo 2º da mesma resolução (SANCHÈZ, 2015). Este é um caso de estudo casado, em que EIA é um estudo extenso e detalhado e o RIMA é um relatório que resume a avaliação de todos os impactos analisados no EIA com suas medidas mitigadoras ou compensatórias.

Elaboração dos estudos de identificação e predição de impacto ambiental - A elaboração dos estudos deve ser realizada por equipe técnica com a comprovação dos possíveis impactos que serão causados pelo empreendimento. Principalmente o EIA/RIMA, que deve ser elaborado por uma equipe multidisciplinar, ou seja, profissionais de diversas áreas, para determinar a

magnitude e significância dos possíveis impactos propondo ações que reduzam ou eliminem os impactos negativos e maximizem os positivos. O RIMA deve ser redigido em linguagem simples e conter as principais características do empreendimento com seus possíveis impactos (SANCHÈZ, 2015).

Análise dos estudos - A análise dos estudos apresentados será feita por técnicos dos órgãos reguladores, responsáveis por ceder as licenças ambientais, como o IBAMA, em âmbito nacional. Na região sudeste, os órgãos principais são: a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), as Superintendências Regionais de Meio Ambiente de Minas Gerais (SUPRAMs) e o Instituto Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

Decisão sobre a concessão da licença - O licenciamento no Brasil foi detalhado no artigo nº 19 do decreto nº 99274/90 da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Conforme este decreto, existem três tipos de licenças:

Licença Prévia – LP: concedida na fase preliminar do planejamento. É necessário que os responsáveis pelo empreendimento tenham as informações básicas de localização, instalação e operação de acordo com o determinado nos planos estaduais ou federais de uso do solo.

Licença de Instalação – LI: é concedida para autorização do início da implantação a partir das especificações do projeto executivo.

Licença de Operação – LO: essa licença autoriza o início das atividades do empreendimento de acordo com o previsto nas LP e LI.

Acompanhamento dos compromissos e condicionantes da licença ambiental - Esta fase é realizada após a concessão da licença por meio de monitoramento, fiscalização, supervisão e/ou auditoria. O monitoramento faz parte da gestão ambiental e assim como a supervisão deve ser realizada pelo empreendedor em questão para garantir o cumprimento do que foi estipulado nos estudos apresentados para a concessão das licenças. A fiscalização é realizada por agentes representantes dos órgãos responsáveis pela concessão da licença e a auditoria pode ser realizada por empresas de caráter público ou privado para averiguação de que as normas e as legislações vigentes estão sendo cumpridas adequadamente.

2.1.3 Licenciamento de empreendimentos rodoviários

Aqui serão apresentados quais são os empreendimentos rodoviários e um panorama de como acontece o licenciamento no Brasil.

Empreendimentos rodoviários - consiste na construção, ampliação, conservação, restauração ou operação de uma obra rodoviária (rodovias, estradas e dispositivos como trevos, passarelas e alças de acesso) (DER/PR, 2000).

Considerando que o desenvolvimento do trabalho se concentrou no estado de São Paulo, torna-se necessário a apresentação da organização dos empreendimentos rodoviários neste estado (Tabela 1).

Tabela 1: Grupos de Empreendimentos Rodoviários

Grupos	Obras
Grupo I	Obras de Conservação (Rotina e Especial)
Grupo II	Obras emergenciais
Grupo III	Recapeamento
Grupo IV	Melhoramento sem alteração de traçado e/ou implantação de faixa adicional
Grupo V	Melhoramento com alteração de traçado
Grupo VI	Duplicação Adjacente
Grupo VII	Implantação de nova rodovia ou duplicação não adjacente

Fonte: Adaptação de DER/SP, 2007.

Órgão que concede o licenciamento - Os órgãos ambientais, que possuem a competência de conceder o Licenciamento Ambiental, são:

- a) A nível federal, o IBAMA é responsável pelo licenciamento quando a obra rodoviária for localizada ou desenvolvida conjuntamente no Brasil e em país limítrofe, em terras indígenas, em unidades de conservação de domínio da União, que corte dois ou mais Estados, isto é, empreendimentos com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, assim como as áreas de preservação permanente. O IBAMA fará o licenciamento, após

considerar o exame técnico procedido pelos órgãos ambientais dos Estados e Municípios em que se localizar a rodovia. (DER/PR, 2000);

- b) Órgãos estaduais, que no caso do estado de São Paulo é a CETESB, é responsável pela concessão de licenças quando a obra rodoviária é localizada em mais de um município ou em unidades de conservação de domínio estadual, cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais municípios ou quando o licenciamento for delegado pela União, por instrumento legal ou convênio.
- c) Prefeituras Municipais, delegados pelo poder público federal ou estadual, por instrumento legal ou convênio - (Resolução CONAMA 237/97), fará a concessão das licenças por meio da Secretaria Municipal do Meio Ambiente quando a obra rodoviária se localiza em um município apenas e este conte com uma estrutura organizada para proceder o licenciamento ambiental pertinente, ou quando delegado pelo Estado, por instrumento legal ou convênio.

Normas e instruções de estudos e projetos para solicitação de licença para empreendimentos rodoviários - Existem muitas normas e instruções para o licenciamento de obras rodoviárias. Aqui serão apresentadas as que se referem ao estado de São Paulo, uma vez que o trabalho está sendo desenvolvido com empreendimentos deste estado. A legislação que regulamenta os empreendimentos apresentados por grupos na Tabela 1, é detalhada na Tabela 2.

Tabela 2: Legislação que norteia a solicitação de licença dos Empreendimentos Rodoviários (continua)

Legislação	Grupos
Resolução SMA 30/00 para o controle ambiental de áreas de apoio fora da faixa de domínio e em locais sem restrições ambientais.	I; II; III; IV; V; VI e VII

Fonte: Autoria própria

Tabela 3: Legislação que norteia a solicitação de licença dos Empreendimentos Rodoviários (conclusão)

Legislação	Grupos
Resolução SMA 81/98 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de atividades, restritas à faixa de domínio, de conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte de produtos perigosos em rodovias.	I; II; III; IV; V
SMA 33/02 para pavimentação de rodovias vicinais em operação.	I; II; III; IV; V
Resolução SMA 54/04 para definição do tipo de estudo ambiental a ser realizado.	IV; V; VI e VII

Fonte: Autoria própria

2.2 Triagem no licenciamento ambiental

O licenciamento ambiental possui legislações que o norteiam, mas não cria um padrão que possa ser utilizado de forma global. A etapa de triagem e escopo são cruciais para que se tenha um licenciamento de qualidade.

Pinho, McCallum e Cruz (2010) indicam algumas deficiências observadas na Europa sobre a triagem:

- *Dúvidas sobre a eficácia do sistema de critérios e limites de avaliação dos impactos ambientais;*
- *Abordagem não sistemática;*
- *Falta de padrão na avaliação; e*
- *Falha de definições em tipos de projetos podem levar a interpretações divergentes na prática cotidiana.*

Nielsen, Christensen e Kørnøv (2005) realizaram estudos na Dinamarca e concluíram que a triagem é efetivamente um instrumento regulador em si mesmo e que ainda há muito a fazer para tornar a avaliação mais ampla e mais holística.

Glasson e Salvador (2000), afirmaram que existem fragilidades no processo de licenciamento ambiental brasileiro, e o procedimento de aprovação é muito burocrático e facilmente desviado por pressões políticas e econômicas.

Rocha (2014) reforçou esta afirmativa quando analisou a etapa de triagem em quatro estados da região sudeste do Brasil e verificou várias divergências com

relação a burocracia, valores, prazos e despreparo de profissionais. Em simulações da etapa triagem de projetos semelhantes em quatro estados obteve-se resultados divergentes e as diferenças dos parâmetros de triagem foram analisadas como: *“parecem ser mais um resultado de escolhas arbitrárias burocráticas do que peculiaridades científicas ou técnicas de cada estado.”*

2.2.1 Triagem no Estado São Paulo: Ficha Cadastral para Licenciamento de Empreendimentos Rodoviários

No estado de São Paulo esta fase é realizada por meio da análise de uma ficha cadastral (CETESB, 2016) que contém seis itens:

Identificação do Empreendedor – Este item (Figura 1) contém os dados básicos da empresa que será responsável pela implantação do empreendimento.

Figura 1: Item 1 da Ficha Cadastral

1. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome/ Razão Social:		
Logradouro:		
Bairro:	Município:	CEP:
Telefone:	FAX:	e-mail:
CNPJ (CGC/MF):		
End. para correspondência:		
Bairro:	Município:	CEP:
Contato – Nome:		
Telefone para contato:	FAX:	
E-mail:		
Observações:		

Fonte: Adaptado de CETESB (2017).

Identificação do Empreendimento – Contém os dados básicos quanto ao tipo de empreendimento, justificativa e locais afetados. (Figura 2).

Figura 2: Item 2 da Ficha Cadastral**2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

() Implantação () Ampliação () Adequação
Nome:
Descrição do objeto do licenciamento (instalações e estruturas previstas):
Justificativa do empreendimento:
Municípios afetados/atravessados:
Localização: Apresentar, em formato .pdf, planta do empreendimento, suas alternativas e potenciais áreas de apoio, sobre imagem de satélite ou foto aérea, em escala 1:10.000 ou maior. Apresentar arquivo(s) digital(is) georreferenciado(s) do empreendimento e suas alternativas, em formato *.kml / *.kmz ou *.shp (shapefile; em UTM com datum horizontal SIRGAS 2000).

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

Caracterização do Empreendimento – Apresenta informações mais detalhadas do empreendimento (Figura 3), como a área diretamente afetada, obtida com a extensão e faixa de domínio do empreendimento, volume diário de circulação de veículos, inclinação, limite de velocidade após implantação, natureza do empreendimento, inclinação e raio de curvatura, tipo de pavimento, quantidade de obras de arte e dispositivos de acesso.

Figura 3: Item 3 da Ficha Cadastral**3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

Apresentar dados estimados relativos a:

Classificação da rodovia (classe de projeto): ()	
Extensão: () km	Velocidade diretriz média (de projeto): () km/h
Largura da faixa de domínio: () m atual	Número de pistas: () nº atual
Largura da faixa de domínio: () m futura	Número de pistas: () nº futura
* limites identificados em planta ou imagem de satélite	
Volume Diário Médio (VDM): () veículos/dia	
Números de obras de arte (readequação): () nº	
Números de obras de arte (implantação): () nº	
Números de dispositivos de acesso (readequação): () nº	
Números de dispositivos de acesso (implantação): () nº	
Tipo de pavimento: ()	
Inclinação máxima das rampas (estimada): ()%	
Raio máximo de curvatura (estimado): ()	

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

Atividades potencialmente causadoras de impactos – Este item (Figura 4) informa as ações que causarão um impacto direto ao ambiente e comunidade na área diretamente afetada, como movimentação do solo, usado para cortes e aterros, supressão de vegetação nativa, em estágio sucessional ou não, intervenção em corpos d'água e em áreas de preservação permanente (APP), desapropriação de propriedades, relocação de famílias, duração da obra, quantidade de trabalhadores e custo.

Caracterização da Área de Influência – Determina se o empreendimento afetará áreas protegidas de uso integral ou sustentável, patrimônios tombados e áreas de proteção especial (Figura 5).

Anexos – Os documentos comprobatórios do preenchimento dos itens anteriores da ficha cadastral são anexados neste item.

Figura 4: Item 4 da Ficha Cadastral

4. ATIVIDADES POTENCIALMENTE CAUSADORAS DE IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO

Apresentar dados estimados relativos a:

Movimentação de Solo	
Volume a ser movimentado (	) m ³
Supressão de Vegetação Nativa	
Área de supressão:	() ha
Área de supressão de estágio médio e avançado:	() ha
Intervenção em APP:	() ha
Intervenção em Corpos d'água:	
Nº:	()
Há pontos de captação de água no entorno?	
Existem intervenções fora da faixa de domínio?	
Se sim,	
Desapropriação:	
Nº Propriedades:	Área: (ha)
Relocação de população:	
Nº Famílias:	Área: (ha)
Duração da Obra	
() meses	
Número de trabalhadores da obra	
() n° existentes	() n° futuros
Valor do Investimento	
R\$ ()	

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

Figura 5: Item 5 da Ficha Cadastral

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	
Áreas Protegidas Afetadas ou no Entorno do Empreendimento (Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre; Área de Proteção Ambiental – APA; Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN).	
Sim ()	Não ()
() Federal	Qual?
() Estadual	Qual?
() Municipal	Qual?
Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Natural e outros Espaços Territoriais Especialmente Protegidos:	
Existem Patrimônios Tombados (histórico, arqueológico, natural, etc.) na área do empreendimento?	
Sim ()	Não ()
Áreas sob Proteção Especial (terras indígenas, quilombolas, área de proteção de mananciais, etc.)?	
Sim ()	Não ()

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

A triagem compreende a análise da seleção do projeto sendo determinado um estudo convencional (EAS ou RAP) ou EIA/RIMA.

Este trabalho de pesquisa foi aplicado a esta etapa do processo de licenciamento, mais especificamente nos itens de 2 a 5 da Ficha Cadastral, uma vez que as informações obtidas são a base para a determinação do estudo detalhado que deve ser apresentado para dar prosseguimento ao processo de licenciamento.

2.3 Lógica fuzzy e seus sistemas baseados em regras

2.3.1 Lógica Fuzzy

A lógica fuzzy surgiu a partir de situações do dia-a-dia que são impossíveis descrever de forma binária ou que se comportam linearmente. De acordo com Moreno, Monteiro e Monteiro (2018), “a lógica fuzzy traz uma forma de encarar os problemas na qual não há verdade ou mentira, mas sim uma infinidade de tons de verdade entre os níveis estabelecidos como verdade e mentira”, classificando a Teoria dos conjuntos Fuzzy como uma expansão da teoria dos conjuntos e a lógica fuzzy como extensão da lógica clássica.

Marques (2016), utilizou a lógica fuzzy no desenvolvimento de um controlador de velocidade e define a Lógica Fuzzy como uma técnica que incorpora o pensamento humano em um sistema de controle. Barg (2002) apud Marques (2016) afirmou que a lógica fuzzy possibilita que a decisão de uma máquina vá além

de respostas binárias (“sim” ou “não”), mas também permeia por decisões “abstratas” (“um pouco mais”; “talvez sim”), e outras variáveis que possam representar as decisões humanas.

2.3.2 Conjuntos Fuzzy

O primeiro modelo matemático com base nos conjuntos fuzzy, foi um estudo que definiu um sistema lógico no qual os valores do sistema, diferente da lógica clássica ou booleana, pode ser qualquer número real no intervalo de 0 a 1, proposto por Lotfali Askar-Zadeh (ZADEH, 1965). As pesquisas em lógica fuzzy se intensificaram após a divulgação de um modelo baseado na lógica fuzzy elaborado por Ebrahim H. Mamdani (Mamdani, 1974, e aplicações desenvolvida por Michio Sugeno em 1985 (TAKAGI e SUGENO, 1985).

Betarelli Junior e Ferreira (2018), definem os conjuntos fuzzy como extensão dos conjuntos dicotômicos ao assinalar escores no conjunto $[0, 1] \subset \mathbb{R}$ possibilitando distinguir elementos com pertencimento parcial dos elementos com pertencimento integral/pleno em um conjunto. O grau de pertencimento cresce conforme a magnitude do escore se aproxima da unidade (pertencimento pleno) e decresce quando se aproxima de zero (não pertencimento). Próximo a um, indica alto grau de pertencimento; próximo a zero, baixo grau.

2.3.3 Variáveis Linguísticas

Variáveis linguísticas são conjuntos de qualidades que podem ser atribuídas a substantivos, como altura que pode ser classificada como baixa, média e alta.

De Souza e Boente (2016), afirma que uma variável linguística (ou Fuzzy) pode ser considerada como uma entidade utilizada para representar de modo impreciso um conceito ou uma variável de um dado problema.

Segundo Marques (2016), cada variável linguística é composta de várias condições linguísticas ou termos que descrevem as diferentes interpretações linguísticas da quantidade característica que é modelada.

Segundo Gomide, Gudwin e Tanscheit (1995), uma variável linguística geralmente é caracterizada por uma quintupla $(X, T(X), U, G, M)$:

- a) X representa o Nome da Variável;
- b) $T(X)$ é o Conjunto de termos de X , ou seja, o conjunto de nomes dos valores linguísticos de X ;
- c) U é o Universo de discurso;
- d) G é a Regra Sintática (gramática) para gerar os valores de X como uma composição de termos de $T(X)$, conectivos lógicos (negação, interseção e união), modificadores e delimitadores.
- e) M é a Regra Semântica que associa cada valor gerado por G a um Conjunto fuzzy em U .

As variáveis linguísticas fornecem uma caracterização aproximada, de fenômenos mal definidos e ou complexos, de forma sistemática. Isto permite a utilização da descrição linguística empregada pelos seres humanos para o tratamento de sistemas que são muito mais complexos para serem analisados através de mecanismos matemáticos convencionais.

Sistemas fuzzy levam em conta o conhecimento do especialista na definição de suas variáveis linguísticas e conjunto de regras (BALIEIRO, NETO E GALDINO, 2016).

2.3.4 Funções de Pertinência

Cada variável linguística é definida por uma função de pertinência apropriada (conjunto fuzzy).

Vidal, Chagas e De Souza (2015) afirmaram que uma função de pertinência representa o nível de pertinência dos parâmetros, de forma que se o grau de pertinência da variável aumenta, o mesmo acontece com o valor da função em um intervalo fechado de números reais $[0,1]$.

As funções de pertinência mais utilizadas são as triangulares e as trapezoidais que, de acordo com De Barros, Bassanezzi e Lodwick (2016), são definidas, respectivamente, como:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a; \\ \frac{x-a}{u-a} & \text{se } a < x \leq u; \\ \frac{x-b}{u-b} & \text{se } u < x \leq b; \\ 0 & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

e

$$\mu_F(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a \leq x < b; \\ 1 & \text{se } b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{se } c < x < d; \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

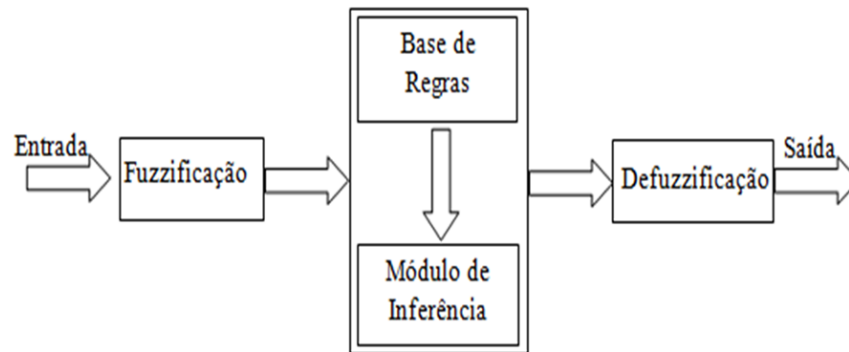
Shaw e Godoy (1998) chamaram a atenção para as seguintes recomendações:

O número de funções de pertinência por variável deve estar entre 2 e 7; com um maior número de conjuntos, se tem uma maior precisão, mas a demanda computacional também é maior; e para valores muito maiores, não há melhorias significativas.

2.3.5 Sistemas Baseados em Regras Fuzzy - SBRF

O Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) consiste em três etapas principais: fuzzificação das variáveis, regras de inferência e defuzzificação dos valores de saída (Figura 6).

Figura 6: Esquema do Sistema Baseado em Rearas Fuzzy (SBRF)



Fonte: Autoria própria

Fuzzificação - Nesta etapa os dados são convertidos em valores linguísticos por meio da modelagem das variáveis de entrada e saída em conjuntos fuzzy, utilizando funções de pertinência que podem ser trapezoidais, gaussianas, triangulares ou singleton, etc.

