Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Ailton José Lima Martins Furtado

Sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal baseado em lógica nebulosa

Rio de Janeiro

2011

Ailton José Lima Martins Furtado

Sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal baseado em lógica nebulosa

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Área de concentração: Geomática.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Bernardo Filho

Coorientador: Prof. Dr. Flávio Joaquim de Souza

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ / RESE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

F992 Furtado, Ailton José Lima Martins.
Sistemas de classificação da gestão ambiental municipal baseado em lógica nebulosa / Ailton José Lima Martins Furtado. – 2011.
99f.

Orientador: Orlando Bernardo Filho.
Coorientador: Flávio Joaquim de Souza.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Gestão ambiental - Teses. 2. Lógica nebulosa - Teses. 3. Lógica difusa - Teses. 4. Engenharia de Computação. I. Bernardo Filho, Orlando. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 502.14

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

_____ _____

Assinatura Data

Ailton José Lima Martins Furtado

Sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal baseado em lógica nebulosa

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Área de concentração: Geomática.

Aprovada em: 03 de março de 2011.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Orlando Bernardo Filho (Orientador)

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Flávio Joaquim de Souza (Coorientador)

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof.ª Dr.ª Luciene Pimentel da Silva

Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof.ª Dr.ª Diva de Souza e Silva Rodrigues

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Rio de Janeiro

2011

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, minha esposa e filho, pessoas maravilhosas que Deus me propiciou conviver e amar nessa vida.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Fátima e meu filho Breno pela paciência, carinho e amor que me propiciaram a certeza nos momentos de incerteza.

À Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pela oportunidade de conclusão do mestrado.

À Universidade do Estado do Rio de Janeiro através de sua Faculdade de Engenharia.

Aos professores Orlando Bernardo Filho e Flávio Joaquim de Souza, pela orientação, apoio incondicional em todos os momentos a mim dedicados.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Engenharia através dos seus departamentos de ciência da computação e cartografia pela excelência do curso oferecido.

A Frederico Cavadas Barcellos e a Paulo Gonzaga Mibielli de Carvalho pela cooperação, amizade e desprendimento na cessão do artigo que foi base para o início desse trabalho e auxílio na questão gestão ambiental municipal.

Aos meus colegas de curso que tantos conhecimentos compartilhamos e que nos auxiliaram para o engrandecimento do nosso conhecimento.

Aos meus colegas do IBGE que me incentivaram e apoiaram de todas as formas para a conclusão do mestrado.

RESUMO

FURTADO, Ailton José Lima Martins. *Sistema de classificação da gestão ambiental municipal baseado em lógica nebulosa*. 2011. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

A partir da Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981, que constituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente, criou-se o Conselho Nacional do Meio Ambiente e instituiu-se o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental, a gestão ambiental pública ganhou um espaço cada vez maior nas administrações municipais, com a implementação de instrumentos de gestão ambiental propiciando aos municípios a possibilidade de ações efetivas que contribuam para uma melhor qualidade de vida a população. Esse trabalho propõe a criação de um método de classificação municipal que indicará qual o nível da gestão ambiental do município. Verificando o número de instrumentos de gestão ambiental constituído e o número de problemas ambientais ocorridos em cada município na visão do gestor local nos anos de 2006/2008. E ainda qual a influência do IDH tanto na implementação de tais instrumentos de gestão ambiental, como nas ocorrências dos problemas ambientais. Tal classificação tem a intenção de verificar se o município encontra-se bem aparelhado no que se refere à gestão ambiental, auxiliando para futuras decisões nas ações da política ambiental local. O foco desse trabalho serão os municípios dos estados de Minas Gerais, Piauí e Rio de Janeiro. Os resultados serão processados via o software MATLAB utilizando lógica nebulosa (*fuzzy*) e apresentados em um *website* utilizando as linguagens de programação JSP, HTML, *JavaScript* e esse *website* armazenado em um servidor *TomCat* e tais resultados serão apresentados nas formas de valores alfanuméricos em tabelas e espaciais através de mapas temáticos em uma solução sig-*web*. Os dados estão armazenados em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados *PostgreSQL* com sua extensão espacial *PostGIS*, e o acesso aos mapas será feito através do servidor de mapas *MapServer*.

Palavras-chaves: Gestão ambiental municipal. Lógica nebulosa. Banco de dados espaciais. SIG-*WEB.*

ABSTRACT

Since the law n° 6.938 of august 31, 1981, created the Environmental National System, the Environmental National Council and Database of Federal Technical Activities and Instruments of Environmental Defense, the public environmental management gained a broader space in the municipal administrations, the implementation of environmental management instruments propitiating cities the possibility of effective actions to contribute for a better life quality to population. Checking the number of environmental management of instruments implemented in every city and the number of environmental problems according to the local manager in the years 2006/2008, and checking the influence of IDH either in the implementation of such instruments of environmental management and in the incidence of environmental problems, this work proposes the creation of one method of municipal classification that will show what the level of environmental management of the city is. Such classification has the intention of checking if the city is well set in term of environmental management, helping in future decisions making on the actions of local environmental policies. The focus of this work will be on the cities of Minas Gerais, Piauí and Rio de Janeiro states. The results will be processed through MATLAB software using fuzzy logic and showing them in a web site using the languages JSP, HTML, JavaScript, being this web site stored in a TomCat server. Such results will be shown in the forms of alphanumeric values into tables, and special forms into thematic maps through a gis-web solution. The data are stored into an PostgreSQL Database Manager System with its PostGIS spacial extension, and the access to the maps will be through the MapServer server of maps.

Keywords: Municipal environmental management. Fuzzy logic. Spatial database. Gis-Web.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão da grandeza em função da pertinência..... 24
Figura 2 - Sistema de inferência *fuzzy* 27
Figura 3 - Diagrama de atividades do sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal..... 30
Figura 4 - Use case do sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal..... 31
Figura 5 - Diagrama de sequência Importa/Exporta dados..... 32
Figura 6 - Diagrama de sequência Processa dados MATLAB..... 33
Figura 7 - Diagrama de sequência Resultados..... 34
Figura 8 - Diagrama de classes da estrutura da base de dados. 36
Figura 9 - Esquema do Sistema de Lógica Nebulosa (SLN). 39
Figura 10 - Variável lingüística Instrumentos..... 42
Figura 11 - Variável lingüística IDH..... 42
Figura 12 - Variável lingüística Gestão de instrumentos..... 43
Figura 13 - Variável lingüística Problemas..... 43
Figura 14 - Variável lingüística Grau de Problemas..... 44
Figura 15 - Variável lingüística Gestão ambiental..... 44
Figura 16 - Tela de administração do servidor *TomCat*..... 47
Figura 17 - Tela principal do sistema, armazenado e gerenciado pelo T*omCat*..... 47
Figura 18 - Tela de administração do servidor *MapServer*..... 49
Figura 19 - Arquivo *mapfile* armazenado no servidor *MapServer*..... 50
Figura 20 - Mapa gerado pelo arquivo *mapfile* armazenado servidor *MapServer*..... 50
Figura 21 - Base de dados referente a tabela dados_ma_dissertação..... 52
Figura 22 - Base de dados referente aos dados espaciais dos municípios do Rio de Janeiro..... 53
Figura 23 - Programa de importação de dados para o SGBD..... 55
Figura 24 - Programa em *Java* que chama a função total_peso_instrumento no SGBD..... 56
Figura 25 - Função total_peso_instrumento programada em PL/pgSQL..... 57
Figura 26 - Estrutura de uma função chamada uf_munic em PL/pgSQL..... 58
Figura 27 - Sistema *web* para escolha da análise dos resultados..... 59

Figura 28 - Tela para a escolha de uma região dos resultados alfanuméricos..... 60
Figura 29 - Formato tabela dos resultados alfanuméricos de uma região escolhida.....60
Figura 30 - Formato tabela dos resultados alfanuméricos de um estado escolhida..... 61
Figura 31 - Tela para a escolha de uma região dos resultados espaciais (mapas)..... 62
Figura 32 - Tela de resultados espaciais (mapas) da Gestão Problemas de Minas Gerais..... 62
Figura 33 - Tela de resultados espaciais (mapas) da Gestão Ambiental da região centro do estado do Rio de Janeiro..... 63
Figura 34 - Municípios com o índice de gestão ambiental **"Péssimo"**..... 64
Figura 35 - Regras atingidas pelo município de Buritizeiros no SLN. 65
Figura 36 - Regras atingidas pelo município de São João da Barra no SLN..... 66
Figura 37 - Regras atingidas pelo município de Uruçuí no SLN..... 67
Figura 38 - Municípios com o índice de gestão ambiental **"Ruim"**..... 68
Figura 39 - Regras atingidas pelo município de Medina no SLN..... 69
Figura 40 - Regras atingidas pelo município de Paulistana no SLN..... 70
Figura 41 - Municípios com o índice de gestão ambiental **"Regular"** 71
Figura 42 - Regras atingidas pelo município de Maricá no SLN..... 72
Figura 43 - Regras atingidas pelo município de Corinto no SLN..... 73
Figura 44 - Regras atingidas pelo município de Domingos Mourão no SLN..... 74
Figura 45 - Municípios com o índice de gestão ambiental **"Bom".**..... 75
Figura 46 - Regras atingidas pelo município de Itaocara no SLN. 76
Figura 47 - Regras atingidas pelo município de Leopoldina no SLN..... 77
Figura 48 - Regras atingidas pelo município de Teresina no SLN..... 78
Figura 49 - Municípios com o índice de gestão ambiental **"Excelente"**..... 79
Figura 50 - Regras atingidas pelo município de João Pinheiro no SLN..... 80
Figura 51 - Regras atingidas pelo município de Petrópolis no SLN..... 81
Figura 52 - Resultados da gestão ambiental da região Baixadas Litorâneas do Rio de Janeiro. 83
Figura 53 - Resultados da gestão ambiental do estado do Piauí..... 84
Figura 54 - Base de regras do módulo Gestão Instrumentos..... 93
Figura 55 - Base de regras do módulo Gestão Problemas..... 93
Figura 56 - Base de regras do módulo Classificação da Gestão Ambiental..... 94
Figura 57 - Definição das variáveis linguísticas de entrada e saída..... 95
Figura 58 - Definição dos termos das variáveis linguísticas de entrada e saída..... 95

Figura 59 - Definição da base de regras utilizando as variáveis lingüísticas de entrada e saída e seus respectivos termos..... 96
Figura 60 - Ambiente SIMULINK criado para o processamento do SLN..... 96
Figura 61 - Mapa classificação gestão ambiental municipal Minas Gerais..... 97
Figura 62 - Mapa classificação gestão ambiental municipal Rio de Janeiro..... 97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da pergunta sobre o grau de importância dos instrumentos de gestão ambiental..... 37
Tabela 2 - Resultado da pergunta sobre a influência do IDH na implantação dos instrumentos de gestão ambiental..... 40
Tabela 3 - Resultado da pergunta sobre a influência do IDH na ocorrência dos problemas ambientais..... 40
Tabela 4 - Resultado da pergunta sobre a classificação referente aos problemas ambientais..... 41
Tabela 5 - Combinações das variáveis do módulo Gestão Instrumentos..... 45
Tabela 6 - Combinações das variáveis do módulo “Gestão Problemas” 45
Tabela 7 - Combinações das variáveis do módulo Classificação da Gestão Ambiental..... 46
Tabela 8 - Resultado de valor **“Péssimo”** do indicador da gestão ambiental..... 68
Tabela 9 - Resultado de valor **“Ruim”** do indicador da gestão ambiental.....71
Tabela 10 - Resultado de valor **“Regular”** do indicador da gestão ambiental..... 75
Tabela 11 - Resultado de valor **“Bom”** do indicador da gestão ambiental..... 79
Tabela 12 - Resultado de valor **“Excelente”** do indicador da gestão ambiental..... 82
Tabela 13 - Resultados obtidos pela região Baixadas Litorâneas do Rio de Janeiro..... 83
Tabela 14 - Resultados obtidos pelo estado do Piauí em número de municípios.....85

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	13
1	**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**	17
1.1	**Introdução**	17
1.2	**Gestão ambiental municipal**	19
1.3	**Problemas ambientais**	22
1.4	**Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)**	22
1.5	**Lógica nebulosa**	23
1.5.1	Sistema de Inferência *Fuzzy*	27
1.5.1.1	Fuzzificador	27
1.5.1.2	Base de Conhecimento	28
1.5.1.3	Unidade de inferência	28
1.5.1.4	Defuzzificador	28
2	**METODOLOGIA E MODELAGEM**	29
2.1	**Introdução**	29
2.2	**Diagramas UML**	29
2.3	**Base de dados**	34
2.4	**Sistema de lógica nebulosa**	38
2.4.1	Variáveis linguísticas do sistema	41
2.4.1.1	Variável lingüística Instrumentos	41
2.4.1.2	Variável lingüística IDH	42
2.4.1.3	Variável lingüística Grau de Instrumentos	42
2.4.1.4	Variável lingüística Problemas	43
2.4.1.5	Variável lingüística Grau de Problemas	43
2.4.1.6	Variável lingüística Gestão ambiental	44
2.4.2	Base de regras	44
2.5	***TomCat* e *MapServer***	46
2.5.1	*TomCat*	46
2.5.2	*MapServer*	48
3	**IMPLEMENTAÇÃO**	51
3.1	**Introdução**	51
3.2	**Base de dados**	51

3.3 ***Java* – PL/pgSQL** 54
3.4 **Sistema *WEB*** 58
4 **ESTUDO DE CASOS** 64
4.1 **Introdução** 64
4.2 **Análise individual dos municípios** 64
4.3 **Análise de uma região escolhida** 82
4.4 **Análise de um estado escolhida** 83
5 **CONCLUSÕES** 86
REFERÊNCIAS 88
APÊNDICE A – Questionário de pesquisa de campo 90
APÊNDICE B – Base de regras do Sistemas de Lógica Nebulosa 93
APÊNDICE C – Processamento MATLAB 95
APÊNDICE D – Mapas gestão ambiental Minas Gerais e Rio de Janeiro 97

INTRODUÇÃO

Cabe ao município o primeiro combate aos problemas ambientais existentes, devido à sua maior proximidade em relação a tais problemas, seu papel no processo de gestão ambiental tem um elevado peso no que concerne às questões ambientais, sociais e econômicas geradas pelos índices de poluição locais. Portanto, é fundamental que o município conduza sua política ambiental local e o controle das atividades de impacto local.

Segundo Ribeiro; Marcatto (2002):

> O município ocupa uma posição estratégica na melhoria da qualidade ambiental. Apesar de serem fundamentais, os municípios não estão sozinhos, nem isolados no processo de gestão ambiental. Eles são parte integrante, estando inseridos em um sistema de gestão ambiental que envolve os níveis Federal, Estadual e Municipal. É importante que o gestor municipal conheça como esses sistemas atuam como forma de desenvolver ações locais integradas e articuladas com os demais níveis do Sistema de Gestão Ambiental.

A Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981 no seu artigo 1º estabelece que: Esta Lei, com fundamento no art. 8º, item XVII, alíneas *c*, *h* e *i* , da Constituição Federal, cria a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente, cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente e institui o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental.

No seu artigo 6º: Os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA

E no seu artigo 7º: É criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, cuja composição, organização, competência e funcionamento serão estabelecidos, em regulamento pelo Poder Executivo.

Atualmente, os governos municipais têm procurado constituir seus próprios Sistemas de Gestão Ambiental. Sua estrutura deve ser composta por um órgão normativo e deliberativo, um ou mais órgãos executivos e por um conjunto de instrumentos de gestão. Para participar do SISNAMA, o município deverá possuir órgão colegiado, deliberativo e normativo – Conselho Municipal de Meio Ambiente – e órgão(s) executivo(s) da política ambiental municipal.

Os órgãos que devem ter obrigatoriamente o papel de preservar e melhorar a qualidade do meio ambiente no município, podendo ser estruturados de seguinte forma: Secretaria

municipal exclusiva, Secretaria municipal em conjunto com outros temas ou Departamento, assessoria, setor ou órgão similar de meio ambiente.

Hoje nas prefeituras já se encontram instrumentos disponíveis que são suficientes para garantir a gestão ambiental de forma eficiente. Instrumentos estes que auxiliam o gestor municipal a cumprir as leis, normas e iniciativas ambientais que devem ser cumpridas e seguidas por todos os municípios.

Vem do final da década de 1980 o início de propostas de construções de indicadores ambientais e tais propostas possuem o objetivo comum de fornecer subsídios à formulação de políticas nacionais e acordos internacionais, bem como à tomada de decisão por atores públicos e privados (BRAGA et al., 2004).

As vertentes das tentativas de construção de indicadores ambientais são:

- Biocêntrica – Busca por indicadores biológicos, físico-químicos ou energéticos de equilíbrio ecológico de ecossistemas.
- Econômica – Busca avaliações monetárias do capital natural e do uso de recursos naturais.
- Busca construir indicadores de sustentabilidade e qualidade ambiental que combinem aspectos do ecossistema natural a aspectos do sistema econômico e da qualidade de vida humana; também considerados aspectos dos sistemas políticos, cultural e institucional. Sendo esta vertente a utilizada neste trabalho.

Motivação

A principal motivação será a criação de um método de classificação dos municípios no que concerne à gestão ambiental. Classificação esta, que envolve os instrumentos de gestão ambiental instituídos no município, os seus problemas ambientais também ocorridos no município nos anos 2006/2008 na visão do gestor municipal, dados estes adquiridos através da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC, anos 2006 e 2008, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD/ONU).

Justificativa

A falta de um indicador que consiga mensurar o grau da gestão ambiental no âmbito municipal. Como se encontram estruturadas as prefeituras municipais para a gestão dos seus

atuais e futuros problemas ambientais de acordo com o seu nível de desenvolvimento humano e instrumentos de gestão constituídos no município.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é através do uso da lógica nebulosa (Método Mamdani), utilizando os dados citados acima, gerar uma classificação para os municípios do estado do Rio de Janeiro, Piauí e Minas Gerais demonstrando a qualidade da gestão ambiental municipal.

Terá como variáveis independentes, aquelas que são um fator determinante para que ocorra um determinado resultado:

- A quantidade de instrumentos de gestão ambiental que o município possui (Existência no município de defesa civil, estrutura administrativa em meio ambiente, quadro de pessoal em meio ambiente, conselho municipal de meio ambiente, recursos específicos para a área ambiental, fundo específico para a área ambiental, participação em comitê de bacia hidrográfica).
- Os problemas ambientais (Alteração ambiental que tenha afetado as condições de vida da população, poluição do ar, poluição do recurso água, escassez do recurso água, assoreamento de corpo d'água no município, contaminação do solo, redução da quantidade/diversidade ou perda da qualidade do pescado, degradação de áreas legalmente protegidas, atividade agrícola prejudicada por problema ambiental, desmatamento, atividade agrícola prejudicada por problema ambiental, alteração que tenha prejudicado a paisagem, queimadas, outras e nenhuma das citadas acima) que na visão do gestor ambiental o município enfrenta.

Como variável moderadora, aquela que também é causa, condição, estímulo ou determinante para que ocorra determinado efeito:

- IDH-M Ponderado - Índice de Desenvolvimento Humano Médio Ponderado (Média de três indicadores, renda (pib per capita), longevidade (esperança de vida ao nascer), Educação e que considera o tamanho da população do município).

E como variável dependente, que é efeito, resultado, consequência ou resposta de algo que foi estimulado:

- O Índice de Gestão Ambiental (IGA), que nos demonstrará a qualidade da gestão ambiental no município. Variável que auxiliará na análise para a busca de uma gestão do meio ambiente de melhor qualidade.

Demonstrar de acordo com o seu número de instrumentos de gestão ambiental, problemas que ocorrem no município e a influência do IDH-M Ponderado na ocorrência de ambas as variáveis, com a utilização da lógica nebulosa através do método de Mamdani, que combina os graus de pertinência de cada um dos valores de entrada, por meio do operador mínimo, e agrega as regras pelo operador máximo, se é necessário o aumento de instrumentos de gestão ou não, a melhora da utilização de tais instrumentos em ações efetivas no combate aos problemas, se encontra bem aparelhado para gerir os problemas ambientais do município através das variáveis independentes, índice de instrumentos e índice de problemas, gerando assim a variável dependente, índice de gestão ambiental.

Apresentação do trabalho

No capítulo 2 trataremos da fundamentação teórica, no capítulo 3 da metodologia e modelagem do sistema, no capítulo 4 da implementação, no capítulo 5 do estudo de casos dos resultados obtidos e, finalizando, no capítulo 6 das conclusões do trabalho.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados os conceitos dos instrumentos de gestão ambiental, dos problemas ambientais e do IDH, todos no âmbito municipal e os conceitos de lógica nebulosa a qual processará os dados resultando uma classificação municipal de gestão ambiental.

A existência de estrutura organizacional e de instrumentos de gestão ambiental nas administrações locais já é encarada por muitos gestores, como um assunto estratégico por propiciar a melhora da qualidade de vida da população. Tal estrutura para este trabalho consta de 07 (sete) instrumentos de gestão ambiental considerados fundamentais:

- Defesa civil
- Estrutura administrativa em meio ambiente
- Quadro de pessoal em meio ambiente
- Conselho municipal de meio ambiente
- Recursos específicos para a área ambiental
- Fundo específico para a área ambiental
- Participação em comitê de bacia hidrográfica

A ocorrência de problemas ambientais municipais tem sofrido um crescimento rápido e alarmante, e a sua lenta resolução tem se tornado de conhecimento público pela virulência do seu impacto. O aumento desmesurado de enchentes, dificuldades na gestão de resíduos sólidos e interferência crescente do despejo inadequado de resíduos sólidos em áreas potencialmente degradáveis em termos ambientais, impactos cada vez maiores da poluição do ar na saúde da população (JACOBI, 2006).

Os problemas ambientais tratados neste trabalho e a sua ocorrência ou não no município na visão do gestor municipal serão:

- Alteração ambiental que tenha afetado as condições de vida da população
- Poluição do ar
- Poluição do recurso água

- Escassez do recurso água
- Assoreamento de corpo d’água no município
- Contaminação do solo
- Redução da quantidade/diversidade ou perda da qualidade do pescado
- Degradação de áreas legalmente protegidas
- Atividade agrícola prejudicada por problema ambiental
- Desmatamento
- Atividade pecuária prejudicada por problema ambiental
- Alteração que tenha prejudicado a paisagem
- Queimadas
- Outras
- Nenhuma

Temas estes que causam um impacto ambiental com consequências sobre as condições de vida humana e atividades econômicas.

O IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) será utilizado neste trabalho com o propósito de verificar qual a sua influência nas questões acima citadas. É um fator importante na implantação dos instrumentos de gestão, ou também é um fator que auxilia na degradação ambiental?

A lógica nebulosa é a lógica baseada na teoria dos conjuntos *fuzzy*. Ela difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e seus detalhes. Nessa lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas.

Diferentemente da teoria de conjuntos convencionais, onde um elemento pertence ou não pertence a um conjunto, na teoria de conjuntos *fuzzy* um determinado elemento está associado a um conjunto através de um grau de pertinência (μ) que varia de 0 a 1. Esse tipo de tratamento possibilita que a transição entre as condições de pertinência, e não pertinência, não ocorra de modo abrupto, mas sim progressivamente.

Na lógica nebulosa, os valores verdade são expressos linguísticamente, (verdade, muito verdade, não verdade, falso, muito falso), onde cada termo linguístico é interpretado como um subconjunto *fuzzy* do intervalo unitário. Outras características da lógica nebulosa podem ser sumarizadas como segue: nos sistemas lógicos binários, os predicados são exatos (par, maior que), ao passo que na lógica nebulosa os predicados são nebulosos (alto, baixo).

Nos sistemas lógicos clássicos, o modificador mais utilizado é a negação enquanto que na lógica nebulosa, uma variedade de modificadores de predicados são possíveis (muito, mais ou menos). Estes modificadores são essenciais na geração de termos linguísticos (muito alto, mais ou menos perto).

Desenvolvida nos anos 60 por Lotfi Zadeh (1965), e utilizada nas indústrias a partir dos anos 70, sistemas que utilizam a lógica nebulosa, difusa ou *fuzzy* mostraram-se poderosos aliados no que tange a facilidade de configuração em relação aos métodos tradicionais de controle e tomada de decisão, apresentando resultados expressivos ao tratar os problemas sob um novo paradigma. A grande vantagem dessa metodologia é a preservação do dado, ou seja, descreve de maneira satisfatória a riqueza das informações fornecidas.

1.2 **Gestão ambiental municipal**

A partir da constituição federal de 1988 inicia-se na administração local ações no que dizem respeito a gestão do meio ambiente. Foi dada aos municípios autonomia política, administrativa e financeira e com isto alguns municípios iniciaram suas políticas municipais de meio ambiente local estabelecendo diretrizes e normas ambientais, exigindo para tal cumprimento dessas políticas um melhor grau de instrumentos administrativos de gestão ambiental.

Para o cumprimento das leis, normas e iniciativas, faz-se necessário nas administrações municipais a existência de uma estrutura administrativa, instrumentos e recursos financeiros para que sejam estabelecidos critérios ambientais a serem seguidos e caracterizar o maior comprometimento com a questão sócio-ambiental.

Em relação aos problemas ambientais, com a industrialização, vieram as altas concentrações populacionais decorrentes de uma urbanização acelerada e desorganizada, consumo excessivo de recursos naturais, renováveis ou não (petróleo e carvão mineral), contaminação do ar, solo, água e desmatamento acelerado das florestas.

O principal desafio nos dias atuais é que as cidades, independentemente do seu porte, criem as condições para assegurar uma qualidade de vida que possa ser considerada aceitável, não interferindo negativamente no meio ambiente do seu entorno e agindo preventivamente para evitar a continuidade do nível de degradação (JACOBI, 2006).

Para esse trabalho estão sendo utilizados os dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) dos anos 2006 e 2008, pesquisa esta realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com a periodicidade anual e definida como sendo uma

pesquisa institucional e de registros administrativos da gestão pública municipal e se insere entre as demais pesquisas sociais e estudos empíricos dedicados à escala municipal, MUNIC, (2008). Os municípios escolhidos foram os dos estados do Rio de Janeiro, Piauí e Minas Gerais. Essas escolhas foram em função do número de municípios, Rio de Janeiro (92), pequeno, Piauí (223), médio e Minas Gerais (853), grande. E em relação ao seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH - Minas Gerais e Rio de Janeiro – alto, Piauí – médio).

O objeto de interesse da MUNIC é a gestão municipal, fazer um levantamento pormenorizado de informações sobre a estrutura, dinâmica e funcionamento das instituições públicas municipais, com o intuito de compreender as diferentes políticas e setores que envolvem o governo municipal e a municipalidade. Levantamento esse feito através de um questionário desenvolvido em conjunto por especialistas em meio ambiente do IBGE e Ministério do Meio Ambiente e respondido pelos gestores municipais em seus respectivos temas.

Em relação aos instrumentos de gestão ambiental, foram selecionados 07 instrumentos, que segundo o estudo “Municípios com instrumentos de gestão ambiental”, Barcellos; Carvalho (2009), são minimamente necessários para propiciar ao gestor, ações pró-ativas que possam contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população.

Segue abaixo tais instrumentos e suas definições:

- Defesa civil

Coordenação Municipal de Defesa Civil (COMDEC): Órgão municipal responsável pela execução, coordenação e mobilização de todas as ações de defesa civil do município.

Conselho Municipal de Defesa Civil: Integra a estrutura da COMDEC e deve ser composto por membros escolhidos entre os líderes comunitários, clube de serviços, instituições religiosas, ONG`S, associações de voluntários e representantes do poder judiciário, legislativo de outras representações comunitárias.

- Estrutura administrativa em meio ambiente:

Secretaria municipal exclusiva: Órgão gestor da cultura que trata isoladamente meio ambiente.

Secretaria municipal em conjunto com outras políticas setoriais: Órgão gestor do meio ambiente em conjunto com outras políticas (educação, saúde etc.).

Departamento, assessoria, setor ou órgão similar de meio ambiente.

- Quadro de pessoal em meio ambiente

Funcionário estatutário: Funcionário contratado sob o Regime Jurídico Único - RJU que

rege a contratação no serviço público.

Funcionário regido pela CLT: Funcionário contratado pela prefeitura sob o regime da Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT.

Sem vínculo permanente**:** Funcionário que trabalha por prestação de serviços, sem vínculo empregatício e sem carteira de trabalho assinada. Também são incluídos nesta categoria os autônomos, estagiários, voluntários e aqueles cedidos por outras administrações.

Somente comissionados: Funcionários que têm como vínculo apenas o cargo comissionado que exerce.

Estagiários: Atividade prestada comumente por estudantes, nas empresas ou repartições públicas, visando o aprimoramento profissional na sua área de estudo.

- Conselho municipal de meio ambiente

Conselho consultivo: Aquele em que seus integrantes têm o papel apenas de estudar e indicar ações ou políticas sobre sua área de atuação.

Conselho deliberativo: Aquele que efetivamente tem poder de decidir sobre a implantação de políticas e/ou administração de recursos relativos à sua área de atuação.

Conselho fiscalizador: Aquele que fiscaliza a implementação e funcionamento de políticas e/ou a administração de recursos relativos à sua área de atuação.

Conselho normativo: Aquele que estabelece normas e diretrizes para as políticas e/ou administração de recursos relativos à sua área de atuação.

- Recursos específicos para a área ambiental

Instituição/Órgão internacional, Empresa pública, Entidade de ensino e pesquisa, Organização não governamental, Iniciativa privada, Órgão público e Outros.

- Fundo específico para a área ambiental

Fundo municipal: Fundo destinado ao gerenciamento dos recursos financeiros obtidos para conclusão de políticas setoriais estabelecidas por um Conselho Municipal.

- Participação em comitê de bacia hidrográfica

Comitê de bacia hidrográfica: É um órgão colegiado constituído por representantes dos governos (União, estado e município) integrantes da bacia, dos usuários das águas e de entidades da sociedade civil cujo objetivo é a gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

1.3 **Problemas Ambientais**

Em relação aos problemas ambientais, serão tratadas as ocorrências descritas abaixo, que segundo a visão do gestor municipal foram ocorrências impactantes nos últimos 24 meses à data da pesquisa:

- Alteração ambiental que tenha afetado as condições de vida da população
- Poluição do ar
- Poluição do recurso água
- Escassez do recurso água
- Assoreamento de corpo d'água no município
- Contaminação do solo
- Redução da quantidade/diversidade ou perda da qualidade do pescado
- Degradação de áreas legalmente protegidas
- Atividade agrícola prejudicada por problema ambiental
- Desmatamento
- Atividade pecuária prejudicada por problema ambiental
- Alteração que tenha prejudicado a paisagem
- Queimadas
- Outras
- Nenhuma

1.4 **Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)**

Criado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD/ONU), o IDH é um índice que tem o objetivo de medir o grau de desenvolvimento e a qualidade de vida da população. Este índice é calculado com base em dados econômicos e sociais. O IDH varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). Quanto mais próximo de 1, maior é o grau de desenvolvimento humano de um país. Na composição do IDH são considerados os fatores: educação (taxas de alfabetização e escolarização), longevidade (expectativa de vida da população) e renda (PIB per capita). Esse índice também é usado para apurar o grau de desenvolvimento humano de cidades, estados e regiões.

A utilização do IDH neste trabalho visa verificar qual o grau de influência do IDH na instalação dos instrumentos da gestão ambiental municipal, ou seja, um bom índice de IDH facilita na criação dos instrumentos de gestão ambiental citados acima. E em contrapartida, o mesmo IDH, contribui para a ocorrência dos problemas ambientais citados, um município com o mesmo IDH elevado, pode ter como consequência um índice de problemas ambientais elevados.

Tal questão foi respondida através de um questionário aplicado a especialistas em meio ambiente que responderam se tais influências são pertinentes ou não, e assim se o IDH é determinante ou não na ocorrência dos problemas e/ou na implantação dos instrumentos de gestão ambiental.

1.5 **Lógica Nebulosa**

Na teoria clássica dos conjuntos nebulosos, um elemento pertence ou não a um determinado conjunto. Assim em um conjunto A com um elemento X em particular no universo U define seu grau de pertinência da seguinte forma:

$$\mu A(X): U \rightarrow \{0,1\} \quad \mu A(X) = 1 \text{ se } X \in A \tag{1}$$

$$\mu A(X) = 0 \text{ se } X \notin A \tag{2}$$

Proposto por Zadeh (1965), uma caracterização mais ampla, generalizando a função característica de modo que ela pudesse assumir um número infinito de valores no intervalo [0,1], um conjunto *fuzzy* A em um universo U define-se pela seguinte função de pertinência:

$$\mu A(X): U \rightarrow [0,1] \tag{3}$$

e representado por um conjunto de pares ordenados:

$$A = \{\mu A(X), X\}, X \in U \tag{4}$$

A função de pertinência é a curva que define como cada ponto de espaço de entrada é mapeado para um valor de pertinência entre 0 e 1, Maranhão (2005), ela não retorna apenas os valores 0 e 1, mas qualquer valor entre o intervalo [0,1].

A figura 1 exibe os níveis de pertinência dos termos **Péssimo**, **Ruim**, **Regular**, **Bom** e **Excelente** da variável lingüística de entrada **Gestão_de_instrumentos**.

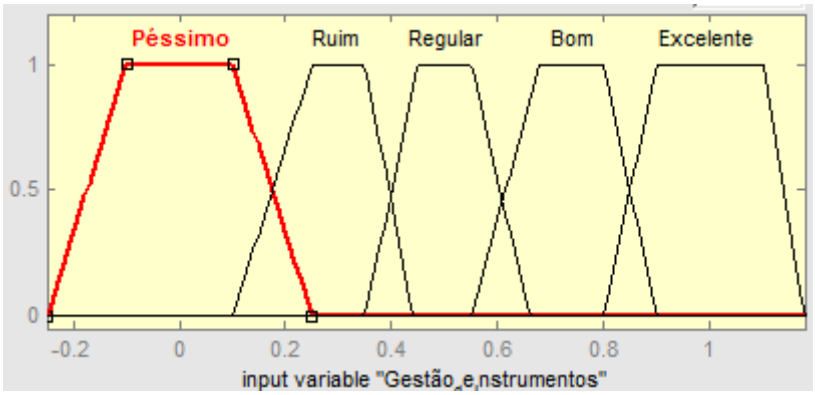


Figura 1 – Divisão da grandeza em função da pertinência.

Considerando os conjuntos *fuzzy* A e B em um universo U, sejam:

Conjunto vazio: $A = \varnothing$ se e somente se $\forall u \in U, \mu A(u) = 0$ (5)

Complemento A': $\mu A'(u) = 1 - \mu A(u)$ (6)

Conjuntos iguais: $A = B$ se e somente se $\forall u \in U, \mu A(u) = \mu B(u)$ (7)

A subconjunto de B: $A \subset B$ se $\forall u \in U, \mu A(u) < \mu B(u)$ (8)

Nas operações com conjuntos *fuzzy* utilizam-se os conceitos de norma triangular (norma-t) e co-norma triangular (norma-s).

Uma norma triangular é uma função T:

$[0,1] \text{ X } [0,1] \rightarrow [0,1]$ tal que, $\forall x, y, z, w \in [0,1]$: (9)

1 - $x \text{ T } w \leq y \text{ T } z$, se $x \leq y, w \leq z$ (10)

2 - $x \text{ T } y = y \text{ T } x$ (11)

3 - $(x \text{ T } y) \text{ T } z = x \text{ T } (y \text{ T } z)$ (12)

4 - $x \text{ T } 0 = 0$; (13)

5 - $x \text{ T } 1 = x$ (14)

Uma co-norma triangular é uma função $\perp$:

$$[0,1] \text{ X } [0,1] \rightarrow [0,1] \quad (15)$$

As propriedades 1 a 3 acima também reproduzem as co-normas e as propriedades 4 e 5 são descritas abaixo:

$$4 - x \perp 0 = x; \quad (16)$$

$$5 - x \perp 1 = 1 \quad (17)$$

Exemplos de normas-t incluem o mínimo ($\wedge$) e o produto algébrico (.). Como exemplo de normas-s podem ser citados o máximo ($\vee$) e a soma limitada ($\oplus$) (PEDRYCZ, 1989).

Para representar a união e interseção de conjuntos *fuzzy*, utilizam-se respectivamente normas triangulares e co-normas triangulares. Assim, utilizando-se dos operadores mínimo como norma-t e máximo como norma-s, têm-se:

$$\text{União de A e B: } \mu A \cup B(x) = \mu A(u) \vee \mu B(u) \quad (18)$$

$$\text{Intersecção de A e B: } \mu A \cap B(x) = \mu A(x) \wedge \mu B(x) \quad (19)$$

Segundo Tancheit (1999), utilizando as definições de união e interseção, implementadas pelos operadores max e min, e complemento, é possível verificar que as propriedades algébricas:

Involução	$(A')' = A$	(20)
Idempotência	$A \cap A = A \quad A \cup A = A$	(21)
Comutatividade	$A \cap B = B \cap A \; A \cup B = B \cup A$	(22)
Associatividade	$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C) \; (A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$	(23)
Distributividade	$(A \cap B) \cup C = (A \cap B) \cup (A \cap C)$	(24)
	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$	(25)
Lei transitiva	se $A \subset B$ e $B \subset C \Rightarrow A \subset C$	(26)

Referentes a conjunto ordinários também se aplicam a conjuntos *fuzzy*.

São válidas as seguintes propriedades:

$A \cap \varnothing = \varnothing$ e $A \cap U = A$ (27)

$A \cup \varnothing = A$ e $A \cup U = U$ sendo U o conjunto universo. (28)

Em conjuntos *fuzzy* em se tratando de min(∅) e max(U), cabem as seguintes propriedades:

$\mu_{A \cap A'}(x) = \mu_A(x) \wedge (1 - \mu_A(x)) \neq 0 \Rightarrow A \cap A' \neq \varnothing$ (29)

$\mu_{A \cup A'} m(x) = \mu_A(x) \vee (1 - \mu_A(x)) \neq 1 \Rightarrow A \cup A' \neq U$ (30)

Em uma linguagem L, cada palavra x pode ser vista como uma descrição resumida de um subconjunto M(x) de um universo do discurso U, onde M(x) representa o significado de x. Considera-se a linguagem como um “sistema para atribuir rótulos atômicos e compostos (p.ex, palavras, frases, sentenças) para subconjuntos de U” (ZADEH, 1973).

A Lógica *fuzzy* utiliza variáveis lingüísticas no lugar de variáveis numéricas. Variáveis linguísticas admitem como valores apenas expressões linguísticas (ou termos primários), como "muito grande", "pouco frio", "mais ou menos jovem", que são representadas por conjuntos *fuzzy*.

Os valores da variável podem ser termos atômicos, tais como os da variável cor, ou sentenças em uma linguagem específica – por isso a variável é lingüística -, tais como os valores da variável lingüística calor – quente, muito quente, muitíssimo quente, um tanto quente, bastante quente, não muito quente, não quente, mais ou menos quente – formados por sentenças compostas pelo rótulo quente, pela negativa não, pelos conectivos “e” e “ou”, e os modificadores muito, muitíssimo, um tanto, bastante e mais ou menos.

Uma variável lingüística é formada pela quíntupla (X, T(X), U, G, M) com os seguintes significados:

X refere-se ao nome da variável,

T(X) ao conjunto de termos de X, o conjunto de nomes de termos linguísticos de X,

U ao universo do discurso,

G é a regra sintática que geram os valores de X que são valores lingüísticos, como uma composição de termos de T(X),

M é uma regra semântica que associa a cada valor de X o seu significado.

1.5.1 Sistema de Inferência *Fuzzy* (SIF)

Vários segmentos (universidades, empresas) utilizam sistemas de inferência *fuzzy* (Figura 2) na construção de processos de tomada de decisão, como seu instrumento chave de processamento. Pode-se dizer que os sistemas *fuzzy* são sistemas baseados em regras que utilizam variáveis lingüísticas difusas (conjuntos difusos) para executar um processo de tomada de decisão (WAGNER, 2003).

Modelos clássicos como Mamdani e Larsen e modelos de interpolação como Takagi-Sugeno e Tsukamoto, são tipos de controladores encontrados nos sistemas de inferência *fuzzy*. Os modelos diferem quanto à forma de representação das ações de controle e quanto aos operadores utilizados para implementação do controlador (MARANHÃO, 2005).

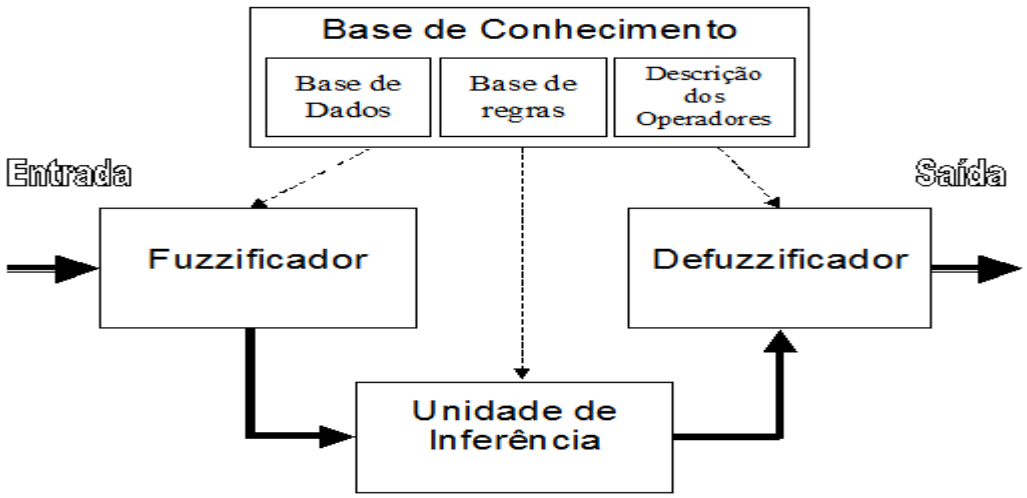


Figura 2 – Sistema de inferência *fuzzy* – fonte: (SOUZA, 2009).

1.5.1.1 Fuzzificador

Faz a identificação das variáveis de entrada, as quais caracterizam o estado do sistema (variáveis de estado), e as normaliza em um universo de discurso padronizado. Esses valores são então *fuzzificados*, com a transformação da entrada determinística crisp em graus de pertinência de conjuntos nebulosos para que possam se tornar instâncias das variáveis linguísticas (MARANHÃO, 2005).

Para obtermos um valor *fuzzificado* entramos com um valor no eixo das ordenadas, e vejamos em quais funções de pertinência ele toca e então retornamos o valor no eixo das

coordenadas. Este método é conhecido como função *singleton*. Onde esse valor está numa escala de 0 a 1.

1.5.1.2 Base de Conhecimento

Contém a base de dados, a base de regras e a descrição dos operadores, de maneira a caracterizar a estratégia de controle e as suas metas.

Na base de dados são armazenadas as definições necessárias sobre discretizações e normalizações dos universos de discurso, as partições *fuzzy* dos espaços de entrada e saída e as definições das funções de pertinência.

A base de regras é a forma como a representação do conhecimento fica armazenada em um Sistema de Inferência *Fuzzy* (SIF). É formada por uma coleção de regras com determinado formato e são expressas por declarações condicionais do tipo SE...ENTÃO (SOUZA, 2009).

A descrição dos operadores determina quais funções são utilizadas para os operadores de interseção e união entre conjuntos nebulosos. Ex: Interseção = produto, Int=x.y e União = máximo, Uni=Máx(x,y).

1.5.1.3 Unidade de Inferência

O procedimento de inferência é usado para agregação das conclusões a partir da avaliação das regras *fuzzy* do tipo SE-ENTÃO, podendo ser condicionais ou incondicionais. Aqui são feitas as combinações das regras existentes na base de regras, resultando no conjunto *fuzzy* de saída. Por exemplo: **SE Instrumentos é Excelente E IDH é Alto ENTÃO Gestão Instrumentos é Excelente**.

1.5.1.4 Defuzzificador

Bloco decodificador onde se determina o melhor ponto de saída, valor real, no conjunto *fuzzy*, ou seja, o melhor valor atribuído àquela determinada representação. Um dos métodos mais utilizados é o centro de gravidade (COG) ou centro de área (COA), cujo valor da abscissa é o valor de saída do SIF. Tendo também o de média ponderada (MP), que combina os conseqüentes das regras *fuzzy* com o nível de disparo de cada uma delas, gerando uma saída crisp (SOUZA, 2009).

2 METODOLOGIA E MODELAGEM

2.1 Introdução

Serão apresentadas as etapas da metodologia e modelagem para a construção do sistema de classificação da gestão ambiental pública no âmbito municipal. Tais etapas são a construção de diagramas de análise através do método *Unified Modeling Language* (UML - Atividade, Use case e Sequência), o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) *PostgreSQL* com extensão espacial *PostGIS*, uma página de exibição dos resultados, utilizando a tecnologia *JavaServer Page* (JSP) e as linguagens de programação *HyperText Markup Language* (HTML) e *JavaScript*, hospedada em um servidor *web* TomCat, através de mapas temáticos dos municípios gerados através do servidor de mapas *MapServer* e valores alfanuméricos, resultantes do processamento dos dados executado por um Sistema de Lógica Nebulosa (SLN) via o software MATLAB. Tal sistema inferirá qual o nível do município no quesito gestão ambiental, processando os dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC, 2006/2008; IBGE) e do IDH (PNUD, 2000).

2.2 Diagramas UML

O primeiro diagrama a ser apresentado será o de Atividades, que representa a dinâmica do sistema. São fluxogramas usados para mostrar o fluxo de trabalho de um sistema, isto é, eles mostram o controle de fluxo de atividade para atividade no sistema, quais atividades estão sendo feitas em paralelo e quais caminhos alternar através do fluxo (QUATRANI, 2001).

A primeira etapa foi a definição do tema do trabalho, a escolha do tema meio ambiente, a decisão pela utilização dos dados da pesquisa de informações básica municipais, MUNIC do IBGE e do IDH (PNUD) e a opção pela criação de um novo indicador da gestão ambiental pública no âmbito municipal utilizando a lógica nebulosa. Em um segundo instante foi a aquisição dos dados da MUNIC, do IDH e dos mapas das regiões que seriam trabalhadas. Em paralelo a confecção de um questionário para a aplicação a especialistas em meio ambiente relativo ao tema gestão ambiental. A próxima etapa foi a criação do banco de dados utilizando o SGBD *PostgreSQL* e carga dos dados no mesmo e a aplicação do questionário aos especialistas. Logo a seguir, foram processadas as atualizações dos dados de acordo com as respostas obtidas dos especialistas. A criação do sistema de lógica nebulosa

(SLN) foi o próximo passo, com a criação dos módulos, suas variáveis linguísticas, seus termos e suas respectivas bases de regras, para a seguir executar o processamento. Caso os resultados obtidos no processamento não estivessem de acordo com o desejado, o processo seria refeito, em contrário entramos no processo final, que foi a construção de um *website* para disponibilizar os resultados alfanuméricos (tabelas) e espaciais (mapas) para a análise. (Figura 3)

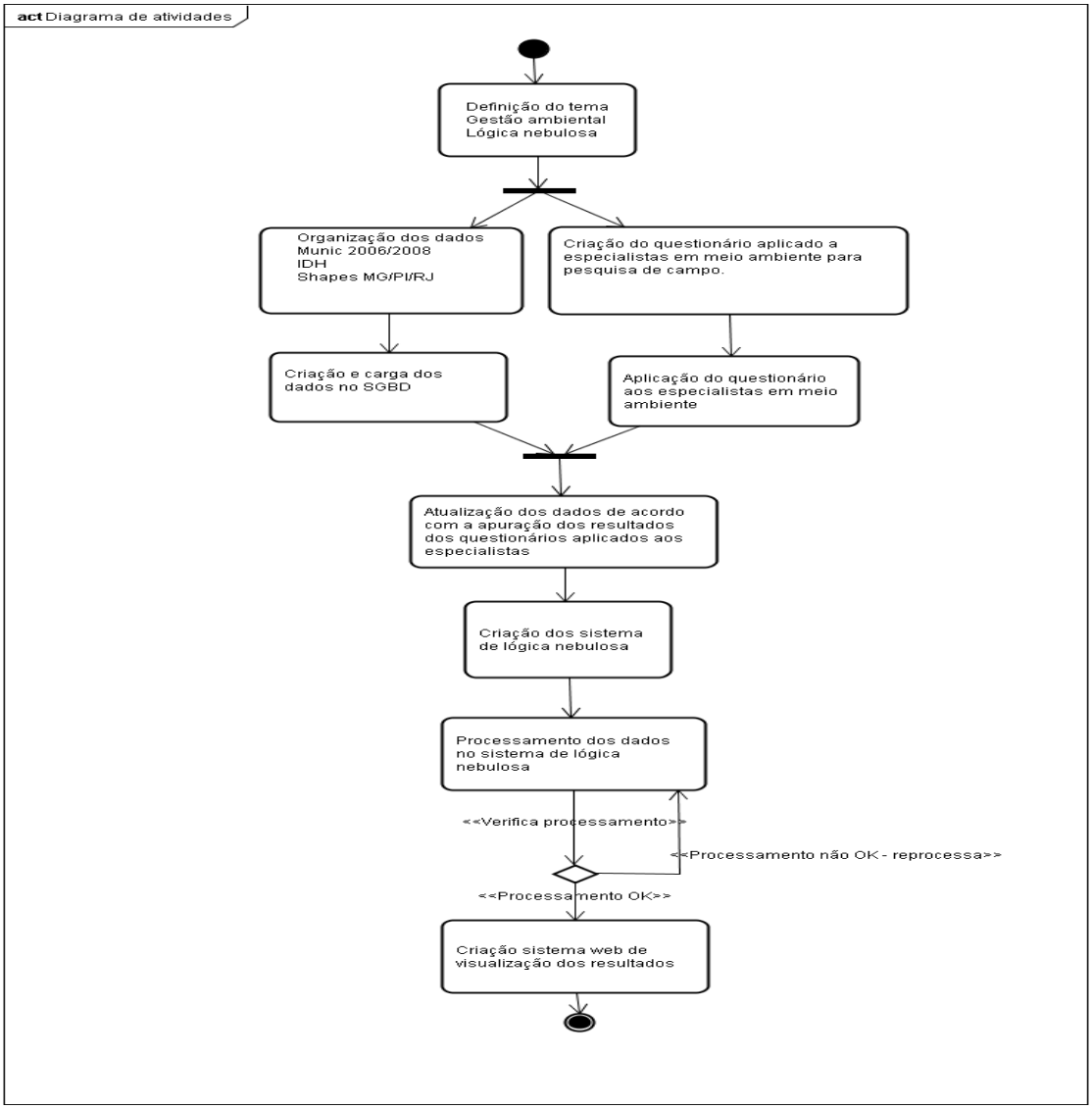


Figura 3 – Diagrama de atividades do sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal.

O segundo diagrama a ser apresentado será o de Use case, que é uma vista gráfica de alguns ou todos os atores, comandos de utilização e suas interações, identificadas para um sistema. (QUATRANI, 2001)

O ator “Administrador” inicia o processo “Importa/Exporta dados”, processo esse que grava os dados a serem trabalhados no banco de dados, exporta esses mesmos dados para serem processados no “Processa dados SLN/MATLAB” e novamente grava os resultados do processamento no banco de dados.

O mesmo ator, mas agora no processo “Processa dados SLN/MATLAB”, cria o SLN, as variáveis lingüísticas, os termos e suas bases de regras. Logo após processa os dados exportados do banco de dados. Os resultados de saída são os valores que indicam a classificações dos municípios no SLN escolhido.

O ator “Usuário” trabalha com o processo “Resultados alfanuméricos/espaciais”, processo este que seleciona qual o tipo de resultado do processamento no SLN o ator gostaria de analisar, alfanumérico (em forma de tabela) ou espacial (em forma de mapas). Tais resultados são obtidos através de uma página *web*, acessando diretamente o SGBD *PostgreSQL* para os resultados alfanuméricos ou acessando o servidor de mapas *MapServer* e fornece os resultados em mapas. Tais descrições acima estão sendo apresentadas na figura 4.

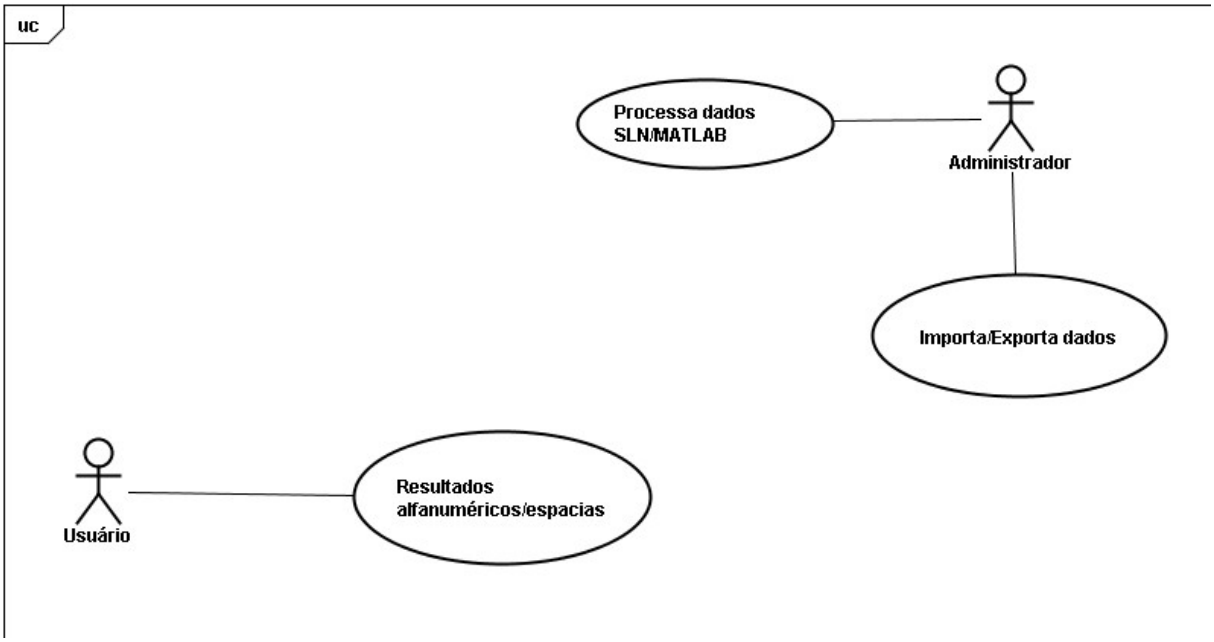


Figura 4 – Use case do sistema de classificação da gestão ambiental pública municipal.

Os próximos diagramas apresentados serão os diagramas de sequência, que mostram os objetos e classes envolvidas no cenário e a sequência de mensagens trocadas entre os objetos, necessária para efetuar a funcionalidade do cenário. (QUATRANI, 2001)

O primeiro diagrama de sequência a ser apresentado será o “Exporta/Importa dados”. O ator “Administrador” solicita a exportação ou importação dos dados, caso a solicitação seja exportação, o programa acessa o banco de dados e gera um arquivo texto/planilha para que na próxima etapa seja inserido no SLN para o processamento. Se a escolha for importação, o programa insere o arquivo texto/planilha gerado pelo SLN e grava os dados no banco de dados. Em ambos os casos, caso os processos sejam concluídos com sucesso, será exibido uma mensagem de confirmação, em contrapartida, a mensagem será comunicando o erro. Tais descrições acima estão sendo apresentadas na figura 5.

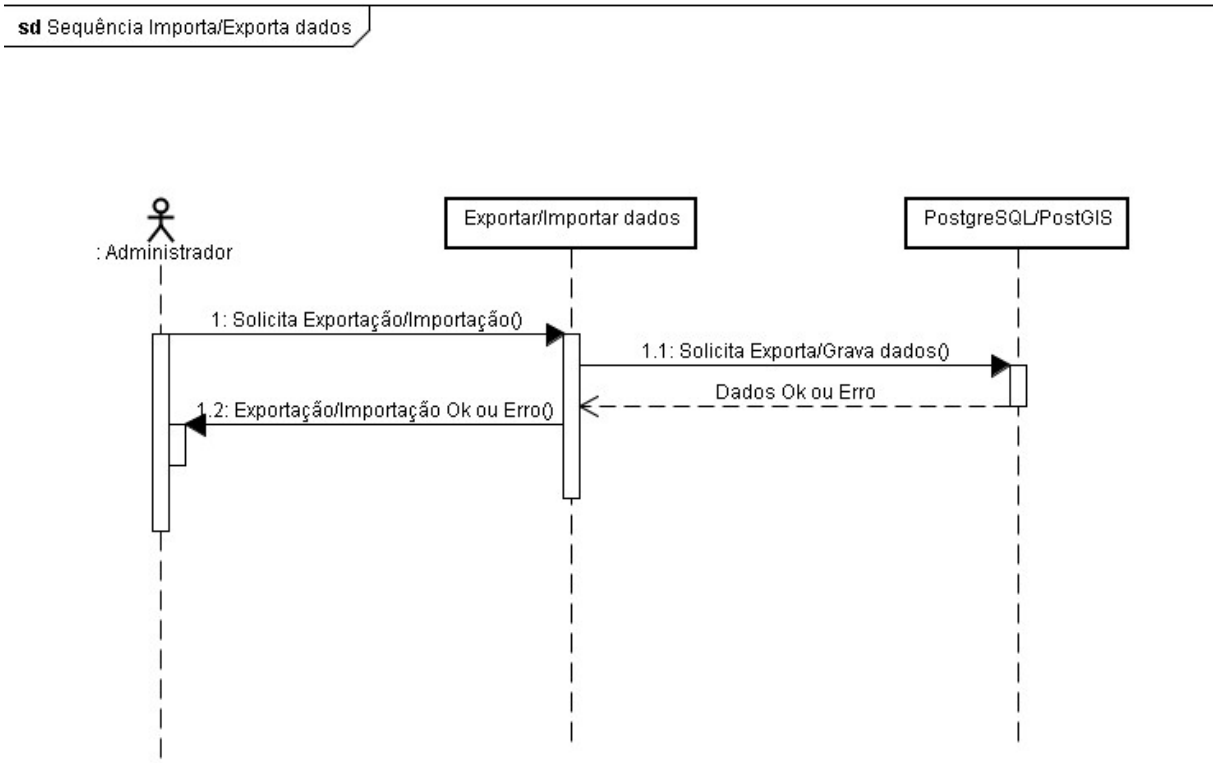


Figura 5 – Diagrama de sequência Importa/Exporta dados.

O segundo diagrama de sequência a ser apresentado será o “Processa dados MATLAB”. O ator “Administrador” define o sistema de lógica nebulosa (SLN), pois é nele que serão processados os dados para a obtenção dos resultados. Caso a definição obtenha sucesso, será enviada uma mensagem positiva, mas em contrário a mensagem enviada será a do devido erro. O segundo passo deste diagrama é a definição das variáveis lingüísticas que

compõem o SLN e em seguida os seus respectivos termos com os seus intervalos de valores.

O quarto passo é a definição da base de regras do SLN que serão utilizadas no processamento dos dados. Em todos esses passos descritos acima também serão enviadas as mensagens de sucesso ou erro em cada passo. E por último, inicia-se o processamento, utilizando o arquivo de dados obtido do processo de importação do diagrama anterior, e também com sua respectiva mensagem de retorno, sucesso ou erro. Tais descrições acima estão sendo apresentadas na figura 6.

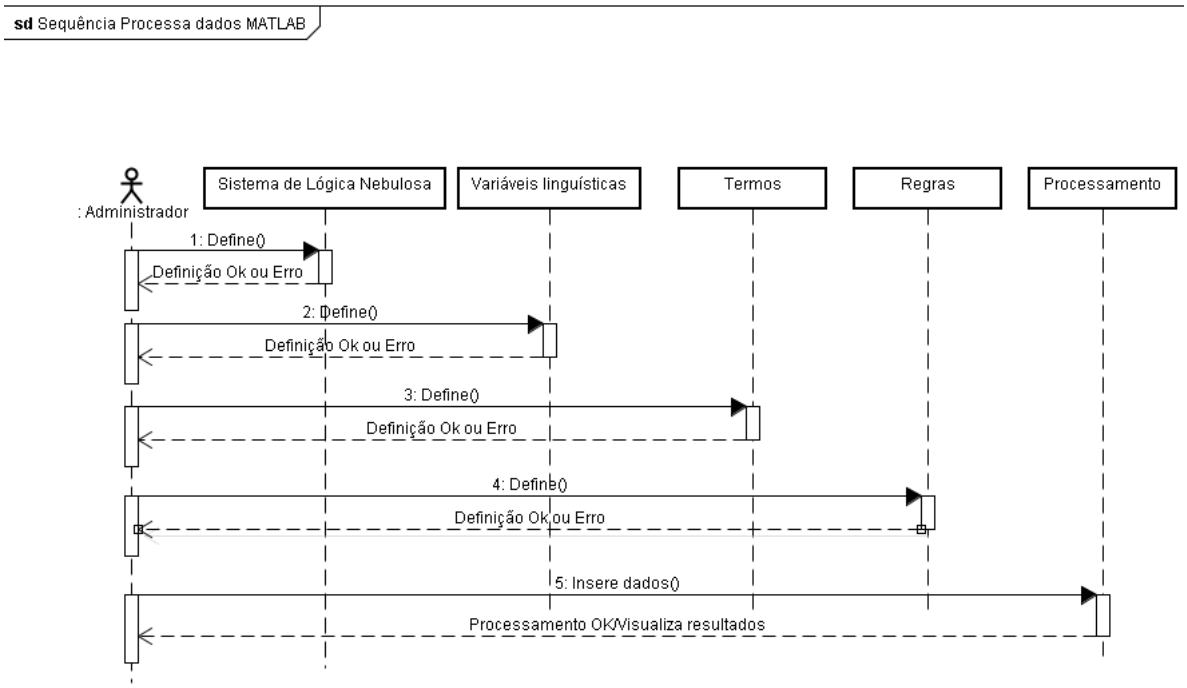


Figura 6 – Diagrama de sequência Processa dados MATLAB.

O terceiro e último diagrama de sequência a ser apresentado será o de “Resultados”. O ator “Usuário” acessa o sistema *web*, pois é nele que serão encontrados os resultados processados e importados para o banco de dados segundo os dois diagramas anteriores. Acessa a tela principal e escolhe a opção pelos resultados alfanuméricos (tabelas) ou espaciais (mapas). Caso a sua escolha seja por alfanuméricos, será apresentada uma nova tela onde ele terá as opções de escolher ver os resultados do estado como um todo ou de alguma região do estado à sua escolha em formato de tabela, resultados estes que serão apresentados acessando ao banco de dados. Se a opção for por resultados espaciais, ele também terá as mesmas possibilidades acima em uma nova tela, gerando on-line mapas para sua análise. Caso a busca pelo resultado seja positiva, os resultados serão apresentados na tela no formato escolhido,

mas caso haja algum tipo de erro, será apresentado a sua respectiva mensagem. Tais descrições acima estão sendo apresentadas na figura 7.

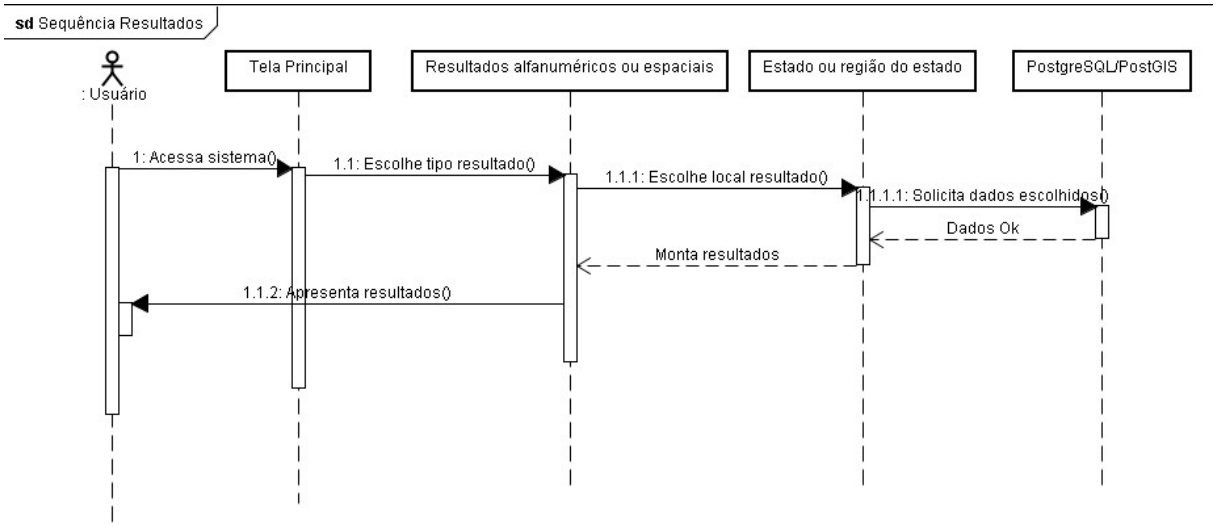


Figura 7 – Diagrama de sequência Resultados.

2.3 **Base de dados**

Neste trabalho os dados utilizados são da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) dos anos de 2006/2008 e o IDH (PNUD) municipal do ano 2000, pois o mesmo é gerado a partir dos dados do censo demográfico, que ocorre no período de dez em dez anos.

Os dados estão armazenados no SGBD *PostgreSQL* com a extensão espacial *PostGis*. O *PostgreSQL* é um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional (SGBDOR) baseado no POSTGRES desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia em Berkeley. O POSTGRES foi pioneiro em vários conceitos que somente se tornaram disponíveis muito mais tarde em alguns sistemas de banco de dados comerciais.

O *PostgreSQL* é um descendente de código fonte aberto deste código original de Berkeley, que suporta grande parte do padrão SQL e oferece muitas funcionalidades modernas, como:

- comandos complexos
- chaves estrangeiras
- gatilhos

- visões
- integridade transacional
- controle de simultaneidade multiversão

Além disso, o *PostgreSQL* pode ser ampliado pelo usuário de muitas maneiras como, por exemplo, adicionando novos:

- tipos de dado
- funções
- operadores
- funções de agregação
- métodos de índice
- linguagens procedurais

Devido à sua licença liberal, o *PostgreSQL* pode ser utilizado, modificado e distribuído por qualquer pessoa para qualquer finalidade, seja particular, comercial ou acadêmica, livre de encargos (POSTGRESQL, 2010).