Segundo Simões e Shaw (2007) apud em Dos Santos (2014), a fuzzificação é um mapeamento do domínio de números reais para o domínio fuzzy, e também representa que há atribuição de valores linguísticos, definidos por funções de pertinência às variáveis de entrada e saída.

Base de regras - A base de regras é o conjunto de regras que descrevem o sistema. Uma regra do tipo “se - então” tem a forma “Se x é A então y é B ”, onde A e B são valores linguísticos modelados pelos conjuntos fuzzy. O acompanhante do termo “se” é chamado de antecedente e o do termo “então”, consequente. As regras são definidas pelo produto cartesiano fuzzy dos conjuntos que compõem o antecedente e o consequente da regra.

Método de Inferência de Mamdani - A inferência relaciona o resultado da fuzzificação e a base de regras definida, ou seja, são aplicadas as regras para a tomada de decisão (CAMILLO e MANTOVANI, 2014).

O método de Mamdani estabelece uma relação fuzzy $R(v, u)$ que mapeia o grau de associação entre os parâmetros de entrada (v) e saída (u). A inferência ocorre segundo regras que relacionam os critérios de avaliação com antecedentes (Se ...) e consequentes (Então ...), que tem como característica principal a utilização do conhecimento subjetivo do especialista (BRESSANE et al., 2016).

Assim, a inferência executa operações sobre os conjuntos fuzzy com a combinação dos antecedentes das regras, a implicação e a aplicação do modus ponens generalizado (SIMÕES e SHAW, 2007 apud BRESCHI, 2014).

Os consequentes são obtidos do valor mínimo da comparação entre os valores de pertinência dos antecedentes. Para a composição de cada regra e a relação entre elas, no método de Mamdani, utiliza-se a técnica de inferência de Mínimos e Máximos (MAX-MIN), que atribui ao índice final o valor mínimo da relação entre as preposições (ZADEH, 1965 apud SANTANA et al., 2016).

Defuzzificação - Na defuzzificação tem-se o processo contrário a fuzzificação, onde a partir da variável linguística obtém-se um valor numérico, ou seja, a variável fuzzy é transformada em valor numérico, por métodos como centroide, média de máximos, primeiro máximo e último máximo e suas variações. O método mais utilizado é o do centróide, cuja saída é o valor correspondente ao centro de gravidade do conjunto fuzzy compreendido (SENA et al., 2017).

Simões e Shaw (2007) *apud* Corrêa e Baéssa (2007) afirmaram que na defuzzificação, o valor da variável lingüística de saída inferida pelas regras fuzzy é traduzido num valor discreto (Crisp) e que o objetivo é obter-se um único valor numérico que melhor represente os valores fuzzy inferidos da variável lingüística de saída, ou seja, a distribuição de possibilidades.

Este trabalho propõe um sistema de apoio à tomada de decisão para a etapa de triagem, utilizando Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF), sendo aplicado em licenciamento ambiental para empreendimentos rodoviários com o intuito de auxiliar no melhor entendimento das ações, auxiliando nas decisões a serem tomadas sobre que tipo de estudo que deve ser apresentado pelas empresas para obtenção do licenciamento ambiental.

2.4 Sistema de apoio à decisão

A preocupação com o meio ambiente está diretamente ligada a decisões sobre ações e planos para minimizar ou mitigar os impactos nocivos à população. Dessa forma, os sistemas de apoio tornam-se ferramentas de grande utilidade.

Sistemas de apoio à decisão devem ser capazes de fornecer conhecimentos e informações de determinada área, filtradas de forma dinâmica para tomada de decisão (WANG e SHORTLIFFE, 2002).

De acordo com Heinzle, Gauthier e Fialho (2017), Sistemas de Apoio à Decisão - SAD fornecem instrumentos ou subsídios a gestores, com recursos que permitem comparar, analisar, simular e apoiar a seleção de alternativas com base na geração de cenários que envolvem variáveis relacionadas ao domínio de um processo decisório.

Laudon e Laudon (2004, apud Araújo, Silva e Watanabe, 2017), classificaram os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) como aqueles que auxiliam o gestor, gerando alternativas. Com relação às características, os SAD podem ser produzidos por ferramentas como o Excel, integrados com Sistemas Corporativos ou por meio de modelos padronizados (GOMES, GOMES E ALMEIDA, 2009).

SAD vêm sendo utilizados em vários setores, como economia (Lyrio et al., 2015), gestão (Pierangeli, Machado e Sales, 2017; Santos, 2016; Gomes, 2016; Ensslin et al., 2010), saúde (Da Silva Portela et al., 2017), meio ambiente (Silva, 2016, Silva, 2015), entre outros.

Lyrio et al. (2015), analisou a interface entre finanças e pesquisa operacional utilizando como instrumento de intervenção a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA). Os resultados evidenciaram que o instrumento de intervenção utilizado, aliado à uma estratégia de investimentos pré-definida gerou uma carteira de investimento que superou o seu benchmark.

Pierangeli, Machado e Sales (2017), desenvolveu de um modelo de Gestão de Risco para ser utilizado como ferramenta de auxílio no processo de tomada de decisão com o objetivo de minimizar os impactos da racionalidade limitada. O modelo de estrutura analítica mostrou-se eficiente para ponderação dos aspectos tangíveis e tratáveis.

Santos (2016), propôs melhorias no modelo de Avaliação Periódica de Desempenho (APED) dos servidores públicos do estado do Tocantins, utilizando a abordagem do Auxílio Multicritério de Decisão (AMD), combinando os métodos Analytic Hierarchy Process (AHP) e Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE II).

Gomes (2016), apresentou as principais características da tomada de decisão nas organizações utilizando o método de Tomada de Decisão Interativa e Multicritério (TODIM), desenvolvido para considerar o risco no apoio à decisão.

Ensslin et al. (2010), construiu um modelo para avaliar o desempenho de empresas terceirizadas na área de telecomunicações, seguindo uma abordagem quali-quantitativa, utilizando como instrumento de intervenção a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C), permitindo ao gerente visualizar o perfil das empresas mediante os critérios considerados como relevantes para o sucesso da organização.

Da Silva Portela et al. (2017), desenvolveu um sistema inteligente para utilização no processo de decisão capaz de monitorizar em tempo real o estado de um doente e suportar o processo de decisão em medicina intensiva em qualquer lugar e a qualquer hora.

Silva (2016), com a intenção de agilizar a análise de impactos ambientais, desenvolveu uma ferramenta computacional, utilizando a linguagem de programação C#, banco de dados SQL Server e modelo cliente/servidor, para servir de apoio para análise e criação do Estudo de Impacto Ambiental, Estudo de Impacto de Vizinhança, Avaliação Ambiental Estratégica, além do processamento para o Índice de Qualidade da Água em empreendimentos potencialmente danosos ao meio ambiente. Utilizou atribuição de pesos, relacionados aos atributos do impacto, atribuindo pesos a matriz de impacto ambiental, para cada meio e fase em que o impacto se encontra, sem ou com a aplicação de medidas mitigadoras possibilitando a comparação dos impactos através de indicadores relacionados aos meios e as fases do projeto.

Silva (2015), abordou, de forma integrada, o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão espacial multicritério na localização de centrais de biogás que usam efluentes animais como fonte de biomassa, utilizando o método multicritério Elimination Et Choix Traduisant la Realité (ELECTRE TRI) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

A tomada de decisão pode ser baseada na experiência e opinião de especialistas e utilizar dados qualitativos e quantitativos. Para trabalhar nesse contexto diversas ferramentas foram desenvolvidas ou implementadas utilizando a lógica fuzzy (Bressane et al., 2017; Bressane et al., 2018; Bittencourt, Silveira e Loiola, 2016; Silva et al., 2017; De Oliveira, et al. 2018; Calache et al., 2019; Lima

Junior et al., 2018; Oliveira, 2018), principalmente por ser uma ferramenta que foi desenvolvida para trabalhar com limites variáveis e incertos.

Bressane et al. (2017) apresentou uma proposta utilizando modelagem fuzzy em diagnóstico participativo para parques lineares, integrando a avaliação técnica por especialistas e a percepção dos usuários.

Bressane et al. (2018), criou um índice global de avaliação criteriosa de impactos ambientais para subsidiar as recomendações de alternativas locais de projeto.

Bittencourt, Silveira e Loiola (2016), apresentou um aplicativo E-Recruting que utiliza lógica fuzzy para verificar se o perfil de um dado candidato é adequado para uma determinada oferta de emprego.

Silva et al. (2017), propuseram um instrumento baseado em lógica fuzzy capaz de padronizar a inspeção e gerar indicadores de controle sanitário. A validação do modelo foi realizada em dez unidades de saúde no Rio de Janeiro e os resultados obtidos no sistema seguiram os diagnósticos realizados pelos especialistas, tornando mais eficiente a gestão e o planejamento de ações na avaliação de Risco Potencial (RP).

De Oliveira et al. (2018), apresentou um Sistema de Apoio à Decisão, utilizando conjuntos fuzzy com funções trapezoidais, em uma rede de telecomunicações móvel celular desenvolvido em planilha eletrônica para auxiliar na escolha da topologia de rede mais viável economicamente. Os resultados mostraram a eficiência da ferramenta computacional desenvolvida, pois o modelo matemático demonstrou ser um facilitador para avaliar o comportamento da rede para as mais variadas possibilidades.

Calache et al. (2019), propuseram um modelo de avaliação e seleção de fornecedores de manutenção industrial, através da aplicação de uma técnica de tomada de decisão multicritério, utilizando a técnica Fuzzy-TOPSIS a fim de categorizar as alternativas de fornecedores. O modelo proposto contribuiu para melhor tomada de decisão na seleção dos fornecedores de manutenção industrial.

Lima Junior et al. (2018), propuseram um modelo baseado no método Fuzzy-QFD (Quality Function Deployment) para a priorização de ações de gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), implementado no MS Excel. Os resultados indicaram a substituição de pilhas comuns por recarregáveis e destinação dos resíduos de pilhas aos fabricantes originais, instalando postos

internos de recolhimento das mesmas, desenvolvendo políticas visuais de combate a desperdícios e adotando critérios ambientais no ato da compra de computadores.

Oliveira (2018), abordou a utilização de um sistema especialista que utiliza lógica fuzzy para auxiliar na tomada de decisão quanto às melhores práticas de manejo do camarão para controlar a doença da mancha branca. Os resultados analisados por especialistas da área foram classificados como satisfatórios comprovando um desempenho aceitável do modelo.

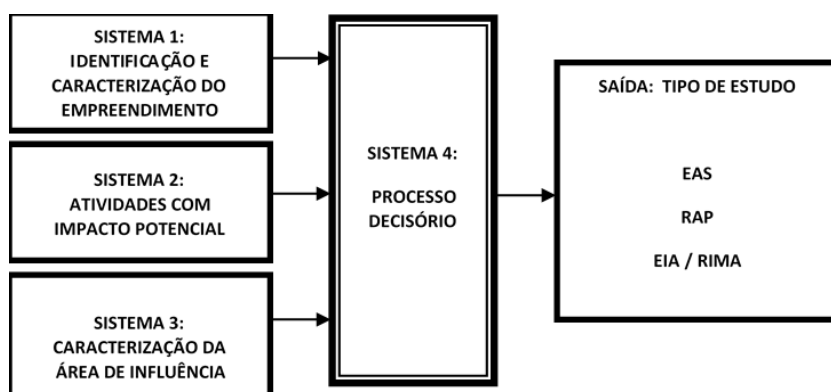
Nesta tese, desenvolvemos um SAD utilizando a lógica fuzzy para a etapa de triagem no processo de licenciamento ambiental.

3 DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS

A tomada de decisão na fase de triagem de processos licitatórios ainda é morosa e burocrática. A iniciativa do desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão na etapa de triagem, surgiu a partir de um diálogo com um engenheiro ambiental que atua no setor de licenciamento sobre a dificuldade encontrada na tomada de decisão com relação ao escopo do estudo que deve ser entregue para prosseguimento do processo de solicitação de licenças.

Uma vez que todas as diretrizes de prioridade e valores considerados importantes na análise das propostas foi fornecida por especialistas, criou-se um conjunto de sistemas fuzzy (Figura 7) para auxiliar na tomada de decisão na etapa de triagem e aplicou-se em processos de licenciamento de empreendimentos rodoviários.

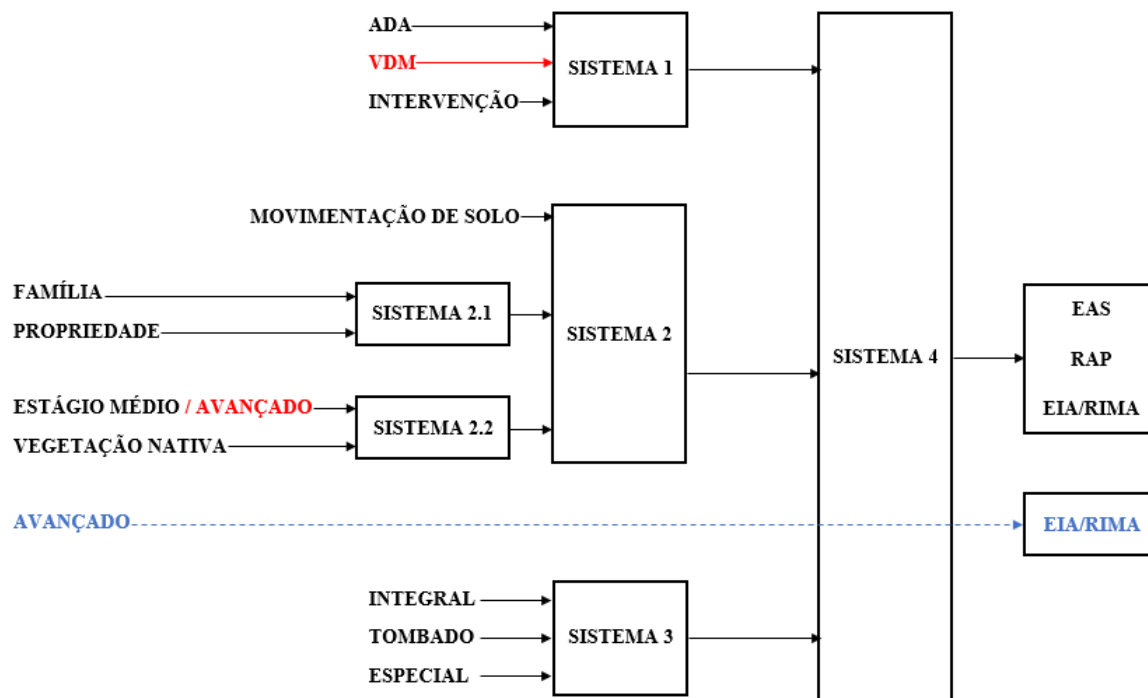
Figura 7: Esquema com os sistemas desenvolvidos



Fonte: Autoria própria

Inicialmente os sistemas foram construídos com base na ficha cadastral fornecida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e com a orientação de um agente técnico sobre as variáveis importantes na avaliação da ficha para a tomada de decisão. Com os sistemas prontos, foi realizada uma verificação com outros agentes e foram sugeridas, mudanças de variáveis em alguns sistemas conforme descritas a seguir e apresentadas na Figura 8.

Figura 8: Estrutura dos sistemas com as alterações realizadas (Em vermelho o que foi suprimido e em azul o que foi adicionado)



Fonte: Autoria própria

A variável VDM (Volume Diário Médio) foi considerada desnecessária no processo de decisão.

A variável INTERVENÇÃO foi adicionada, por se julgar essencial para a determinação do escopo do documento que será exigido.

Com relação a supressão de vegetação, foi determinado pelos especialistas que o fato de existir supressão de vegetação em estágio avançado já caracteriza a exigência de EIA/RIMA. Nesse caso a variável Sucessional, que era caracterizada pela quantidade de supressão de vegetação em estágio médio e avançado, foi substituída pela variável ESTÁGIO MÉDIO.

3.1 Sistema 1: Caracterização do empreendimento

O primeiro sistema foi desenvolvido a partir dos dados fornecidos nos itens 2 e 3 da ficha cadastral (Figuras 9 e 10) e os dados utilizados estão em negrito.

Os dados utilizados nos sistemas foram retirados dos documentos (EAS, RAP e EIA / RIMA) obtidos no Setor de Triagem e Acompanhamento de Processos (ITAP) da CETESB.

Figura 9: Item 2 da Ficha Cadastral com as variáveis utilizadas em negrito

2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

() Implantação () Ampliação () Adequação
Nome:
Descrição do objeto do licenciamento (instalações e estruturas previstas):
Justificativa do empreendimento:
Municípios afetados/atravessados:
Localização: Apresentar, em formato .pdf, planta do empreendimento, suas alternativas e potenciais áreas de apoio, sobre imagem de satélite ou foto aérea, em escala 1:10.000 ou maior. Apresentar arquivo(s) digital(is) georreferenciado(s) do empreendimento e suas alternativas, em formato *.kml / *.kmz ou *.shp (shapefile; em UTM com datum horizontal SIRGAS 2000).

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

Figura 10: Item 3 da Ficha Cadastral com as variáveis em negrito

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO
Apresentar dados estimados relativos a:

Classificação da rodovia (classe de projeto): ()	
Extensão: () km	Velocidade diretriz média (de projeto): () km/h
Largura da faixa de domínio: () m atual	Número de pistas: () nº atual
Largura da faixa de domínio: () m futura	Número de pistas: () nº futura
* limites identificados em planta ou imagem de satélite	
Volume Diário Médio (VDM): () veículos/dia	
Números de obras de arte (readequação): () nº	
Números de obras de arte (implantação): () nº	
Números de dispositivos de acesso (readequação): () nº	
Números de dispositivos de acesso (implantação): () nº	
Tipo de pavimento: ()	
Inclinação máxima das rampas (estimada): ()%	
Raio máximo de curvatura (estimado): ()	

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

3.1.1 Sistema 1 - Versão 1

Variáveis de Entrada do Sistema 1

Para esse sistema foram criadas duas variáveis:

ADA – Área Diretamente Afetada, definida como sendo a área direta de intervenção mais a instituição da faixa de domínio, quando for o caso, determinada por ha;

VDM – Volume Diário Médio, definido pela quantidade média de veículos que devem circular diariamente, após a implementação do empreendimento. Sua unidade é determinada por veículos / dia.

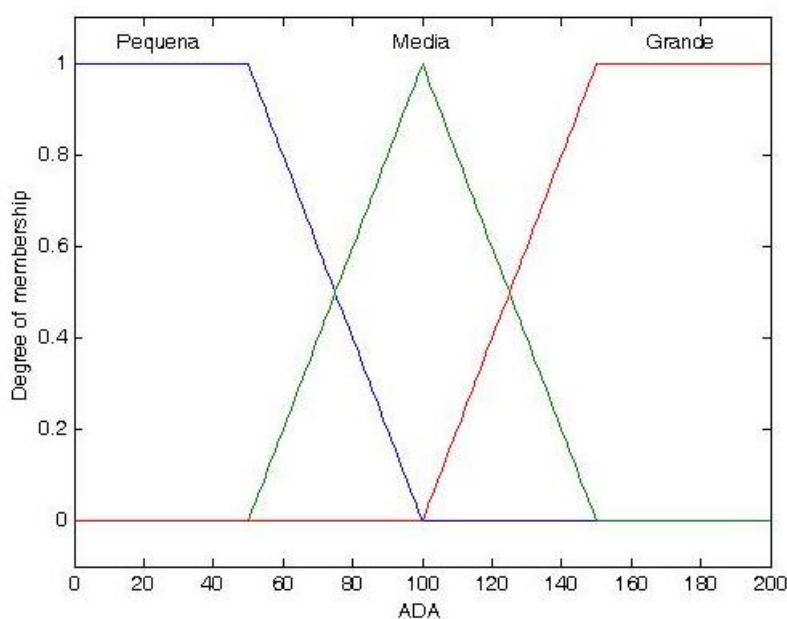
Variável de Saída do Sistema 1

A saída desse primeiro sistema é uma das entradas do sistema de apoio a decisão. Foi nomeada PORTE do empreendimento e representa a integração das variáveis de entrada “ADA” e “VDM”.

Fuzzificação das Variáveis

Variável ADA – foi fuzzificada no intervalo de 0 a 200 ha, por meio de uma função triangular (Média) e duas trapezoidais (Pequena e Grande) apresentadas na Figura 11.

Figura 11: Fuzzificação da variável ADA – Área Diretamente Afetada

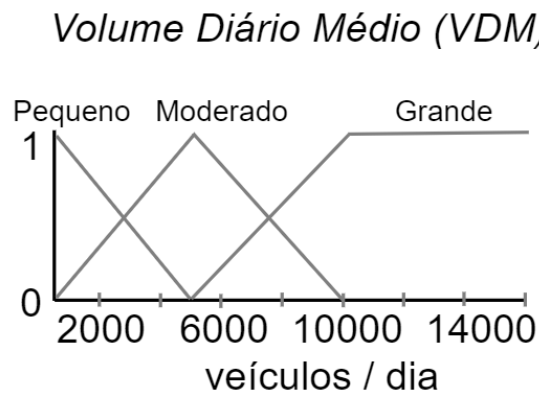


Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

O intervalo de fuzzificação (0 a 200 ha) foi determinado a partir dos valores encontrados nos documentos fornecidos pela CETESB e análise de agente técnico.

Variável VDM – foi fuzzificada no intervalo de 0 a 15000 veículos/dia, por meio de duas funções triangulares (Pequeno e Moderado) e uma função trapezoidal (Grande) apresentadas na Figura 12.

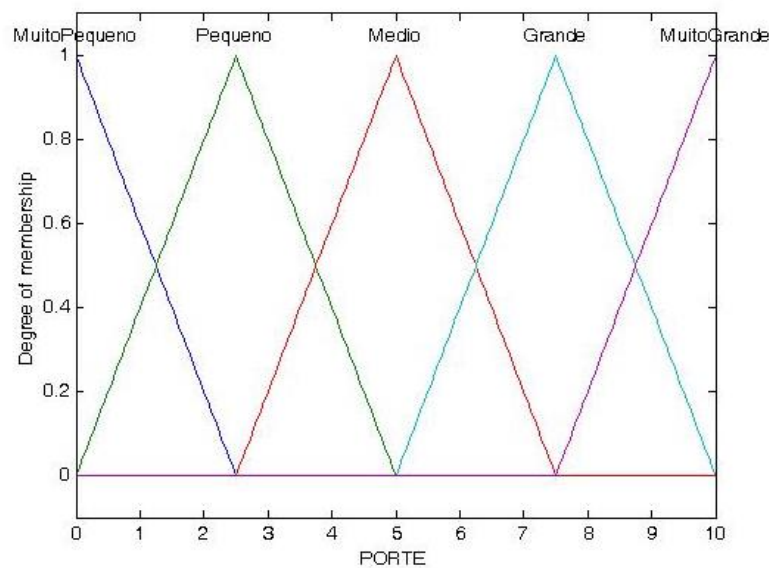
Figura 12: Fuzzificação da variável VDM – Veículos Diário Médio



Fonte: Autoria Própria

Variável PORTE – Sua fuzzificação foi realizada por 5 funções triangulares em um intervalo de 0 a 10 conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13: Fuzzificação da variável de saída do Sistema 1 - PORTE



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

Base de Regras do Sistema 1

Foram criadas nove regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 3).

Tabela 4: Base de Regras de Inferência do Sistema 1 (Versão 1)

REGRAS DO SISTEMA 1		
SE	E	ENTÃO
ADA	VDM	PORTE
Pequena	Pequeno	MuitoPequeno
Pequena	Moderado	Pequeno
Pequena	Grande	Medio
Média	Pequeno	Pequeno
Média	Moderado	Medio
Média	Grande	Medio
Grande	Pequeno	Medio
Grande	Moderado	Grande
Grande	Grande	MuitoGrande

Fonte: Autoria própria

Defuzzificação

O sistema foi desenvolvido utilizando o Método Mamdani, com defuzzificação pelo método do Centróide.

O esquema de desenvolvimento da primeira versão do Sistema 1 é apresentado na Figura 14.

Figura 14: Esquema do Sistema 1 (Versão 1)

Fonte: Autoria Própria

3.1.2 Sistema 1 - Versão 2

Variáveis de Entrada do Sistema 1

A variável VDM, após análise de agentes técnicos, foi considerada como irrelevante para a tomada de decisão sendo substituída por uma nova variável: INTERVENÇÃO.

Dessa forma as variáveis de entrada dessa versão do sistema 1 são:

ADA - Descrita na primeira versão como sendo a Área Diretamente Afetada, definida como sendo a área direta de intervenção mais a instituição da faixa de domínio, quando for o caso, determinada por ha;

INTERVENÇÃO – Discrimina o tipo do empreendimento, se é uma nova rodovia, um novo trecho, readequação ou implantação de dispositivos.

Variável de Saída do Sistema 1

O nome da variável de saída continuou sendo denominada como PORTE, mas nessa versão representa a integração das variáveis de entrada “ADA” e “INTERVENÇÃO”.

Fuzzificação das Variáveis

Nessa versão do sistema a fuzzificação da variável ADA não sofreu alteração (Figura 11).

Variável INTERVENÇÃO – esta não é uma variável fuzzy, pois seus valores são 0, 5 ou 10, sendo:

ADEQUAÇÃO – recebe valor 0 e é relativa a restauração ou readequação de rodovias;

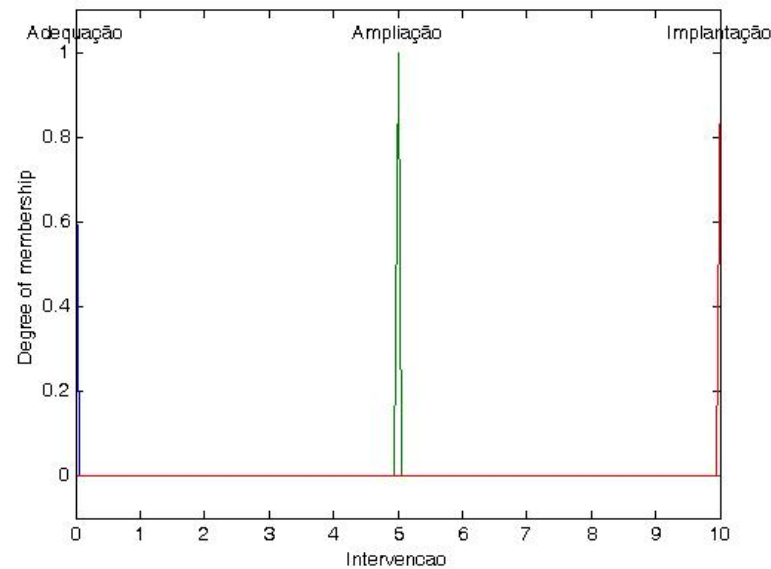
AMPLIAÇÃO – representada pelo valor 5 no caso de duplicação ou implantação de dispositivos;

IMPLANTAÇÃO – valor 10 para implantação de nova rodovia ou trecho.

A Figura 15 mostra como a variável foi introduzida no sistema.

A variável PORTE também não sofreu alteração na fuzzificação. Assim continuou como o representado na Figura 13.

Figura 15: Conjuntos da variável INTERVENÇÃO



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Base de Regras do Sistema 1

Foram criadas nove regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 4).

Tabela 5: Base de Regras de Inferência do Sistema 1 (Versão 2) (continua)

REGRAS DO SISTEMA 1		
SE	E	ENTÃO
ADA	INTERVENÇÃO	PORTE
Pequena	Implantacao	Medio
Pequena	Ampliacao	Pequeno
Pequena	Adequacao	MuitoPequeno
Média	Implantacao	Grande
Média	Ampliacao	Médio
Média	Adequacao	Pequeno
Grande	Implantacao	MuitoGrande
Grande	Ampliacao	Grande

Fonte: Autoria própria

Tabela 4: Base de Regras de Inferência do Sistema 1 (Versão 2)

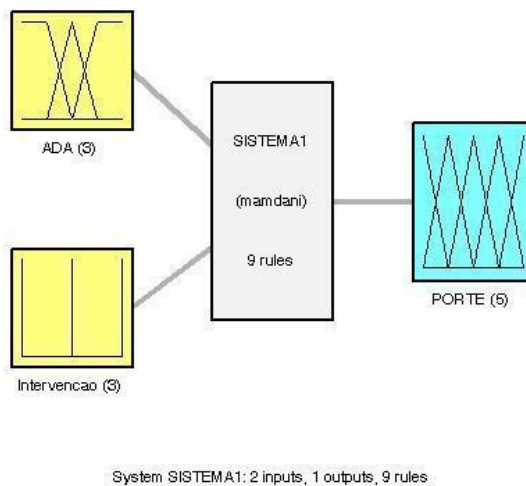
REGRAS DO SISTEMA 1		
SE	E	ENTÃO
ADA	INTERVENÇÃO	PORTE
Grande	Adequacao	Medio

Fonte: Autoria própria

Defuzzificação

O sistema foi desenvolvido utilizando o Método Mamdani, com defuzzificação pelo método do Centróide.

O esquema de desenvolvimento da segunda versão do Sistema 1 é apresentado na Figura 16.

Figura 16: Esquema do Sistema 1 (Versão 2)

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015

3.2 Sistema 2: Atividades com impacto potencial

Esse sistema foi desenvolvido a partir dos dados fornecidos no item 4 da ficha cadastral (Figura 17) e os dados utilizados estão em negrito.

Figura 17: Item 4 da Ficha Cadastral com as variáveis utilizadas em negrito

4. ATIVIDADES POTENCIALMENTE CAUSADORAS DE IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO
 Apresentar dados estimados relativos a:

Movimentação de Solo	
Volume a ser movimentado (	) m ³
Supressão de Vegetação Nativa	
Área de supressão:	() ha
Área de supressão de estágio médio e avançado:	() ha
Intervenção em APP:	() ha
Intervenção em Corpos d'água:	
Nº:	()
Há pontos de captação de água no entorno?	
Existem intervenções fora da faixa de domínio?	
Se sim,	
Desapropriação:	
Nº Propriedades:	Área: (ha)
Relocação de população:	
Nº Famílias:	Área: (ha)
Duração da Obra	
()	meses
Número de trabalhadores da obra	
() nº existentes	() nº futuros
Valor do Investimento	
R\$ ()	

Fonte: Adaptado de CETESB (2017)

Os dados utilizados nos sistemas foram retirados dos documentos (EAS, RAP e EIA / RIMA) obtidos no setor de protocolos (ITAP) da CETESB.

Foram desenvolvidos dois subsistemas devido ao número de variáveis utilizadas com a intenção de diminuir a quantidade de regras utilizadas na inferência.

Variáveis de Entrada do Sistema 2

Esse sistema é o resultado da integração da quantidade de movimentação de solo que será realizada para a implantação do empreendimento e as saídas de dois subsistemas.

O primeiro subsistema, denominado Desapropriação, referente a relocação de famílias e desapropriação de propriedades que serão realizadas.

O segundo subsistema, denominado Supressão de Vegetação, inicialmente representava a relação entre a quantidade de vegetação nativa e em estágio médio e avançado que serão removidas para a implantação do empreendimento. A alteração nesse sistema foi feita devido a informação de que um empreendimento que suprimirá vegetação em estágio avançado, já será pedido um EIA / RIMA.

3.2.1 Subsistema 1 - Desapropriação

Variáveis de entrada do subsistema 1 – Desapropriação: Foram utilizadas duas variáveis:

Propriedades – Quantidade de propriedades que serão desapropriadas para a implantação do empreendimento;

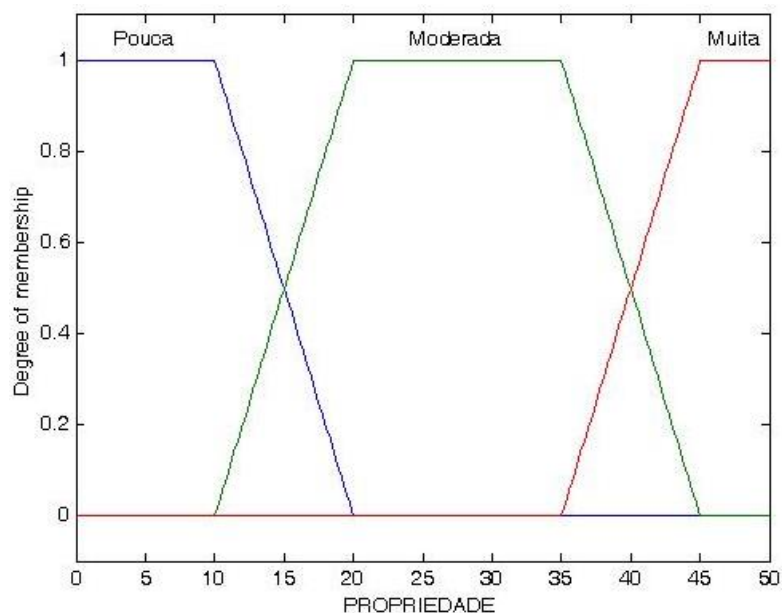
Famílias – Quantidade de famílias que precisaram ser relocadas para a implantação do empreendimento.

Variável de saída do subsistema 1 – Desapropriação: a saída desse sistema, determina o grau do impacto sobre a população diretamente afetada pela implantação do empreendimento.

Fuzzificação das Variáveis do subsistema 1 – Desapropriação: A fuzzificação das variáveis foi realizada por meio de funções triangulares e trapezoidais.

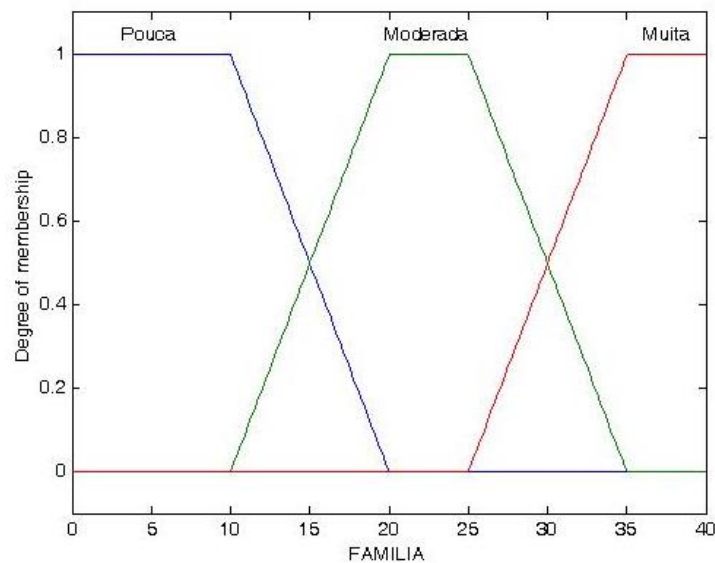
Variável Propriedade – foi fuzzificada no intervalo de 0 a 50 propriedades, por meio de funções trapezoidais apresentadas na Figura 18.

Figura 18: Fuzzificação da variável Propriedade



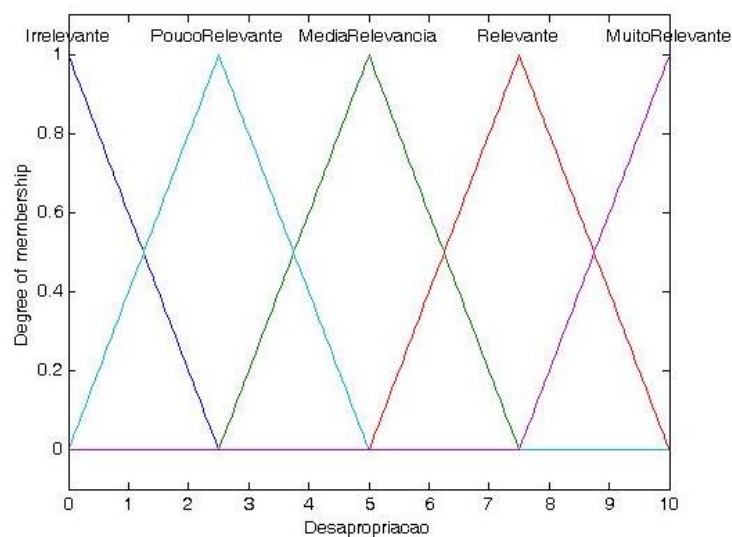
Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

Variável Família – também foi fuzzificada por funções trapezoidais e o seu intervalo vai de 0 a 40 famílias. (Figura 19).

Figura 19: Fuzzificação da variável Família

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável Desapropriação – Sua fuzzificação foi realizada por 5 funções triangulares em um intervalo de 0 a 10 conforme apresentado na Figura 20. A quantidade de funções na variável de saída é para se obter maior precisão nos resultados.

Figura 20: Fuzzificação da variável Desapropriação

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

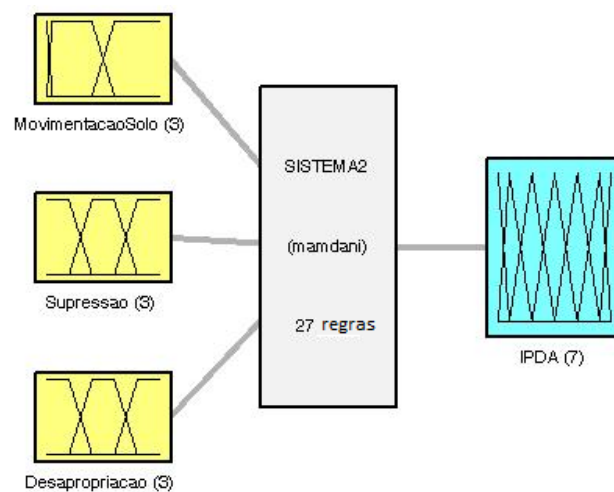
Base de Regras do Subsistema 1: Foram criadas nove regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 5).

Tabela 6: Base de Regras de Inferência do Sistema 2.1

REGRAS DO SISTEMA 2.1		
SE	E	ENTÃO
PROPRIEDADE	FAMILIA	Desapropriação
Pouca	Pouca	Irrelevante
Pouca	Moderada	Relevante
Pouca	Muita	MuitoRelevante
Moderada	Pouca	PoucoRelevante
Moderada	Moderada	Relevante
Moderada	Muita	MuitoRelevante
Muita	Pouca	MediaRelevancia
Muita	Moderada	Relevante
Muita	Muita	MuitoRelevante

Fonte: Autoria própria

Defuzzificação das variáveis do sistema 2.1 - O sistema foi desenvolvido pelo método de Mamdani com defuzzificação realizada por centróide. A Figura 21 apresenta o esquema de desenvolvimento deste subsistema.

Figura 21: Esquema do Sistema 2.1

SISTEMA2: 3 entradas, 1 saída, 27 regras

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

3.2.2 Subsistema 2 - Supressão de Vegetação (Versão 1)

Variáveis de entrada do subsistema 2 – Supressão de Vegetação: aqui também foram utilizadas duas variáveis:

Nativa – Determinada pela área que terá remoção de vegetação nativa em ha;

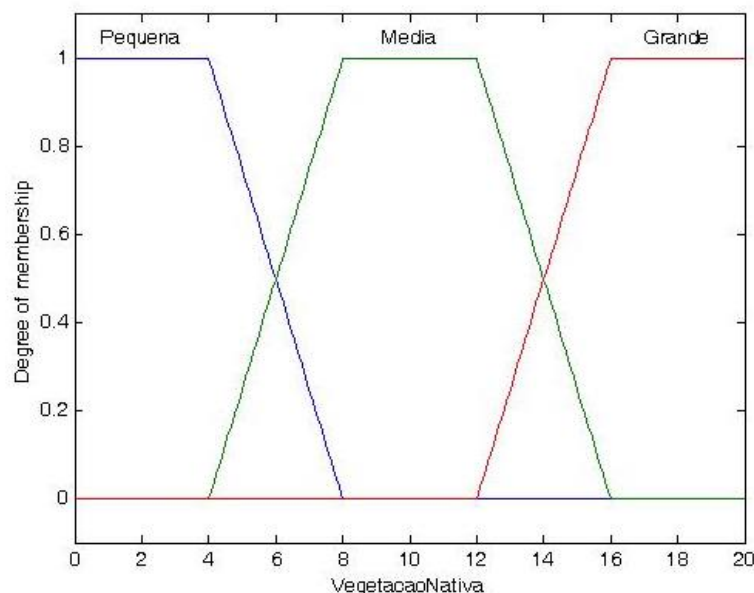
Sucessional – Indica a área que será removida que contém vegetação em estágio médio e avançado de sucessão, também com unidades em ha.