PostGIS adiciona suporte para objetos geográficos ao *PostgreSQL*. Com efeito, *PostGIS* "espacialmente permite que", o servidor *PostgreSQL* seja usado como um *backend* de banco de dados espaciais para sistemas de informação geográfica (SIG). *PostGIS* segue o OpenGIS "*Simple Features Specification* para SQL" e foi certificado como compatível com os "Tipos e Funções de perfil". *PostGIS* foi desenvolvido por refrações de pesquisa como um projeto *open source* da tecnologia de banco de dados espacial. *PostGIS* é liberado sob a *licença GNU General Public License* (POSTGIS, 2010). A estrutura de banco de dados consta de 04 tabelas (Figura 8):

- Dados_ma_dissertação: Tabela que guarda as variáveis dos dados coletados da MUNIC2006/2008 e do IDH.
- MG: Tabela que guarda os dados espaciais dos municípios do estado de Minas Gerais.
- PI: Tabela que guarda os dados espaciais dos municípios do estado do Piauí.
- RJ: Tabela que guarda os dados espaciais dos municípios do estado do Rio de Janeiro.

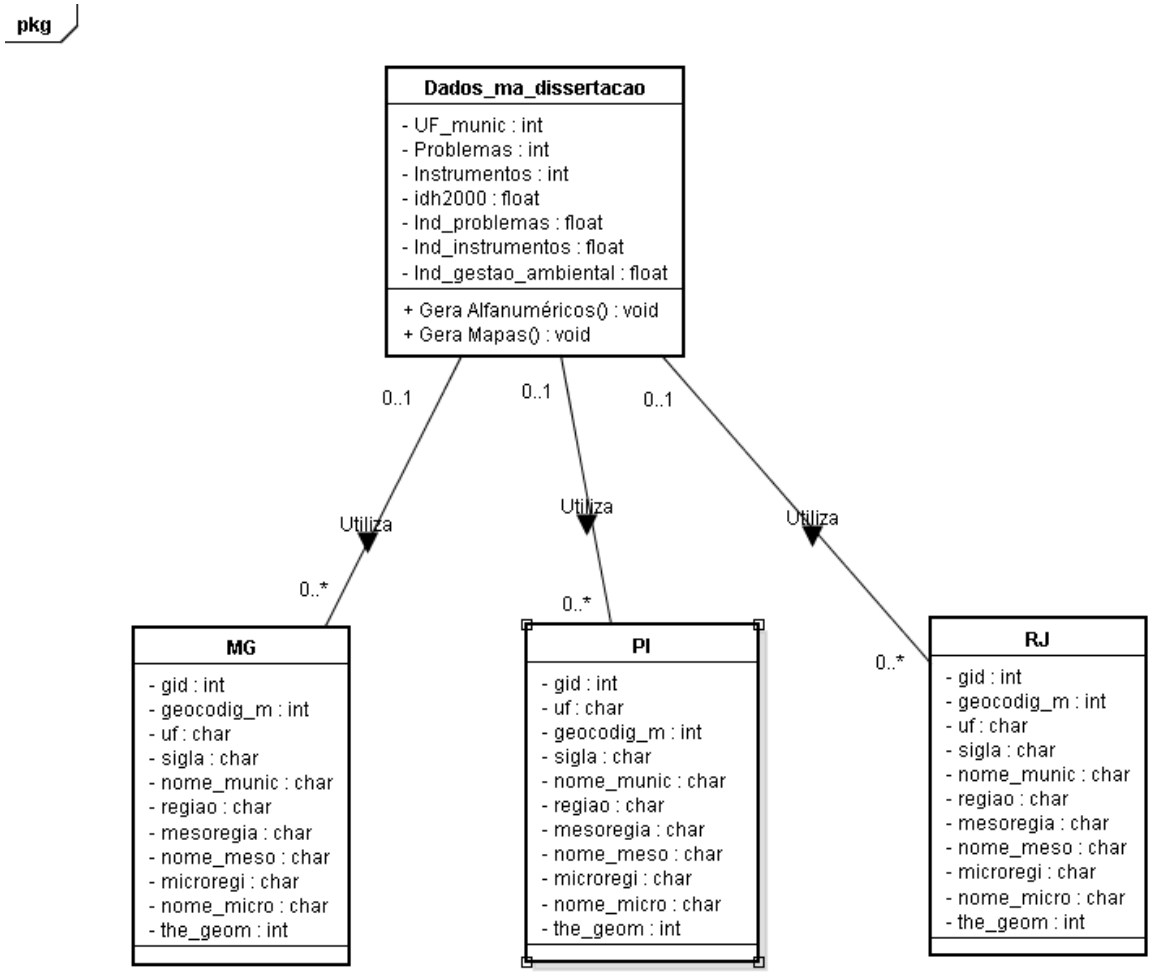


Figura 8 – Diagrama de classes da estrutura da base de dados.

Os dados que constituem a variável “Instrumentos” na tabela Dados_ma_dissertação estão descritos abaixo:

- Defesa civil
- Estrutura administrativa em meio ambiente
- Quadro de pessoal em meio ambiente
- Conselho municipal de meio ambiente
- Recursos específicos para a área ambiental
- Fundo específico para a área ambiental
- Participação em comitê de bacia hidrográfica

Esses dados são instrumentos de gestão ambiental relevantes para uma gestão minimamente eficiente. A eles foram atribuídos pesos, que foram auferidos através de uma pesquisa de campo junto a 29 especialistas que trabalham na área de meio ambiente que

responderam a um questionário (Apêndice A). Pesos esses que variam entre 1 (menor importância) e 7 (maior importância) e indicam qual o grau de importância de cada instrumento na gestão ambiental municipal. Para conseguir essa resposta, foi feito aos especialistas a seguinte pergunta:

A existência de estrutura organizacional e de instrumentos de gestão ambiental nas administrações locais já é vista, por muitos gestores, como um assunto estratégico por propiciar a melhora de qualidade de vida da população. A existência de um aparato mínimo de empoderamento constituído de estrutura administrativa/instrumentos/recursos financeiros configura um maior comprometimento da administração municipal com a questão socioambiental local (BARCELLOS; CARVALHO, 2009).

Mediante esta análise como você classificaria, em grau de importância, a existência de cada um dos instrumentos de gestão ambiental no município? Tal classificação deverá ser feita de forma decrescente de importância no intervalo de 1 a 7 da seguinte forma: atribua grau 7 (maior importância) ao instrumento de gestão que considerar mais relevante para uma eficaz gestão ambiental no município. O grau 1 (menor importância) deverá ser atribuído ao instrumento que considerar menos importante dentre o conjunto apresentado. Observe que não poderá haver repetição de valores como p. ex. duas notas 7 ou duas notas 3 e assim por diante.

O resultado final apurado nas respostas é o apresentado na tabela 1:

Tabela 1 - Resultado da pergunta sobre o grau de importância dos instrumentos de gestão ambiental.

Intrumentos\Grau de importância	
Estrutura administrativa em meio ambiente	7
Fundo específico para a área de meio ambiente	6
Recursos específicos para a área ambiental	5
Quadro de pessoal em meio ambiente	4
Conselho Municipal de Meio Ambiente	3
Participação em comitê de bacia hidrográfica	2
Defesa civil	1

Inseridos os pesos, foi feita a sua soma para que fosse gerada a variável “Instrumentos”.

Os dados que constituem a variável “Problemas” na tabela Dados_ma_dissertação estão descritos abaixo:

- Alteração ambiental que tenha afetado as condições de vida da população
- Poluição do ar
- Poluição do recurso água
- Escassez do recurso água
- Assoreamento de corpo d’água no município
- Contaminação do solo
- Redução da quantidade/diversidade ou perda da qualidade do pescado
- Degradação de áreas legalmente protegidas
- Atividade agrícola prejudicada por problema ambiental
- Desmatamento
- Atividade pecuária prejudicada por problema ambiental
- Alteração que tenha prejudicado a paisagem
- Queimadas
- Outras
- Nenhuma

Esses dados são relativos aos problemas ambientais enfrentados pelos municípios segundo a visão do gestor municipal nos últimos 24 meses. A soma das ocorrências dos problemas ambientais acima gerou a variável “Problemas”.

2.4 **Sistema de lógica nebulosa**

O sistema de lógica nebulosa (SLN) foi processado através do software MATLAB via SIMULINK (Apêndice C) que é uma ferramenta para modelamento, simulação e análise de sistemas dinâmicos que interage com o MATLAB. Três módulos de inferência que funcionam independentemente compõem o SLN, cada um deles possuindo seu próprio conjunto de regras de inferência e seu próprio conjunto de variáveis lingüísticas; porém,

integrados de tal maneira que os dados de saída dos dois primeiros (SLN1 e SLN2) correspondem aos dados de entrada do último (SLN3) conforme a figura 9.

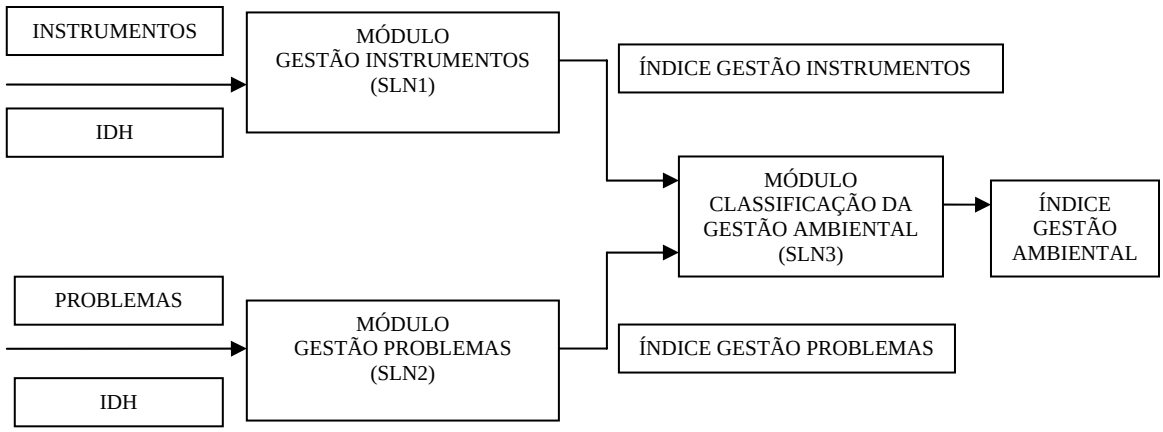


Figura 9 - Esquema do Sistema de Lógica Nebulosa (SLN).

O primeiro módulo, “Gestão Instrumentos” (SLN1)**,** verifica o grau de instrumentos de gestão ambiental instalados no município. É composto pelas variáveis, “Instrumentos” e **“**IDH”. A presença da variável “IDH” tem o sentido de verificar qual a influência do desenvolvimento humano do município na instalação dos instrumentos de gestão ambiental, ou seja, um município com um IDH alto tem por consequência melhores condições de implantar instrumentos de gestão ambiental do que um município com o IDH baixo? Para resolver esse questionamento, foi feita a seguinte pergunta aos especialistas:

O IDH é um índice que tem o objetivo de medir o grau de desenvolvimento e a qualidade de vida da população. Este índice é calculado com base em dados econômicos e sociais. O IDH varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). Quanto mais próximo de 1, maior é o grau de desenvolvimento humano de um país. Na composição do IDH são considerados os fatores educação (taxas de alfabetização e escolarização), longevidade (expectativa de vida da população) e renda (PIB per capita). Esse índice também é usado para apurar o grau de desenvolvimento humano de cidades, estados e regiões.

Na sua opinião há alguma relação entre a existência de instrumentos de política de meio ambiente no município e o grau de desenvolvimento humano de uma cidade,

medido pelo IDH? Ex: Um IDH elevado estabelece condições favoráveis para que o município adote instrumentos que lhe permitam uma melhor gestão ambiental?

E o resultado obtido é demonstrado na tabela 2:

Tabela 2 - Resultado da pergunta sobre a influência do IDH na implantação dos instrumentos de gestão ambiental.

Sim	Não
25	4

O resultado do SLN1 nos mostrará o nível de instrumentos de gestão ambiental instalados no município.

O segundo módulo, “Gestão Problemas” (SLN2), verifica o grau de problemas ambientais encontrados no município segundo a visão do gestor municipal. É composto pelas variáveis, “Problemas” e “IDH”. Da mesma forma que no SLN1, “Gestão instrumentos”, a variável IDH, tem o sentido de verificar qual a influência do desenvolvimento humano do município na ocorrência de problemas ambientais, ou seja, um município com um IDH alto tem por consequência a possibilidade de maiores problemas ambientais devido ao seu desenvolvimento do que um município com o IDH baixo? Foi feita a seguinte pergunta aos especialistas:

Ainda considerando a pergunta anterior, só que agora em relação aos problemas ambientais. Na sua opinião há alguma relação entre a quantidade de problemas ambientais no município e o seu IDH? Ou seja, o município de IDH melhor tende a ter menos problemas ambientais do que os de pior IDH, ou considera não existir relação entre essas questões?

E o resultado obtido é demonstrado na tabela 3:

Tabela 3 - Resultado da pergunta sobre a influência do IDH na ocorrência dos problemas ambientais.

Sim	Não
21	8

O resultado do SLN2 nos mostrará o nível de problemas ambientais ocorridos no município.

O terceiro módulo, “Classificação da gestão ambiental” (SLN3), verifica se o município possui uma boa estrutura de gestão ambiental em relação às suas variáveis de entrada, “Gestão de instrumentos” (SLN1) e **“**Gestão de problemas” (SLN2), gerando a variável de saída, “Gestão ambiental”.

2.4.1 Variáveis linguísticas do sistema

2.4.1.1 Variável linguística Instrumentos

A variável “Instrumentos” possui um universo de discurso de valores inteiros entre -5 e 35. Os termos e os intervalos dessa variável lingüística são definidos como: **Péssimo** (-5 a 5), **Ruim** (2 a 12), **Regular** (9 a 18), **Bom** (15 a 24) e **Excelente** (21 a 35). Esses termos foram definidos como padrão a partir da concordância dos especialistas à pergunta referente à variável “Problemas” no questionário aplicado aos mesmos descritos abaixo:

Nesse contexto, foi construída uma classificação que considera o número de problemas ambientais no município conforme a seguir:

Municípios com até 2 problemas ambientais: **Excelente**
Municípios com 3 a 5 problemas ambientais: **Bom**
Municípios com 6 a 8 problemas ambientais: **Regular**
Municípios com 9 a 12 problemas ambientais: **Ruim**
Municípios com 13 a 14 problemas ambientais: **Péssimo**.

E o resultado obtido é demonstrado na tabela 4:

Tabela 4 - Resultado da pergunta sobre a classificação referente aos problemas ambientais.

Sim	Não
17	12

As funções de pertinência para os termos da variável “Instrumentos” são apresentadas a seguir na figura 10.

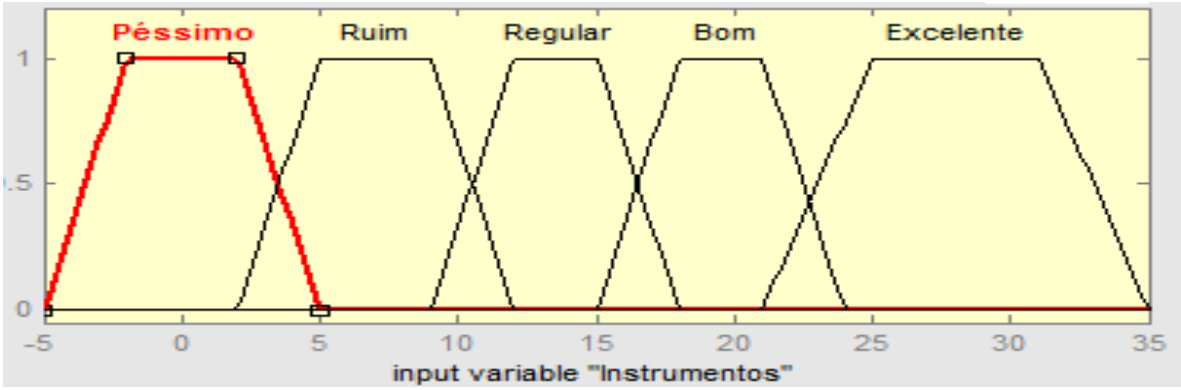


Figura 10 – Variável linguística Instrumentos.

2.4.1.2 Variável linguística IDH

A variável “IDH” possui um universo de discurso de valores reais entre -0,5 e 1,3. Os termos desta variável lingüística são definidos como: **Baixo** (-0,5 a 0,5), **Médio** (0,4 a 0,8) e **Alto** (0,7 a 1,3). As funções de pertinência para cada um desses termos são apresentadas a seguir na figura 11.

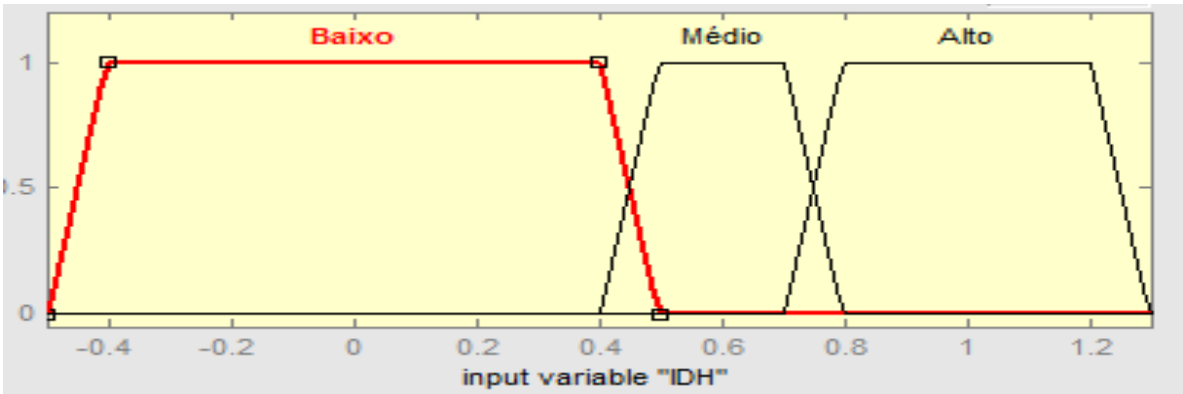


Figura 11 - Variável linguística IDH.

2.4.1.3 Variável linguística Gestão de Instrumentos

A variável “Gestão de Instrumentos” possui um universo de discurso de valores reais entre -0,25 e 1,18. Os termos desta variável lingüística são definidos como: **Péssimo** (-0,25 a 0,25), **Ruim** (0,12 a 0,44), **Regular** (0,35 a 0,66), **Bom** (0,55 a 0,9) e **Excelente** (0,8 a 1,18). As funções de pertinência para cada um desses termos são apresentadas a seguir na figura 12.

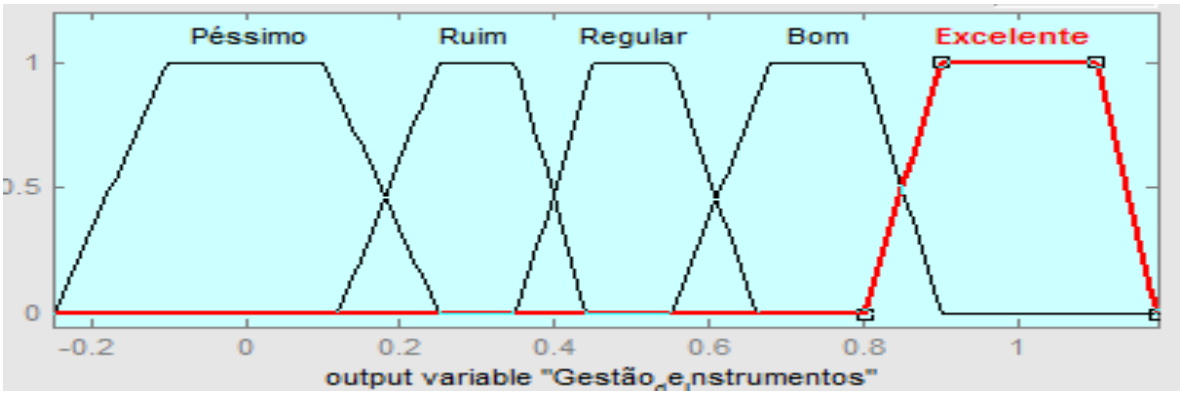


Figura 12 - Variável linguística Gestão de instrumentos.

2.4.1.4 Variável linguística Problemas

A variável “Problemas” possui um universo de discurso de valores inteiros entre -4 e 17. Os termos desta variável lingüística são definidos como: **Péssimo** (11 a 17), **Ruim** (8 a 13), **Regular** (5 a 10), **Bom** (2 a 7) e **Excelente** (-4 a 4). As funções de pertinência para cada um desses termos são apresentadas a seguir na figura 13.

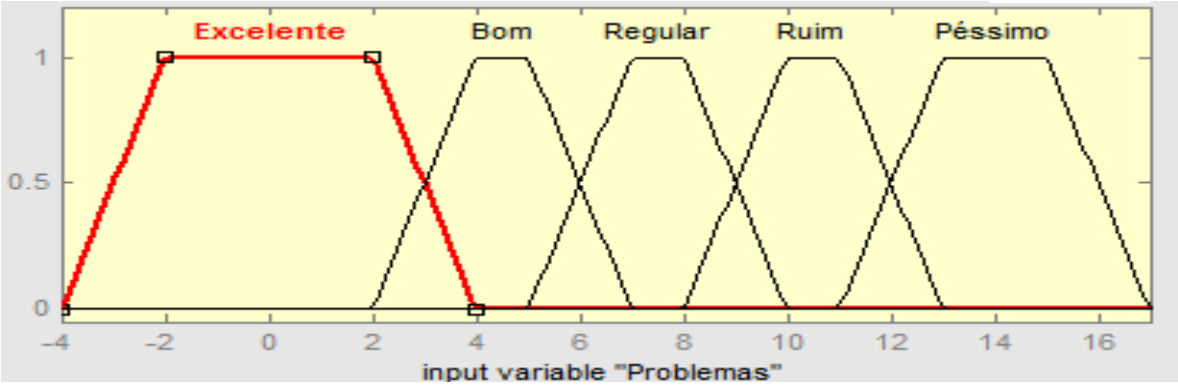


Figura 13 - Variável linguística Problemas.

2.4.1.5 Variável linguística Gestão de Problemas

A variável “Gestão de Problemas” possui um universo de discurso de valores reais entre -0,25 e 1,18. Os termos desta variável lingüística são definidos como **Péssimo (-0,25 a 0,25), Ruim (0,12 a 0,44), Regular (0,35 a 0,66), Bom (0,55 a 0,9) e Excelente (0,8 a 1,18).** As funções de pertinência para cada um desses termos são apresentadas a seguir na figura 14.

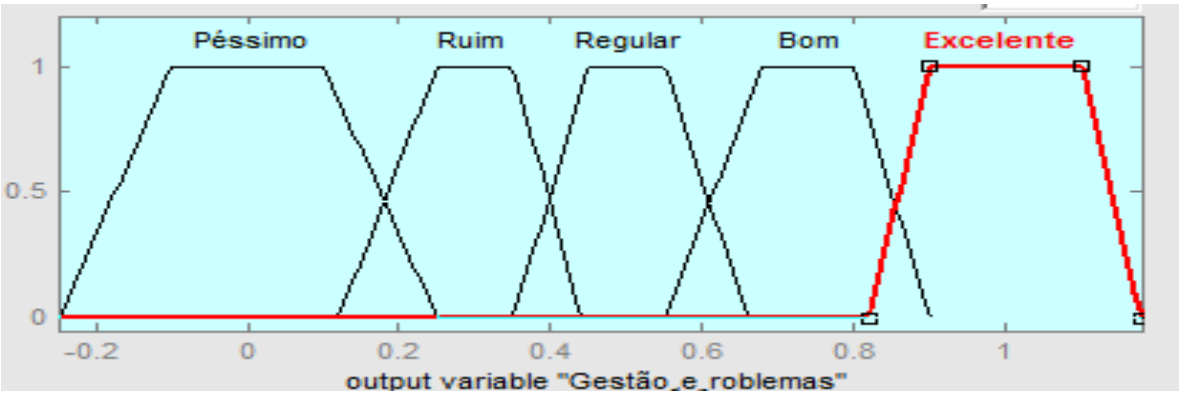


Figura 14 - Variável linguística Grau de Problemas.

2.4.1.6 Variável linguística Gestão ambiental

A variável “Gestão ambiental” possui um universo de discurso de valores reais entre -0,25 e 1,18. Os termos desta variável lingüística são definidos como **Péssimo (-0,25 a 0,25), Ruim (0,12 a 0,44), Regular (0,35 a 0,66), Bom (0,55 a 0,9) e Excelente (0,8 a 1,18).** As funções de pertinência para cada um desses termos são apresentadas a seguir na figura 15.

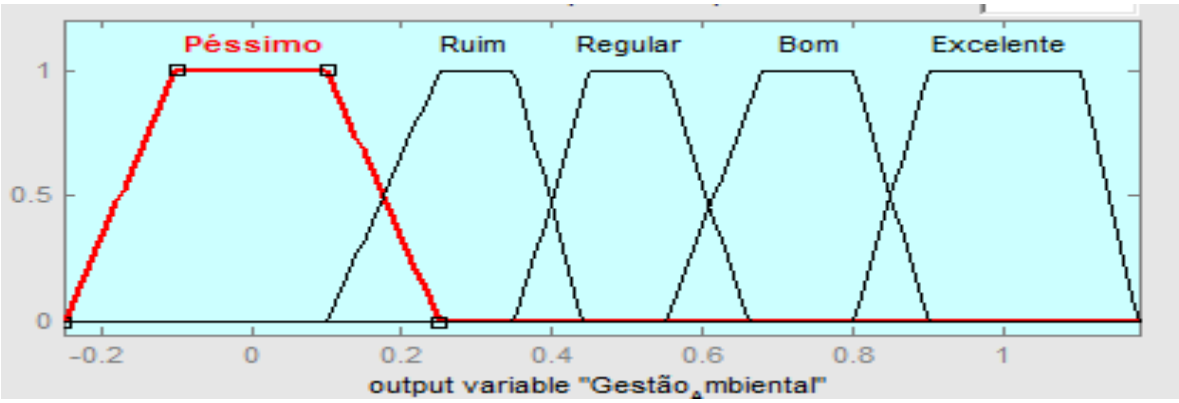


Figura 15 - Variável linguística Gestão ambiental.

2.4.2 Base de regras

Representar o conhecimento, esta é a função da base de regras, junto com o processo de inferência que nos traduz à maneira de raciocinar, foram estabelecidas em conjunto com especialistas no segmento meio ambiente as bases de regras que serão apresentadas. Foram construídas 3 bases de regras correspondentes aos 3 módulos do SLN (Apêndice B) e vale ressaltar que todas as combinações entre os termos das variáveis lingüísticas foram declaradas possíveis de acontecer nos 3 módulos. Tais combinações são construídas da seguinte maneira,

SE ANTECEDENTE_1 É TERMO_A E/OU ANTECEDENTE_2 É TERMO_B ENTÃO CONSEQUENTE É TERMO_C, veja exemplo abaixo:

Ex: **SE Instrumentos é Regular E IDH é Médio ENTÃO Gestão Instrumentos é Bom**.

Em relação ao módulo “Gestão Instrumentos” (SLN1), foram encontradas 15 regras relativas a combinação das 2 variáveis lingüísticas de entrada, “Instrumentos” e “IDH”, e seus respectivos termos apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Combinações das variáveis do módulo Gestão Instrumentos.

Instrumentos/IDH	Alto	Médio	Baixo
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Bom	Bom	Bom	Excelente
Regular	Regular	Bom	Bom
Ruim	Ruim	Ruim	Regular
Péssimo	Péssimo	Péssimo	Ruim

Em relação ao módulo “Gestão Problemas” (SLN2), foram encontradas 15 regras relativas a combinação das 2 variáveis lingüísticas de entrada, “Problemas” e “IDH”, e seus respectivos termos apresentados na tabela 6:

Tabela 6 - Combinações das variáveis do módulo Gestão Problemas.

Problemas/IDH	Alto	Médio	Baixo
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Bom	Excelente	Bom	Bom
Regular	Bom	Regular	Ruim
Ruim	Péssimo	Ruim	Péssimo
Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo

Em relação ao módulo “Classificação da Gestão Ambiental” (SLN3), foram encontradas 25 regras relativas a combinação das 2 (duas) variáveis lingüísticas de entrada,

“Gestão Instrumentos” e “Gestão Problemas”, e seus respectivos termos apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Combinações das variáveis do módulo Classificação da Gestão Ambiental.

Gestão Problemas/Gestão Instrumentos	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
Excelente	Excelente	Bom	Bom	Regular	Regular
Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Ruim
Regular	Regular	Regular	Ruim	Ruim	Péssimo
Ruim	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo
Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo

2.5 ***TomCat* e *MapServer***

2.5.1 *TomCat*

O *TomCat* (Figura 16) é um servidor de aplicações *Java* para *web*. É software livre e de código aberto, surgido dentro do conceituado projeto *Apache Jakarta* e que teve apoio e endosso oficial da *Sun Microsystems* como “Implementação de Referência” (IR) para as tecnologias *Java Servlet* e *JavaServer Pages* (JSP). Atualmente, o *Tomcat* tem seu próprio projeto de desenvolvimento independente, dentro da *Apache Software Foundation*. O *TomCat* é robusto e eficiente o suficiente para ser utilizado mesmo em um ambiente de produção.

O *TomCat* é uma implementação de software *open source* do *Java Servlet* e *JavaServer Pages Tecnology*. O *Java Servlet* e *JavaServer Pages* são desenvolvidas no âmbito do *Java Community Process*.

Apache License version 2 Apache TomCat é desenvolvido em um ambiente aberto e participativo e liberado sob a licença *Apache* versão 2 (TOMCAT, 2010).

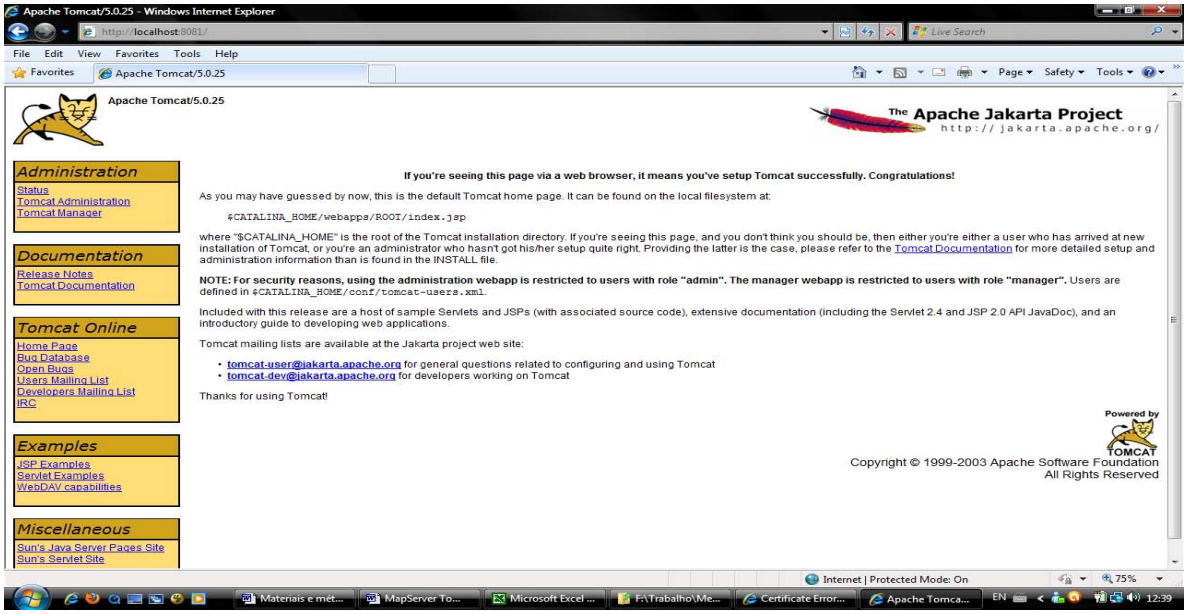


Figura 16 - Tela de administração do servidor *TomCat*.