Variável de saída do subsistema 2 – Supressão de Vegetação: a saída desse subsistema, denominada Supressão, é a agregação das variáveis de entrada (Nativa e Sucessional) e sua unidade é ha.

Fuzzificação das Variáveis do subsistema 2 – Supressão de Vegetação: também fuzzificadas utilizando-se funções triangulares e trapezoidais.

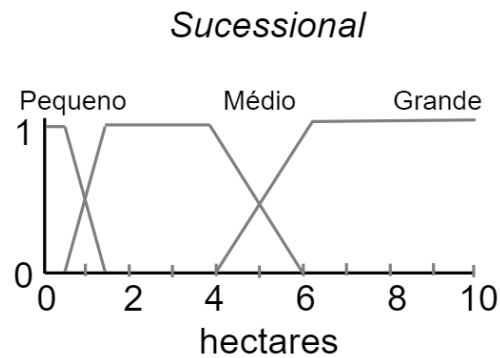
Variável Nativa – foi fuzzificada no intervalo de 0 a 20 ha, por meio de funções trapezoidais apresentadas na Figura 22.

Figura 22: Fuzzificação da variável Nativa



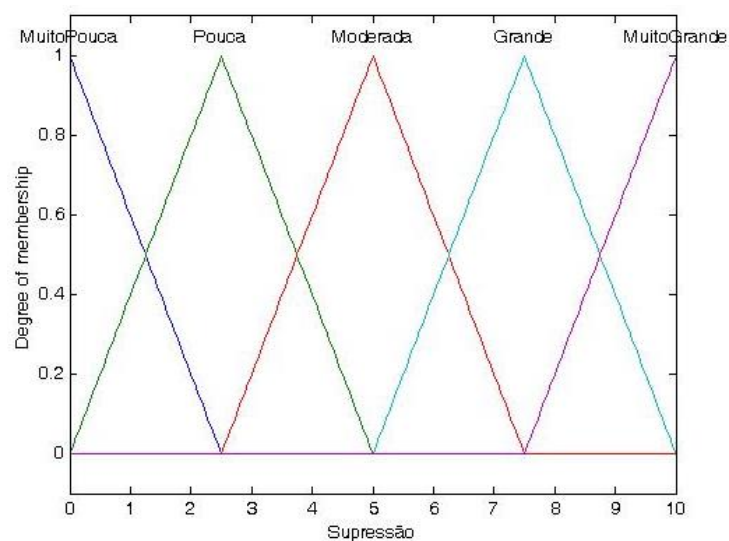
Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável Sucessional – também foi fuzzificada por funções trapezoidais e o seu intervalo vai de 0 a 10 ha (Figura 23).

Figura 23: Fuzzificação da variável Sucessional

Fonte: Autoria própria

Variável Supressão – Sua fuzzificação foi realizada por 5 funções triangulares, para se obter maior precisão, em um intervalo de 0 a 10 conforme apresentado na Figura 24. A quantidade de funções na variável de saída é para se obter maior precisão nos resultados.

Figura 24: Fuzzificação da variável Supressão

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

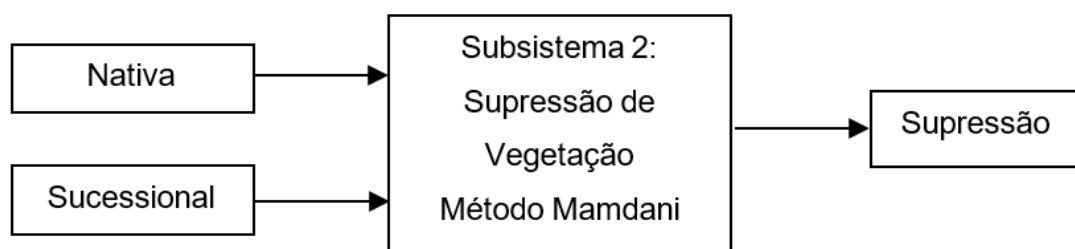
Base de Regras do Sistema 2.1: Foram criadas nove regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 6).

Tabela 7: Base de Regras de Inferência do Subsistema 2 (Versão 1)

REGRAS DO SISTEMA 2.2		
SE	E	ENTÃO
Nativa	Sucessional	Supressão
Pequena	Pequena	MuitoPouca
Pequena	Media	Pouca
Pequena	Grande	Grande
Media	Pequena	Moderada
Media	Media	Grande
Media	Grande	MuitoGrande
Grande	Pequena	Grande
Grande	Media	MuitoGrande
Grande	Grande	MuitoGrande

Fonte: Autoria própria

Defuzzificação das variáveis do sistema 2.2 - O sistema foi desenvolvido pelo método de Mamdani com defuzzificação realizada por centróide. A Figura 25 apresenta o esquema de desenvolvimento desse subsistema.

Figura 25: Esquema do Sistema 2.2 (Versão 1)

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

3.2.3 Subsistema 2 - Supressão de Vegetação (Versão 2)

Variáveis de entrada do subsistema 2 – Supressão de Vegetação

A variável Nativa não sofreu alteração.

A variável Sucessional foi substituída pelo fato de que, de acordo com agentes técnicos, se houver supressão de vegetação em estágio avançado, o documento pedido será um EIA / RIMA. A nova variável é descrita a seguir:

Estágio Médio – Área em que ocorrerá supressão de vegetação em estágio médio de regeneração, determinada em ha.

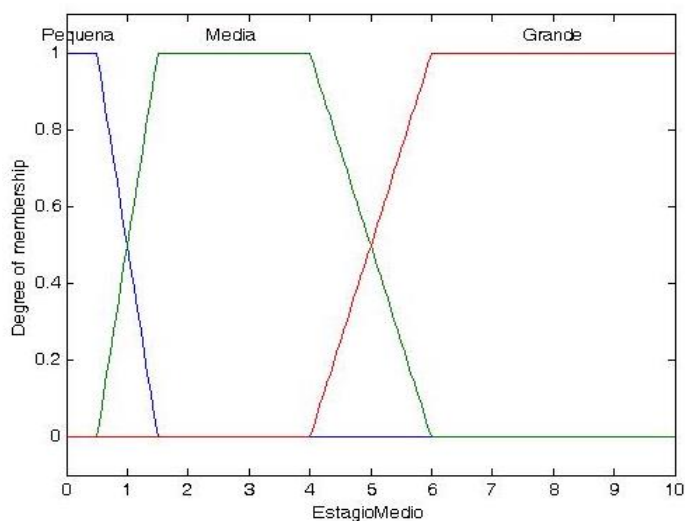
Variável de saída do subsistema 2 – Supressão de Vegetação: a variável de saída também não sofreu alteração.

Fuzzificação das Variáveis do subsistema 2 – Supressão de Vegetação: também fuzzificadas utilizando-se funções triangulares e trapezoidais.

Variável Nativa – não sofreu alteração, de forma que a sua representação continuou como a representada na Figura 22.

Variável ESTÁGIO MÉDIO – também foi fuzzificada por funções trapezoidais e o seu intervalo vai de 0 a 10 ha (Figura 26).

Figura 26: Fuzzificação da variável ESTÁGIO MÉDIO



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável Supressão – Não sofreu alteração, logo sua representação continuou a mesma da Figura 24. A quantidade de funções na variável de saída é para se obter maior precisão nos resultados.

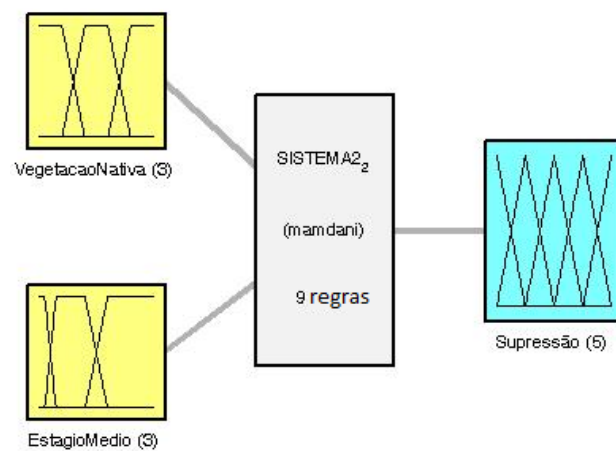
Base de Regras do Sistema 2.1: Foram criadas nove regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 7).

Tabela 8: Base de Regras de Inferência do Subsistema 2 (Versão 2)

REGRAS DO SISTEMA 2.2		
SE	E	ENTÃO
NATIVA	ESTÁGIO MÉDIO	Supressão
Pequena	Pequena	MuitoPouca
Pequena	Media	Pouca
Pequena	Grande	Grande
Media	Pequena	Moderada
Media	Media	Grande
Media	Grande	MuitoGrande
Grande	Pequena	Grande
Grande	Media	MuitoGrande
Grande	Grande	MuitoGrande

Fonte: Autoria própria

Defuzzificação das variáveis do sistema 2.2 - O sistema foi desenvolvido pelo método de Mamdani com defuzzificação realizada por centróide. A Figura 27 apresenta o esquema de desenvolvimento deste subsistema.

Figura 27: Esquema do Sistema 2.2 (Versão 2)

SISTEMA2_2: 2 entradas, 1 saída, 9 regras

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

Assim, para o sistema dois, teremos três entradas:

Movimentação de Solo – Que indica o volume de solo que será utilizado para terraplenagem em cortes e aterros e a sua unidade é dada em 10^6 m^3 ;

Desapropriação – Representada pelo grau de impacto obtido no subsistema 1;

Supressão – Representado pela saída do subsistema 2 (Supressão de Vegetação).

Variável de Saída do Sistema 2

A saída desse sistema também é uma das entradas do sistema de apoio à decisão. Foi nomeada Impacto na População Diretamente Afetada – IPDA, e representa a integração das variáveis de entrada “Movimentação de Solo”, “Desapropriação” e “Supressão”.

Normalização das Variáveis

Para esse sistema, duas das variáveis (Desapropriação e Supressão) foram normalizadas para que seus valores pudessem ser utilizados como dados de entrada do sistema 2. A função de normalização (equação 3) utilizada foi obtida a partir dos menores e maiores valores de saída dos subsistemas 1 e 2 (Desapropriação e Supressão de Vegetação).

$$y = \frac{(d-c)}{(b-a)} * (x - a) + c \quad (3)$$

onde:

x é o valor obtido como resultado no sistema;

y é o valor de x normalizado;

o intervalo de entrada é [a,b];

e o intervalo de saída é [c,d].

Fuzzificação das Variáveis

A fuzzificação das variáveis foi realizada por meio de funções triangulares e trapezoidais.

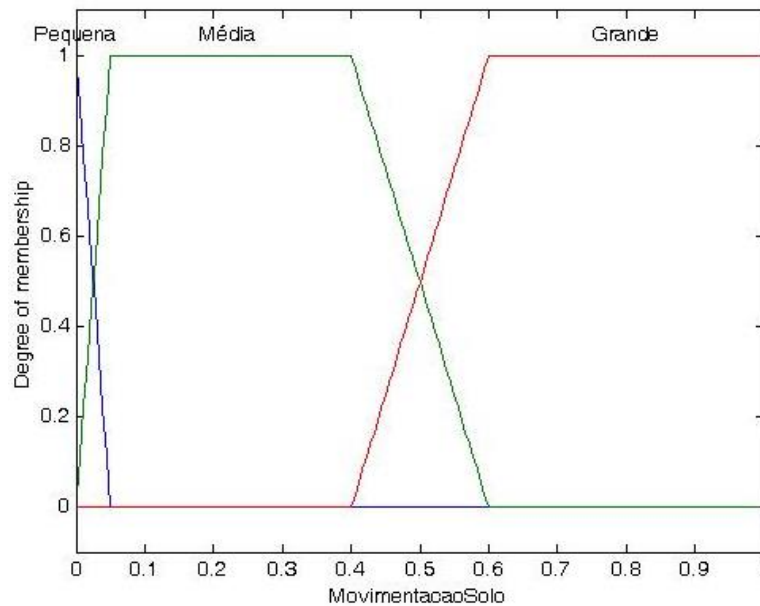
Fuzzificação das Variáveis do Sistema 2 – Atividades com Impacto Potencial:

Esse sistema contém três variáveis de entrada, sendo duas delas as saídas dos subsistemas 1 e 2. Estas saídas são normalizadas e fuzzificadas para serem

utilizadas pelo sistema 2. A fuzzificação se torna necessária para que não se tenha uma quantidade muito grande de regras.

Variável Movimentação de Solo – foi fuzzificada no intervalo de 0 a 1 ($\times 10^6 \text{m}^3$), por meio de uma função triangular e duas trapezoidais apresentadas na Figura 28.

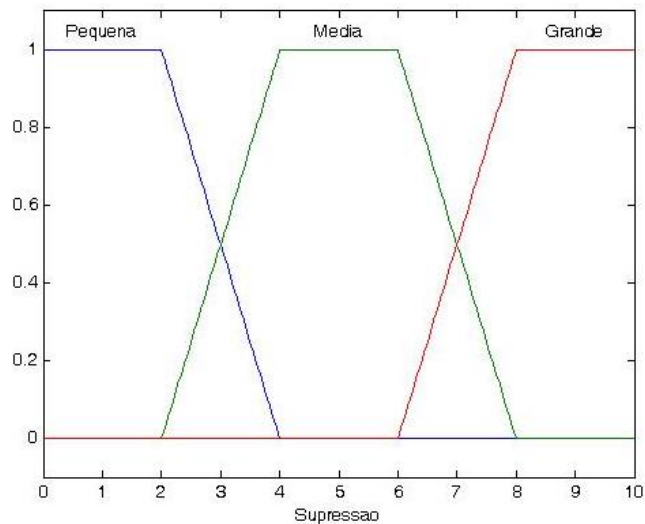
Figura 28: Fuzzificação da variável Movimentação do Solo



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável Supressão – Esta é a saída normalizada do subsistema 2 e foi fuzzificada por funções trapezoidais e o seu intervalo vai de 0 a 10. (Figura 29).

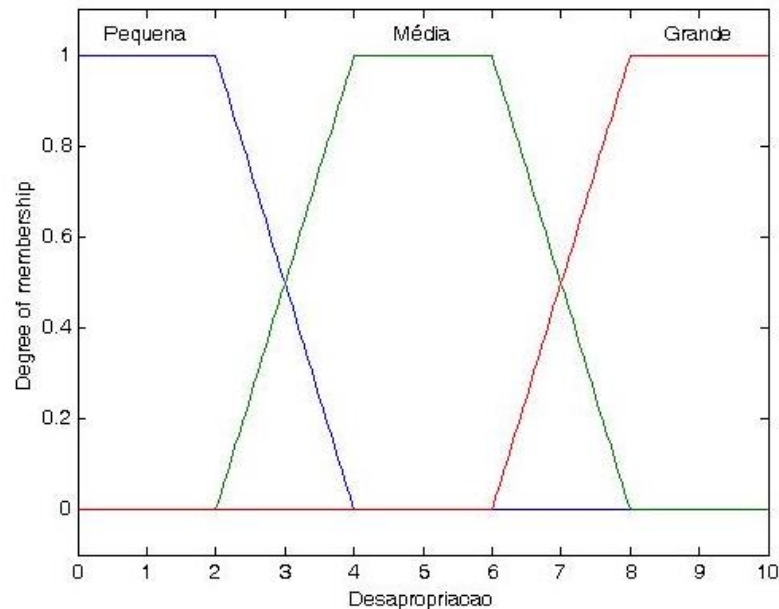
Figura 29: Fuzzificação da variável Supressão - Sistema 2



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável Desapropriação – Saída do subsistema 1, fuzzificada por 3 funções trapezoidais em um intervalo de 0 a 10 conforme apresentado na Figura 30.

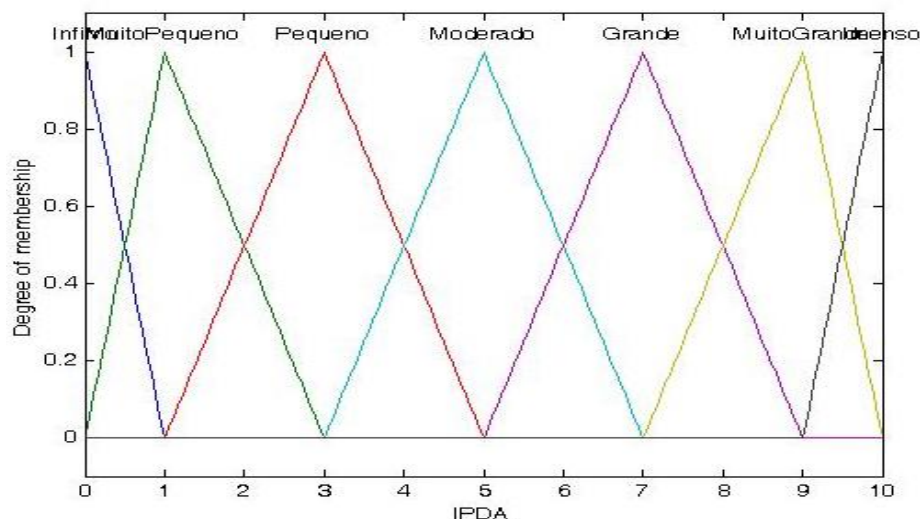
Figura 30: Fuzzificação da variável Desapropriação - Sistema 2



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável Impacto na População Diretamente Afetada (IPDA) – Sua fuzzificação foi realizada por 7 funções triangulares, com intenção de se obter maior precisão dos resultados, em um intervalo de 0 a 10 conforme apresentado na Figura 31.

Figura 31: Fuzzificação da variável IPDA - Impacto na População Diretamente Afetada



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Base de Regras do Sistema 2

Para esse sistema foram desenvolvidas 27 regras apresentadas na Tabela

8.

Tabela 9: Base de Regras de Inferência do Sistema 2

(continua)

REGRAS DO SISTEMA 2			
SE	E	E	ENTÃO
Movimentação de Solo	Supressão	Desapropriação	Impacto na População Diretamente Afetada (IPDA)
Pequena	Pequena	Pequena	Ínfimo
Pequena	Pequena	Media	Moderado
Pequena	Pequena	Grande	Grande
Pequena	Media	Pequena	Pequeno
Pequena	Media	Media	Moderado
Pequena	Media	Grande	MuitoGrande
Pequena	Grande	Pequena	Moderado
Pequena	Grande	Media	MuitoGrande
Pequena	Grande	Grande	Imenso
Media	Pequena	Pequena	MuitoPequeno
Media	Pequena	Media	Moderado
Media	Pequena	Grande	Grande
Media	Media	Pequena	Moderado
Media	Media	Media	Moderado
Media	Media	Grande	MuitoGrande
Media	Grande	Pequena	Moderado
Media	Grande	Media	MuitoGrande
Media	Grande	Grande	Imenso

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 – Base de Regras de Inferência do Sistema 2

(conclusão)

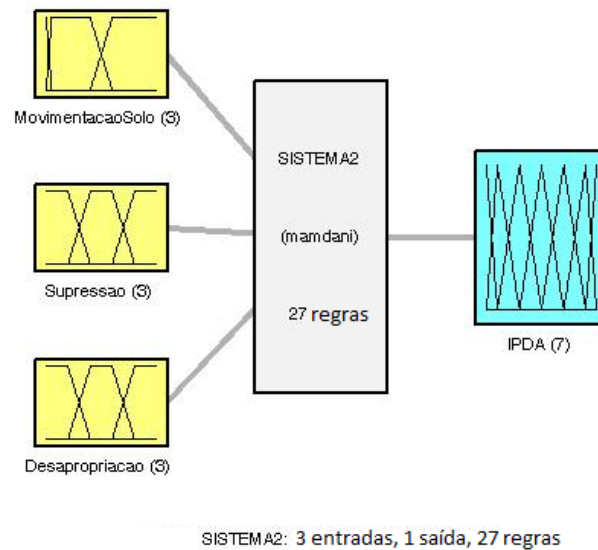
REGRAS DO SISTEMA 2			
SE	E	E	ENTÃO
Movimentação de Solo	Supressão	Desapropriação	Impacto na População Diretamente Afetada (IPDA)
Grande	Pequena	Pequena	MuitoPequeno
Grande	Pequena	Media	Moderado
Grande	Pequena	Grande	Grande
Grande	Media	Pequena	Moderado
Grande	Media	Media	Grande
Grande	Media	Grande	MuitoGrande
Grande	Grande	Pequena	MuitoGrande
Grande	Grande	Media	MuitoGrande
Grande	Grande	Grande	Imenso

Fonte: Autoria própria

Defuzzificação

Os sistemas foram desenvolvidos utilizando o Método Mamdani, com defuzzificação pelo método do Centróide.

Na Figura 32, é apresentado o esquema de desenvolvimento do Sistema 2.

Figura 32: Esquema do Sistema 2

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

3.3 Sistema 3: Caracterização da área de influência

O terceiro sistema foi desenvolvido a partir dos dados fornecidos no item 5 da ficha cadastral (Figura 33) e os dados utilizados estão em negrito.

Figura 33: Item 5 da Ficha Cadastral com as variáveis utilizadas em negrito

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	
Áreas Protegidas Afetadas ou no Entorno do Empreendimento (Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre; Área de Proteção Ambiental – APA; Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN).	
Sim ()	Não ()
() Federal	Qual?
() Estadual	Qual?
() Municipal	Qual?
Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Natural e outros Espaços Territoriais Especialmente Protegidos:	
Existem Patrimônios Tombados (histórico, arqueológico, natural, etc.) na área do empreendimento?	
Sim ()	Não ()
Áreas sob Proteção Especial (terras indígenas, quilombolas, área de proteção de mananciais, etc.)?	
Sim ()	Não ()

Fonte: Adaptado de CETESB (2017).

Variáveis de Entrada do Sistema 3

Este sistema não é um sistema fuzzy, uma vez que não há uma região de incerteza com relação aos valores das variáveis.

Para esse sistema foram criadas três variáveis:

Integral – representa as Áreas de Proteção de Uso Integral e, nesse trabalho, foi considerada a existência ou não dessas áreas dentro das áreas de influência;

Tombado – representa patrimônios tombados e de cunho histórico e cultural. Para essa variável também será considerado apenas a sua existência na área de influência do empreendimento;

Especial – representa as áreas de proteção especial como territórios, indígenas, quilombolas ou de tradição histórico cultural. Como as outras duas variáveis de entrada desse sistema, também só será considerada a existência ou não desses grupos na área de influência.

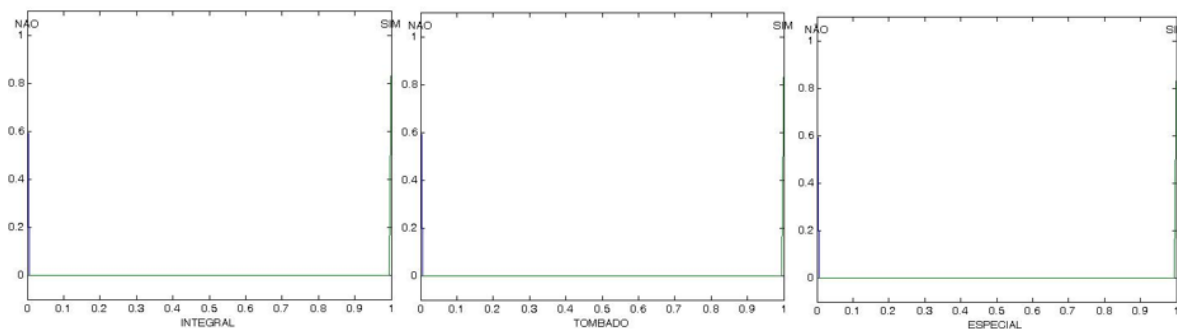
Variável de Saída do Sistema 3

A saída desse sistema é uma das entradas do sistema de apoio a decisão. Foi nomeada IMPACTO CULTURAL (IC), e representa a integração das variáveis de entrada “Integral”, “Tombado” e “Especial”.

Valores das Variáveis

Todas as variáveis desse sistema foram determinadas considerando a existência (1) ou não (0) das áreas protegidas dentro da área de influência do empreendimento (Figura 34).

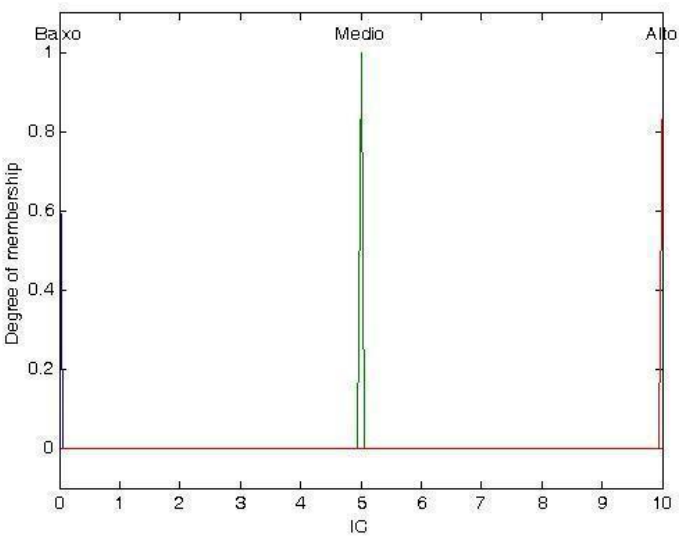
Figura 34: Valores das variáveis de entrada do Sistema 3



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

Variável IMPACTO CULTURAL (IC) – Seus valores foram determinados por 0, 5 e 10 conforme apresentado na Figura 35.

Figura 35: Valores da variável de saída do Sistema 3



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015

Base de Regras do Sistema 3

Foram criadas oito regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 9).

Tabela 10: Base de Regras de Inferência do Sistema 3

REGRAS DO SISTEMA 3			
SE	E	E	ENTÃO
INTEGRAL	TOMBADO	ESPECIAL	Impacto Cultural - IC
SIM	SIM	SIM	ALTO
SIM	SIM	NÃO	ALTO
SIM	NÃO	SIM	ALTO
SIM	NÃO	NÃO	ALTO
NÃO	SIM	SIM	MEDIO
NÃO	SIM	NÃO	ALTO
NÃO	NÃO	SIM	MEDIO
NÃO	NÃO	NÃO	BAIXO

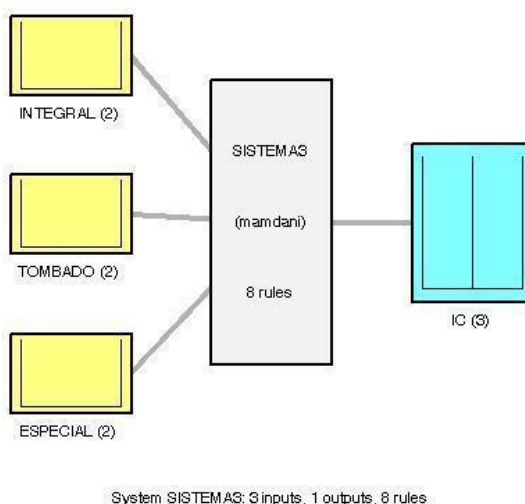
Fonte: Autoria própria

Defuzzificação

O sistema foi desenvolvido utilizando o Método Mamdani, com defuzzificação pelo método do Centróide.

O esquema de desenvolvimento do Sistema 3 é apresentado na Figura 36.

Figura 36: Esquema do Sistema 3



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

3.4 Sistema 4: Processo decisório

O sistema final é a integração das saídas dos sistemas 1 e 2 normalizadas, isto é, as saídas foram ajustadas para os intervalos de 0 a 10; e a saída do sistema 3.

Variáveis de Entrada do Sistema 4

Para esse sistema foram criadas três variáveis:

PORTE – Essa variável de entrada é determinada pela saída do sistema 1 normalizada;

IPDA – É a saída do sistema 2 normalizada;

IC – Definida pela saída do sistema 3.

Variável de Saída do Sistema 4

A saída desse sistema, denominada DOC determina o tipo de documento deve ser apresentado para prosseguimento do processo licitatório.

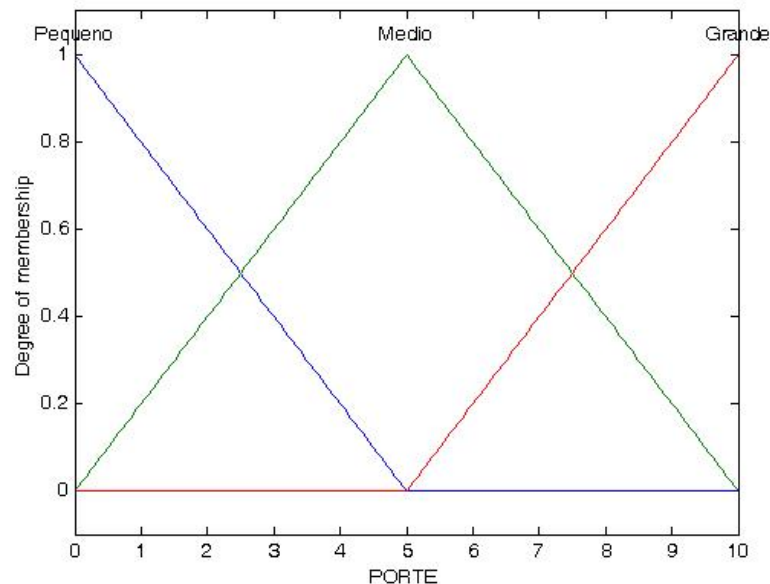
Normalização das Variáveis

A normalização das variáveis de entrada desse sistema foi determinada a partir da equação 3, já citada, variando apenas os intervalos de entrada e saída de acordo com os valores obtidos nos sistemas.

Fuzzificação das Variáveis

Variável PORTE – foi fuzzificada no intervalo de 0 a 10, por meio de funções triangulares apresentadas na Figura 37.

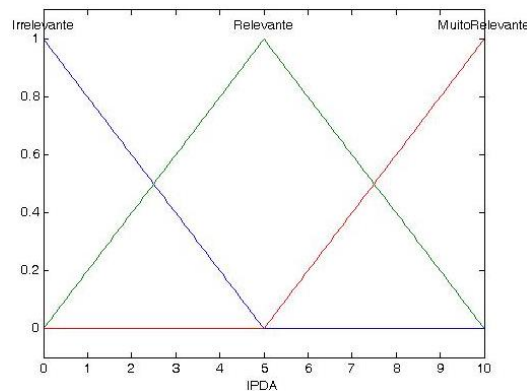
Figura 37: Fuzzificação da variável PORTE no Sistema 4



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

Variável IPDA – foi fuzzificada por funções trapezoidais e o seu intervalo vai de 0 a 10. (Figura 38).

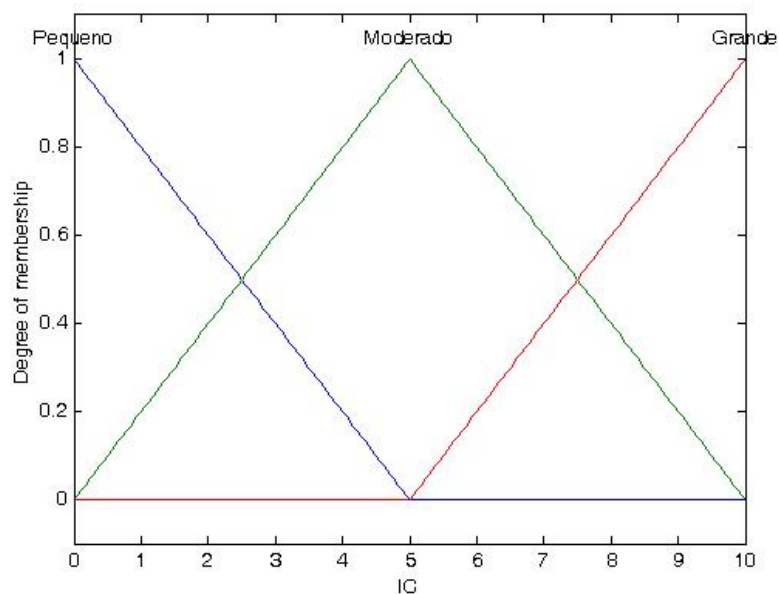
Figura 38: Fuzzificação da variável IPDA do Sistema 4



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Variável IC – Sua fuzzificação foi realizada por funções trapezoidais em um intervalo de 0 a 10 conforme apresentado na Figura 39.

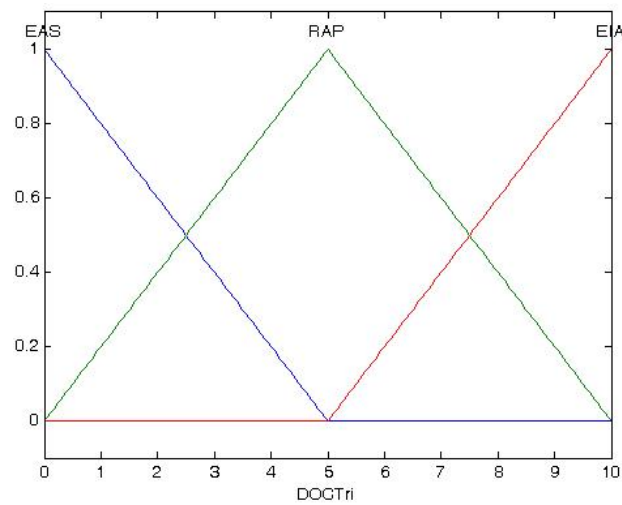
Figura 39: Fuzzificação da variável IC do Sistema 4



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

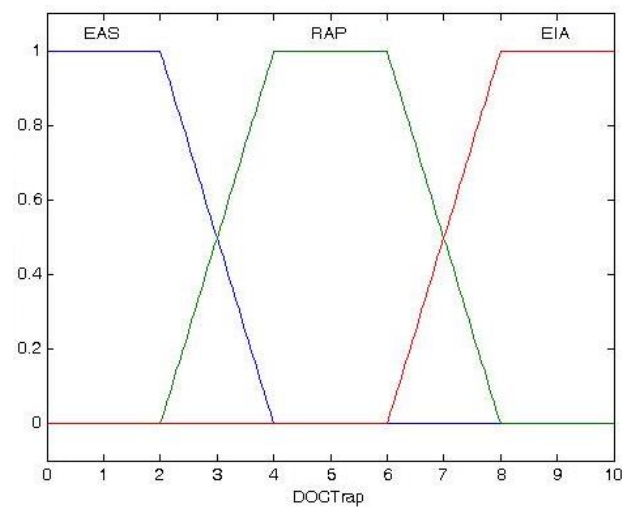
Variável DOC – Para essa variável foram feitas duas fuzzificações: uma utilizando funções triangulares – DOC Triangular (Figura 40) e outra com funções trapezoidais – DOC Trapezoidal (Figura 41). Ambas dentro do intervalo de 0 a 10. A criação de duas saídas com funções diferentes foi realizada para verificar a existência de discrepância na utilização de uma função em que se tem um intervalo mais preciso (Função trapezoidal) e uma função em que se tem picos de certeza (função triangular).

Figura 40: Fuzzificação da variável de saída do Sistema 4 utilizando funções triangulares (DOC Triangular)



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Figura 41: Fuzzificação da variável de saída do Sistema 4 utilizando funções trapezoidais (DOC Trapezoidal)



Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015 □

Base de Regras do Sistema 4

Foram criadas 27 regras para serem utilizadas na inferência pelo método de Mamdani (Tabela 10).

Tabela 11: Base de Regras de Inferência do Sistema 4

(continua)

REGRAS DO SISTEMA 4			
SE	E	E	ENTÃO
PORTE	IC	IPDA	DOC
Pequeno	Irrelevante	Pequeno	EAS
Pequeno	Irrelevante	Moderado	EAS
Pequeno	Irrelevante	Grande	RAP
Pequeno	Relevante	Pequeno	RAP
Pequeno	Relevante	Moderado	RAP
Pequeno	Relevante	Grande	RAP
Pequeno	Muito Relevante	Pequeno	EIA/RIMA
Pequeno	Muito Relevante	Moderado	EIA/RIMA
Pequeno	Muito Relevante	Grande	EIA/RIMA
Medio	Irrelevante	Pequeno	EAS
Medio	Irrelevante	Moderado	EAS
Medio	Irrelevante	Grande	EAS
Medio	Relevante	Pequeno	RAP
Medio	Relevante	Moderado	RAP
Medio	Relevante	Grande	EIA/RIMA
Medio	Muito Relevante	Pequeno	EIA/RIMA
Medio	Muito Relevante	Moderado	EIA/RIMA
Medio	Muito Relevante	Grande	EIA/RIMA
Grande	Irrelevante	Pequeno	RAP
Grande	Irrelevante	Moderado	RAP
Grande	Irrelevante	Grande	RAP
Grande	Relevante	Pequeno	EIA/RIMA
Grande	Relevante	Moderado	EIA/RIMA

Fonte: Autoria própria

Tabela 10 – Base de Regras de Inferência do Sistema 4

(conclusão)

REGRAS DO SISTEMA 4			
SE	E	E	ENTÃO
PORTE	IC	IPDA	DOC
Grande	Relevante	Grande	EIA/RIMA
Grande	MuitoRelevante	Pequeno	EIA/RIMA
Grande	MuitoRelevante	Moderado	EIA/RIMA
Grande	MuitoRelevante	Grande	EIA/RIMA

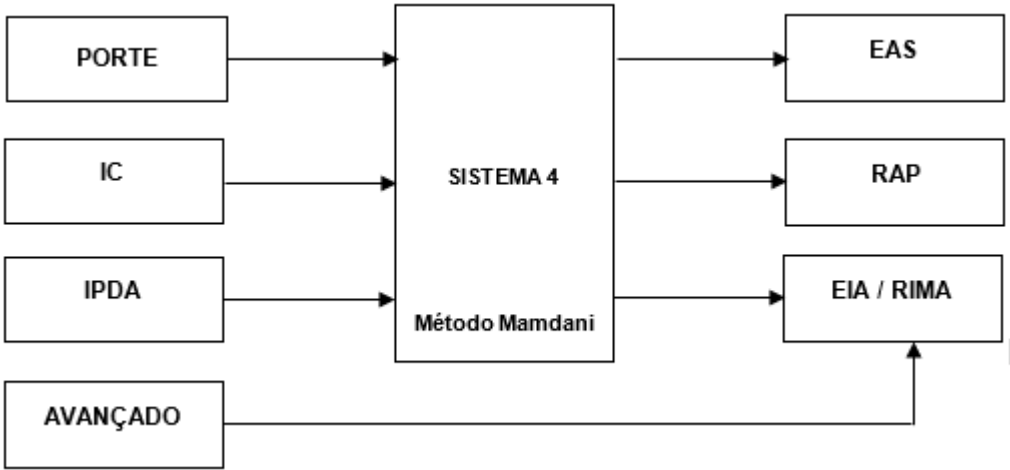
Fonte: Autoria própria

Defuzzificação

O sistema foi desenvolvido utilizando o Método Mamdani, com defuzzificação pelo método do Centróide.