O *TomCat* é utilizado para armazenar os arquivos dos programas das páginas do sistema construídas em JSP e gerenciar os acessos ao sistema para a análise dos resultados obtidos. Tais arquivos gerenciados pelo *TomCat* nos permitirão ter acesso como por exemplo à página principal do sistema. (Figura 17)

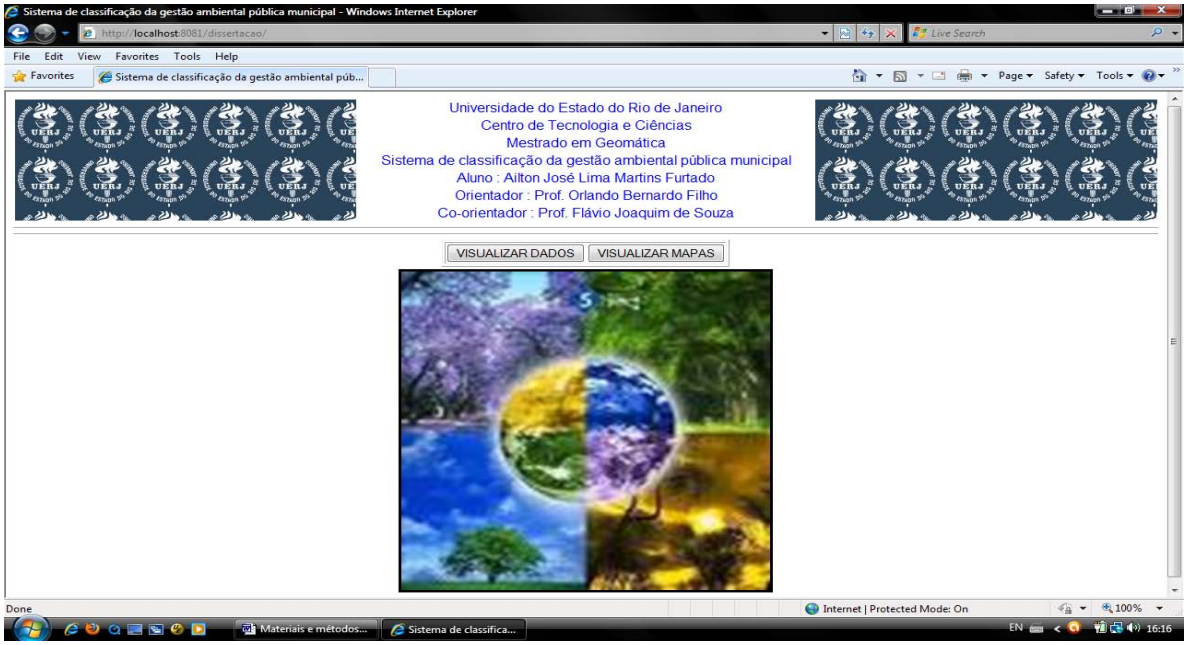


Figura 17 - Tela principal do sistema, armazenado e gerenciado pelo *TomCat*.

2.5.2 *MapServer*

MapServer (Figura 18) é um *Open Source* para a publicação de dados espaciais e aplicações de mapas interativos para a *web*. Originalmente desenvolvido em meados da década de 1990 na Universidade de *Minnesota*, *MapServer* é liberado sob uma licença *MIT-style*, e roda em todas as principais plataformas (*Windows* , *Linux* , *Mac OS X*).

MapServer é um software livre que serve como ambiente de desenvolvimento para construção de aplicativos espaciais na *internet*. *MapServer* não é um SIG completo, e não deseja ser. Ao invés disso, *MapServer* se sobressai na apresentação de dados espaciais (mapas, imagens e dados vetoriais) na *web*.

Além de permitir visualizar dados de SIGs, *MapServer* permite que você crie imagens de mapas geográficos, mapas que podem direcionar usuários a outros conteúdos.

MapServer foi originalmente desenvolvido pelo projeto *ForNet* da Universidade de *Minnesota* (UMN) em cooperação com a NASA e o Departamento de Recursos Naturais de *Minnesota* (MNDNR). Atualmente o projeto *MapServer* é abrigado pelo projeto TerraSIP, um projeto patrocinado conjuntamente pela NASA, UMN e um consórcio de interesses de gerenciamento da terra.

O software é mantido por um número crescente de desenvolvedores de vários lugares do mundo, e é patrocinado por um grupo de organizações que custeia melhorias e a manutenção. (MAPSERVER, 2010)

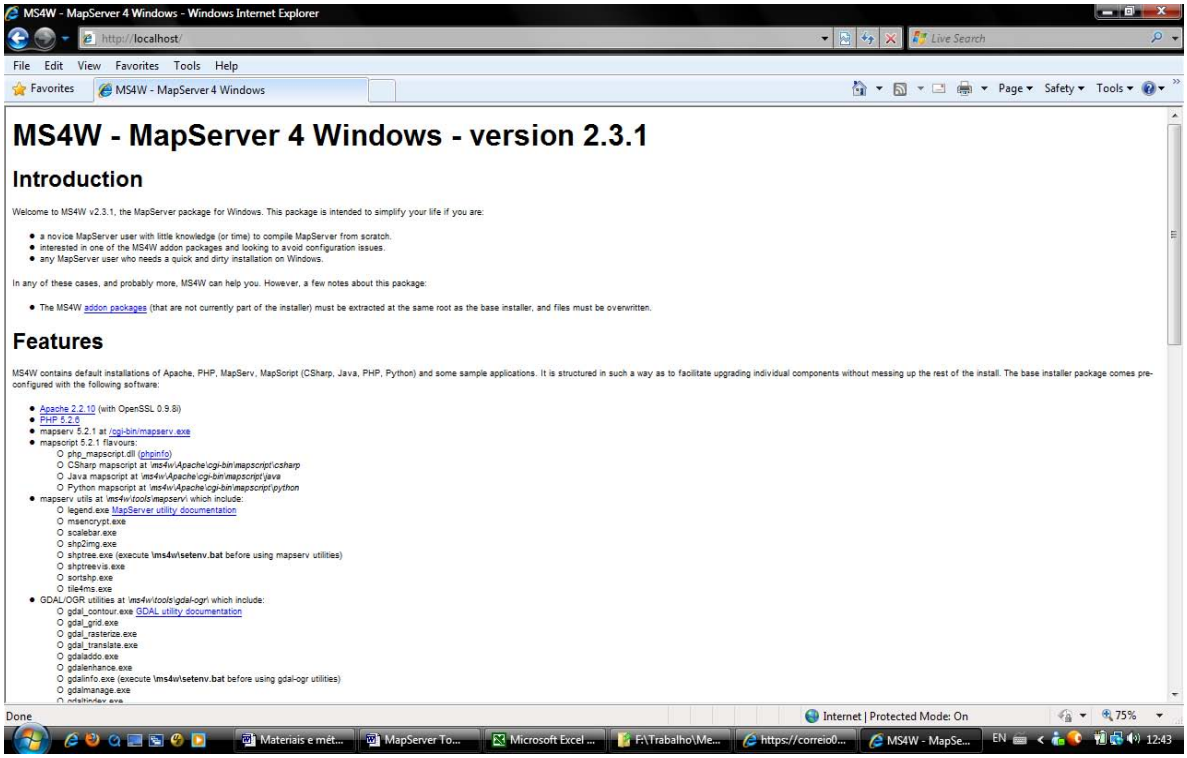


Figura 18 - Tela de administração do servidor *MapServer*.

O *MapServer* foi utilizado para demonstrar os resultados no formato espacial (mapas). Esses resultados são visíveis através da construção dos arquivos *mapfiles*, arquivos esses que descrevem as camadas que iremos visualizar, conexão com o arquivo *shapefile* ou com o banco de dados espaciais e outros elementos dos mapas que desejamos. Esses arquivos (Figura 19) são armazenas e gerenciados pelo *MapServer*.

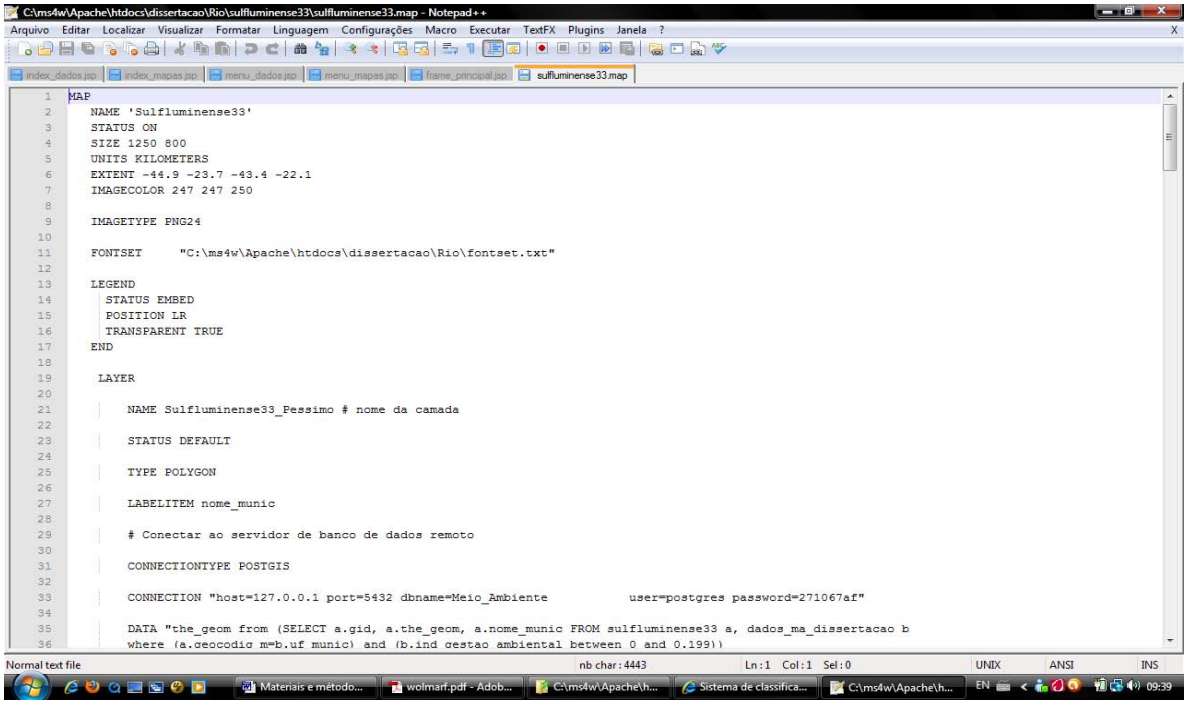


Figura 19 - Arquivo *mapfile* armazenado no servidor *MapServer*.

O resultado final do arquivo demonstrado na figura acima é o que vemos na figura 20, o resultado apresentado no formato espacial (mapas).

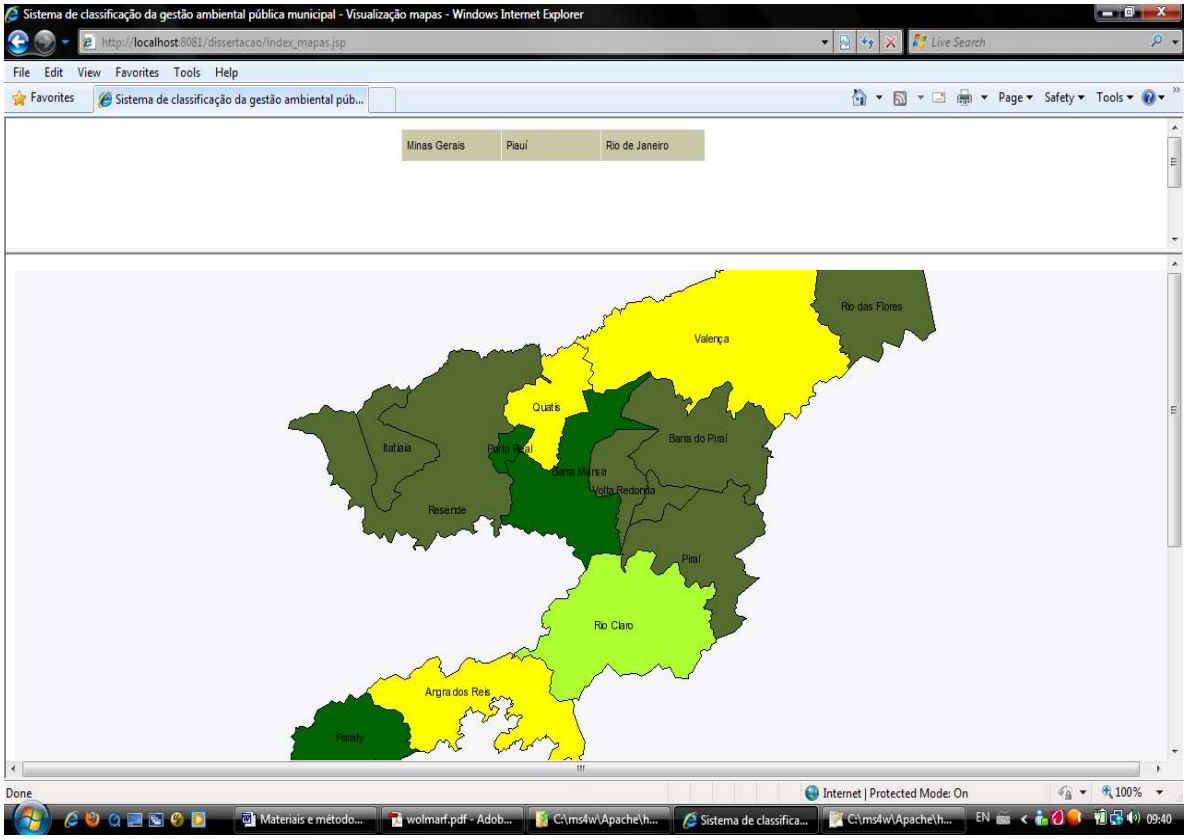


Figura 20 - Mapa gerado pelo arquivo *mapfile* armazenado servidor *MapServer*.

3 IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentadas quatro etapas de implementação do sistema de classificação da gestão ambiental municipal. Na primeira fase apresentaremos a estrutura das tabelas construídas no SGBD *PostgreSQL*, na segunda etapa alguns programas em *Java* que foram utilizados em conjunto com funções programadas na linguagem PL/pgSQL do *PostgreSQL*, executados dentro do SGBD para importar, exportar e efetuar os cálculos necessários para a preparação dos dados para o processamento via MATLAB e finalizando, a terceira etapa, funcionalidades do sistema *web* para a consulta dos resultados obtidos, apresentados via valores alfanuméricos e espaciais (mapas). Os requisitos mínimos do sistema operacional para o MATLAB, somente windows, os demais softwares atuam tanto na plataforma windows como linux. Os requisitos mínimos de hardware são pentium 500 MHz ou superior com 128 MB de RAM ou mais.

3.2 Base de dados

A base de dados é constituída de quatro tabelas, dados_ma_dissertacao, MG, PI e RJ, sendo a tabela dados_ma_dissertacao onde encontram-se as variáveis para o processamento dos dados e as variáveis resultantes do processamento para a demonstração dos resultados alfanuméricos e espaciais (mapas). As tabelas MG, PI e RJ são as tabelas com as informações espaciais dos municípios dos estados de Minas Gerais, Piauí e Rio de Janeiro, que serão utilizadas em conjunto com a tabela dados_ma_dissertacao para a demonstração dos resultados no formato espacial (mapas).

A primeira tabela a ser descrita, será a dados_ma_dissertacao (Figura 21), com a seguinte estrutura:

- Uf_munic - Identificadora do município de tipo inteiro, chave primária da tabela e estrangeira em relação às outras tabelas relativas aos mapas.
- Problemas - Total de problemas encontrados no município, de tipo inteiro.
- Instrumentos - Total de instrumentos de gestão ambiental encontrados no município com os seus respectivos pesos, de tipo inteiro.

- Idh2000 - IDH do ano 2000 relativo ao município, de tipo numérico, equivalente ao tipo real.
- Ind_instrumentos - Índice dos instrumentos de gestão ambiental, relativo ao primeiro módulo, “Gestão Instrumentos” (SLN1), do sistema de lógica nebulosa, de tipo numérico.
- Ind_problemas - Índice dos problemas da gestão ambiental, relativo ao segundo módulo, “Gestão Problemas” (SLN2), do sistema de lógica nebulosa, de tipo numérico.
- Ind_gestão_ambiental - Índice da gestão ambiental municipal, relativo ao terceiro módulo, “Classificação da Gestão Ambiental” (SLN3), do sistema de lógica nebulosa, de tipo numérico.

	uf_munic bigint	problemas integer	instrumentos integer	idh2000 numeric	ind_instrumentos numeric	ind_problemas numeric	ind_gestao_ambiental numeric
1	3136702	6	28	0.828	0.9999	0.871	0.9207
2	3100203	2	19	0.778	0.7303	0.9998	0.7314
3	3101003	7	17	0.628	0.7296	0.5031	0.5031
4	3101607	8	28	0.829	0.9999	0.7314	0.7314
5	3102308	4	14	0.727	0.6717	0.8137	0.7307
6	3102407	4	5	0.667	0.2883	0.7314	0.5031
7	3102605	5	27	0.812	0.9999	0.9999	0.9943
8	3104502	3	22	0.711	0.8127	0.871	0.7775
9	3105905	2	19	0.745	0.7289	0.9998	0.7314
10	3106705	8	27	0.775	0.9998	0.6759	0.7312
11	3106903	2	19	0.799	0.7313	0.9999	0.7314
12	3107109	2	17	0.783	0.6589	0.9999	0.7306
13	3109006	7	27	0.773	0.9999	0.6717	0.7311
14	3109907	2	14	0.77	0.583	0.9999	0.7299
15	3110400	0	0	0.698	0.0	0.9999	0.5031
16	3110509	7	17	0.775	0.6589	0.6759	0.7279
17	3110707	2	13	0.788	0.5387	0.9999	0.7314
18	3111507	4	27	0.786	0.9999	0.9601	0.9943
19	3114402	4	27	0.772	0.9999	0.9242	0.9943
20	3115003	0	14	0.788	0.5387	0.9999	0.7314
21	3115805	2	0	0.75	0.0	0.9999	0.5031
22	3116100	9	14	0.641	0.7314	0.3926	0.1702
23	3116209	5	9	0.719	0.2871	0.7919	0.5031
24	3118700	3	21	0.752	0.7289	0.8733	0.7301
25	3120300	3	15	0.647	0.7314	0.871	0.7299
26	3120805	5	13	0.745	0.6352	0.8588	0.6719
27	3120839	8	14	0.71	0.7083	0.5332	0.5031
28	3122454	6	15	0.605	0.7314	0.6254	0.6558
29	3122470	2	13	0.75	0.6254	0.9999	0.7291
30	3122900	2	6	0.743	0.2852	0.9997	0.5031
31	3124302	3	15	0.657	0.7314	0.871	0.7299

Figura 21 – Base de dados referente a tabela dados_ma_dissertação.

A estrutura de dados relativa aos mapas dos municípios dos estados de Minas Gerais, Piauí e Rio de Janeiro que constam nas tabelas MG, PI e RJ (Figura 22) estão descritas abaixo:

- Gid – Identificador único dos campos da tabela, de tipo inteiro com auto-incremento.
- Geocodig_m – Código identificador do município, de tipo inteiro. Campo de relacionamento com a tabela “dados_ma_dissertação”.
- Uf – Código identificador da unidade da federação, de tipo string.
- Sigla – Sigla da unidade da federação, de tipo string.
- Nome_munic – Nome do município, de tipo string.
- Região – Região onde encontra-se no Brasil, de tipo string.
- Mesoregia – Código da meso-região estadual onde está localizado, de tipo string.
- Nome_meso – Nome da meso-região, de tipo string.
- Microregi – Código da micro-região estadual onde está localizado, de tipo string.
- Nome_micro – Nome da micro-região, de tipo string.
- The_geom – Campo das coordenadas espaciais do município, de tipo geométrico.

gid [PK] serial	geocodig_m bigint	uf character var	sigla character var	nome_munic character var	regiao character var	mesorregia character var	nome_meso character var	microrregi character var	nome_micro character var	the_geom geometry
1	3300100	33	rj	Angra dos Reis	Sudeste	3305	Sul Fluminense	33013	Baía da Ilha Gra	
2	3300159	33	rj	Aperibé	Sudeste	3301	Noroeste Flumin	33002	Santo Antônio d	0106000000010
3	3300209	33	rj	Araruama	Sudeste	3304	Baixadas	33010	Lagos	0106000000010
4	3300225	33	rj	Areal	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33005	Três Rios	0106000000010
5	3300233	33	rj	Armaçao dos Bú	Sudeste	3304	Baixadas	33010	Lagos	0106000000010
6	3300258	33	rj	Arraial do Cabo	Sudeste	3304	Baixadas	33010	Lagos	0106000000010
7	3300308	33	rj	Barra do Piraí	Sudeste	3305	Sul Fluminense	33012	Barra do Piraí	0106000000010
8	3300407	33	rj	Barra Mansa	Sudeste	3305	Sul Fluminense	33011	Vale do Paraíba	0106000000010
9	3300456	33	rj	Belford Roxo	Sudeste	3306	Metropolitana d	33018	Rio de Janeiro	0106000000010
10	3300506	33	rj	Bom Jardim	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33007	Nova Friburgo	0106000000010
11	3300605	33	rj	Bom Jesus do It	Sudeste	3301	Noroeste Flumin	33001	Itaperuna	
12	3300704	33	rj	Cabo Frio	Sudeste	3304	Baixadas	33010	Lagos	0106000000010
13	3300803	33	rj	Cachoeiras de M	Sudeste	3306	Metropolitana d	33016	Macacu-Caceri	0106000000010
14	3300902	33	rj	Cambuci	Sudeste	3301	Noroeste Flumin	33002	Santo Antônio d	0106000000010
15	3300936	33	rj	Carapebus	Sudeste	3302	Norte Fluminens	33004	Macaé	0106000000010
16	3300951	33	rj	Comendador Le	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33005	Três Rios	0106000000010
17	3301009	33	rj	Campos dos Go	Sudeste	3302	Norte Fluminens	33003	Campos dos Go	
18	3301108	33	rj	Cantagalo	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33006	Cantagalo-Cord	0106000000010
19	3301157	33	rj	Cardoso Moreira	Sudeste	3302	Norte Fluminens	33003	Campos dos Go	0106000000010
20	3301207	33	rj	Carmo	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33006	Cantagalo-Cord	0106000000010
21	3301306	33	rj	Casimiro de Abr	Sudeste	3304	Baixadas	33009	Bacia de Sao Jo	0106000000010
22	3301405	33	rj	Conceiçao de M	Sudeste	3302	Norte Fluminens	33004	Macaé	0106000000010
23	3301504	33	rj	Cordeiro	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33006	Cantagalo-Cord	0106000000010
24	3301603	33	rj	Duas Barras	Sudeste	3303	Centro Fluminer	33007	Nova Friburgo	0106000000010
25	3301702	33	rj	Duque de Caxia	Sudeste	3306	Metropolitana d	33018	Rio de Janeiro	0106000000010
26	3301801	33	rj	Engenheiro Paul	Sudeste	3306	Metropolitana d	33014	Vassouras	0106000000010
27	3301850	33	rj	Guapimirim	Sudeste	3306	Metropolitana d	33018	Rio de Janeiro	0106000000010
28	3301876	33	rj	Iguaba Grande	Sudeste	3304	Baixadas	33010	Lagos	0106000000010
29	3301900	33	rj	Itaboraí	Sudeste	3306	Metropolitana d	33018	Rio de Janeiro	0106000000010
30	3302007	33	rj	Itaguaí	Sudeste	3306	Metropolitana d	33017	Itaguaí	0106000000060
31	3302056	33	rj	Italva	Sudeste	3301	Noroeste Flumin	33001	Itaperuna	0106000000010

Figura 22 – Base de dados referente aos dados espaciais dos municípios do Rio de Janeiro.

3.3 *Java* – PL/pgSQL

Nos processos de importação, exportação e cálculos para a preparação da base de dados para o processamento, nós utilizamos a linguagem *Java* em conjunto com funções programadas dentro do SGBD *PostgreSQL* na linguagem proprietária PL/pgSQL. A escolha desse conjunto foi principalmente pela independência de plataforma, ou seja, em qualquer plataforma o processo será o mesmo, sem necessidade de alteração de código e recompilação.

Tais processos foram executados pelo administrador do sistema fazendo a chamada dos programas via prompt de comando. O administrador gerenciou quais os dados foram importados para ou exportados do SGBD, tais dados são para o processamento no SLN ou após o processamento, atualização da base de dados com os resultados obtidos.

No processo de importação (Figura 23), o programa lê o arquivo texto onde estão os dados desejados e os grava nas respectivas tabelas dentro do SGBD, seja no processo inicial de povoamento do SGBD ou após o processamento no SLN via MATLAB com os respectivos resultados obtidos. E no processo de exportação, o programa lê as tabelas no SGBD e os grava em arquivos textos para o processamento no SLN via MATLAB.

Nas linhas de 1 a 3 são importadas as bibliotecas *Java* que serão utilizadas no programa. Nas linhas de 4 a 52 é feita a declaração e a programação da classe “carga_Banco_de_Dados_indice_gestao_ambiental”.

Nas linhas de 5 a 8 declaram-se as variáveis utilizadas dentro da classe. Nas linhas de 9 a 25 declaramos e construímos o primeiro método utilizado que é o da conexão com o SGBD *PostgreSQL*.

Na linha 11 é chamado o *driver* para a conexão com o SGBD *PostgreSQL*, na linha 13 caso o *driver* de conexão para o SGBD *PostgreSQL* não seja encontrado, será impressa uma mensagem de erro nas linhas 14 e 15.

Na linha 18 é aberta a conexão com o SGBD com a inclusão do banco de dados a ser acessado, o usuário que está acessando e sua respectiva senha. Caso aconteça algum erro de conexão, será apresentado através de uma impressão na linha 22.

Nas linhas de 26 a 51 declaramos e construímos o método “*main*” que é o método principal da classe, método esse que nas linhas 27 e 28 lê o arquivo de dados e carrega o seu conteúdo para uma variável local chamada “fonte”.

Na linha 31 é chamado o método de conexão com o SGBD *PostgreSQL* declarado acima. Entre as linhas 32 e 48 inicia-se o bloco de carga no SGBD dos dados lidos no arquivo para a importação.

Na linha 34 inicia-se uma condição de que enquanto existirem linhas a serem lidas com conteúdo, ou seja, diferente de vazio, o processo será continuado. Nas linhas 36 e 37 atribui-se à variável “insiraString” a instrução SQL com o conteúdo que será atualizado no SGBD e na linha 40 é executado o processo de atualização através do comando “executeUpdate”.

Caso a importação ocorra sem problemas, na linha 41 é incrementada a variável total que contabiliza quantos registros foram atualizados na tabela do SGBD, nas linhas 43 e 44 será fechada a conexão com o SGBD através do comando “close”, caso contrário, nas linhas 46 e 47 será impresso uma mensagem com o erro de exceção ocorrido.

Nas linhas 49 e 50 será fechada a conexão com o arquivo de dados utilizando novamente o comando “close” e impresso a quantidade de registros importados com sucesso.

```
1  import java.io.*;
2  import java.sql.*;
3  import java.lang.*;
4  class Carga_Banco_de_Dados_indice_gestao_ambiental {
5      static String userid="postgres", password = "xxxxx";
6      static String url = "jdbc:postgresql://localhost:5432/Meio_Ambiente";
7      static Statement stmt;
8      static Connection con;
9      public static Connection getConnection(){
10         try {
11         Class.forName("org.postgresql.Driver");
12         }
13         catch(java.lang.ClassNotFoundException e) {
14         System.err.print("ClassNotFoundException: ");
15         System.err.println(e.getMessage());
16         }
17         try {
18         con = DriverManager.getConnection(url,
19         userid, password);
20         }
21         catch(SQLException ex) {
22         System.err.println("SQLException: " + ex.getMessage());
23         }
24         return con;
25     }
26     public static void main(String[] args) throws IOException {
27     FileReader fonte = new FileReader("F:/Trabalho/Mestrado/Dissertacao/MatLab/simulink_PI/indicepi.prn");
28     BufferedReader arq = new BufferedReader(fonte);
29     String linha,insiraString;
30     Integer total = 0;
31     Connection con = getConnection();
32     try {
33         System.out.println("Aguarde inclusão sendo realizada.");
34         while ((linha = arq.readLine()) != null)
35         {
36         insiraString = " update dados_ma_dissertacao set ind_gestao_ambiental = '"+Double.parseDouble(linha.substring(8,14))+"' ";
37         insiraString += " where uf='"+Integer.parseInt(linha.substring(0,2))+"' and
38         substr(to_char(uf_munic,'0000000'),4,5)='"+linha.substring(2,7)+"' ";
39         stmt = con.createStatement();
40         stmt.executeUpdate(insiraString);
41         total++;
42         }
43     stmt.close();
44     con.close();
45     }
46     catch(SQLException ex) {
47     System.err.println("SQLException: " + ex.getMessage());
48     }
49     arq.close();
50     System.out.println(total);
51     }
52 }
```

Figura 23 – Programa de importação de dados para o SGBD.

Em um segundo processo, os programas onde foram feitos os cálculos de peso para cada instrumento de gestão ambiental nos municípios referindo-se, por exemplo, a variável “Instrumentos”, onde os dados a serem manipulados já se encontravam dentro do SGBD, foram implementados programas em *Java* chamando funções programadas em PL/pgSQL (Figura 24). PL/pgSQL é uma linguagem procedural armazenada no *PostgreSQL* (POSTGRESQL, 2010).

Esses programas possuem um processamento mais rápido, pois executam as funções que foram programadas dentro do SGBD e todo o processamento dos dados fica a cargo do SGBD, utilizando os recursos computacionais do servidor de banco de dados, normalmente computadores de maior porte, para processamentos de grande volumes de dados.

Da linha 1 até a linha 20 os procedimentos efetuados foram os mesmos do programa anterior referentes à linha 1 até a linha 25. Já no método “main” na linha 22, chama-se a conexão com o SGBD, na linha 25 atribui-se a uma variável chamada “proc”, qual a função será executada, no nosso caso a função “total_peso_instrumento” e na linha 26 registra o parâmetro, neste caso a função é sem parâmetro e na linha 27 iniciando a execução da *procedure*.

Em seguida nas linhas 28 e 29, caso o processamento tenha sido concluído com êxito, as conexões são encerradas. Caso contrário, na linha 32 será impressa a mensagem do erro ocorrido.

```
1  import java.io.*;
2  import java.sql.*;
3  class Carga_Total_peso_instrumentos_dissertacao {
4      static String userid="postgres", password = "271067af";
5      static String url = "jdbc:postgresql://localhost:5432/Meio_Ambiente";
6      static Statement stmt;
7      static Connection con;
8      public static Connection getConnection(){
9          try {
10         Class.forName("org.postgresql.Driver"); }
11         catch(java.lang.ClassNotFoundException e) {
12         System.err.print("ClassNotFoundException: ");
13         System.err.println(e.getMessage());     }
14         try {
15         con = DriverManager.getConnection(url,
16         userid, password);      }
17         catch(SQLException ex) {
18         System.err.println("SQLException: " + ex.getMessage());     }
19         return con;
20     }
21     public static void main(String[] args) throws IOException {
22     Connection con = getConnection();
23     try {
24         System.out.println("Aguarde atualização sendo realizada.");
25         CallableStatement proc = con.prepareCall("{ ? = call total_peso_instrumentos() }");
26         proc.registerOutParameter(1, Types.OTHER);
27         proc.execute();
28         proc.close();
29         con.close();
30     }
31     catch(SQLException ex) {
32     System.err.println("SQLException: " + ex.getMessage());
33     }
34     }
35 }
```

Figura 24 – Programa em *Java* que chama a função total_peso_instrumento no SGBD.

Na figura 25, a implementação da função “total_peso_instrumentos” programada em PL/pgSQL gravada na área de funções dentro do SGBD *PostgreSQL*.

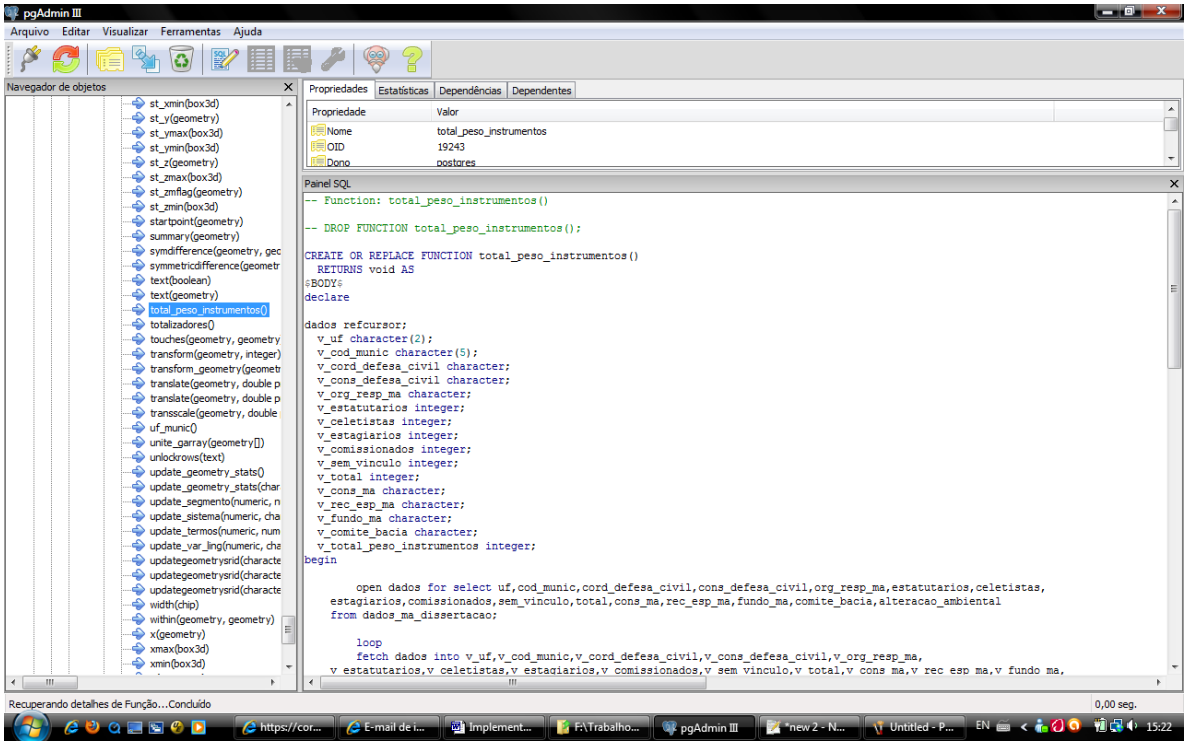


Figura 25 – Função total_peso_instrumento programada em PL/pgSQL.

Na figura 26 mostramos a estrutura de programação de uma função em PL/pgSQL chamada “uf_munic”, que foi utilizada para a atualização do campo chamado “uf_munic” na tabela “dados_ma_dissertação”, que indicará a identificação do estado em conjunto com a identificação do município, formado da concatenação dos campos “uf” e “cod_munic”.

Na linha 1 define-se a criação ou regravação de uma função chamada “uf_munic”. Entre as linhas 3 e 7 define-se as variáveis de ambiente que serão utilizadas. Na linha 8 abre-se um cursor de uma instrução “*select*”. Na linha 10 faz-se esse cursor executar um *loop* percorrendo todo o seu conteúdo e atribuindo o valor do conteúdo encontrado em duas variáveis, “v_uf” e “v_cod_munic”, na linha 11. Na linha 12 recebe a instrução de sair do *loop* quando o cursor atingir a última linha. Na linha 13 atribui-se à variável “v_uf_munic” a concatenação dos valores selecionados na instrução “*select*” e nas linhas 14 e 15 executando a atualização no novo campo da tabela. Na linha 18 é indicado a linguagem que está sendo utilizada, no caso PL/pgSQL.

```
create or replace function uf_munic() returns void
as '
declare
dados refcursor;
  v_uf character(2);
  v_cod_munic character(5);
  v_uf_munic int8;
begin
    open dados for select uf,cod_munic from dados_ma_dissertacao;
    loop
    fetch dados into v_uf,v_cod_munic;
    exit when not found;
    v_uf_munic = to_number(v_uf||to_char(to_number(v_cod_munic,''00000''),''00000''),''9999999'');
    update dados_ma_dissertacao set uf_munic = v_uf_munic
    where uf = v_uf and cod_munic = v_cod_munic;
    end loop;
end;'
language 'plpgsql';
```

Figura 26 – Estrutura de uma função chamada uf_munic em PL/pgSQL.

3.4 **Sistema *WEB***

Com o processamento via MATLAB e os dados atualizados no SGBD, o objetivo agora é a visualização e análise dos resultados obtidos. Foi construído um sistema *web* de consulta aos resultados obtidos. Tal sistema possibilitará a visualização de duas formas:

- Valores Alfanuméricos – Tabelas
- Espaciais – Mapas temáticos

A escolha de uma das opções acima citada se dará através de uma tela principal do sistema, desenvolvida em HTML, JSP e *JavaScript*, e armazenada em um servidor *TomCat*. Possui duas opções de escolha através dos botões “Visualizar dados” e “Visualizar mapas” (Figura 27).

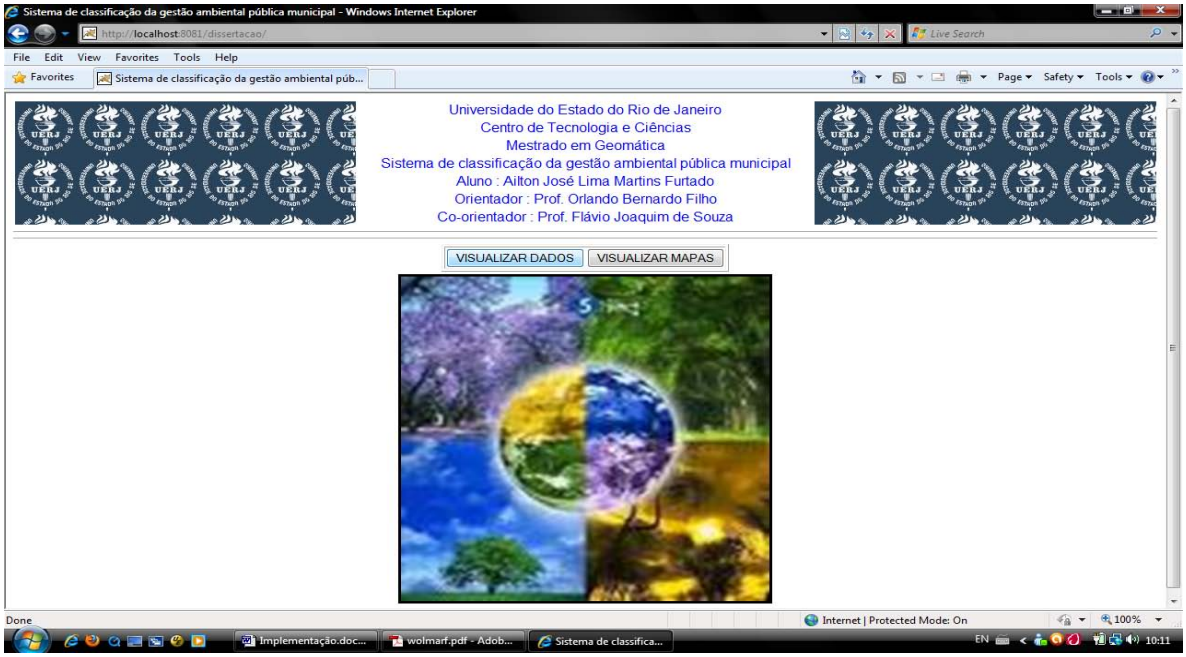


Figura 27 – Sistema *web* para escolha da análise dos resultados.

Ao escolher pela opção de analisar os valores alfanuméricos, foi implementada uma tela com a possibilidade de escolha dos três estados escolhidos para esse trabalho, Minas Gerais, Piauí e Rio de Janeiro, através de um menu principal. Escolhido o estado a ser analisado, será oferecido um *submenu* com as opções de analisar os resultados do estado ou escolher uma das regiões que o estado possui para análise (Figura 28).

Os resultados no formato de tabela foram implementados como mostra a figura 29 e exibirão os seguintes campos:

- Cod_uf_munic – Identificador da uf e código do município
- Nome Município
- Região Estado
- Problemas – Variável lingüística de entrada Problemas
- Instrumentos – Variável lingüística de entrada Instrumentos
- IDH – Variável lingüística de entrada Índice de Desenvolvimento Humano
- Ind. Problemas – Resultados obtidos do módulo Gestão dos problemas.
- Ind. Instrumentos – Resultados obtidos do módulo Gestão dos Instrumentos.
- Ind. Gestão Ambiental – Resultados obtidos do módulo Classificação da Gestão Ambiental.

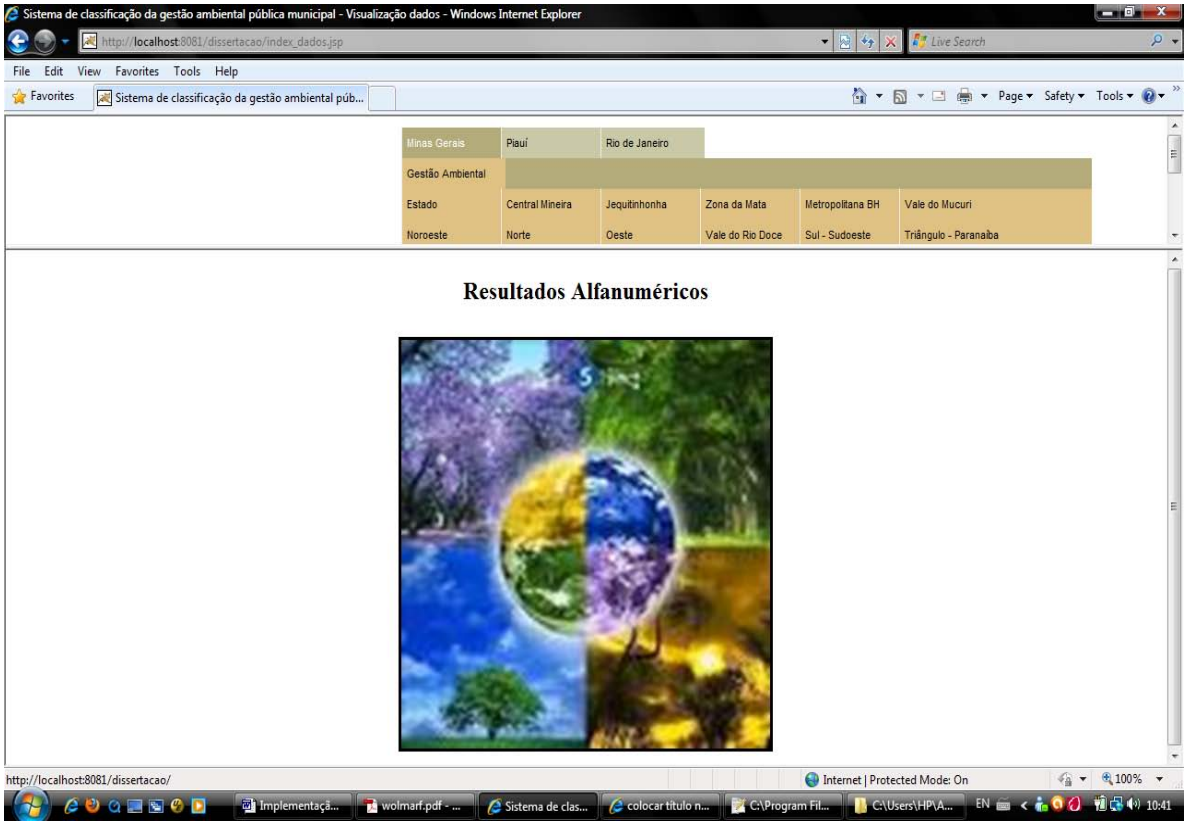
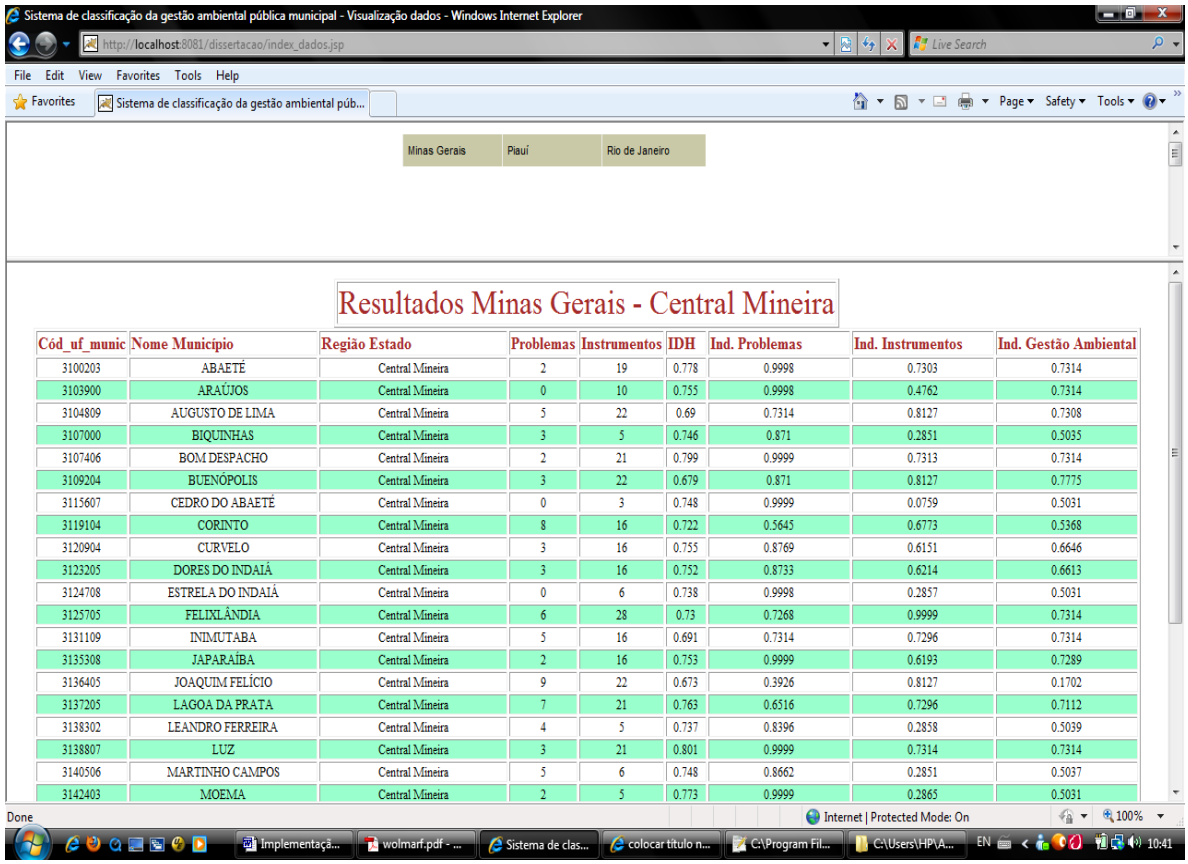


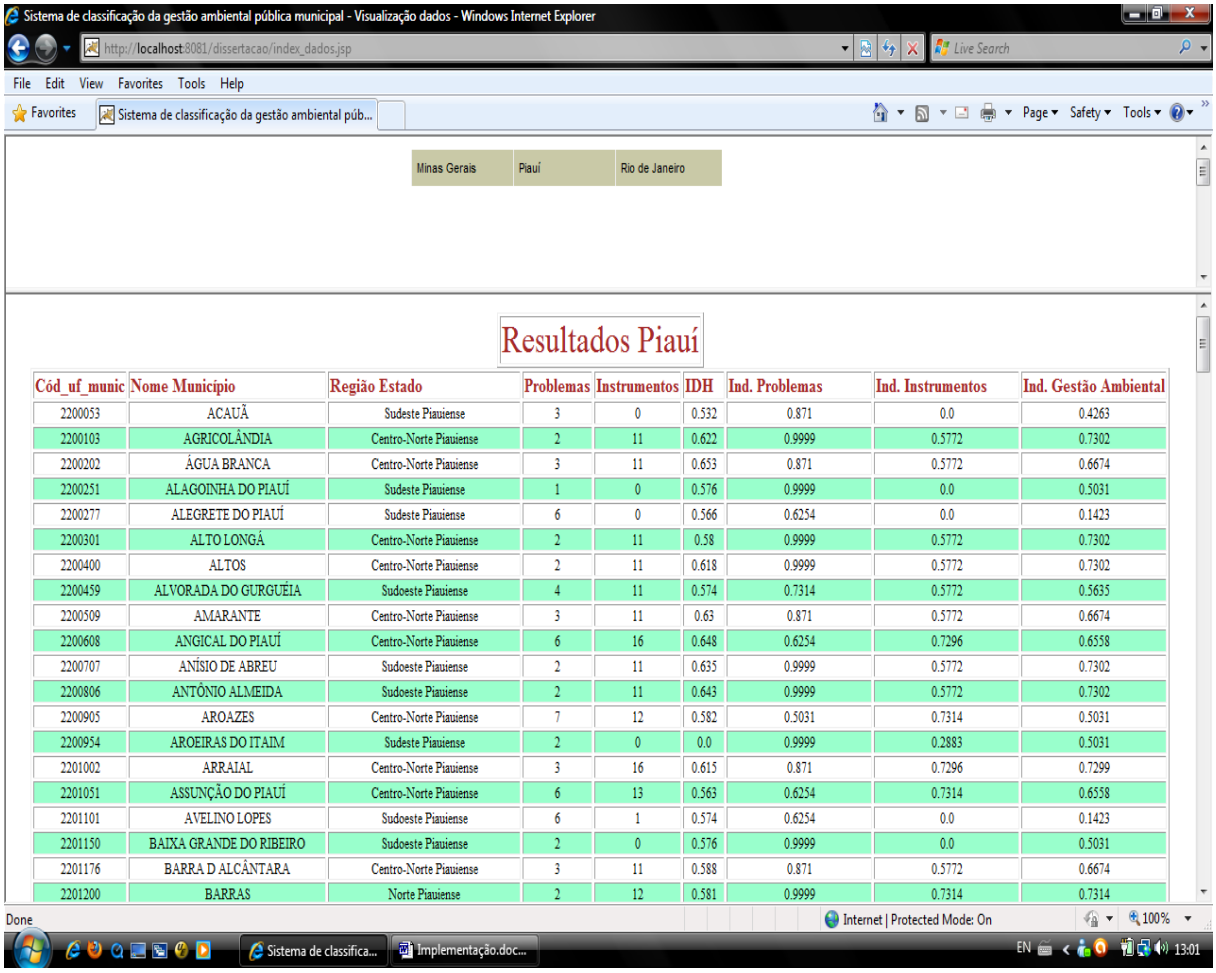
Figura 28 – Tela para a escolha de uma região dos resultados alfanuméricos.



Cód_uf_munic	Nome Município	Região Estado	Problemas	Instrumentos	IDH	Ind. Problemas	Ind. Instrumentos	Ind. Gestão Ambiental
3100203	ABAETÉ	Central Mineira	2	19	0.778	0.9998	0.7303	0.7314
3103900	ARAÚJOS	Central Mineira	0	10	0.755	0.9998	0.4762	0.7314
3104809	AUGUSTO DE LIMA	Central Mineira	5	22	0.69	0.7314	0.8127	0.7308
3107000	BIQUINHAS	Central Mineira	3	5	0.746	0.871	0.2851	0.5035
3107406	BOM DESPACHO	Central Mineira	2	21	0.799	0.9999	0.7313	0.7314
3109204	BUENÓPOLIS	Central Mineira	3	22	0.679	0.871	0.8127	0.7775
3115607	CEDRO DO ABAETÉ	Central Mineira	0	3	0.748	0.9999	0.0759	0.5031
3119104	CORINTO	Central Mineira	8	16	0.722	0.5645	0.6773	0.5368
3120904	CURVELO	Central Mineira	3	16	0.755	0.8769	0.6151	0.6646
3123205	DORES DO INDAIÁ	Central Mineira	3	16	0.752	0.8733	0.6214	0.6613
3124708	ESTRELA DO INDAIÁ	Central Mineira	0	6	0.738	0.9998	0.2857	0.5031
3125705	FELIXLÂNDIA	Central Mineira	6	28	0.73	0.7268	0.9999	0.7314
3131109	INIMUTABA	Central Mineira	5	16	0.691	0.7314	0.7296	0.7314
3135308	JAPARAÍBA	Central Mineira	2	16	0.753	0.9999	0.6193	0.7289
3136405	JOAQUIM FELÍCIO	Central Mineira	9	22	0.673	0.3926	0.8127	0.1702
3137205	LAGOA DA PRATA	Central Mineira	7	21	0.763	0.6516	0.7296	0.7112
3138302	LEANDRO FERREIRA	Central Mineira	4	5	0.737	0.8396	0.2858	0.5039
3138807	LUZ	Central Mineira	3	21	0.801	0.9999	0.7314	0.7314
3140506	MARTINHO CAMPOS	Central Mineira	5	6	0.748	0.8662	0.2851	0.5037
3142403	MOEMA	Central Mineira	2	5	0.773	0.9999	0.2865	0.5031

Figura 29 – Formato tabela dos resultados alfanuméricos de uma região escolhida.

A figura 30 mostra uma implementação onde a escolha do usuário foi pela visualização dos resultados do estado, e não uma região específica do mesmo.



Cód_uf_munic	Nome Município	Região Estado	Problemas	Instrumentos	IDH	Ind. Problemas	Ind. Instrumentos	Ind. Gestão Ambiental
2200053	ACAUÃ	Sudeste Piauiense	3	0	0.532	0.871	0.0	0.4263
2200103	AGRICOLÂNDIA	Centro-Norte Piauiense	2	11	0.622	0.9999	0.5772	0.7302
2200202	ÁGUA BRANCA	Centro-Norte Piauiense	3	11	0.653	0.871	0.5772	0.6674
2200251	ALAGOINHA DO PIAUÍ	Sudeste Piauiense	1	0	0.576	0.9999	0.0	0.5031
2200277	ALEGRETE DO PIAUÍ	Sudeste Piauiense	6	0	0.566	0.6254	0.0	0.1423
2200301	ALTO LONGÁ	Centro-Norte Piauiense	2	11	0.58	0.9999	0.5772	0.7302
2200400	ALTOS	Centro-Norte Piauiense	2	11	0.618	0.9999	0.5772	0.7302
2200459	ALVORADA DO GURGUÉIA	Sudoeste Piauiense	4	11	0.574	0.7314	0.5772	0.5635
2200509	AMARANTE	Centro-Norte Piauiense	3	11	0.63	0.871	0.5772	0.6674
2200608	ANGICAL DO PIAUÍ	Centro-Norte Piauiense	6	16	0.648	0.6254	0.7296	0.6558
2200707	ANÍSIO DE ABREU	Sudoeste Piauiense	2	11	0.635	0.9999	0.5772	0.7302
2200806	ANTÔNIO ALMEIDA	Sudoeste Piauiense	2	11	0.643	0.9999	0.5772	0.7302
2200905	AROAZES	Centro-Norte Piauiense	7	12	0.582	0.5031	0.7314	0.5031
2200954	AROEIRAS DO ITAIM	Sudeste Piauiense	2	0	0.0	0.9999	0.2883	0.5031
2201002	ARRAIAL	Centro-Norte Piauiense	3	16	0.615	0.871	0.7296	0.7299
2201051	ASSUNÇÃO DO PIAUÍ	Centro-Norte Piauiense	6	13	0.563	0.6254	0.7314	0.6558
2201101	AVELINO LOPES	Sudoeste Piauiense	6	1	0.574	0.6254	0.0	0.1423
2201150	BAIXA GRANDE DO RIBEIRO	Sudoeste Piauiense	2	0	0.576	0.9999	0.0	0.5031
2201176	BARRA D ALCÂNTARA	Centro-Norte Piauiense	3	11	0.588	0.871	0.5772	0.6674
2201200	BARRAS	Norte Piauiense	2	12	0.581	0.9999	0.7314	0.7314

Figura 30 – Formato tabela dos resultados alfanuméricos de um estado escolhido.

Para a escolha pela opção de analisar os valores espaciais (mapas), foi implementado uma tela com a possibilidade de escolha de um dos três estados pesquisados nesse trabalho, Minas Gerais, Piauí ou Rio de Janeiro. Uma diferença em relação à opção anterior, “Visualizar Dados”, é a possibilidade de analisar separadamente os resultados dos módulos “Gestão Instrumentos” (SLN1), “Gestão Problemas” (SLN2) e “Classificação da Gestão Ambiental” (SLN3), ou seja, visualizar os mapas de cada um dos temas citados acima no âmbito do estado todo ou uma região do estado escolhida (Figura 31). Na opção anterior, “Visualizar Dados” não se disponibilizou essa forma de análise individualizada de cada módulo do SLN, todos os resultados de cada módulo do SLN encontram-se reunidos em uma única tela da análise escolhida.

Figura 31 – Tela para a escolha de uma região dos resultados espaciais (mapas).

A implementação apresentada no mapa (Figura 32), mostra que a escolha do usuário foi pela visualização do índice da gestão dos problemas ambientais municipais dos estados de Minas Gerais, ou seja, como os municípios estão gerindo os seus problemas ambientais.

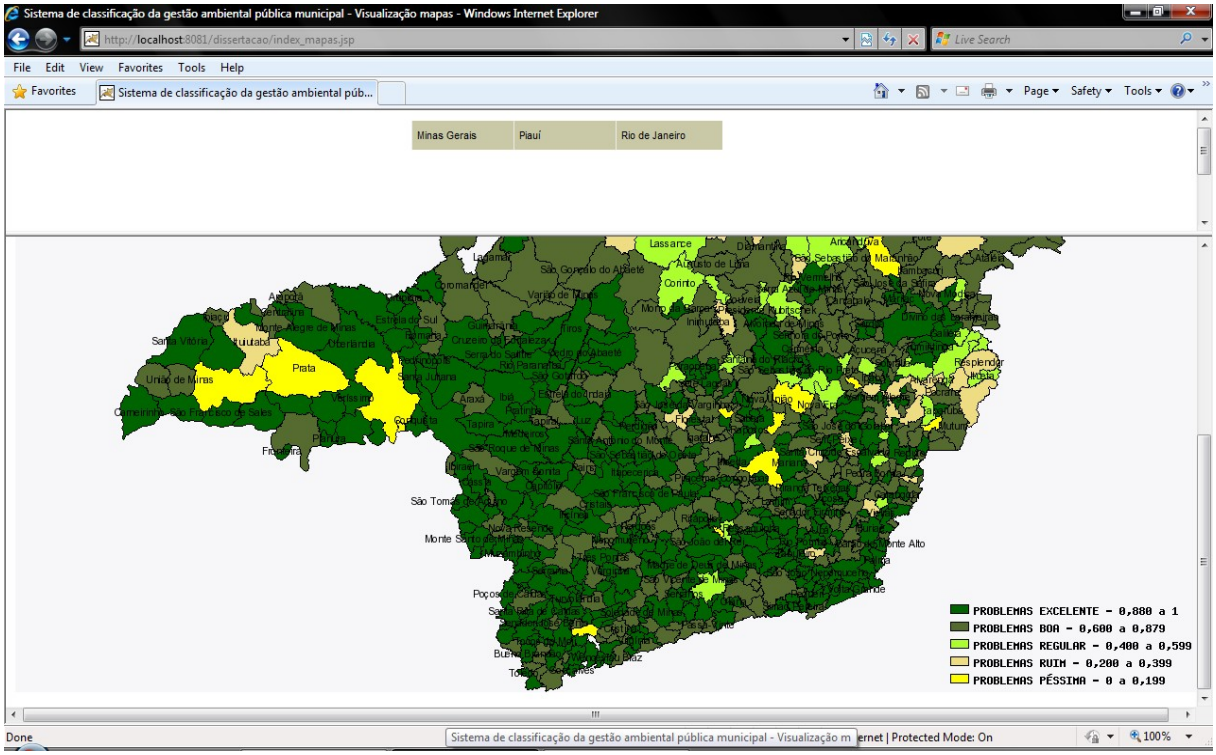


Figura 32 – Tela de resultados espaciais (mapas) da Gestão Problemas de Minas Gerais.

A implementação apresentada no mapa (Figura 33), mostra que o usuário escolheu a região “Centro” do estado do Rio de Janeiro para visualizar e analisar o seu índice da gestão ambiental municipal (**Gestão Excelente – 0,880 a 1**, **Gestão Boa – 0,600 a 0,879**, **Gestão Regular – 0,400 a 0,599**, **Gestão Ruim – 0,200 a 0,399** e **Gestão Péssima – 0 a 0,199**).

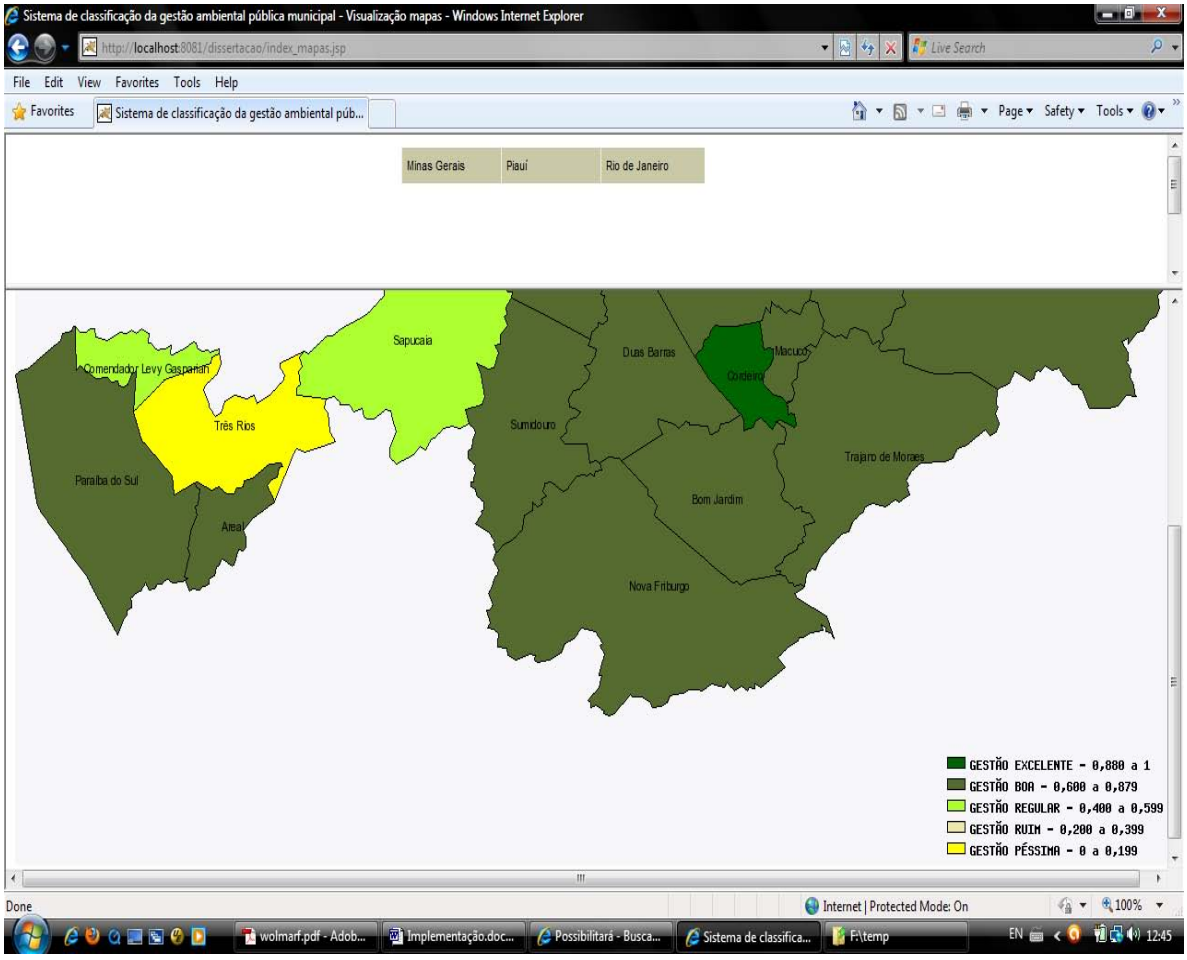


Figura 33 – Tela de resultados espaciais (mapas) da Gestão Ambiental da região centro do estado do Rio de Janeiro.

4 ESTUDO DE CASOS

4.1 Introdução

Como mencionado anteriormente, a área de estudo desse trabalho são os estados de Minas Gerais, Piauí e Rio de Janeiro e um primeiro caso de estudo estabelecido para demonstração dos resultados obtidos será a análise de até três municípios, escolhidos aleatoriamente, por índice de classificação da gestão ambiental, ou seja, para o índice **"Péssimo"** escolheremos um município de cada estado e os analisaremos individualmente, até atingirmos os municípios que obtiveram o melhor índice da classificação que é o índice **"Excelente"**.

O segundo e terceiro casos analisados serão de uma região escolhida, a Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro, e um estado, Piauí (os mapas resultados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro encontram-se no Apêndice D), ou seja, quais foram os resultados obtidos pela região e pelo estado escolhido nesse estudo.

4.2 Análise individual dos municípios

Iniciaremos com a análise dos municípios que atingiram o menor índice da gestão ambiental, **"Péssimo"** (Figura 34). Iremos mostrar quais os motivos levaram os municípios a atingir tal índice, e os municípios escolhidos para o estudo com a classificação **"Péssimo"** foram Buritizeiros em Minas Gerais, São João da Barra no Rio de Janeiro e Uruçuí no Piauí.

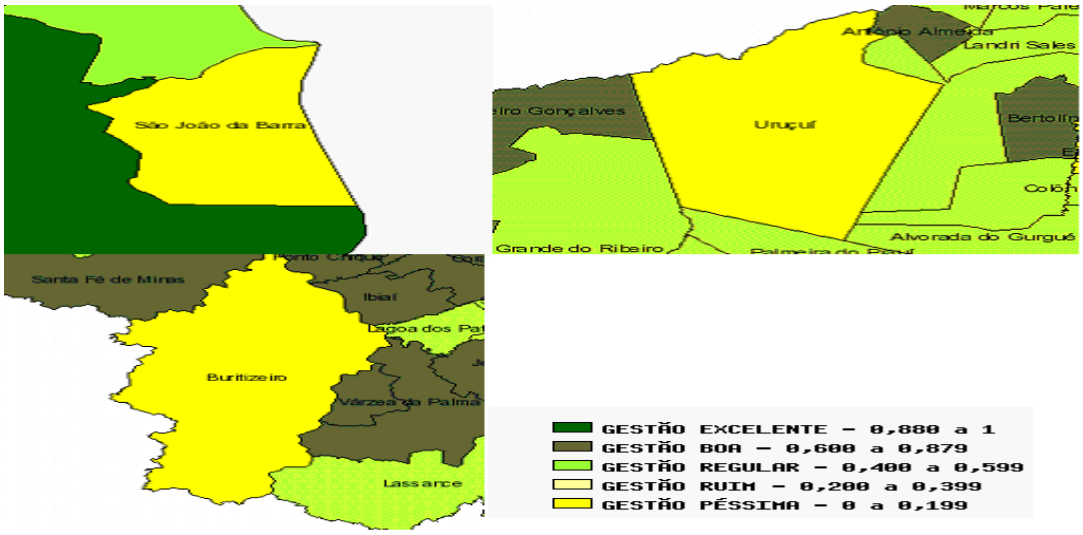


Figura 34 – Municípios com o índice de gestão ambiental **"Péssimo"**.