O esquema de desenvolvimento desse sistema é apresentado na Figura 42, junto com a variável AVANÇADO, para a qual foi definido que a saída será EIA/RIMA se o seu valor for igual a 1.

Figura 42: Esquema do Sistema 4



Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os sistemas foram implementados e construídos com o auxílio de um especialista do setor de licenciamento e foram avaliados por mais um especialista do setor de licenciamento de empreendimentos rodoviários que sugeriu as mudanças apresentadas.

Com relação a ficha cadastral, os próprios especialistas verificaram falhas como excesso ou falta de informação:

- a) Qualquer projeto que suprima estágio avançado é considerado EIA, portanto na coluna estágio sucessional foi considerado como sendo estágio médio;
- b) O VDM é considerado irrelevante na definição do instrumento;
- c) Para definição do porte do empreendimento, sugere-se que seja incluído o tipo de intervenção, como "duplicação", "nova rodovia", "recuperação de rodovia", "implantação de faixa marginal", etc.

Uma vez questionados com relação a atualização do formulário, nenhum dos especialistas souberam responder se haveria a possibilidade de ocorrência do fato.

Os dados utilizados para a validação dos sistemas foram obtidos junto ao setor de protocolo (ITAP) da CETESB.

Foi observado que para cada documento apresentado, os responsáveis por preencher a ficha e preparar os documentos, não apresentaram uma uniformidade ao apresentar os dados e impactos que podem ser causados com a implementação, como o caso de supressão de vegetação que em alguns casos só informa a existência e não a quantidade a ser suprimida e/ou não indica o estágio em que se encontra a vegetação que será retirada.

Fatos como os citados, reduziu a quantidade de dados utilizados em aproximadamente 59% (de 54 para 32 empreendimentos).

Assim, os sistemas foram implementados a partir de um banco de dados com informações de 32 empreendimentos em que foram exigidos EAS (quinze), RAP (quatorze) e EIA/RIMA (três). Foram acrescentados dados fictícios de mais dois empreendimentos com valores mínimos e máximos de intervalo para análise de funcionamento.

4.1 Sistema 1

Esse primeiro sistema foi implementado com a intenção de caracterizar o porte do empreendimento.

Os resultados obtidos para PORTE foram classificados qualitativamente de acordo com a Tabela 11.

Tabela 12: Intervalo de Classificação do Sistema 1

PORTE	
PEQUENO	[0 3,5]
MÉDIO	(3,5 7]
GRANDE	(7 10]

Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos na primeira versão do sistema, a classificação obtida a partir da Tabela 11, e a realizada por especialista são apresentados na Tabela 12.

Tabela 13: Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados (continua)

Sistema 1: Caracterização do Empreendimento					
DADOS DE ENTRADA		DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
ADA (ha)	VDM (veículos/dia)	PORTE	PORTE Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
110,380	15000	5,647	5,770	MEDIO	GRANDE
123,670	8400	6,405	6,672	MEDIO	GRANDE
130,880	10250	6,705	7,030	GRANDE	GRANDE
57,870	9000	4,397	4,282	MEDIO	MEDIO
50,200	15000	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO
59,470	15000	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 - Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados

(continua)

Sistema 1: Caracterização do Empreendimento					
DADOS DE ENTRADA		DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
ADA (ha)	VDM (veículos/dia)	PORTE	PORTE Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
7,000	1902	1,951	1,371	PEQUENO	PEQUENO
130,741	1560	4,805	4,768	MEDIO	MEDIO
18,590	4403	2,475	1,994	PEQUENO	PEQUENO
13,780	1374	1,716	1,091	PEQUENO	PEQUENO
173,600	1630	5,832	5,991	MEDIO	GRANDE
74,500	15000	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO
12,360	293	0,905	0,126	PEQUENO	PEQUENO
6,000	7903	3,912	3,705	MEDIO	PEQUENO
9,029	200	0,800	0,000	PEQUENO	PEQUENO
4,595	746	1,321	0,620	PEQUENO	PEQUENO
25,472	8688	4,248	4,105	MEDIO	PEQUENO
200,000	4951	7,463	7,932	GRANDE	GRANDE
37,330	1439	1,749	1,129	PEQUENO	PEQUENO
17,230	379	0,997	0,234	PEQUENO	PEQUENO
20,000	6300	3,247	2,913	PEQUENO	PEQUENO
63,291	1625	2,887	2,484	MEDIO	PEQUENO
142,210	7114	7,184	7,599	GRANDE	GRANDE
16,648	11085	5,000	5,000	MEDIO	PEQUENO
185,620	6794	7,670	8,178	GRANDE	GRANDE
75,280	1221	2,918	2,522	PEQUENO	MEDIO
12,500	5109	2,579	2,118	PEQUENO	PEQUENO

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 - Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados

(conclusão)

Sistema 1: Caracterização do Empreendimento					
DADOS DE ENTRADA		DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
ADA (ha)	VDM (veículos/dia)	PORTE	PORTE Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
65,712	15000	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO
155,650	6062	7,565	8,053	GRANDE	GRANDE
113,253	935	3,860	3,643	MEDIO	MEDIO
100,000	4000	4,376	4,257	MEDIO	MEDIO
73,000	5685	3,670	3,417	PEQUENO	MEDIO

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 13 são apresentados os resultados da segunda versão do sistema com a classificação realizada conforme a Tabela 11, os documentos analisados e a avaliação de dois especialistas.

Tabela 14: Dados de Entrada e Saída da Segunda versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados

(continua)

Sistema 1: Caracterização do Empreendimento					
DADOS DE ENTRADA		DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
ADA (ha)	INTERVENÇÃO	PORTE	PORTE Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
110,380	10	7,562	8,050	GRANDE	GRANDE
123,670	10	7,790	8,321	GRANDE	GRANDE
130,880	5	6,488	6,771	MÉDIO	GRANDE
57,870	5	2,994	2,612	PEQUENO	MÉDIO
50,200	10	5,015	5,018	MÉDIO	GRANDE
59,470	10	5,577	5,687	MÉDIO	GRANDE

Fonte: Autoria própria

Tabela 13 - Dados de Entrada e Saída da Segunda versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados

(continua)

Sistema 1: Caracterização do Empreendimento						
DADOS DE ENTRADA		DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA		
ADA (ha)	INTERVENÇÃO	PORTE	PORTE Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO	
7,000	5	2,500	2,024	PEQUENO	MÉDIO	MÉDIO
130,741	0	3,982	3,788	MÉDIO	MÉDIO	PEQUENO
18,590	5	2,500	2,024	PEQUENO	MÉDIO	MÉDIO
13,780	10	5,000	5,000	MÉDIO	MÉDIO	GRANDE
173,600	5	7,500	7,976	GRANDE	GRANDE	GRANDE
74,500	5	3,730	3,488	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO
12,360	5	2,500	2,024	PEQUENO	MÉDIO	MÉDIO
6,000	10	5,000	5,000	MÉDIO	MÉDIO	GRANDE
9,029	5	2,500	2,024	PEQUENO	MÉDIO	MÉDIO
4,595	5	2,500	2,024	PEQUENO	PEQUENO	MÉDIO
25,472	5	2,500	2,024	PEQUENO	MÉDIO	MÉDIO
200,000	5	7,500	7,976	GRANDE	GRANDE	GRANDE
37,330	5	2,500	2,024	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO
17,230	5	2,500	2,024	PEQUENO	MÉDIO	MÉDIO
20,000	10	5,000	5,000	MÉDIO	GRANDE	GRANDE
63,291	5	3,260	2,929	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO
142,210	0	4,511	4,417	MÉDIO	MÉDIO	PEQUENO
16,648	0	0,800	0,000	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
185,620	10	9,200	10,000	GRANDE	GRANDE	GRANDE
75,280	10	6,261	6,501	MÉDIO	GRANDE	GRANDE
12,500	10	5,000	5,000	MÉDIO	MÉDIO	GRANDE
65,712	10	5,868	6,033	MÉDIO	GRANDE	GRANDE
155,650	5	7,500	7,976	GRANDE	GRANDE	GRANDE

Fonte: Autoria própria

Tabela 13 - Dados de Entrada e Saída da Segunda versão do Sistema e Classificação Qualitativa dos Resultados

(conclusão)

Sistema 1: Caracterização do Empreendimento						
DADOS DE ENTRADA		DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA		
ADA (ha)	INTERVENÇÃO	PORTE	PORTE Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO	
113,253	0	3,258	2,927	PEQUENO	MÉDIO	PEQUENO
100,000	5	5,000	5,000	MÉDIO	GRANDE	MÉDIO
73,000	5	3,670	3,417	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO

Fonte: Autoria própria

Como a avaliação dos especialistas não é realizada de forma parcial com relação aos dados, a discussão é realizada apenas de forma comparativa.

Na primeira versão do sistema, vinte e três dos trinta e dois dados (aproximadamente 72%) obtiveram a mesma classificação. Nove dos trinta e dois resultados (aproximadamente 28%), divergiram sendo que a avaliação do sistema foi mais rigorosa em três dos nove dados divergentes.

A segunda versão apresenta a avaliação de dois especialistas. O primeiro auxiliou na construção inicial do sistema e o segundo sugeriu as mudanças realizadas. Comparando a avaliação do sistema com os dois especialistas, temos concordância na avaliação em 6 dos 32 dados (18,75%). Olhando para o resultado do sistema e o primeiro especialista, há concordância em 13 dos 32 dados (aproximadamente 41%) e de 25% (8 dos 32 dados) com o segundo especialista.

De acordo com esse resultado, é possível afirmar que há maior dificuldade quando a avaliação é feita por partes, ou seja, olhando parte dos valores de cada vez e não a ficha cadastral como um todo.

Não há como informar qual especialista está correto, uma vez que cada um conta com a sua experiência, mas o sistema pode auxiliar dando suporte para um olhar mais atento em alguns dos valores apresentados e buscando uma avaliação mais padronizada.

4.2 Sistema 2

Esse sistema foi implementado com a intenção de caracterizar o empreendimento de acordo com os impactos que podem ser causados na área de influência pela implementação do empreendimento.

O seu resultado é realizado pela integração da variável Movimentação do Solo com as saídas normalizadas de outros dois subsistemas relacionados com a supressão de vegetação e desapropriação de propriedades e relocação de famílias.

As saídas dos subsistemas foram normalizadas de acordo com a equação 3 para os extremos dos valores obtidos como resultado desses subsistemas.

A normalização desses valores contou com intervalo de entrada [0,8; 9,2] e intervalo de saída [0; 10] e foi determinado de acordo com a equação 4.

$$y = \frac{(10-0)}{(9,2-0,8)} * (x - 0,8) + 0 \quad (4)$$

Após foram fuzzificadas em intervalos de 0 a 10 (Tabela 14) e a saída desse sistema (Impacto na População Diretamente Afetada - IPDA) também foi classificada no intervalo de 0 a 10 de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15: Fuzzificação das variáveis de entrada e saída do sistema 2

Mov. do Solo	Fuzzy	Supressão	Fuzzy	Desapropriação	Fuzzy	IPDA	Fuzzy
Pequena	[0 0 0,05]	Pequena	[0 0 2 4]	Pequena	[0 0 2 4]	Infimo	[0 0 1]
Media	[0 0,05 0,4 0,6]	Media	[2 4 6 8]	Media	[2 4 6 8]	MuitoPequeno	[0 1 3]
Grande	[0,4 0,6 1 1]	Grande	[6 8 10 10]	Grande	[6 8 10 10]	Pequeno	[1 3 5]
						Moderado	[3 5 7]
						Grande	[5 7 9]
						MuitoGrande	[7 9 10]
						Imenso	[9 10 10]

Fonte: Autoria própria

Os valores da primeira versão desse sistema, avaliado por agente técnico, a classificação realizada de acordo com a Tabela 15, os valores obtidos pelos subsistemas e o sistema 2 são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16: Intervalo de Classificação do Sistema 2

IPDA - Impacto na População Diretamente Afetada	
PEQUENO	[0 3,5]
MEDIO	(3,5 7]
GRANDE	(7 10]

Fonte: Autoria própria

Tabela 17: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados da primeira versão do Sistema 2 (continua)

Sistema 2: Atividades Potencialmente Causadoras de Impacto								
DADOS DE ENTRADA					DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
Sistema 2.1		Sistema 2.2		Mov. de Solo (10⁶ m³)	IPDA	IPDA Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
Propriedade	Família	Nativa (ha)	Sucessional (ha)					
32	11	11,000	0,000	0,399	5,000	5,000	MEDIO	GRANDE
50	1	5,090	2,590	0,152	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO
45	37	11,600	4,600	0,228	9,700	10,000	GRANDE	GRANDE
15	0	2,130	0,090	0,049	1,331	1,097	PEQUENO	MEDIO
17	11	3,990	0,000	0,013	3,447	3,348	PEQUENO	MEDIO
0	0	5,810	2,200	0,000	3,000	2,872	PEQUENO	MEDIO
0	0	2,217	0,000	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	PEQUENO
46	37	2,340	0,190	0,046	7,000	7,128	GRANDE	GRANDE
5	0	0,350	0,000	0,016	1,116	0,698	PEQUENO	PEQUENO
9	1	0,000	0,000	0,114	1,333	1,099	PEQUENO	PEQUENO
5	0	0,110	0,080	0,285	1,333	1,099	PEQUENO	PEQUENO
8	0	20,000	10,000	1,000	8,667	8,901	GRANDE	GRANDE
4	0	0,040	0,000	0,172	1,333	1,099	PEQUENO	PEQUENO
5	0	1,439	0,000	0,015	1,108	0,860	PEQUENO	PEQUENO
25	0	0,000	0,000	0,331	1,444	1,217	PEQUENO	MEDIO
9	1	0,080	0,000	0,025	1,241	1,001	PEQUENO	PEQUENO
15	0	0,696	0,324	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	MEDIO

Fonte: Autoria própria

Tabela 16 - Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados da primeira versão do Sistema 2.

(conclusão)

Sistema 2: Atividades Potencialmente Causadoras de Impacto								
DADOS DE ENTRADA					DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
Sistema 2.1		Sistema 2.2		Mov. de Solo (10 ⁶ m ³)	IPDA	IPDA Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
Propriedade	Família	Nativa (ha)	Sucessional (ha)					
10	0	20,000	0,000	0,100	5,000	5,000	MEDIO	GRANDE
2	0	0,200	0,000	0,037	1,309	1,073	PEQUENO	PEQUENO
32	0	2,010	0,720	0,252	1,444	1,217	PEQUENO	MEDIO
0	0	1,484	0,476	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	PEQUENO
2	0	4,090	0,560	0,046	1,329	1,094	PEQUENO	PEQUENO
27	0	20,000	3,140	0,324	5,059	5,063	MEDIO	GRANDE
50	0	10,190	3,793	0,548	8,530	8,755	GRANDE	GRANDE
30	0	13,850	7,140	0,257	5,059	5,063	MEDIO	GRANDE
0	0	20,000	10,000	1,000	8,667	8,901	GRANDE	GRANDE
13	7	1,484	0,625	0,662	1,333	1,099	PEQUENO	MEDIO
55	19	0,000	0,000	0,000	6,498	6,594	MEDIO	GRANDE
41	0	9,111	0,500	0,040	4,671	4,651	MEDIO	GRANDE
0	0	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	PEQUENO
0	0	3,575	1,246	0,044	1,325	1,091	PEQUENO	PEQUENO
30	0	3,210	0,000	0,000	0,667	0,391	PEQUENO	MEDIO

Fonte: Autoria própria

A primeira versão apresentou concordância entre o sistema e a avaliação do especialista em dezessete dos trinta e dois dados (aproximadamente 53%). Quinze dos trinta e dois resultados (aproximadamente 47%), divergiram sendo que a avaliação do agente técnico foi mais rigorosa em todos os dados divergentes.

Esse sistema também sofreu alteração de modo que se considerou a supressão de vegetação nativa e a supressão em estágio médio de regeneração. Assim os resultados dessa nova versão estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 18: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados da segunda versão do Sistema 2 (continua)

Sistema 2: Atividades Potencialmente Causadoras de Impacto									
DADOS DE ENTRADA					DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA		
Sistema 2.1		Sistema 2.2		Mov. de Solo (10 ⁶ m³)	IPDA	IPDA Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO	
Propriedade	Família	Nativa (ha)	Estágio Médio (ha)						
32	11	11,000	0,000	0,399	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO	GRANDE
50	1	1,400	0,000	0,152	5,000	5,000	MEDIO	MEDIO	GRANDE
45	37	3,000	2,000	0,228	7,015	7,143	GRANDE	GRANDE	GRANDE
15	0	0,300	0,000	0,049	1,331	1,097	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
17	11	3,990	0,000	0,013	3,447	3,348	PEQUENO	MEDIO	GRANDE
0	0	5,810	0,000	0,000	2,566	2,411	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
0	0	2,217	0,000	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
46	37	2,340	0,190	0,046	7,000	7,128	GRANDE	GRANDE	GRANDE
5	0	0,350	0,000	0,016	1,116	0,868	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
9	1	0,000	0,000	0,114	1,333	1,099	PEQUENO	PEQUENO	GRANDE
5	0	0,110	0,000	0,285	1,333	1,099	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
8	0	19,260	15,070	1,000	8,667	8,901	GRANDE	GRANDE	GRANDE
4	0	0,040	0,000	0,172	1,333	1,099	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
5	0	1,439	0,000	0,015	1,108	0,880	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
25	0	0,000	0,000	0,331	1,444	1,217	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
9	1	0,080	0,000	0,025	1,241	1,001	PEQUENO	PEQUENO	GRANDE
15	0	20,000	5,561	0,000	5,000	5,000	MEDIO	GRANDE	GRANDE
10	0	2,590	0,000	0,100	5,000	5,000	MEDIO	PEQUENO	MEDIO
2	0	0,200	0,000	0,037	1,309	1,073	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
32	0	2,010	0,720	0,252	1,444	1,217	PEQUENO	MEDIO	MEDIO
0	0	2,772	0,624	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
2	0	0,924	0,560	0,046	1,329	1,094	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
27	0	20,000	3,140	0,324	5,059	5,063	MEDIO	MEDIO	GRANDE
50	0	5,055	0,273	0,548	5,558	5,594	MEDIO	MEDIO	MEDIO
30	0	13,650	7,140	0,257	5,059	5,063	MEDIO	GRANDE	GRANDE

Fonte: Autoria própria

Tabela 17 - Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados da segunda versão do Sistema 2.

(conclusão)

Sistema 2: Atividades Potencialmente Causadoras de Impacto									
DADOS DE ENTRADA					DADOS DE SAÍDA		CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA		
Sistema 2.1		Sistema 2.2		Mov. de Solo (10 ⁶ m ³)	IPDA	IPDA Normalizado	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO	
Propriedade	Família	Nativa (ha)	Estágio Médio (ha)						
0	0	20,000	6,040	1,000	8,667	8,901	GRANDE	GRANDE	GRANDE
13	7	1,484	0,625	0,662	1,333	1,099	PEQUENO	MEDIO	GRANDE
55	19	0,000	0,000	0,000	6,496	6,594	MEDIO	GRANDE	GRANDE
41	0	11,680	0,500	0,040	4,671	4,651	MEDIO	GRANDE	MEDIO
0	0	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	3,669	1,246	0,044	1,325	1,091	PEQUENO	PEQUENO	MEDIO
30	0	1,030	0,000	0,000	0,667	0,391	PEQUENO	MEDIO	MEDIO

Fonte: Autoria própria

A segunda versão (Tabela 17) analisada por dois especialistas apresentou concordância mútua em 10 dos 32 dados (aproximadamente 31%). Os especialistas concordaram em aproximadamente 47% (15 dos dados avaliados), sendo que o segundo especialista avaliou de forma mais rigorosa os 17 casos divergentes.