No município de Buritizeiro em Minas Gerais, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 11 problemas que é um índice **“Ruim”** e possui um IDH com o valor de 0,659, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,2883 gerando um índice da gestão de problemas **“Ruim”,** mostrando que o município não está conseguindo gerir os seus problemas ambientais com a satisfação necessária. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 06 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Ruim”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,2883, índice **“Ruim”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que o município não possui um número de instrumentos satisfatório. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Buritizeiros atingiu o valor de 0,0, índice **“Péssimo”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 8).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu somente a regra 19 que é “**Se Gestão_de_instrumentos (primeira coluna em amarelo) é Ruim e Gestão_de_problemas (segunda coluna em amarelo) é Ruim então Gestão_Ambiental (terceira coluna em azul) é Péssima**”. Esse resultado e os subseqüentes foram obtidos com a utilização do método de COA (*Centroid*) que é um dos métodos mais utilizados para calcular o centro de gravidade dos conjuntos *fuzzy*, Souza (2009), e mostra que o município de Buritizeiros não conseguiu gerir tanto os seus problemas ambientais como a sua gestão instrumental de forma mínima satisfatória, resultando no índice **“Péssimo”** na gestão ambiental (Figura 35).

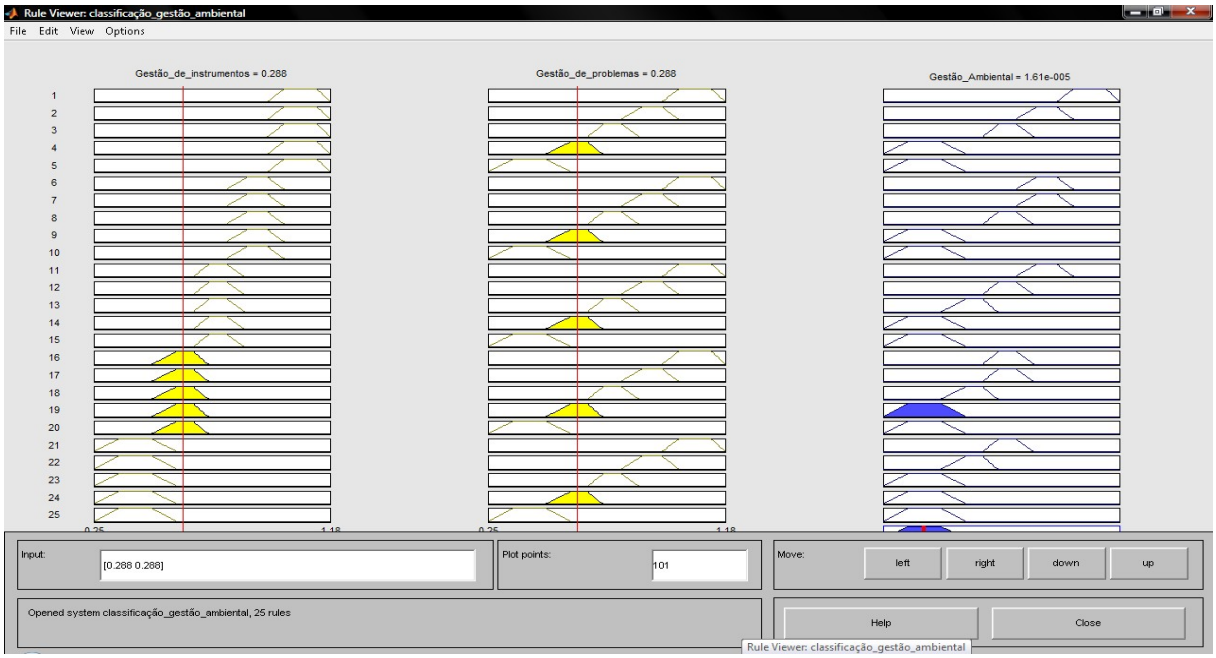


Figura 35 – Regras atingidas pelo município de Buritizeiros no SLN.

No município de São João da Barra no Rio de Janeiro, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 09 problemas que é um índice **“Ruim”** e possui um IDH com o valor de 0,723, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,3494 gerando um índice da gestão de problemas **“Ruim”** que mostra que o município não está conseguindo gerir os seus problemas ambientais com a satisfação necessária. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 22 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Bom”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,8127, índice **“Bom”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que o município possui um número de instrumentos satisfatório. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, São João da Barra atingiu o valor de 0,0, índice **“Péssimo”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 8).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu 02 regras, a 4 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Excelente e Gestão_de_problemas é Ruim então Gestão_Ambiental é Péssima”** e a 9 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Ruim então Gestão_Ambiental é Péssima**”, devido o índice da gestão de instrumentos ter atingido a interseção da passagem dos índices entre **“Bom”** e **“Excelente”** (Figura 36). Esse resultado mostra que o município de São João da Barra não conseguiu gerir os seus problemas ambientais com a mínima satisfação, mesmo tendo uma sua gestão instrumental de índice **“Bom”**, resultando no índice **“Péssimo”** na gestão ambiental.

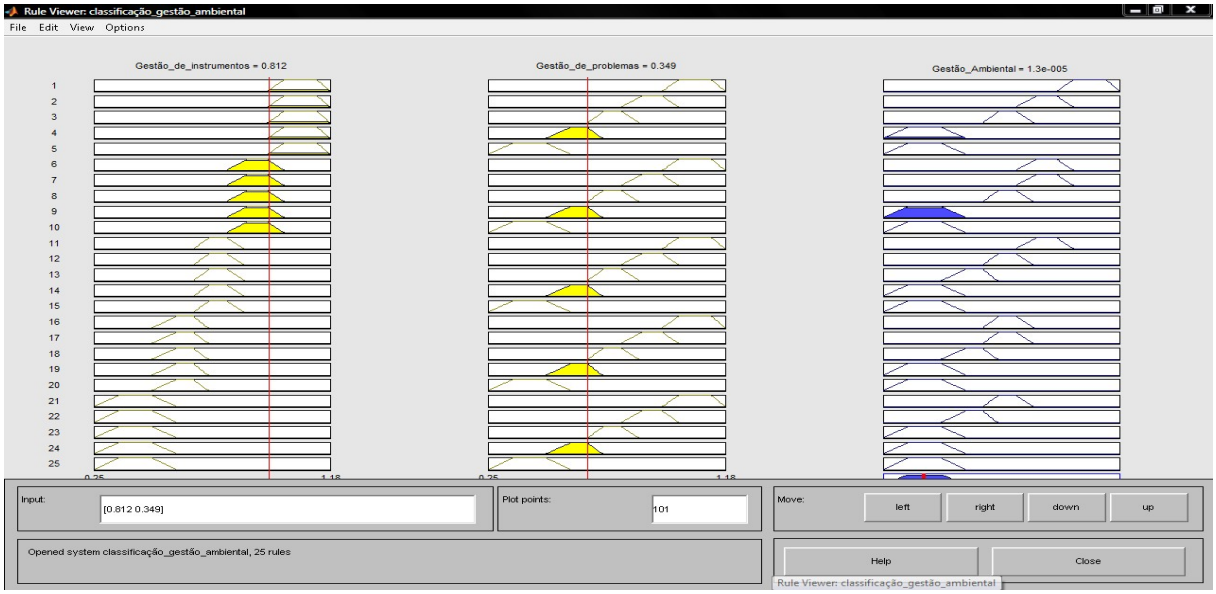


Figura 36 – Regras atingidas pelo município de São João da Barra no SLN.

No município de Uruçuí no Piauí, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 11 problemas que é um índice **“Ruim”** e possui um IDH com o valor de 0,623, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,2883 gerando um índice da gestão de problemas **“Ruim”** que mostra que o município não está conseguindo gerir os seus problemas ambientais com a satisfação necessária. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 14 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Regular”** e como um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,7314, índice **“Bom”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que o município possui um número de instrumentos satisfatório. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Uruçuí atingiu o valor de 0,0, índice **“Péssimo”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 8).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu a 9 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Ruim então Gestão_Ambiental é Péssima**” (Figura 37). Esse resultado mostra que o município de Uruçuí segue o exemplo de São João da Barra, não conseguiu gerir os seus problemas ambientais mesmo tendo uma sua gestão instrumental de índice **“Bom”**, resultando no índice **“Péssimo”** na gestão ambiental.

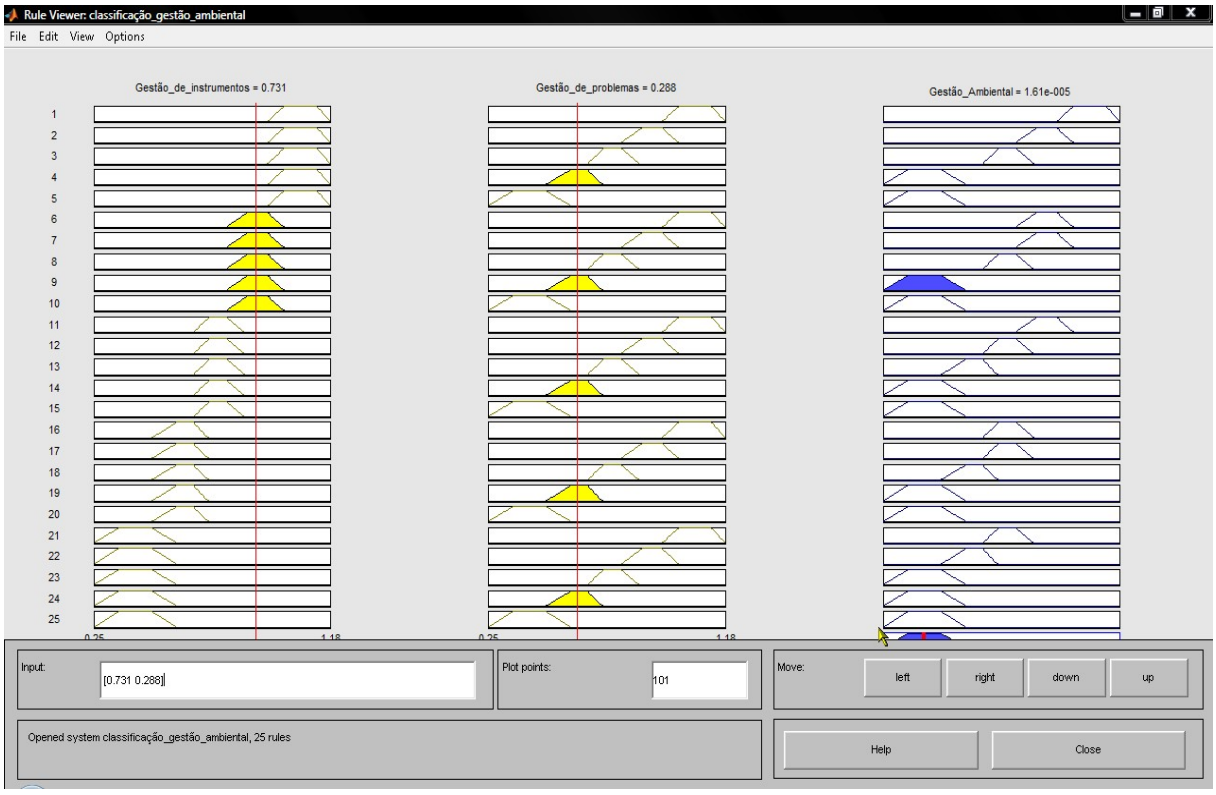


Figura 37 – Regras atingidas pelo município de Uruçuí no SLN.

Tabela 8 – Resultado de valor **“Péssimo”** do indicador da gestão ambiental.

ESTADO	UF_MUNIC	MUNICÍPIO	PROBLEMAS	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	ÍNDICE	IDH	ÍNDICE	G. PROBLEMAS	ÍNDICE	G. INSTRUMENTOS	ÍNDICE	G. AMBIENTAL	ÍNDICE
MG	3109402	BURITIZEIRO	11	Ruim	6	Ruim	0.659	Médio	0.2883	Ruim	0.2883	Ruim	0.0	Péssimo
RJ	3305000	SÃO JOÃO DA BARRA	9	Ruim	22	Bom	0.723	Médio	0.3494	Ruim	0.8127	Bom	0.0	Péssimo
PI	2211209	URUÇUÍ	11	Ruim	14	Regular	0.623	Médio	0.2883	Ruim	0.7314	Bom	0.0	Péssimo

A próxima análise individual dos municípios será os que atingiram o índice da gestão ambiental **“Ruim”** (Figura 38). Iremos mostrar quais os motivos levaram os municípios a atingirem tal índice, e os municípios escolhidos para o estudo com a classificação **“Ruim”** foram Medina em Minas Gerais e Paulistana no Piauí. No estado do Rio de Janeiro nenhum município atingiu esse índice.

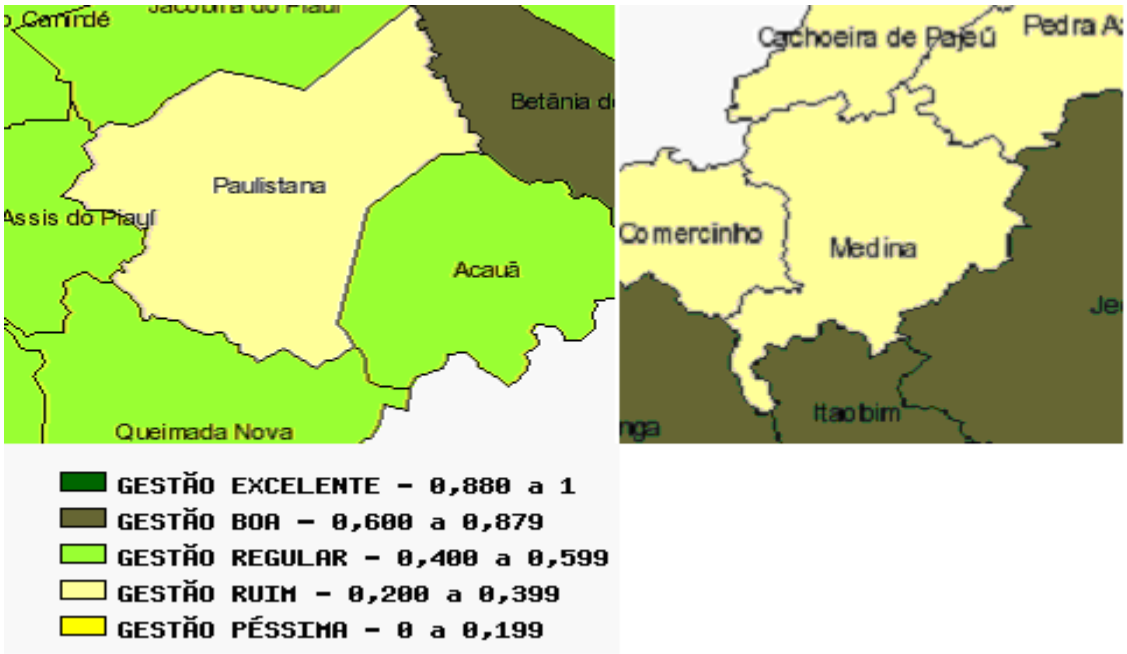


Figura 38 – Municípios com o índice de gestão ambiental **“Ruim”**.

No município de Medina em Minas Gerais, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 04 problemas que é um índice **“Bom”** e possui um IDH com o valor de 0,645, índice **“Médio”** e isso o fez atingir um valor de 0,7314 gerando um índice da gestão de problemas **“Bom”** que mostra que o município está conseguindo gerir os seus problemas ambientais com a satisfação necessária. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 02 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Péssimo”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,0, índice **“Péssimo”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que o município não possui

um número mínimo de instrumentos de gestão satisfatório. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Medina atingiu o valor de 0,2883, índice **"Ruim"** em um universo de 0 a 1 (Tabela 9).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu somente a regra 22 que é "**Se Gestão_de_instrumentos é Péssimo e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Ruim**" (Figura 39). Esse resultado mostra que o município de Medina conseguiu gerir os seus problemas ambientais, mas não a sua gestão instrumental de forma satisfatória, quase não existe instrumentos de gestão ambiental no município, sem uma visão pró-ativa na gestão de instrumentos para programar ações que possam evitar possíveis problemas que venham a acontecer no futuro, resultando no índice **"Ruim"** na gestão ambiental.

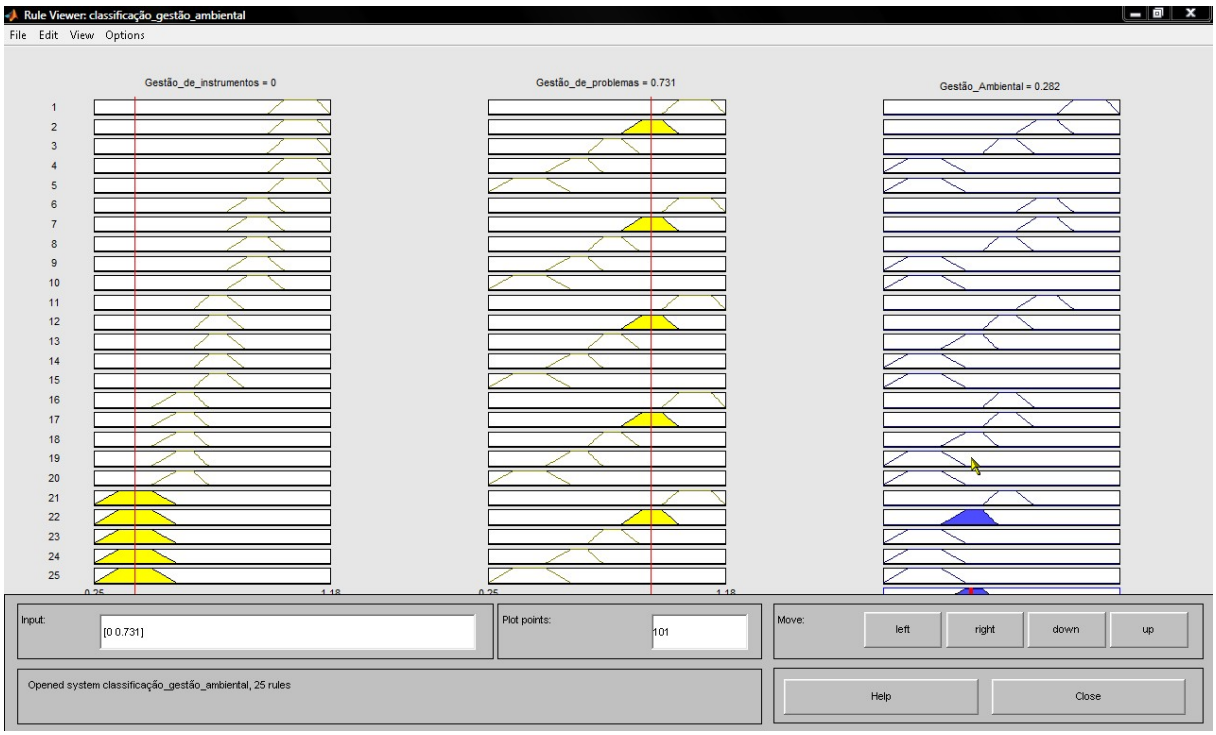


Figura 39 – Regras atingidas pelo município de Medina no SLN.

No município de Paulistana no Piauí, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 07 problemas que é um índice **"Regular"** e possui um IDH com o valor de 0,605, índice **"Médio**" e isso o fez atingir um valor de 0,5031 gerando um índice da gestão de problemas **"Regular"** que mostra que no município existe alguma gerência dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 11

no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Regular”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,5772, índice **“Regular”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município existe alguma gestão de instrumentos. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Paulistana atingiu o valor de 0,3308, índice **“Ruim”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 9).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu 02 regras, a 8 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Regular então Gestão_Ambiental é Regular** e a 13 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Regular e Gestão_de_problemas é Regular então Gestão_Ambiental é Ruim**”, devido o índice da gestão de instrumentos ter atingido a interseção da passagem dos índices entre **“Regular”** e **“Bom”** (Figura 40). O resultado do município de Paulistana tende para pouco controle tanto dos seus problemas ambientais quanto da gestão instrumental, resultando no índice **“Ruim”** na gestão ambiental.

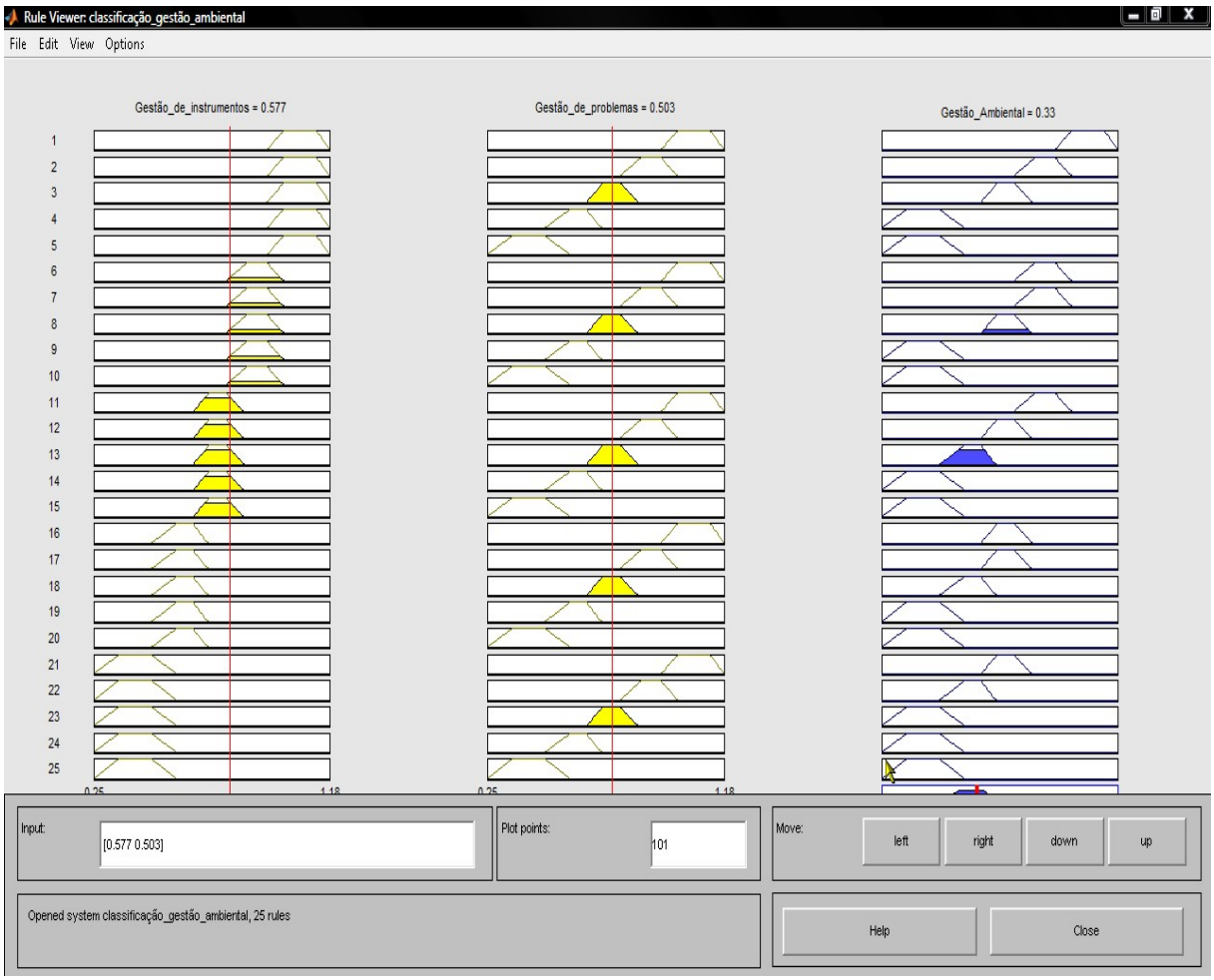


Figura 40 – Regras atingidas pelo município de Paulistana no SLN.

Tabela 9 – Resultado de valor **“Ruim”** do indicador da gestão ambiental.

ESTADO	UF_MUNIC	MUNICÍPIO	PROBLEMAS	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	ÍNDICE	IDH	ÍNDICE	G. PROBLEMAS	ÍNDICE	G. INSTRUMENTOS	ÍNDICE	G. AMBIENTAL	ÍNDICE
MG	3141405	MEDINA	4	Bom	2	Péssimo	0.645	Médio	0.7314	Bom	0.0	Péssimo	0.2823	Ruim
PI	2207801	PAULISTANA	7	Regular	11	Regular	0.605	Médio	0.5031	Regular	0.5772	Regular	0.3308	Ruim

A próxima análise individual dos municípios será os que atingiram o índice da gestão ambiental **“Regular”** (Figura 41). Iremos mostrar quais os motivos levaram os municípios a atingirem tal índice, e os municípios escolhidos para o estudo com a classificação **“Regular”** foram Corinto em Minas Gerais, Marica no Rio de Janeiro e Domingos Mourão no Piauí.

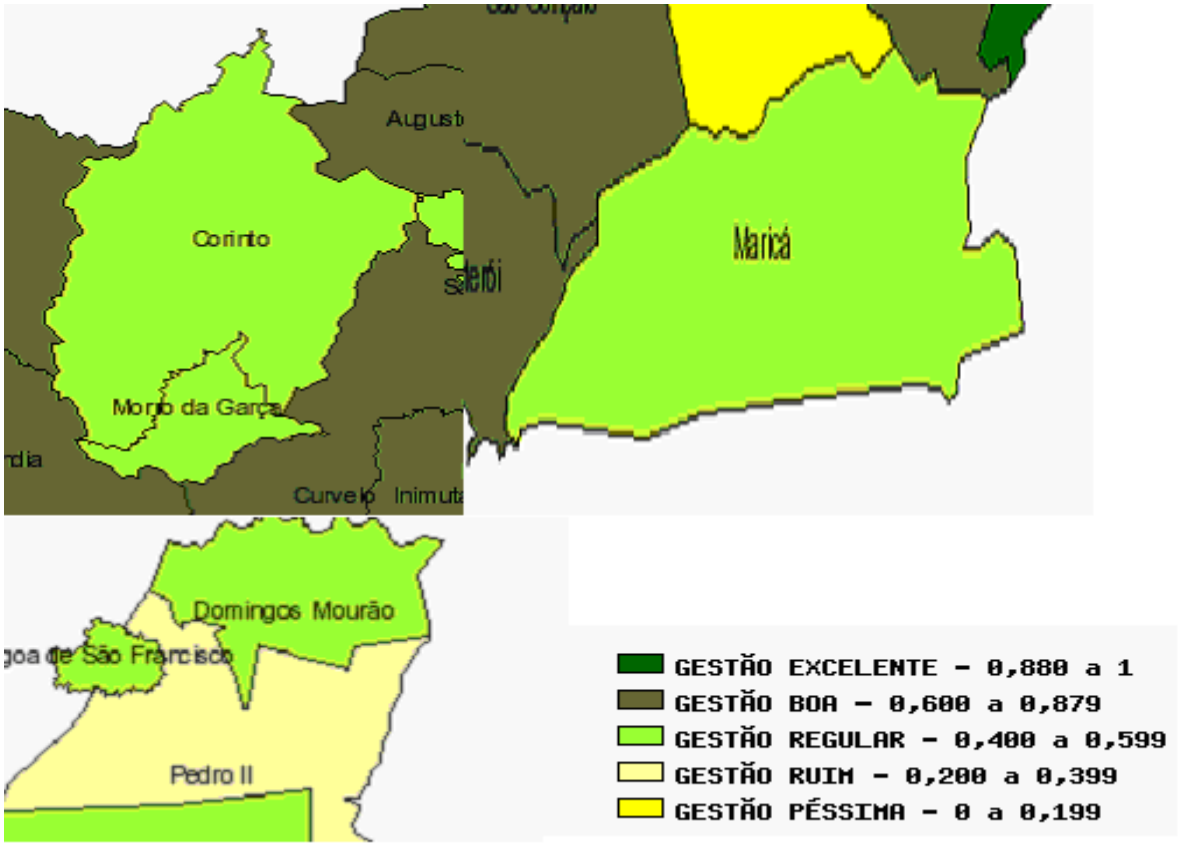


Figura 41 – Municípios com o índice de gestão ambiental **“Regular”**.

No município de Maricá no Rio de Janeiro, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 07 problemas que é um índice **“Regular”** e possui um IDH com o valor de 0,786, índice **“Médio”** e isso o fez atingir um valor de 0,6991 gerando um índice da gestão de problemas **“Bom”** que mostra que no município existe uma boa gerência dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o

valor 13 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Regular”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,544, índice **“Regular”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município a gestão de instrumentos ainda deixa a desejar. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Maricá atingiu o valor de 0,5031, índice **“Regular”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 10).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu somente a regra 8 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Regular e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Regular** (Figura 42). O resultado do município de Maricá caminha para o equilíbrio entre o controle dos seus problemas ambientais quanto da gestão instrumental, mas ainda faltando uma melhor gestão de instrumentos que poderá ser útil no planejamento de ações da gestão ambiental , resultando no índice **“Regular”** na gestão ambiental.

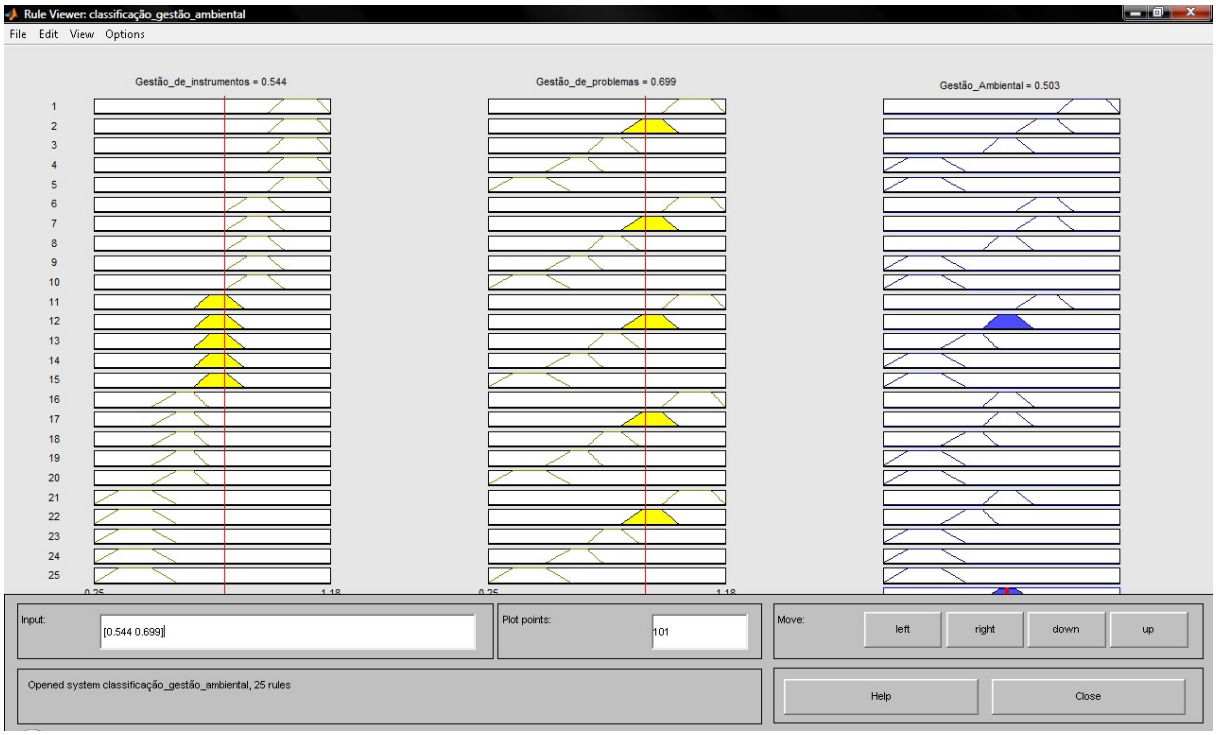


Figura 42 – Regras atingidas pelo município de Maricá no SLN.

No município de Corinto em Minas Gerais, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 08 problemas que é um índice **“Regular”** e possui um IDH com o valor de 0,722, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,5645 gerando um índice da gestão de problemas **“Regular”** que mostra que no município ainda falta uma boa

gerência dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 16 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Regular”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,6773, índice **“Bom”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município existe uma boa gestão de instrumentos. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Corinto atingiu o valor de 0,5368, índice **“Regular”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 10).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu 02 regras, a 7 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Bom**” e a 8 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Regular então Gestão_Ambiental é Regular**”, devido o índice da gestão de problemas ter atingido a interseção da passagem dos índices entre **“Regular”** e **“Bom”** (Figura 43). O resultado do município de Corinto mostra a necessidade de um melhor controle dos seus problemas ambientais mesmo tendo uma boa gestão instrumental, resultando no índice **“Regular”** na gestão ambiental.

Figura 43 – Regras atingidas pelo município de Corinto no SLN.

No município de Domingos Mourão no Piauí, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 05 problemas que é um índice **“Bom”** e possui um IDH com o

valor de 0,546, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,7314 gerando um índice da gestão de problemas **“Bom”** que mostra que no município tem uma boa gerência dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 11 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Regular”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,5772, índice **“Regular”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município a gestão de instrumentos ainda não atingiu o desejável. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Domingos Mourão atingiu o valor de 0,5635, índice **“Regular”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 10).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu 02 regras, a 7 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Bom**” e a 12 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Regular e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Regular**”, devido o índice da gestão de instrumentos ter atingido a interseção da passagem dos índices entre **“Regular”** e **“Bom”** (Figura 44). O resultado do município de Domingos Mourão possui um bom controle dos seus problemas ambientais, mas uma gestão instrumental ainda fora do desejável, mostrando pouco possibilidade de ações pró-ativas em futuras ações preventivas contra problemas ambientais, resultando no índice **“Regular”** na gestão ambiental.

Figura 44 – Regras atingidas pelo município de Domingos Mourão no SLN.

Tabela 10 – Resultado de valor **“Regular”** do indicador da gestão ambiental.

ESTADO	UF_MUNIC	MUNICÍPIO	PROBLEMAS	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	ÍNDICE	IDH	ÍNDICE	G. PROBLEMAS	ÍNDICE	G. INSTRUMENTOS	ÍNDICE	G. AMBIENTAL	ÍNDICE
RJ	3302700	MARICÁ	7	Regular	13	Regular	0.786	Médio	0.6991	Bom	0.544	Regular	0.5031	Regular
MG	3119104	CORINTO	8	Regular	16	Regular	0.722	Médio	0.5645	Regular	0.6773	Bom	0.5368	Regular
PI	2203420	DOMINGOS MOURÃO	5	Bom	11	Regular	0.546	Médio	0.7314	Bom	0.5772	Regular	0.5635	Regular

A próxima análise individual dos municípios será os que atingiram o índice da gestão ambiental **“Bom”** (Figura 45). Iremos mostrar quais os motivos levaram os municípios a atingirem tal índice, e os municípios escolhidos para o estudo com a classificação **“Bom”** foram Leopoldina em Minas Gerais, Itaocara no Rio de Janeiro e Teresina no Piauí.

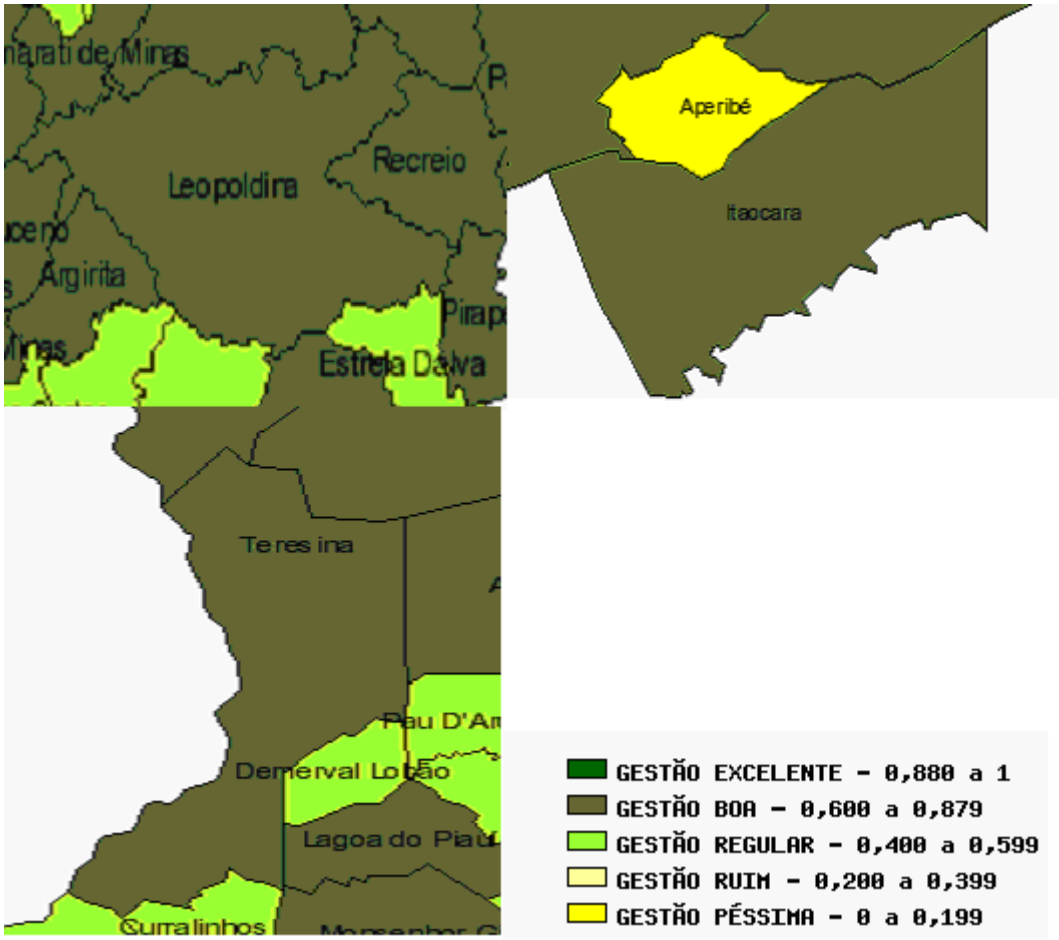


Figura 45 – Municípios com o índice de gestão ambiental **“Bom”**.

No município de Itaocara no Rio de Janeiro, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 05 problemas que é um índice **“Bom”** e possui um IDH com o valor de 0,771, índice **“Médio”** e isso o fez atingir um valor de 0,9217 gerando um índice da

gestão de problemas **“Excelente”** que mostra que no município existe um controle dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 16 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Regular”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,5906, índice **“Regular”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município ainda falta uma melhor eficiência na gestão de instrumentos. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Itaocara atingiu o valor de 0,7296, índice **“Bom”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 11).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu 02 regras, a 6 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Excelente então Gestão_Ambiental é Bom**” e a 11 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Regular e Gestão_de_problemas é Excelente então Gestão_Ambiental é Bom**”, devido o índice da gestão de instrumentos ter atingido a interseção da passagem dos índices entre **“Regular”** e **“Bom”** (Figura 46). O resultado do município de Itaocara possui para um excelente controle dos seus problemas ambientais, o que influenciou positivamente no índice de gestão ambiental, mas uma gestão instrumental ainda que deixa a desejar, resultando no índice **“Bom”** na gestão ambiental.

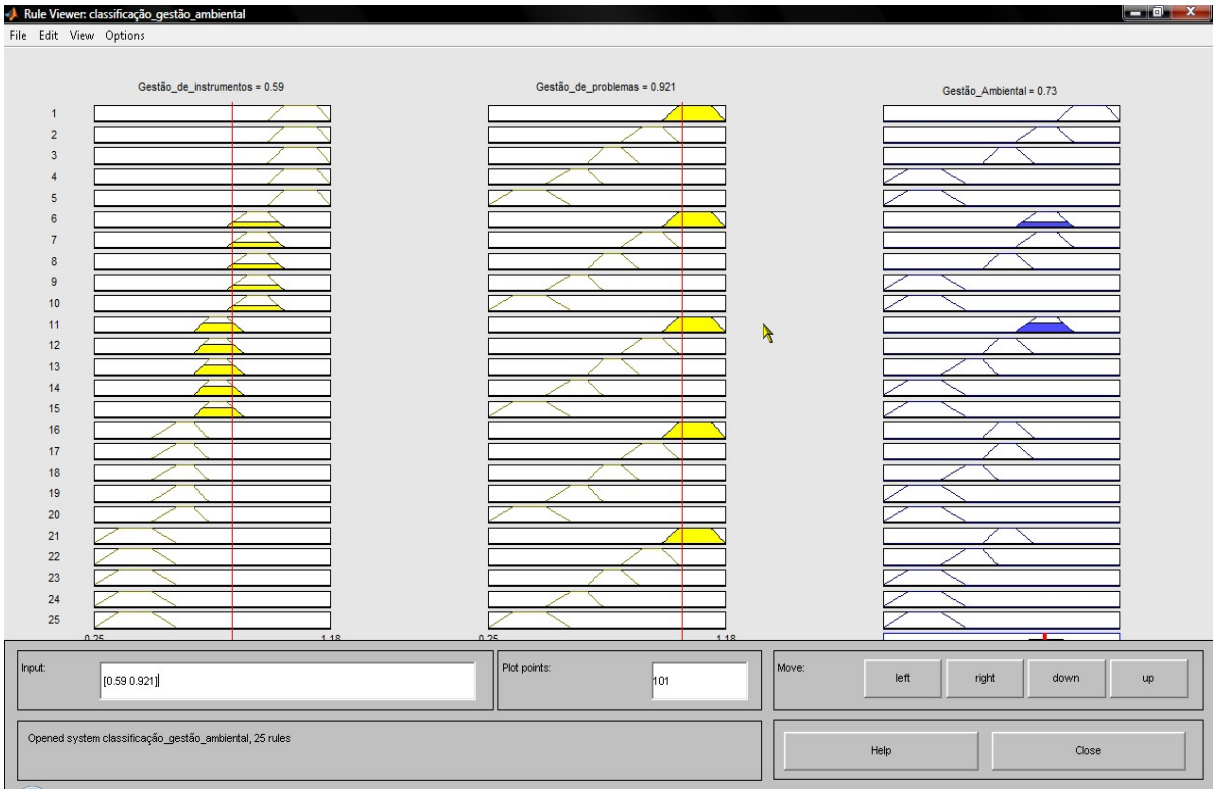


Figura 46 – Regras atingidas pelo município de Itaocara no SLN.

No município de Leopoldina em Minas Gerais, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 01 problema que é um índice **“Excelente”** e possui um IDH com o valor de 0,778, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,9998 gerando um índice da gestão de problemas **“Excelente”** que mostra que no município existe um controle dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 21 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Bom”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,7303, índice **“Bom”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município existe uma estrutura estabelecida na gestão de instrumentos. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Leopoldina atingiu o valor de 0,7314, índice **“Bom”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 11).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu somente a regra 6 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Bom e Gestão_de_problemas é Excelente então Gestão_Ambiental é Bom**” (Figura 47). O resultado do município de Leopoldina possui para um excelente controle dos seus problemas ambientais, e uma gestão instrumental constituída e bem próxima do desejável, resultando no índice **“Bom”** na gestão ambiental.

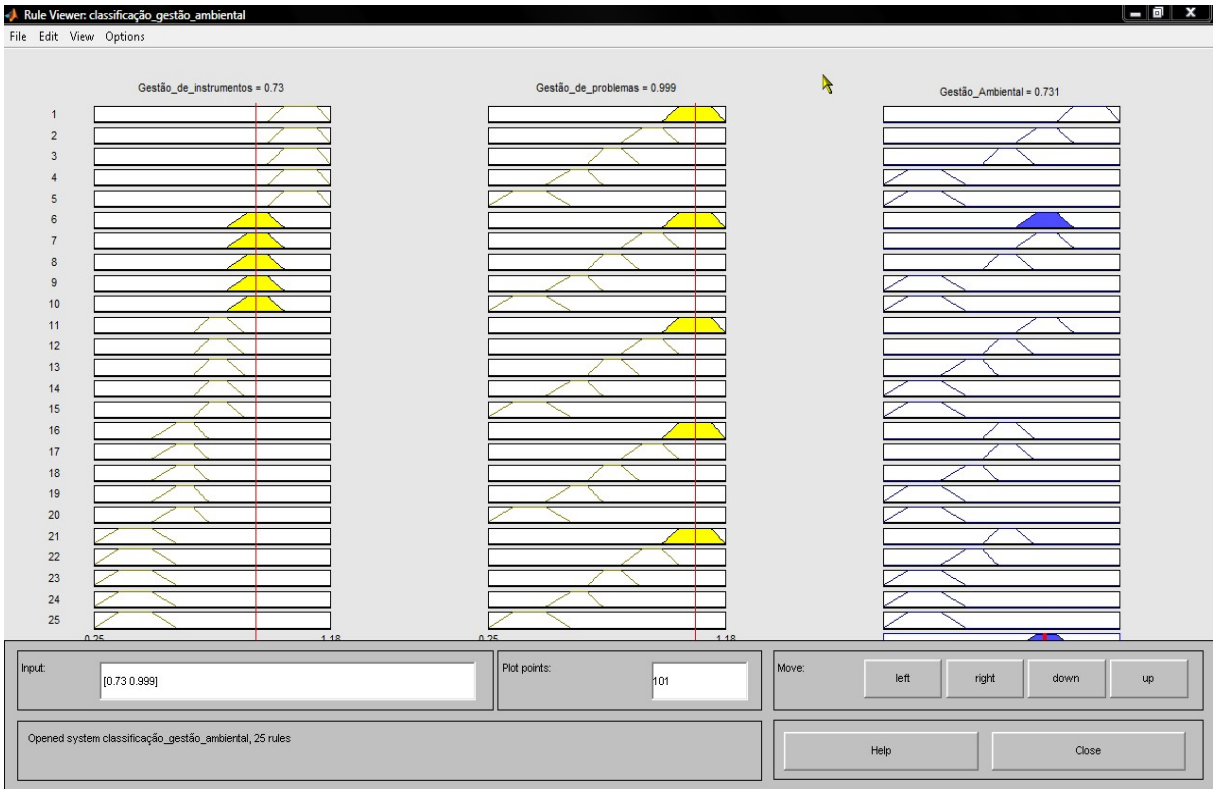


Figura 47 – Regras atingidas pelo município de Leopoldina no SLN.

No município de Teresina no Piauí, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 08 problemas que é um índice **“Regular”** e possui um IDH com o valor de 0,766, índice **“Médio**” e isso o fez atingir um valor de 0,6575 gerando um índice da gestão de problemas **“Bom”** que mostra que no município o controle dos seus problemas ambientais está no limiar entre **“Bom”** e **“Regular”**. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 25 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Excelente”** e tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,9999, índice **“Excelente”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município existe uma estrutura na gestão de instrumentos desejada. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Teresina atingiu o valor de 0,7248, índice **“Bom”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 11).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu somente a regra 02 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Excelente e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Bom**” (Figura 48). O resultado do município de Teresina mostra uma excelente gestão instrumental, mas sua gestão de problemas está no limiar entre o **“Bom”** e o **“Regular”**, faltando um pouco mais para atingir a excelência, resultando no índice **“Bom”** na gestão ambiental.

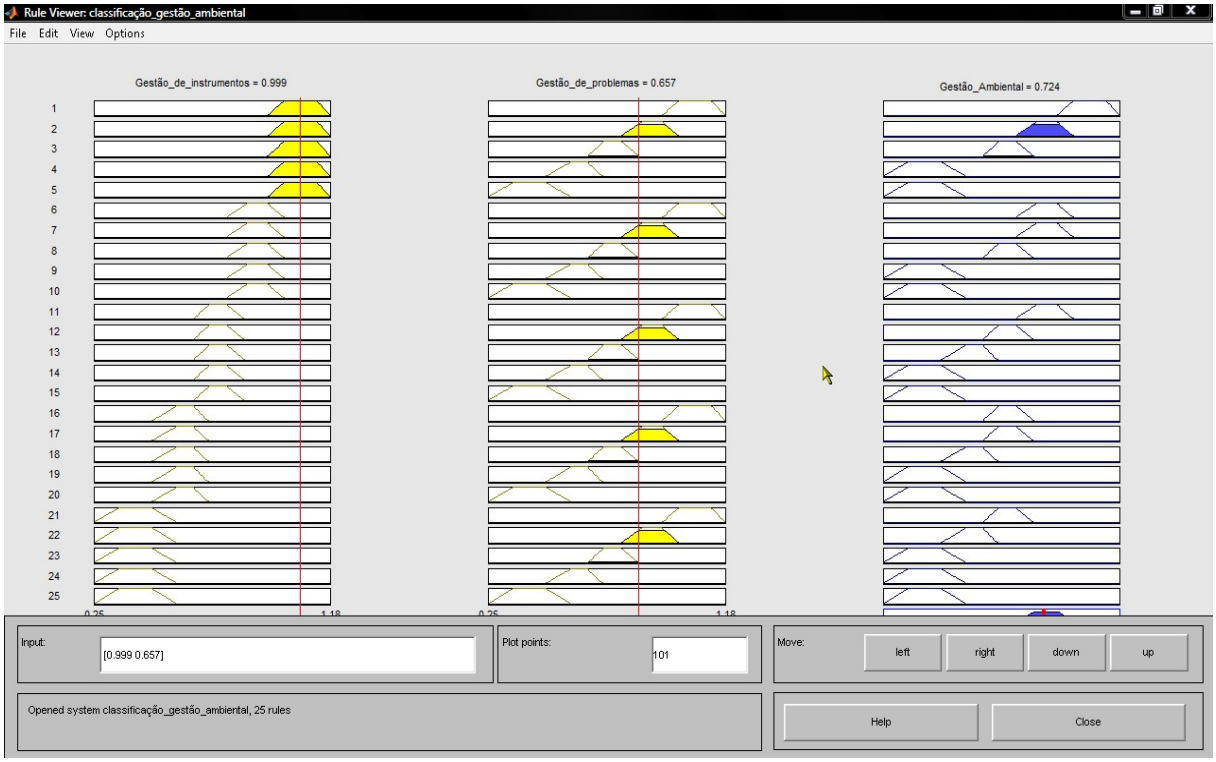


Figura 48 – Regras atingidas pelo município de Teresina no SLN.

Tabela 11 – Resultado de valor **“Bom”** do indicador da gestão ambiental.

ESTADO	UF_MUNIC	MUNICÍPIO	PROBLEMAS	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	ÍNDICE	IDH	ÍNDICE	G. PROBLEMAS	ÍNDICE	G. INSTRUMENTOS	ÍNDICE	G. AMBIENTAL	ÍNDICE
RJ	3302106	ITAOCARA	5	Bom	16	Regular	0.771	Médio	0.9217	Excelente	0.5906	Regular	0.7296	Bom
MG	3138401	LEOPOLDINA	1	Excelente	21	Bom	0.778	Médio	0.9998	Excelente	0.7303	Bom	0.7314	Bom
PI	2211001	TERESINA	8	Regular	25	Excelente	0.766	Médio	0.6575	Bom	0.9999	Excelente	0.7248	Bom

A última análise individual dos municípios será os que atingiram o índice da gestão ambiental **“Excelente”** (Figura 49). Iremos mostrar quais os motivos levaram os municípios a atingirem o índice desejável de gestão ambiental, e os municípios escolhidos para o estudo com a classificação **“Excelente”** foram João Pinheiro em Minas Gerais e Petrópolis no Rio de Janeiro. No estado do Piauí nenhum município atingiu esse índice.

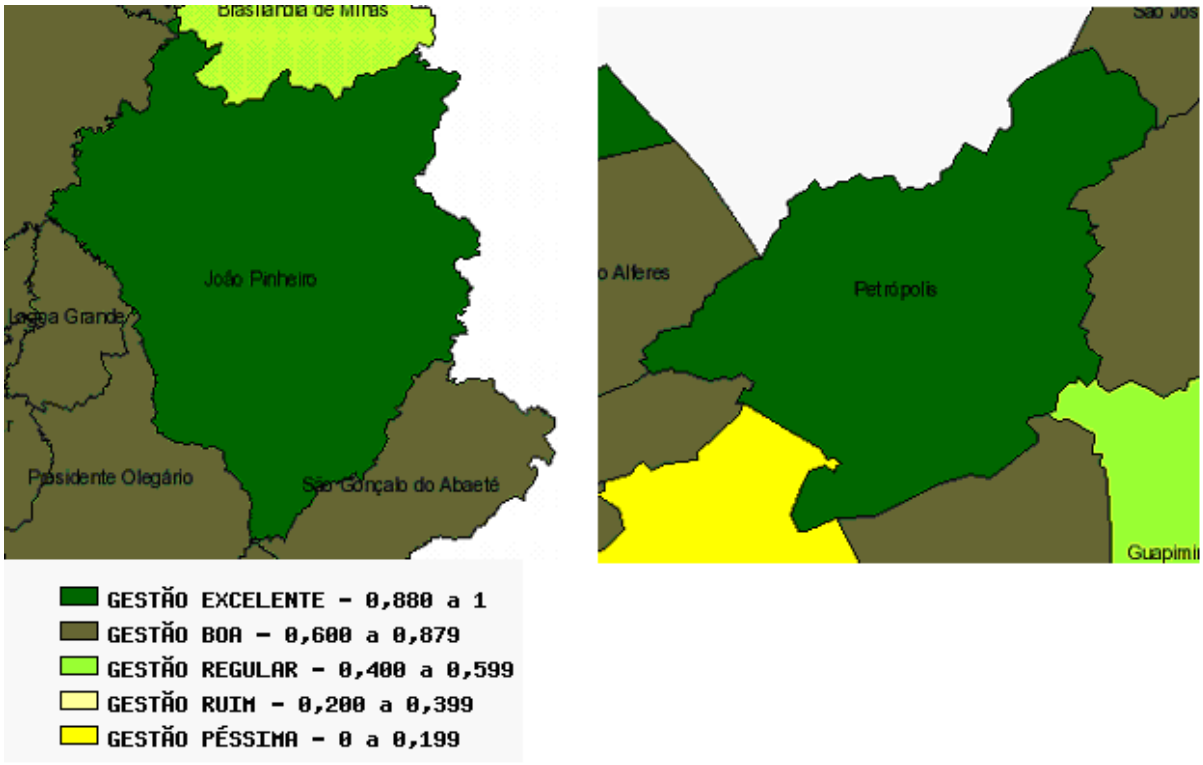


Figura 49 – Municípios com o índice de gestão ambiental **“Excelente”**.

No município de João Pinheiro em Minas Gerais, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 03 problemas que é um índice **“Bom”** e possui um IDH com o valor de 0,748, índice **“Médio”** e isso o fez atingir um valor de 0,871 gerando um índice da gestão de problemas **“Excelente”** que mostra que no município existe um controle dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 28 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Excelente”** e

tendo um IDH de índice **“Médio”**, ele atingiu o valor de 0,9999, índice **“Excelente”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município atingiu o que a de melhor na gestão de instrumentos. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, João Pinheiro atingiu o valor de 0,9207, índice **“Excelente”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 12).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu 02 regras, a 1 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Excelente e Gestão_de_problemas é Excelente então Gestão_Ambiental é Excelente**” e a 2 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Excelente e Gestão_de_problemas é Bom então Gestão_Ambiental é Excelente**”, devido o índice da gestão de problemas ter atingido a interseção da passagem dos índices entre **“Excelente”** e **“Bom”** (Figura 50). O resultado do município de João Pinheiro mostra um excelente controle dos seus problemas ambientais, como também uma excelente gestão instrumental, resultando no índice **“Excelente”** na gestão ambiental.

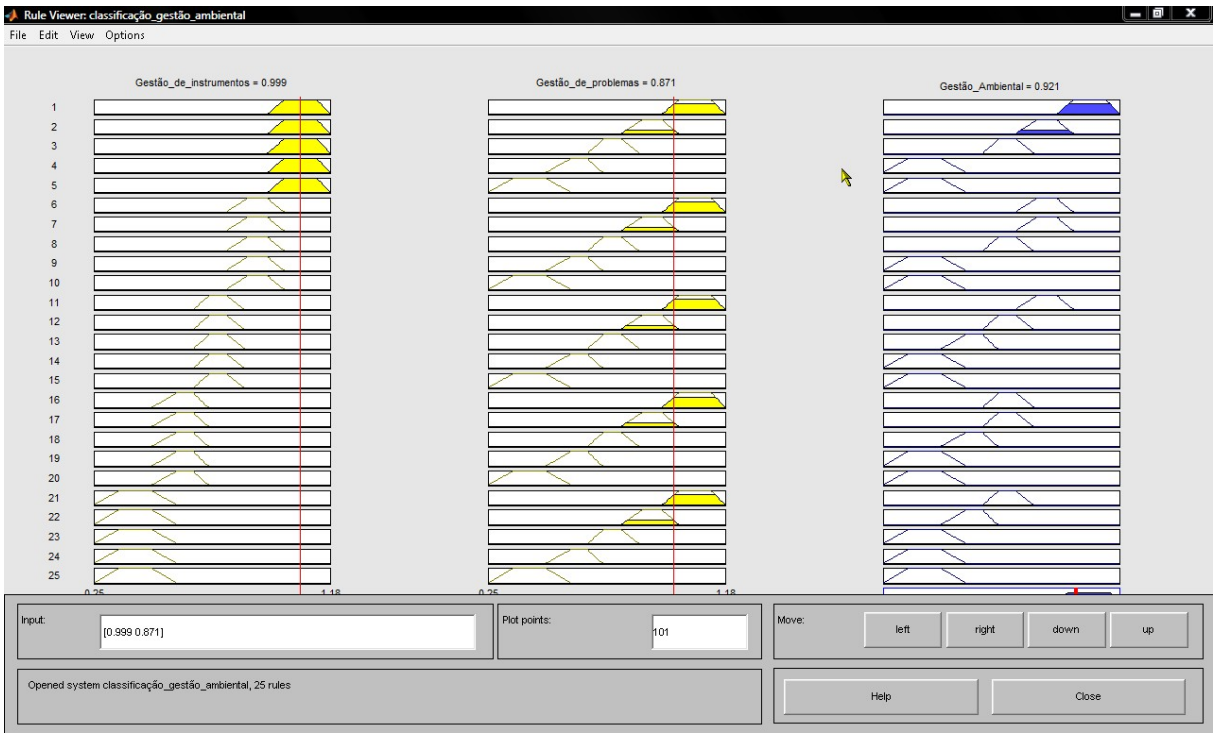


Figura 50 – Regras atingidas pelo município de João Pinheiro no SLN.

No município de Petrópolis no Rio de Janeiro, de um universo de 0 a 14 problemas ambientais, o município possui 03 problemas que é um índice **“Bom”** e possui um IDH com o valor de 0,804, índice **“Alto**” e isso o fez atingir um valor de 0,9999 gerando um índice da

gestão de problemas **“Excelente”** que mostra que no município existe um controle dos seus problemas ambientais. Na questão da gestão de instrumentos, o município possui o valor 28 no item instrumentos, de um universo de 0 a 28, índice esse qualificado como **“Excelente”** e tendo um IDH de índice **“Alto”**, ele atingiu o valor de 0,9999, índice **“Excelente”** na gestão de instrumentos, o que nos mostra que no município existe uma estrutura na gestão de instrumentos desejada. Com os resultados dos índices de gestão de problemas e instrumentos e sendo esses as variáveis de entrada para o índice da gestão ambiental, Petrópolis atingiu o valor de 0,9943, índice **“Excelente”** em um universo de 0 a 1 (Tabela 12).

Analisando esse resultado, temos que das 25 regras possíveis da base de regras ele atingiu somente a regra 1 que é “**Se Gestão_de_instrumentos é Excelente e Gestão_de_problemas é Excelente então Gestão_Ambiental é Excelente**” (Figura 51). O resultado do município de Petrópolis mostra um excelente controle dos seus problemas ambientais, como também uma excelente gestão instrumental, resultando no índice **“Excelente”** na gestão ambiental.

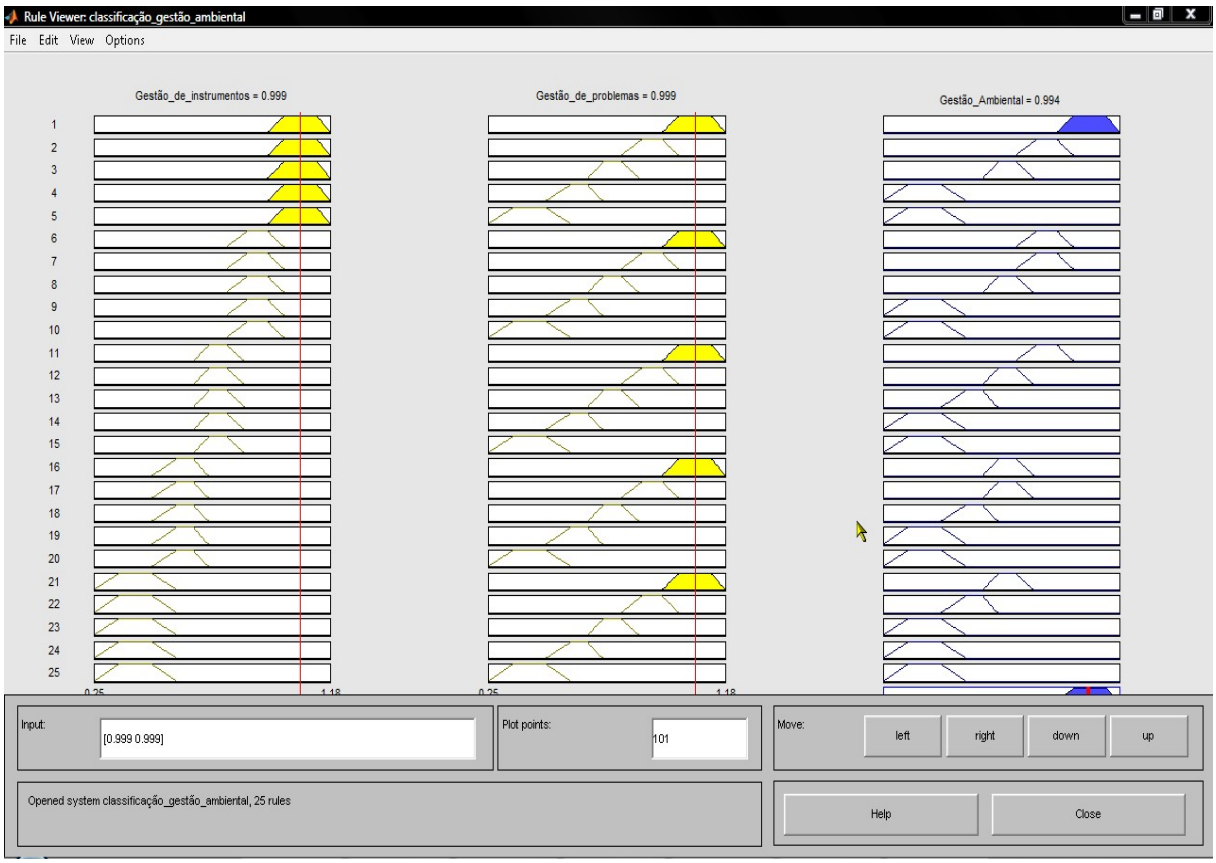


Figura 51 – Regras atingidas pelo município de Petrópolis no SLN.

Tabela 12 – Resultado de valor **“Excelente”** do indicador da gestão ambiental.

ESTADO	UF_MUNIC	MUNICÍPIO	PROBLEMAS	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	ÍNDICE	IDH	ÍNDICE	G. PROBLEMAS	ÍNDICE	G. INSTRUMENTOS	ÍNDICE	G. AMBIENTAL	ÍNDICE
MG	3136306	JOÃO PINHEIRO	3	Bom	28	Excelente	0.748	Médio	0.871	Bom	0.9999	Excelente	0.9207	Excelente
RJ	3303906	PETRÓPOLIS	3	Bom	28	Excelente	0.804	Alto	0.9999	Excelente	0.9999	Excelente	0.9943	Excelente

4.3 **Análise de uma região escolhida**

O segundo tipo de análise será de uma região estadual escolhida, no caso a região Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro (Figura 52).

A região consta de 10 municípios que possuem a variável problemas ambientais da seguinte forma: 02 municípios com índice **“Regular”**, 07 com índice **“Bom”** e 01 com índice **“Excelente”**. A variável instrumentos está configurado da seguinte maneira: 01 município com índice **“Regular”**, 06 com índice **“Bom”** e 03 com índice **“Excelente”**. Na variável IDH, todos os municípios atingiram o índice **“Médio”**. Esses valores acima nos construíram o seguinte cenário em relação aos indicadores Gestão de Problemas: 03 municípios com índice **“Bom”** e 07 com índice **“Excelente”**. Já na Gestão de Instrumentos o cenário foi o seguinte: 01 município com índice **“Regular”**, 04 com índice **“Bom”** e 05 com índice **“Excelente”**. Gerados os indicadores de Gestão de Problemas e de Instrumentos e os mesmos sendo variáveis de entrada para a Gestão Ambiental, atingimos o seguinte cenário: 06 municípios com índice **“Bom”** e 04 com índice **“Excelente”** (Tabela 13), o que nos remete a avaliar que essa região tem um cenário satisfatório no que tange a gestão ambiental, possuindo municípios bem aparelhados no quesito instrumentos e que conseguem manter o seu nível de problemas ambientais em um nível satisfatório.