Os impactos causados na população são relacionados a moradia e devem ser analisados de forma rígida. Assim, pode ser que seja necessário que o sistema por avaliação de mais especialistas ou até mesmo por uma avaliação de consenso com relação às regras utilizadas.

4.3 Sistema 3

A implementação desse sistema faz a caracterização do empreendimento com relação aos impactos causados nas áreas que possuem Unidades de Conservação de Uso Integral, Patrimônio Histórico e Cultural e de proteção especial como comunidades tradicionais.

Este sistema possui variáveis de entrada e saída não-fuzzy e sua classificação é apresentada na Tabela 18.

Tabela 19: Intervalo de Classificação do Sistema 3

IMPACTO CULTURAL – IC	
PEQUENO	0
MODERADO	5
GRANDE	10

Fonte: Autoria própria

Esse sistema não sofreu alterações, mas foi avaliado duas vezes com a sua classificação de acordo com a Tabela 18: uma vez por um especialista (Tabela 19) e depois por dois especialistas (Tabela 20).

Tabela 20: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3 (continua)

SISTEMA 3: Impacto Cultural – IC					
DADOS DE ENTRADA			DADOS DE SAÍDA	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
Integral	Tombado	Especial	IC - Impacto Cultural	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
1	0	1	10	GRANDE	MODERADO
1	1	1	10	GRANDE	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
1	1	1	10	GRANDE	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO

Fonte: Autoria própria

Tabela 19 - Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3

(continua)

SISTEMA 3: Impacto Cultural – IC					
DADOS DE ENTRADA			DADOS DE SAÍDA	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
Integral	Tombado	Especial	IC - Impacto Cultural	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	1	0	5	MODERADO	MODERADO
1	0	0	5	MODERADO	MODERADO
1	0	0	5	MODERADO	MODERADO
0	1	0	5	MODERADO	MODERADO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
1	1	1	10	GRANDE	GRANDE
0	1	0	5	MODERADO	MODERADO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
1	0	0	5	MODERADO	MODERADO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
1	1	0	10	GRANDE	MODERADO
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE

Fonte: Autoria própria

Tabela 19 - Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3

(conclusão)

SISTEMA 3: Impacto Cultural – IC					
DADOS DE ENTRADA			DADOS DE SAÍDA	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
Integral	Tombado	Especial	IC - Impacto Cultural	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO

Fonte: Autoria própria

Para esse sistema esperava-se que não houvesse divergência, uma vez que as regras foram construídas pelo mesmo agente técnico que fez a avaliação posterior.

Na primeira avaliação o sistema só apresentou divergência de classificação em dois dos trinta e dois valores apresentados (6,25%) sendo o sistema mais rigoroso que a avaliação do agente técnico.

Como o sistema, como um todo, foi reavaliado, na Tabela 20 é apresentado o resultado do sistema e a avaliação por dois especialistas.

Tabela 21: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3 e a avaliação de dois especialistas

(continua)

SISTEMA 3: Impacto Cultural – IC					
DADOS DE ENTRADA			DADOS DE SAÍDA	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA	
Integral	Tombado	Especial	Impacto Cultural - IC	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO
1	0	1	10	GRANDE	GRANDE
1	1	1	10	GRANDE	GRANDE

Fonte: Autoria própria

Tabela 22: Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3 e a avaliação de dois especialistas (continua)

SISTEMA 3: Impacto Cultural – IC						
DADOS DE ENTRADA			DADOS DE SAÍDA	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA		
Integral	Tombado	Especial	Impacto Cultural - IC	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO	
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
1	1	1	10	GRANDE	GRANDE	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	1	0	5	MODERADO	MODERADO	GRANDE
1	0	0	5	MODERADO	MODERADO	GRANDE
1	0	0	5	MODERADO	MODERADO	GRANDE
0	1	0	5	MODERADO	MODERADO	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE	GRANDE
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
1	1	1	10	GRANDE	GRANDE	GRANDE

Fonte: Autoria própria

Tabela 20 - Dados de Entrada e Saída e Classificação Qualitativa dos Resultados do Sistema 3 e a avaliação de dois especialistas

(conclusão)

SISTEMA 3: Impacto Cultural – IC						
DADOS DE ENTRADA			DADOS DE SAÍDA	CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA		
Integral	Tombado	Especial	Impacto Cultural - IC	SISTEMA	AGENTE TÉCNICO	
0	1	0	5	MODERADO	MODERADO	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
1	0	0	5	MODERADO	MODERADO	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	GRANDE
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE	GRANDE
1	1	0	10	GRANDE	GRANDE	GRANDE
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO
0	0	0	0	PEQUENO	PEQUENO	PEQUENO

Fonte: Autoria própria

Em uma segunda avaliação, o primeiro especialista, concordou com o resultado do sistema em 100%, já o segundo, deixa claro em sua avaliação que para ele não existe impacto moderado quando se trata de áreas protegidas. Assim a concordância com o sistema e com o outro especialista é de aproximadamente 78% (25 dados). Este fato mostra o quanto a avaliação humana pode ser afetada ao longo do tempo e evidencia a importância de um sistema de suporte que oriente para que a discrepância entre as avaliações dos especialistas seja cada vez menor.

4.4 Sistema 4

Esse sistema integra as saídas normalizadas dos dois primeiros sistemas anteriores e a saída do sistema 3. Tem como saída a indicação do documento que

deve ser entregue para dar prosseguimento no processo de licenciamento ambiental.

As equações utilizadas para normalização das saídas (equações 4 e 5) foram obtidas a partir dos valores extremos obtidos nos sistemas para dados que representam o pior e melhor cenário para avaliação.

Para a normalização do sistema 1 utilizou-se a equação 4, pois apresentou os mesmos valores extremos de saída: intervalo de entrada [0,8; 9,2] e intervalo de saída [0; 10].

Para o sistema 2, a normalização tem intervalo de entrada [0,3; 9,7] e intervalo de saída [0; 10].

$$y = (10 - 0) / (9,7 - 0,3) * (x - 0,3) + 0 \quad (5)$$

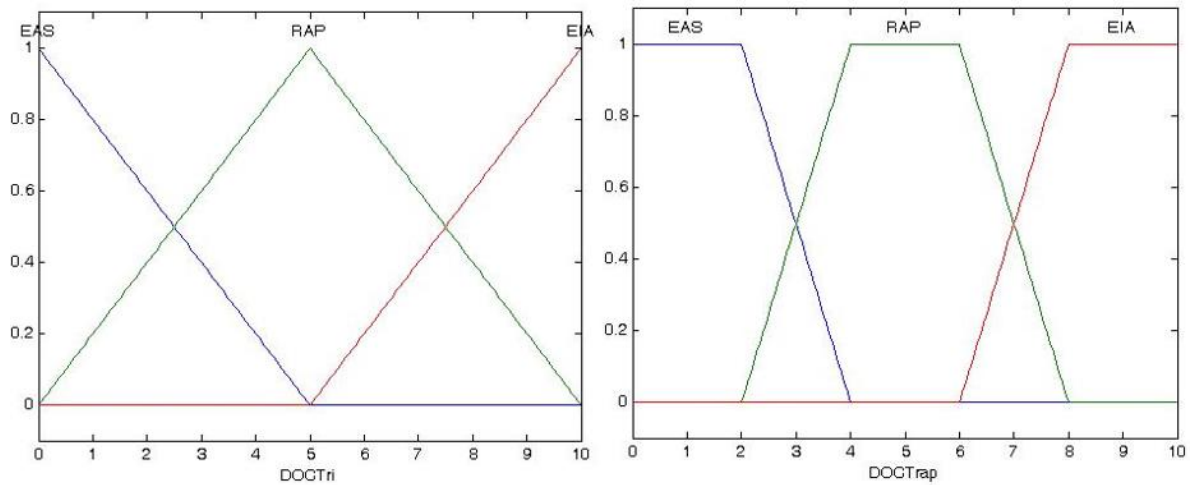
A fuzzificação dessas variáveis são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 23: Saídas Normalizadas e Fuzzificadas para entrada do Sistema 4

SISTEMA 4: PROCESSO DECISÓRIO					
Variáveis de Entrada					
PORTE	Conjuntos Fuzzy	IPDA	Conjuntos Fuzzy	IC	Conjuntos Fuzzy
Pequeno	[0 0 5]	Pequeno	[0 0 5]	Irrelevante	[0 0 5]
Medio	[0 5 10]	Moderado	[0 5 10]	Relevante	[0 5 10]
Grande	[5 10 10]	Grande	[5 10 10]	Muito Relevante	[5 10 10]

Fonte: Autoria própria

A saída desse sistema foi fuzzificada com funções triangulares e trapezoidais (Figura 43) para comparação de eficiência.

Figura 43: Variáveis de saída do Sistema 4 em funções triangulares e trapezoidais

Fonte: Desenvolvido com o auxílio do Matlab 2015□

As saídas DOC Trapezoidal e DOC Triangular foram normalizadas pelas equações 4 e 5 e classificadas de acordo com o intervalo apresentado na Tabela 22.

Tabela 24: Intervalo de Classificação do Sistema 4

DOC	
EAS	[0 3,5]
RAP	(3,5 7]
EIA/RIMA	(7 10]

Fonte: Autoria própria

A normalização da saída do Sistema Final DOC Trapezoidal tem intervalo de entrada [1,53; 8,47] e intervalo de saída [0; 10] na equação de normalização (equação 6).

$$y = \frac{(10 - 0)}{(8,47 - 1,53)} * (x - 1,53) + 0 \quad (6)$$

A normalização da saída do Sistema Final DOC Triangular tem intervalo de entrada [1,63; 8,37] e intervalo de saída [0; 10] na equação de normalização (equação 7).

$$y = \frac{(10-0)}{(8,37-1,63)} * (x - 1,63) + 0 \quad (7)$$

Os resultados finais só foram avaliados após as mudanças sugeridas, assim, na Tabela 23 é apresentada primeira versão, com as classificações do sistema e os documentos de origem.

Tabela 25: Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema 4 e Classificação Preliminar dos Resultados *(continua)*

SISTEMA 4 - VERSÃO 1							
DADOS DE ENTRADA			SAÍDA		AVALIAÇÃO QUALITATIVA		
PORTE	IPDA	IC	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Original
5,770	5,000	10	9,943	9,914	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
6,672	5,000	10	9,783	9,807	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
7,030	10,000	0	9,700	9,762	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
4,282	1,097	10	2,792	2,676	EAS	EAS	RAP
5,000	3,348	0	4,594	3,882	RAP	RAP	EAS
5,000	2,872	0	4,334	3,497	RAP	RAP	EAS
1,371	0,000	0	0,154	0,156	EAS	EAS	EAS
4,768	7,128	0	5,653	6,323	RAP	RAP	EAS
1,994	0,698	0	2,540	1,727	EAS	EAS	EAS
1,091	1,099	0	2,529	1,653	EAS	EAS	EAS
5,991	1,099	0	2,822	2,695	EAS	EAS	EAS
5,000	8,901	5	7,460	8,338	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
0,126	1,099	5	2,540	1,662	EAS	RAP	EAS
3,705	0,860	5	2,252	1,471	RAP	RAP	EAS
0,000	1,217	5	2,718	1,810	EAS	RAP	EAS
0,620	1,001	0	1,744	1,097	EAS	EAS	EAS
4,105	0,000	10	2,201	1,393	EAS	EAS	EAS

Fonte: Autoria própria

Tabela 23 - Dados de Entrada e Saída da primeira versão do Sistema 4 e Classificação Preliminar dos Resultados

(conclusão)

SISTEMA 4 - VERSÃO 1							
DADOS DE ENTRADA			SAÍDA		AVALIAÇÃO QUALITATIVA		
PORTE	IPDA	IC	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Original
7,932	5,000	10	9,690	9,757	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
1,129	1,073	0	2,514	1,646	EAS	EAS	EAS
0,234	1,217	0	0,876	0,574	EAS	EAS	EAS
2,913	0,000	0	0,314	0,245	EAS	EAS	RAP
2,484	1,094	0	3,146	2,213	EAS	RAP	EAS
7,599	5,063	10	9,604	9,715	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
5,000	8,755	5	7,242	8,155	EIA/RIMA	RAP	RAP
8,178	5,063	0	6,529	7,497	EIA/RIMA	RAP	RAP
2,522	8,901	5	6,851	7,784	EIA/RIMA	RAP	RAP
2,118	1,099	0	2,941	2,041	EAS	EAS	RAP
5,000	6,594	10	9,800	9,816	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
8,053	4,651	10	8,510	8,479	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
3,643	0,000	0	0,152	0,155	EAS	EAS	RAP
4,257	1,091	0	2,527	1,651	EAS	EAS	RAP
3,417	0,391	0	1,399	0,916	EAS	EAS	RAP

Fonte: Autoria própria

A segunda versão é apresentada na Tabela 24.

Tabela 26: Dados de Entrada e Saída da segunda versão do Sistema 4 e Classificação Qualitativa dos Resultados *(continua)*

SISTEMA 4 - VERSÃO 2							
DADOS DE ENTRADA			SAÍDA		AVALIAÇÃO QUALITATIVA		
PORTE	IPDA	IC	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Original
8,050	5,000	10	9,719	9,772	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
8,321	5,000	10	9,782	9,806	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
6,771	7,143	0	5,676	6,516	RAP	RAP	EIA/RIMA
2,612	1,097	10	4,225	3,955	RAP	RAP	RAP
5,018	3,348	0	4,594	3,895	RAP	RAP	EAS
5,687	2,411	0	4,109	3,652	RAP	RAP	EAS
2,024	0,000	0	0,299	0,237	EAS	EAS	EAS
3,788	7,128	0	5,413	5,602	RAP	RAP	EAS
2,024	0,868	0	2,555	1,739	EAS	EAS	EAS
5,000	1,099	0	2,540	1,662	EAS	EAS	EAS
7,976	1,099	0	4,606	4,393	RAP	RAP	EAS
3,488	8,901	5	7,327	8,201	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
2,024	1,099	5	2,893	2,000	EAS	EAS	EAS
5,000	0,860	5	2,137	1,345	EAS	EAS	EAS
2,024	1,217	5	3,037	2,117	EAS	EAS	EAS
2,024	1,001	0	2,759	1,895	EAS	EAS	EAS
2,024	5,000	10	5,604	6,415	RAP	RAP	EAS
7,976	5,000	10	9,701	9,763	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
2,024	1,073	0	2,858	1,973	EAS	EAS	EAS
2,024	1,217	0	3,037	2,117	EAS	EAS	EAS
5,000	0,000	0	0,000	0,000	EAS	EAS	RAP
2,929	1,094	0	2,911	2,015	EAS	EAS	EAS
4,417	5,063	10	8,412	9,050	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP

Fonte: Autoria própria

Tabela 24 - Dados de Entrada e Saída da segunda versão do Sistema 4 e Classificação Qualitativa dos Resultados

(conclusão)

SISTEMA 4 - VERSÃO 2							
DADOS DE ENTRADA			SAÍDA		AVALIAÇÃO QUALITATIVA		
PORTE	IPDA	IC	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Triangular	DOC Trapezoidal	DOC Original
0,000	5,594	5	5,060	5,369	RAP	RAP	RAP
10,000	5,063	0	9,999	9,993	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
6,501	8,901	5	7,331	8,205	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
5,000	1,099	0	2,540	1,662	EAS	EAS	RAP
6,033	6,594	10	9,800	9,816	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
7,976	4,651	10	8,478	8,448	EIA/RIMA	EIA/RIMA	RAP
2,927	0,000	0	0,311	0,243	EAS	EAS	RAP
5,000	1,091	0	2,527	1,651	EAS	EAS	RAP
3,417	0,391	0	1,399	0,916	EAS	EAS	RAP

Fonte: Autoria própria

A primeira versão do sistema apresenta eficiência na avaliação dos casos de maior impacto em que foi exigido o EIA/RIMA. Nos demais casos, o sistema apresentou o mesmo resultado para onze dos vinte e nove casos restantes. O sistema mais rigoroso em doze dos dezoito casos em que houve divergência.

A segunda versão não apresentou diferença com relação ao uso de funções triangulares ou trapezoidais, divergiu em comparação com os documentos originais em aproximadamente 56%, sendo mais rigoroso em 12 dos 18 casos divergentes.

A avaliação dos especialistas só foi realizada após as mudanças sugeridas e de forma qualitativa, a partir dos resultados de suas avaliações dos sistemas anteriores e é apresentada na Tabela 25.

Tabela 27: Classificação Qualitativa do Sistema, dos Especialistas e Documento Original (continua)

CLASSIFICAÇÃO SISTEMA	DOCUMENTO ORIGINAL	CLASSIFICAÇÃO ESPECIALISTA	
EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA	EIA/RIMA
RAP	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
RAP	EAS	RAP	EIA/RIMA
RAP	EAS	EAS	RAP
EAS	EAS	EAS	EAS
RAP	EAS	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EAS	EAS	EAS	EAS
EAS	EAS	EAS	EIA/RIMA
RAP	EAS	EAS	RAP
EIA/RIMA	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EAS	EAS	RAP	EIA/RIMA
EAS	EAS	RAP	EIA/RIMA
EAS	EAS	RAP	EIA/RIMA
EAS	EAS	EAS	EIA/RIMA
RAP	EAS	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EIA/RIMA	RAP	RAP	EIA/RIMA
EAS	EAS	EAS	EAS
EAS	EAS	RAP	RAP
EAS	RAP	EAS	RAP
EAS	EAS	EAS	RAP
EIA/RIMA	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
RAP	RAP	RAP	EIA/RIMA

Fonte: Autoria própria

Tabela 25 - Classificação Qualitativa do Sistema, dos Especialistas e Documento Original

(conclusão)

CLASSIFICAÇÃO SISTEMA	DOCUMENTO ORIGINAL	CLASSIFICAÇÃO ESPECIALISTA	
EIA/RIMA	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EIA/RIMA	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EAS	RAP	RAP	EIA/RIMA
EIA/RIMA	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EIA/RIMA	RAP	EIA/RIMA	EIA/RIMA
EAS	RAP	EAS	EIA/RIMA
EAS	RAP	EAS	RAP
EAS	RAP	EAS	RAP

Fonte: Autoria própria

Com relação ao documento original, tanto o sistema, quanto o primeiro especialista apresenta concordância em aproximadamente 44% dos dados (14 dos 32). O segundo especialista apresentou em sua avaliação 9 resultados iguais ao documento original (aproximadamente 28%). Isso significa que em uma avaliação por partes, como proposto aqui, poucos empreendimentos (18 a 23) teriam que apresentar o mesmo documento que foi exigido na triagem original.

Comparando o resultado apresentado pelos especialistas com o sistema, temos que o primeiro especialista apresenta a mesma avaliação em 20 dos 32 dados apresentados (62,5%) e o segundo especialista aproximadamente 28% (14 dos 32 dados). Desta forma temos uma divergência em uma faixa de 12 a 18 documentos.

Comparando os dois especialistas temos a concordância em aproximadamente 47% (15 dados). Uma vez que o processo de triagem é analisado por especialistas, essa concordância acaba sendo preocupante, uma vez que se espera uma uniformidade na avaliação e exigência dos documentos.

5 CONCLUSÕES

A falta de uniformidade na triagem das propostas foi evidenciada pela discrepância significativa na avaliação dos especialistas.

Sugere-se adequação da ficha cadastral com os dados que realmente influenciam na tomada de decisão para que ocorra mais agilidade no decorrer do processo.

O desenvolvimento deste trabalho mostra que ainda temos muito a progredir no que tange ao processo de Licenciamento Ambiental e que há muito a ser estudado para melhoria desde as primeiras etapas, como o caso da triagem apresentada aqui. Soluções que tornem as decisões mais uniformes precisam ser encontradas rapidamente para que possamos ter mais segurança com a implementação de empreendimentos licenciados.

Com a implementação de sistemas como o aqui apresentado, espera-se maior conformidade na etapa de triagem pode promover mais rapidez e padronização no processo de licenciamento ambiental.

REFERÊNCIAS

AMORIM, L. A.; PATTO, V. S.; FREITAS, L. A. C.; SENE Jr, I. G.; NETO, R. D. F.

B. Agente de suporte à decisão multicritério com soma ponderada-fuzzy em gestão pública participativa: um estudo de caso em gestão ambiental. **iSys-Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, v. 8, n. 3, p. 28-41, 2016.

Disponível em: <http://www.seer.unirio.br/index.php/isys/article/view/5076/4916>.

Acesso em: julho 2019.

ARAÚJO, R. C. O.S.; SILVA, R. M. P.; WATANABE, C. Y. V. Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) em Organizações Públicas: Uma Análise Bibliométrica.

International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research, v.4, n. 3, p. 2313-2318, 2017. **Disponível em:**

<http://www.ijramr.com/sites/default/files/issues-pdf/1206.pdf>. Acesso em: julho 2019.

BALIEIRO, A.; NETO, S.; GALDINO, E. Sistema de Avaliação de TCC baseado em Lógica Fuzzy. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2016. p. 986.

Disponível em: <http://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/6784>. Acesso em: maio 2019.

BETARELLI JUNIOR, A. A.; FERREIRA, S. F. Introdução à análise qualitativa comparativa e aos conjuntos Fuzzy (fsQCA). 2018. **Disponível em:**

<http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3333>. Acesso em: dezembro 2018.

BITTENCOURT, M.; SILVEIRA, D. S.; LOIOLA, E. M. Uma Abordagem Fuzzy em um Aplicativo E-Recruiting. In: **Atas da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação**. 2016. Disponível em:

<http://revista.apsi.pt/index.php/capsi/article/view/373/349>. Acesso em: julho 2019.

BOND, A.; POPE, J.; MORRISON-SAUNDERS, A.; RETIEF, F.; GUNN, J. A. Impact assessment: Eroding benefits through streamlining?. **Environmental Impact Assessment Review**. V. 45, 46-53, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925513001108>.

Acesso em: novembro 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.237, de 22 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 dez. 1997

_____. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 1.869/2006. Plenário. Relator: BENJAMIN ZYMLER. Sessão de 11/10/2006. Disponível em:

<http://www.tcu.gov.br/Consultas/Juris/Docs/judoc/RELAC/20061013/BZ044-41-06-P.doc>. Acesso em: dezembro 2018.

_____. Decreto Nº 99274/1990 - "Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências" - Data da

legislação: 06/06/1990 - Publicação DOU, de 07/06/1990. **Disponível em:**
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=328>. Acesso em:
 dezembro 2018.

BRESCHI, F.; LEITE, L. C.; BATISTA, E. A.; DE CARVALHO, A. P.
 CONTROLADOR FUZZY APLICADO EM AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO.
 In: **Proceedings of International Conference on Engineering and Technology
 Education**, v. 13, p. 252-256, 2014. **Disponível em:**
<http://copec.eu/congresses/intertech2014/proc/works/56.pdf>. Acesso em: agosto
 2018.

BRESSANE, A.; MOCHIZUKI, P. S.; CARAM, R. M.; ROVEDA, J. A. F. A system
 for evaluating the impact of noise pollution on the population's health. **Cadernos
 de saude publica**, v. 32, n. 5, 2016. **Disponível em:**
<http://www.scielo.br/pdf/csp/v32n5/1678-4464-csp-32-05-e00021215.pdf>. Acesso
 em: setembro 2018.

BRESSANE, A.; BIAGOLINI, C. H.; MOCHIZUKI, P. S.; ROVEDA, J. A. F.;
 LOURENCO, R. W. Fuzzy-based methodological proposal for participatory
 diagnosis in the linear parks management. **Ecological Indicators**, v. 80, p. 153-
 162, 2017. **Disponível em:**
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X17302698>. Acesso
 em: julho 2018.

BRESSANE, A.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C.; ROVEDA, J.A.F.; ROVEDA, S. R. M. M.; MARTINS, A. C. G.; MOCHIZUKI, P. S. Construção de um índice global de impacto para análise ambiental comparativa aplicada à adequação de empreendimentos irregulares. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 111-122, 2017. **Disponível em:** http://www.scielo.br/pdf/esa/2016nahead/1809-4457-esa-S1413_41522016140136.pdf. Acesso em agosto 2018.

BRESSANE, A.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C.; ROVEDA, J. A. F.; ROVEDA, S. R. M. M.; MARTINS, A. C. G. Project alternatives selection using an environmental impact global index. **Geociências**, v. 37, p. 155-166, 2018. **Disponível em:** <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/171257>. Acesso em: janeiro 2019.

CALACHE, L. D. D. R.; PEDROSO, C. B.; LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Proposta de um modelo de avaliação e de seleção de fornecedores de manutenção industrial utilizando Fuzzy-TOPSIS. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, 2019. **Disponível em:** <http://www.scielo.br/pdf/gp/v26n2/0104-530X-gp-26-2-e3565.pdf>. Acesso em: julho 2019.

CAMILLO, J. R.; MANTOVANI, S. C. A. Lógica Fuzzy e dispositivos lógicos programáveis aplicados no controle de robôs. In: **Proceedings of International Conference on Engineering and Technology Education**. 2014. p. 285-289. **Disponível em:** <http://copec.eu/congresses/intertech2014/proc/works/62.pdf>. Acesso em: fevereiro 2019.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (São Paulo). Ficha

Cadastral para requisição de licença prévia. **Disponível em:**

<<http://licenciamentoambiental.cetesb.sp.gov.br/atividades-e-empresendimentos-sujeitos-ao-licenciamento-ambiental/roteiros/orientacoes-gerais-e-lista-basica-de-documentos/licenca-previa-documentacao-necessaria/requerimento-de-licenca-previa-lp/relacao-entre-atividades-e-tipologias-para-definicao-do-modelo-de-consulta-previa-a-ser-utilizado-para-definicao-do-estudo-ambiental/>> Acesso em: maio 2017.

_____ Resolução SMA 81/98. **Disponível em:**

http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1998_Res_SMA_81.pdf.

Acesso em: junho 2017.

_____ Resolução SMA 30/00. **Disponível em:**

http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2000_Res_SMA_30.pdf.

Acesso em: junho 2017.

_____ Resolução SMA 33/02. **Disponível em:**

http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2002_Res_SMA_33.pdf.

Acesso em: julho 2017.

_____ Resolução SMA 54/04. **Disponível em:**

http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2004_Res_SMA_54.pdf.

Acesso em: julho 2017.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997. **Disponível em:**

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>

CORRÊA, Marcelo Vieira; BAÉSSA, João Pedro Drumond. Identificação de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares Utilizando a Lógica Fuzzy. 2007. **Disponível em:**

http://www.unilestemg.br/principiumonline/publicacoes/03/downloads/68_86_identificacao_de_sistemas.pdf. Acesso em: novembro 2018.

DE BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C.; LODWICK, W. A. **First Course in Fuzzy Logic, Fuzzy Dynamical Systems, and Biomathematics**. p. 299. Springer-Verlag Berlin An, 2016.

DE OLIVEIRA, L. S.; DE SOUSA, M. A.; DOS SANTOS, L. C.; MACHADO, R. L. Sistema de apoio à decisão via planilha eletrônica para o planejamento de interconexão de erbs em cenários de aluguel com demanda e custo fuzzy. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 4, p. 1227-1253, 2018. **Disponível em:**

<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2763/1734>. Acesso em: julho 2019.

DER/PR – Departamento de Estrada de Rodagem do Paraná. **Disponível em:**

http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/Meio_Ambiente/Publicacoes/Manual_de_Instrucoes_Ambientais_para_Obras_Rodovitarias.pdf. 2000. Acesso em: maio 2017.

DER/SP - Instrução de Projeto - Caracterização e Análise Ambiental Preliminar de Empreendimentos Rodoviários. 2007. **Disponível em:**

ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/gestao_ambiental/IP-DE-S00-002_Caracterizacao_Analise_Ambiental.pdf. Acesso em: maio 2017.

DE SOUSA, M. M. Análise dos procedimentos de triagem e escopo no Licenciamento Ambiental no âmbito Federal e no Estado de Minas Gerais. Dissertação. 2015. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. **Disponível em:** <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/591M.PDF>. Acesso em: novembro de 2018.

DE SOUZA, A. B.; BOENTE, A. N. P. Metodologia de avaliação de desempenho baseada em Lógica Fuzzy: Avaliação de desempenho de uma instituição estadual de Ensino Superior em Duque de Caxias. **Revista Edu. Tec.**, v. 1, n. 1, 2016. **Disponível em:** <http://www.faeterj-caxias.net/revista/index.php/edutec/article/view/275>. Acesso em: julho 2018.

DIAS, J. M. A. Avaliação da sustentabilidade de países em nível mundial. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG. 87f, 2016. **Disponível em:** <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/1098>. Acesso em: julho de 2019.

DIETZ, T.; STERN, P. C. Public Participation in Environmental Assessment and Decision-making. Washington: **The National Academic Press**, 2008.

DOS SANTOS, G. Q. Lógica Fuzzy: Uma proposta de aplicação na gestão de estoques. **Blucher Marine Engineering Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 816-827, 2014. **Disponível em:** <https://pdfs.semanticscholar.org/77b8/75397de69626f02308dd1c50dcd65231e336.pdf>. Acesso em: agosto 2018.

EC ENVIRONMENTAL. European Comission Environment, Environmental Impact Assessment. **Review of the Environmental Impact Assessment (EIA) Directive**. 2015. **Disponível em:** <https://ec.europa.eu/environment/eia/review.htm>. Acesso em: julho 2019.

ENSSLIN, L. GIFFHORN, E., ENSSLIN, S. R., PETRI, S. M., VIANNA, W. B. I. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010. **Disponível em:** <http://www.scielo.br/pdf/pope/v30n1/07.pdf>. Acesso em: julho 2019.

FONSECA, A.; MONTAÑO, M.; MORETTO, E. M. A importância do conhecimento científico para o aprimoramento do Licenciamento e da Avaliação de Impacto Ambiental no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 43, 2017.

FONSECA, A.; RESENDE, L. Boas práticas de transparência, informatização e comunicação social no licenciamento ambiental brasileiro: uma análise comparada dos websites dos órgãos licenciadores estaduais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 295-306, 2016. **Disponível em:**

http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-S1413_41522016146591.pdf.

Acesso em: setembro 2018.

FRANÇA, D. C. Modelagem de um adaptive neuro fuzzy inference system para análise de risco em projetos., 2016. 103 f. Dissertação, (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. **Disponível em:** <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/8163>. Acesso em: julho 2019.

GAMA, A. P. S. **Propostas de alterações da AIA no Brasil: uma análise crítica à luz da experiência internacional**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. **Disponível em:**

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-02052016-112053/en.php>. Acesso em: outubro 2018.

GLASSON, J.; SALVADOR, N. N. B. EIA in Brazil: a procedures–practice gap. A comparative study with reference to the European Union, and especially the UK. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, n. 2, p. 191-225, 2000. **Disponível em:**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925599000438>.

Acesso em: outubro 2018.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de enfoque multicritério. Revista e ampliada**. São Paulo. Ed. Atlas, 2009.

GOMES, L. F. A. M. Modelagem do Risco no Apoio à Tomada de Decisão.

Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 1, n. 1, 2016. **Disponível em:**

<http://www.revista.unifeso.edu.br/index.php/revistacienciatecnologiainovacao/article/view/374/350>. Acesso em: julho 2019.

GOMIDE, F.; GUDWIN, R. R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. In: **Proc. 6 th IFSA Congress-Tutorials**. 1995. p. 1-38.

HOFMANN, R. M. Gargalos do licenciamento ambiental federal no Brasil.

Consultoria Legislativa. Brasília: Câmara dos Deputados, 2015. **Disponível em:**

http://www.comunita.com.br/assets/52_gargalos_la_no_brasil_cons_legis_camar_a_deputados.pdf. Acesso em: outubro 2018.

HEINZLE, R.; GAUTHIER, F. A. O.; FIALHO, F. A. P. Semântica nos sistemas de apoio à decisão: o estado da arte. **Revista da UNIFEDE**, v. 1, n. 8, p. 225-248, 2017. **Disponível em:**

<https://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/revistaeletronicadaunifebe/article/view/551/334>. Acesso em: março 2019.

LIMA JUNIOR, F. R.; DE FARIA FERREIRA, L.F.; SELEGHIM, A. P. D.;

CARPINETTI, L. C. R. Um modelo fuzzy-qfd para priorização de ações de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista Produção Online**, v. 18,

n. 2, p. 713-742, 2018. **Disponível em:**

<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2958/1676>. Acesso em: julho 2019.

LYRIO, M. V. L.; PRATES, W.; DE LIMA, M. V. A.; LUNKES, R. J. Análise da implementação de uma estratégia de investimento em ações baseada em um instrumento de apoio à decisão. **Contaduría y Administración**, v. 60, n. 1, p. 113-143, 2015. **Disponível em:**

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0186104215721492?token=79FBC7045F0C7371BFC23A9E8E8F6944D468B7A220285DD618EDDA5F88E86E345BEE0F54EE0B78C460E9BA13D08F49A2>. Acesso em: julho de 2019.

MARQUES, J. E. S. Aplicação da Lógica Fuzzy no controle da velocidade de um protótipo móvel. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 9, n. 1, 2016. **Disponível em:**

<http://srv02.fainor.com.br/revista237/index.php/memorias/article/view/461/260>.

Acesso em: outubro 2018.

MORENO, W. S.; MONTEIRO, M. R.; MONTEIRO, J. R. Estudo e aplicação da Lógica Fuzzy para estacionamento automático de veículos. **XV SEGeT -**

Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (2018). Disponível em:

<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/28326325.pdf>. Acesso em: janeiro 2019.

MONTAÑO, M.; DE SOUZA, M. P. A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 435-442, 2008.

NIELSEN, E. H.; CHRISTENSEN, P.; KØRNØV, L. EIA screening in Denmark: a new regulatory instrument? **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 7, n. 01, p. 35-49, 2005. **Disponível em:** <https://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S146433320500192X>. Acesso em: novembro 2018.

OLIVEIRA, F. S. D.; PRADO FILHO, J. F.; ROCHA, C. F.; FONSECA, A. Licenciamento ambiental simplificado na região sudeste Brasileira: conceitos, procedimentos e implicações. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, p. 461-479, 2016. **Disponível em:** <<http://revistas.ufpr.br/made/article/view/42297>>. Acesso em: agosto 2017.

OLIVEIRA, J. A. Sistema especialista Fuzzy para apoio a tomada de decisão no controle da doença da mancha branca em camarões. 2018. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Curso Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2018. **Disponível em:** <http://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/7864>. Acesso em: julho 2019.

PIERANGELI, M. V.; MACHADO, L. K.; SALES, R. S. Metodologias de Gestão de Riscos aplicadas no apoio à Tomada de Decisão: Abordagem de aspectos da Racionalidade Limitada. **Espacios**, v. 38, n. 14, p. 23-37, 2017. **Disponível em:** <http://www.revistaespacios.com/a17v38n14/a17v38n14p23.pdf>. Acesso em: julho 2019.

PINHO, P.; MCCALLUM, S.; CRUZ, S. S. A critical appraisal of EIA screening practice in EU Member States. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 28, n. 2, p. 91-107, 2010. **Disponível em:** <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3152/146155110X498799?needAccess=true>. Acesso em: junho 2018.

DA SILVA PORTELA, C. F.; DOS SANTOS, M. F. V. T.; DA SILVA ABELHA, A. C.; MACHADO, J. M.; SILVA, A. M.; MARTINS, F. R. Sistema inteligente de apoio à decisão e monitorização de doentes críticos em tempo-real. **Portuguese Journal of Public Health**, v. 35, n. 3, p. 179-192, 2017. **Disponível em:** <https://www.karger.com/Article/Pdf/486146>. Acesso em: julho 2019.

RIBEIRO, A. I.; BRESSANE, A.; FENGLER, F. H.; LONGO, R. M.; SILVA, A. L.; ROVEDA, J. A. F.; RIBEIRO, M. V.; MEDEIROS, G. A. Environmental Impact Assessment Using a Weighted Global Index: a methodological proposal. **Transactions on Ecology and the Environment**, v. 215, p. 13-24, 2018.

ROCHA, C. P. F. Critérios de triagem e escopo da avaliação de impacto e licenciamento ambiental nos estados da região sudeste brasileira. 136f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014. **Disponível em:**
<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6466>. Acesso em: outubro 2018.

SANCHÈZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**. Oficina de Textos, 2015.

SANTANA, G. A. DE ALMEIDA, D. J., JUNIOR, V. F., SUMAR, R. R. Identificação Automática de Problemas de Usabilidade em Interfaces de Sistemas Web através de Lógica Fuzzy. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 4, n. 1, 2016. **Disponível em:**
<https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/view/1064/1077>. Acesso em: março 2018.

SANTOS, M. O. Uma proposta de melhoria do instrumento de mensuração de desempenho funcional baseada em métodos multicritério de apoio a decisão. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo / RS, 2016. **Disponível em:**
<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/5708>. Acesso em: julho 2019.

SENA, A. J. C., BRITO, F. D., GAMA, W., JUNIOR, L. C. L. S. Sistema Fuzzy de Auxílio ao Diagnóstico para Parâmetros Vibracionais em Máquinas Rotativas. **INOVA TEC**, v. 1, 2017. **Disponível em:**
<http://revistadireitobh.estacio.br/index.php/inovatec/article/view/3864>. Acesso em: abril 2018.

SHAW, I. S., GODOY, M. **Controle e Modelagem Fuzzy**. 1ª edição. São Paulo: Edgard Blucher: FAPESP, 1998. 165p.

SILVA, N. F. D. C. D.; VIANNA, C. M. D. M.; OLIVEIRA, F. S. G. D., MOSEGUI, G. B. G., RODRIGUES, M. P. D. S. Fuzzy Visa: um modelo de lógica fuzzy para a avaliação de risco da Vigilância Sanitária para inspeção de resíduos de serviços de saúde. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 27, p. 127-146, 2017.

Disponível em: https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0103-73312017000100127&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: julho 2019.

SILVA, L. K. B. Desenvolvimento de Ferramenta para Otimização de Estudos Ambientais. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016. **Disponível em:** <http://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/632>. Acesso em: julho 2019.

SILVA, Sandra Cristina Gonçalves da - Sistema de apoio à decisão espacial multicritério na localização de centrais de biogás. Coimbra : [s.n.], 2015. Tese de doutoramento. **Disponível em:** [www: http://hdl.handle.net/10316/26732](http://hdl.handle.net/10316/26732). Acesso em: julho 2019.

TAKAGI, T.; SUGENO, M. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modelling and Control, Proceedings. **IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, SMC-15**, v. 1, p. 116-132, 1985. **Disponível em:**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781483214504500456>. Acesso em: junho 2018.

VIDAL, T. F.; CHAGAS, P. F.; DE SOUZA, R. O. Aplicação da Teoria Fuzzy em modelos de transporte de poluentes em rios, para estudar funções de pertinência com campos de concentração, em função das características do rio. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 6, 2015. **Disponível em:** http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1255/1275. Acesso em: agosto 2018.

WANG, D; SHORTLIFFE, E.H. GLEE: A Model-Driven execution system for computer-based implementation of clinical practice guidelines. **Proceedings of the AMIA Symposium. American Medical Informatics Association**, 2002. p. 855-9. **Disponível em:** <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2244320/pdf/procamiasymp00001-0896.pdf>. Acesso em: setembro 2018.

ZANGHELINI, G. M. Ponderação de categorias de impacto ambiental através de análise de decisão multicritério. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2018. **Disponível em:** <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/189326>. Acesso em: julho de 2019.