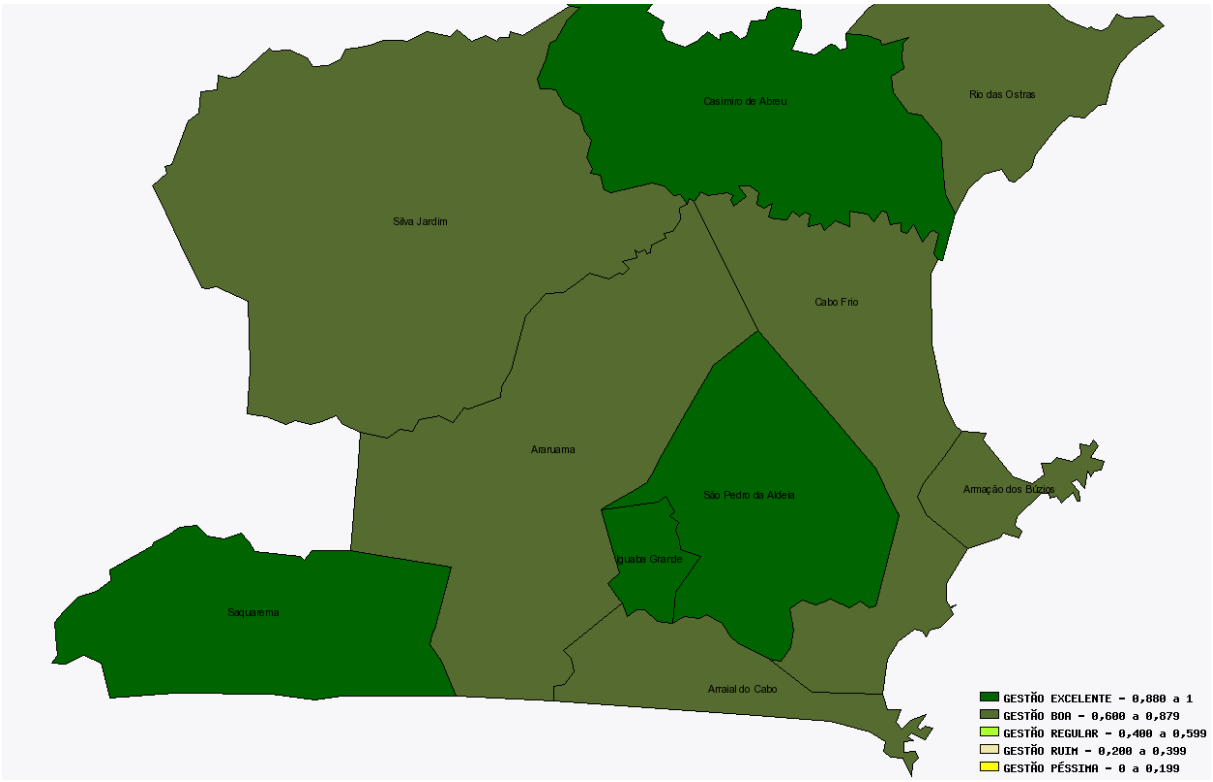


Figura 52 – Resultados da gestão ambiental da região Baixadas Litorâneas do Rio de Janeiro.

Tabela 13 – Resultados obtidos pela região Baixadas Litorâneas do Rio de Janeiro.

ESTADO	UF_MUNIC	MUNICÍPIO	PROBLEMAS	ÍNDICE	INSTRUMENTOS	ÍNDICE	IDH	ÍNDICE	G. PROBLEMAS	ÍNDICE	G. INSTRUMENTOS	ÍNDICE	G. AMBIENTAL	ÍNDICE
RJ	3300209	ARARUAMA	5	Bom	22	Bom	0.756	Médio	0.8852	Excelente	0.8203	Bom	0.7954	Bom
RJ	3300233	ARMAÇÃO DE BÚZIOS	4	Bom	14	Regular	0.791	Médio	0.9738	Excelente	0.5304	Regular	0.7314	Bom
RJ	3300258	ARRAIAL DO CABO	7	Regular	22	Bom	0.79	Médio	0.7083	Bom	0.8127	Bom	0.7308	Bom
RJ	3300704	CABO FRIO	6	Regular	22	Bom	0.792	Médio	0.8492	Bom	0.8127	Bom	0.7876	Bom
RJ	3301306	CASIMIRO DE ABREU	2	Excelente	28	Excelente	0.781	Médio	0.9998	Excelente	0.9998	Excelente	0.9943	Excelente
RJ	3301876	IGUABA GRANDE	4	Bom	28	Excelente	0.796	Médio	0.9882	Excelente	0.9998	Excelente	0.9943	Excelente
RJ	3304524	RIO DAS OSTRAS	5	Bom	21	Bom	0.775	Médio	0.9315	Excelente	0.7302	Bom	0.7314	Bom
RJ	3305208	SÃO PEDRO DA ALDE	5	Bom	28	Excelente	0.78	Médio	0.9443	Excelente	0.9998	Excelente	0.9943	Excelente
RJ	3305505	SAQUAREMA	3	Bom	23	Bom	0.762	Médio	0.8871	Excelente	0.8947	Excelente	0.9601	Excelente
RJ	3305604	SILVA JARDIM	4	Bom	23	Bom	0.731	Médio	0.8242	Bom	0.8947	Excelente	0.8061	Bom

4.4 **Análise de um estado escolhida**

A terceira e última análise será de um estado escolhido, no caso o estado do Piauí (Figura 53).

O estado do Piauí possui 223 municípios constituídos e a um total de 216 (96,86%) possui um IDH com índice **“Médio”** e 7 (3,14%) com índice **“Baixo”**. Na variável problemas

ambientais, encontramos um estado com um bom controle, 169 (75,18%) municípios possuem índices entre **“Bom”** e **“Excelente”,** gerando 193 (86,55%) municípios com um índice de Gestão de Problemas entre **“Excelente”** e **“Bom”**. Mas já no item Instrumentos de gestão, 214 (95,96%) municípios estão com os índices entre **“Regular”** e **“Péssimo”**. Tais números nos geraram um índice de Gestão de Instrumentos de 170 (76,23%) municípios entre os índices **“Regular”** e **“Péssimo”**. Gerados os indicadores de Gestão de Problemas e de Instrumentos e os mesmos sendo variáveis de entrada para a Gestão Ambiental, atingimos o seguinte cenário, nenhum município atingiu o índice **“Excelente”**, 97 (43,50%) atingiram o índice **“Bom”**, 86 (38,57%) atingiram o índice **“Regular”**, 19 (8,52%) atingiram o índice **“Ruim”** e 21 (9,42%) atingiram o índice **“Péssimo”**.

Esse cenário está descrito da seguinte forma, a quase totalidade de municípios com o melhor índice do estado, **“Bom”**, estão concentrados nas regiões norte e centro-norte do estado, já os municípios das regiões sudeste e sudoeste concentram os piores índices, **“Regular”**, **“Ruim”** e **“Péssimo”**, regiões com maior distância do litoral e em direção ao agreste nordestino.

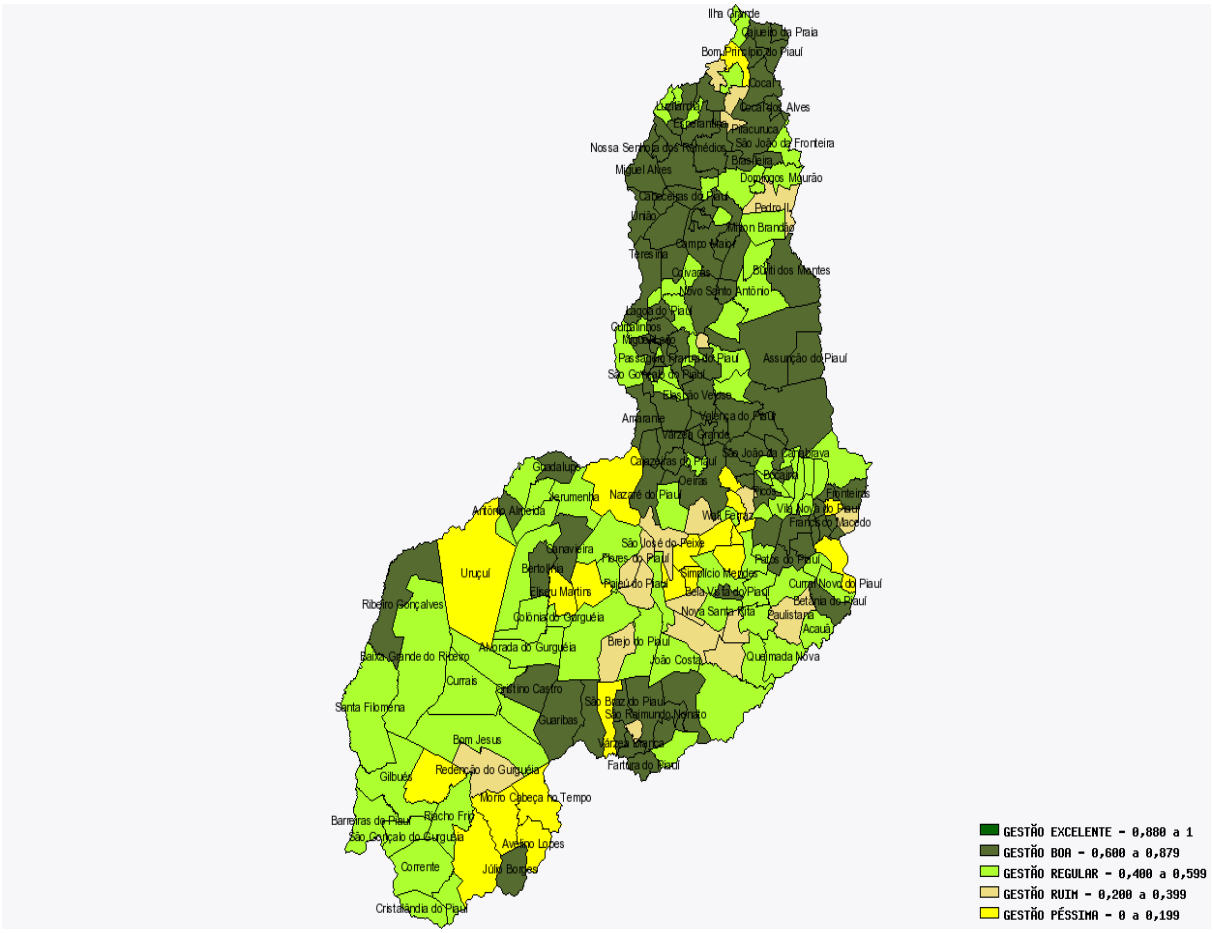


Figura 53 – Resultados da gestão ambiental do estado do Piauí.

Tabela 14 – Resultados obtidos pelo estado do Piauí em número de municípios.

				Problemas				Gestão Problemas					
				69	30,94%	Excelente		69	30,94%	Excelente			
				100	44,84%	Bom		124	55,61%	Bom			
				49	21,98%	Regular		25	11,21%	Regular			
IDH				5	2,24%	Ruim		5	2,24%	Ruim	Gestão Ambiental		
0	0%	Alto		0	0%	Péssimo		0	0%	Péssimo	0	0%	Excelente
216	96,86%	Médio									97	43,50%	Bom
7	3,14%	Baixo		Instrumentos				Gestão Instrumentos			86	38,57%	Regular
				2	0,90%	Excelente		2	0,90%	Excelente	19	8,52%	Ruim
				7	3,14%	Bom		51	22,87%	Bom	21	9,42%	Péssimo
				142	63,68%	Regular		98	43,95%	Regular			
				0	0%	Ruim		2	0,90%	Ruim			
				72	32,28%	Péssimo		70	31,38%	Péssimo			

5 CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi o de construir um indicador para apresentar um retrato da gestão ambiental municipal no Brasil, trabalhando com variáveis que indicam problemas ambientais, instrumentos de gestão ambiental e índices de desenvolvimento humano municipais. O trabalho mostrou a importância da implantação dos instrumentos de gestão ambiental, visto que a grande maioria dos municípios que atingiram os níveis **"Bom"** e **"Excelente"** no indicador final de gestão ambiental, foi em virtude de terem atingido também os níveis acima citados nos indicadores gestão de problemas e gestão de instrumentos, mostrando que devemos mudar o nosso paradigma, ao invés de esperarmos os problemas ambientais acontecerem para implementarmos instrumentos de gestão e consequentemente gerar ações, sermos mais pró-ativos com a implementação dos instrumentos de gestão e em simultâneo planejarmos e executarmos ações que solucionarão problemas ambientais atuais e evitarão problemas futuros.

A utilização da lógica *fuzzy* foi primordial, pois nos auxiliou a construir um indicador valioso em uma área que à semelhança de outras áreas, não produz um conhecimento absoluto. A lógica fuzzy é um ambiente nebuloso e aliado à implementação de um modelo SIG-*WEB,* combinado com SGBD Espacial nos forneceu subsídios poderosos e de qualidade, como consistência e integridade dos dados e a possibilidade de análises combinando valores alfanuméricos e espaciais das informações geradas. Conseguimos retratar a gestão ambiental municipal com o nível de eficiência desejado.

Foram realizadas análises individuais de cada município, onde buscamos retratar como cada um se encontra, tanto no que tange a instrumentos de gestão, como em relação à problemas ambientais. Verificamos ainda quais pontos devem ser melhorados na gestão ambiental local e quais estão com um grau de excelência.

Analisamos também regiões dentro dos estados, onde procuramos demonstrar qual os níveis de gestão ambiental, por conseguinte quais os fatores determinantes que poderiam levar a atingir tais índices. Onde melhorar ou porque a diferença em relação a outras regiões.

Uma análise mais abrangente foi proposta através dos dados a nível estadual. Qual o retrato do estado como um todo na gestão ambiental municipal, se está bem desenvolvido, se precisa melhorar, se é uniforme em todas as suas regiões ou não. Buscamos retratar todas essas questões e possibilitar um auxílio em futuras análises que possibilitem a implementação de projetos e ações de melhorias.

Vale ressaltar que não foi encontrado nenhum trabalho semelhante ao proposto por esta dissertação, fato esse que nos impediu de fazer algum tipo de comparação e qualificação de eficiência entre métodos, assim como restrições quanto à bibliografia examinada.

Temos a visão de não se tratar de um tema de ordem exata, de precisão absoluta, por isso concordamos que novos estudos poderão contribuir para a melhora da eficiência dos resultados obtidos pelo indicador proposto.

Como trabalho futuro, uma primeira proposta, seria definir pesos para a variável linguística “Problemas”. Pesos esses definidos de acordo com o grau de impacto de cada problema em uma região específica, ou seja, um determinado problema teria um peso maior na região A do que na região B, devido sua ocorrência possuir uma maior característica naquela região. E como segunda proposta, executar o processamento para o restante dos municípios brasileiros em seus respectivos estados e, por conseguinte, discutir quanto esse indicador proposto por este trabalho poderá auxiliar na tomada de decisões para políticas públicas no que tange à gestão ambiental municipal. Futuros projetos para apoio aos municípios tanto na implantação dos instrumentos de gestão ambiental, como nas ações que tais instrumentos poderão executar procurando minimizar os seus problemas ambientais.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, Frederico Cavadas; CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli. In: Municípios com instrumentos de gestão ambiental. Anais do VIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica VII ECOECO - Cuiabá, 5 a 7 de agosto de 2009.

BARROS, Antonio Carlos da Silva; ALBUQUERQUE, Victor Hugo Costa de, ALEXANDRIA, Auzuir Ripardo de. Biblioteca para implementação de controladores utilizando lógica fuzzy. Disponível: http://www.unifor.br/notitia/file/1087.pdf

BRAGA, Tânia Moreira et al. Índice de sustentabilidade ambiental. Dezembro, 2004. pp.13-17. Disponível: http://www.face.ufmg.br/novaeconomia/sumarios/v14n3/140301.pdf

MURGEL FILHO, Wolmar. Sistema Nebuloso de Apoio à Produção de Plantas de Valores. 2005. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de computação - Área de concentração Geomática). Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005, pp. 54-59.

GOMIDE, Fernando A. C., GUDWIN, Ricardo R., TANSCHEIT, Ricardo. Conceitos Fundamentais da Teoria de Conjuntos Fuzzy, Lógica Fuzzy e Aplicações. Disponível: ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf

IBGE (Brasil), Perfil dos Municípios Brasileiros: Gestão Pública 2008.

IBGE (Brasil), Perfil dos Municípios Brasileiros: Gestão Pública 2006.

JACOBI, Pedro. Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2006. pp. 175-183
Disponível: http://www.unifap.br/editais/2006/PMDAPP/sustentabilidade%5B1%5D.pdf

POSTGRESQL, Manual de referência, Julho, 2010. Disponível: http://www.postgresql.org.br/docs

POSTGIS, Manual de referência, Julho, 2010. Disponível em: http://postgis.refractions.net/

TOMCAT, Manual de referência, Julho, 2010. Disponível em: http://tomcat.apache.org/

MAPSERVER, Manual de referência, Julho, 2010. Disponível em: http://mapserver.org/

MARANHÃO, Marcelo Rodrigues de Albuquerque. Modelo de seleção de áreas para atualização do Mapeamento Sistemático baseado em Lógica Nebulosa. 2005. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de computação - Área de concentração Geomática). Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005, pp.13-36.

MENDEL, Jerry M. Fuzzy logic for engineering: a tutorial. Disponível: http://sipi.usc.edu/~mendel/publications/FLS_Engr_Tutorial_Errata.pdf

PEDRYCZ, W. Fuzzy Control and Fuzzy Systems. - John Wiley and Sons Inc, NY. 1989.

QUATRANI, Terry. Modelagem visual com Rational Rose 2000 e UML.Editora Ciência Moderna Ltda., Rio de Janeiro, 2001.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira, MARCATTO, Celso. Gestão Ambiental Municipal em Minas Gerais. Fundação Estadual de Meio Ambiente -FEAM, Belo Horizonte, 2002.

SOUZA, Flávio Joaquim. Apostila de aula de Inteligência Artificial do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação da UERJ, Área de concentração Geomática. Rio de Janeiro, 2009.

TANSCHEIT, R. Fundamentos de Lógica Fuzzy e Controle Fuzzy. Apostila de aula do Departamento de Engenharia Eletrônica da PUC-RJ. Rio de Janeiro, 1999. Disponível: http://www.tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-Logica_Controle_Fuzzy.pdf

TANSCHEIT, R. Lógica Fuzzy, Raciocínio Aproximado e Mecanismos de Inferência. Departamento de Engenharia Eletrônica da PUC-RJ. Rio de Janeiro, 1999. Disponível: http://www.tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-artigo_logicafuzzy.pdf

WAGNER, Adiléa. Extração de Conhecimento a partir de Redes Neurais aplicada ao Problema da Cinemática Inversa na Robótica. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

ZADEH, L. A.; Fuzzy Sets, Information and Control, 1965. Disponível em: http://www-bisc.cs.berkeley.edu/Zadeh-1965.pdf

ZADEH, L. A.; Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. (1973) IEEE Trans. on Systems Man & Cybernetics, Vol.3: 28-44. Disponível: http://www-bisc.eecs.berkeley.edu/Zadeh-1973.pdf

APÊNDICE A – Questionário de pesquisa de campo

Apresentação

Meu nome é Ailton Furtado, sou funcionário do IBGE e estudante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação, área de Concentração Geomática, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e solicito a sua colaboração em responder este questionário que visa auxiliar na construção da minha dissertação de mestrado cujo tema é "Classificação dos municípios brasileiros de acordo com seus instrumentos de gestão ambiental".

O trabalho que estou desenvolvendo tem o objetivo de classificar os municípios considerando o conjunto de instrumentos de gestão ambiental neles existentes, utilizando dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC 2008) do IBGE e do IDH dos municípios (2000) do PNUD. As respostas obtidas nesse questionário servirão para balizar e criar parâmetros que determinem o grau da gestão ambiental municipal de acordo com a importância atribuída aos instrumentos de políticas de meio ambiente existentes, os problemas ambientais identificados e o Índice de Desenvolvimento Humano do município.

Instrumentos de política de meio ambiente

A existência de estrutura organizacional e de instrumentos de gestão ambiental nas administrações locais já é vista, por muitos gestores, como um assunto estratégico por propiciar a melhora de qualidade de vida da população. A existência de um aparato mínimo de empoderamento constituído de estrutura administrativa/instrumentos/recursos financeiros configura um maior comprometimento da administração municipal com a questão socioambiental local (BARCELLOS, F.C. & CARVALHO, P.G.M., 2009[1]).

Mediante está análise como você classificaria, em grau de importância, a existência de cada um dos instrumentos de gestão ambiental no município? Tal classificação deverá ser feita de forma decrescente de importância no intervalo de 1 a 7 da seguinte forma: atribua grau 7 (maior importância) ao instrumento de gestão que considerar mais relevante para uma eficaz gestão ambiental no município. O grau 1 (menor importância) deverá ser atribuído ao instrumento que considerar menos importante dentre o conjunto apresentado. Observe que não poderá haver repetição de valores como p. ex. duas notas 7 ou duas notas 3 e assim por diante.

Instrumentos de gestão ambiental no município	**Grau de importância**
Existência no município de defesa civil	
Existência de estrutura administrativa em meio ambiente	
Existência de quadro de pessoal em meio ambiente	
Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente	
Possuir recursos específicos para a área ambiental	
Possuir fundo específico para a área de meio ambiente	
Participar de comitê de bacia hidrográfica	

[1] In: "Municípios com instrumentos de gestão ambiental". Anais do VIII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica VII ECOECO - Cuiabá, 5 a 7 de agosto de 2009.

Classificando o município segundo o número de problemas ambientais

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais de 2008 (MUNIC) do IBGE, investigou, sob a ótica do gestor ambiental local, a ocorrência de impactos, do ponto de vista ambiental, ocorridos freqüentemente no território municipal. Os 14 problemas ambientais pesquisados dizem respeito a diversos temas. Tais problemas estão descritos abaixo não havendo grau de importância diferenciado entre eles.

Problemas ambientais
Alteração ambiental que tenha afetado as condições de vida da população
Poluição do ar
Poluição do recurso água
Escassez do recurso água
Assoreamento de corpo d'água no município
Contaminação do solo
Redução da quantidade/diversidade ou perda da qualidade do pescado
Degradação de áreas legalmente protegidas
Atividade agrícola prejudicada por problema ambiental
Desmatamento
Atividade pecuária prejudicada por problema ambiental
Alteração que tenha prejudicado a paisagem
Queimadas
Outras

Nesses contexto, construi uma classificação que considera o número de problemas ambientais no município conforme a seguir:.

Municípios com até 2 problemas ambientais: **Excelente**
Municípios com 3 a 5 problemas ambientais: **Bom**
Municípios com 6 a 8 problemas ambientais: **Regular**
Municípios com 9 a 12 problemas ambientais: **Ruim**
Municípios com 13 a 14 problemas ambientais: **Péssimo**.

Caso concorde com essa classificação assinale a quadrícula ao lado ☐

Caso discorde reclassifique no quadro a seguir de acordo com o seu ponto de vista

Classificando o município segundo o número de problemas ambientais

Excelente : Municípios com até _____ problemas ambientais

Bom: Municípios com _____ até _____ problemas ambientais

Regular: Municípios com _____ até _____ problemas ambientais

Ruim: Municípios com _____ até _____ problemas ambientais

Péssimo: Municípios com mais de _____ problemas ambientais

Índice de Desenvolvimento Humano – IDH

O IDH é um índice que tem o objetivo de medir o grau de desenvolvimento e a qualidade de vida da população. Este índice é calculado com base em dados econômicos e sociais. O IDH varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). Quanto mais próximo de 1, maior é o grau de desenvolvimento humano de um país. Na composição do IDH são considerados os fatores educação (taxas de alfabetização e escolarização), longevidade (expectativa de vida da população) e renda (PIB *per capita*). Este índice também é usado para apurar o grau de desenvolvimento humano de cidades, estados e regiões.

Na sua opinião há alguma relação entre a existência de instrumentos de política de meio ambiente no município e o grau de desenvolvimento humano de uma cidade, medido pelo IDH? Ex: Um IDH elevado estabelece condições favoráveis para que o município adote instrumentos que lhe permitam uma melhor gestão ambiental?

☐ SIM ☐ NÃO

Ainda considerando a pergunta anterior, só que agora em relação aos problemas ambientais. Na sua opinião há alguma relação entre a quantidade de problemas ambientais no município e o seu IDH? Ou seja, o município de IDH melhor tende a ter menos problemas ambientais do que os de pior IDH, ou considera não existir relação entre essas questões?

☐ SIM (acho que há relação entre o IDH e a quantidade de problemas ambientais no município)

☐ NÃO (acho que não há relação entre a quantidade de problemas ambientais no município e o seu IDH)

Identificação

Nome (opcional): _____

Grau de escolaridade:

2º grau ☐ 3º grau ☐ Curso: _____

Pós graduação:

Especialização / extensão ☐ Mestrado ☐ Doutorado ☐

No seu dia-a-dia você atua diretamente em questões que envolvam o tema meio ambiente?

☐ SIM

☐ NÃO

APÊNDICE B – Base de regras do Sistemas de Lógica Nebulosa

1. If (Instrumentos is Excelente) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_instrumentos is Excelente) (1)
2. If (Instrumentos is Excelente) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_instrumentos is Excelente) (1)
3. If (Instrumentos is Excelente) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_instrumentos is Excelente) (1)
4. If (Instrumentos is Bom) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_instrumentos is Bom) (1)
5. If (Instrumentos is Bom) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_instrumentos is Bom) (1)
6. If (Instrumentos is Bom) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_instrumentos is Excelente) (1)
7. If (Instrumentos is Regular) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_instrumentos is Regular) (1)
8. If (Instrumentos is Regular) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_instrumentos is Bom) (1)
9. If (Instrumentos is Regular) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_instrumentos is Bom) (1)
10. If (Instrumentos is Ruim) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_instrumentos is Ruim) (1)
11. If (Instrumentos is Ruim) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_instrumentos is Ruim) (1)
12. If (Instrumentos is Ruim) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_instrumentos is Regular) (1)
13. If (Instrumentos is Péssimo) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) (1)
14. If (Instrumentos is Péssimo) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) (1)
15. If (Instrumentos is Péssimo) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_instrumentos is Ruim) (1)

Figura 54 – Base de regras do módulo Gestão Instrumentos.

1. If (Problemas is Excelente) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_problemas is Excelente) (1)
2. If (Problemas is Excelente) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_problemas is Excelente) (1)
3. If (Problemas is Excelente) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_problemas is Excelente) (1)
4. If (Problemas is Bom) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_problemas is Excelente) (1)
5. If (Problemas is Bom) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_problemas is Bom) (1)
6. If (Problemas is Bom) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_problemas is Bom) (1)
7. If (Problemas is Regular) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_problemas is Bom) (1)
8. If (Problemas is Regular) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_problemas is Regular) (1)
9. If (Problemas is Regular) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_problemas is Ruim) (1)
10. If (Problemas is Ruim) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_problemas is Péssimo) (1)
11. If (Problemas is Ruim) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_problemas is Ruim) (1)
12. If (Problemas is Ruim) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_problemas is Péssimo) (1)
13. If (Problemas is Péssimo) and (IDH is Alto) then (Gestão_de_problemas is Péssimo) (1)
14. If (Problemas is Péssimo) and (IDH is Médio) then (Gestão_de_problemas is Péssimo) (1)
15. If (Problemas is Péssimo) and (IDH is Baixo) then (Gestão_de_problemas is Péssimo) (1)

Figura 55 – Base de regras do módulo Gestão Problemas.

1. If (Gestão_de_instrumentos is Excelente) and (Gestão_de_problemas is Excelente) then (Gestão_Ambiental is Excelente) (1)
2. If (Gestão_de_instrumentos is Excelente) and (Gestão_de_problemas is Bom) then (Gestão_Ambiental is Bom) (1)
3. If (Gestão_de_instrumentos is Excelente) and (Gestão_de_problemas is Regular) then (Gestão_Ambiental is Regular) (1)
4. If (Gestão_de_instrumentos is Excelente) and (Gestão_de_problemas is Ruim) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
5. If (Gestão_de_instrumentos is Excelente) and (Gestão_de_problemas is Péssimo) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
6. If (Gestão_de_instrumentos is Bom) and (Gestão_de_problemas is Excelente) then (Gestão_Ambiental is Bom) (1)
7. If (Gestão_de_instrumentos is Bom) and (Gestão_de_problemas is Bom) then (Gestão_Ambiental is Bom) (1)
8. If (Gestão_de_instrumentos is Bom) and (Gestão_de_problemas is Regular) then (Gestão_Ambiental is Regular) (1)
9. If (Gestão_de_instrumentos is Bom) and (Gestão_de_problemas is Ruim) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
10. If (Gestão_de_instrumentos is Bom) and (Gestão_de_problemas is Péssimo) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
11. If (Gestão_de_instrumentos is Regular) and (Gestão_de_problemas is Excelente) then (Gestão_Ambiental is Bom) (1)
12. If (Gestão_de_instrumentos is Regular) and (Gestão_de_problemas is Bom) then (Gestão_Ambiental is Regular) (1)
13. If (Gestão_de_instrumentos is Regular) and (Gestão_de_problemas is Regular) then (Gestão_Ambiental is Ruim) (1)
14. If (Gestão_de_instrumentos is Regular) and (Gestão_de_problemas is Ruim) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
15. If (Gestão_de_instrumentos is Regular) and (Gestão_de_problemas is Péssimo) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
16. If (Gestão_de_instrumentos is Ruim) and (Gestão_de_problemas is Excelente) then (Gestão_Ambiental is Regular) (1)
17. If (Gestão_de_instrumentos is Ruim) and (Gestão_de_problemas is Bom) then (Gestão_Ambiental is Regular) (1)
18. If (Gestão_de_instrumentos is Ruim) and (Gestão_de_problemas is Regular) then (Gestão_Ambiental is Ruim) (1)
19. If (Gestão_de_instrumentos is Ruim) and (Gestão_de_problemas is Ruim) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
20. If (Gestão_de_instrumentos is Ruim) and (Gestão_de_problemas is Péssimo) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
21. If (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) and (Gestão_de_problemas is Excelente) then (Gestão_Ambiental is Regular) (1)
22. If (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) and (Gestão_de_problemas is Bom) then (Gestão_Ambiental is Ruim) (1)
23. If (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) and (Gestão_de_problemas is Regular) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
24. If (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) and (Gestão_de_problemas is Ruim) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)
25. If (Gestão_de_instrumentos is Péssimo) and (Gestão_de_problemas is Péssimo) then (Gestão_Ambiental is Péssimo) (1)

Figura 56 – Base de regras do módulo Classificação da Gestão Ambiental.

APÊNDICE C – Processamento MATLAB

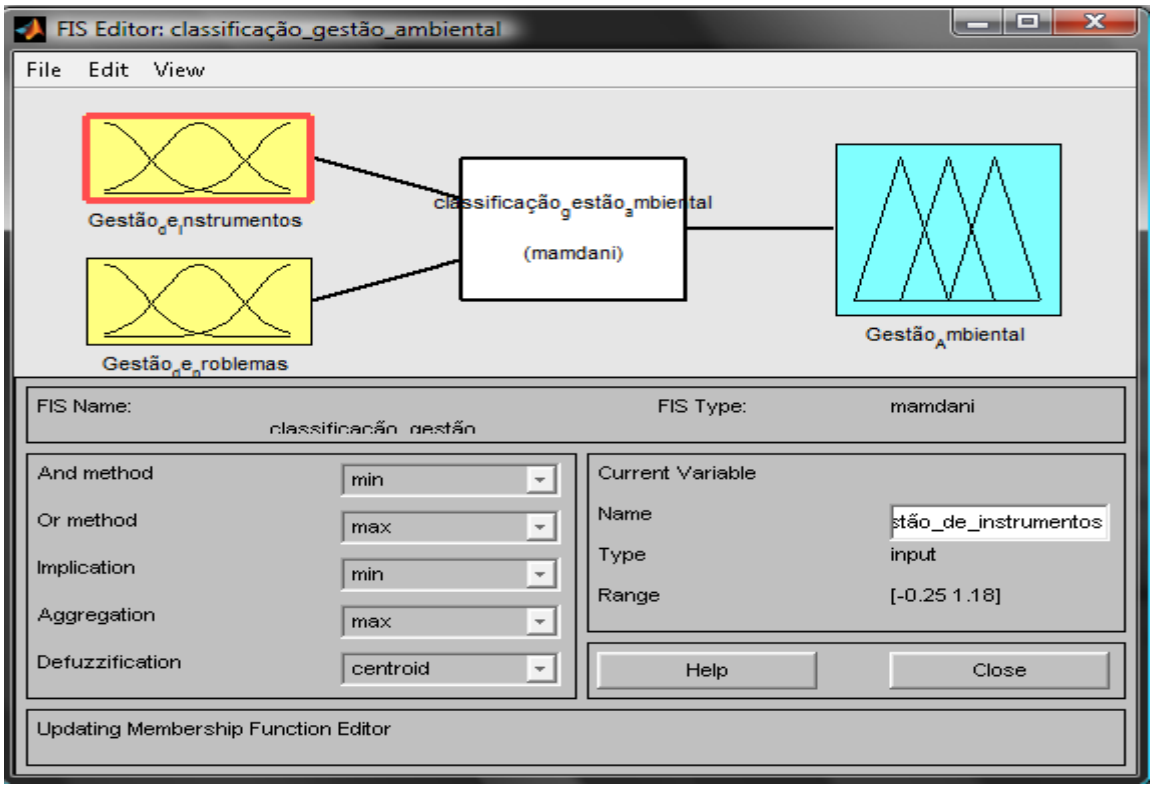


Figura 57 – Definição das variáveis linguísticas de entrada e saída.

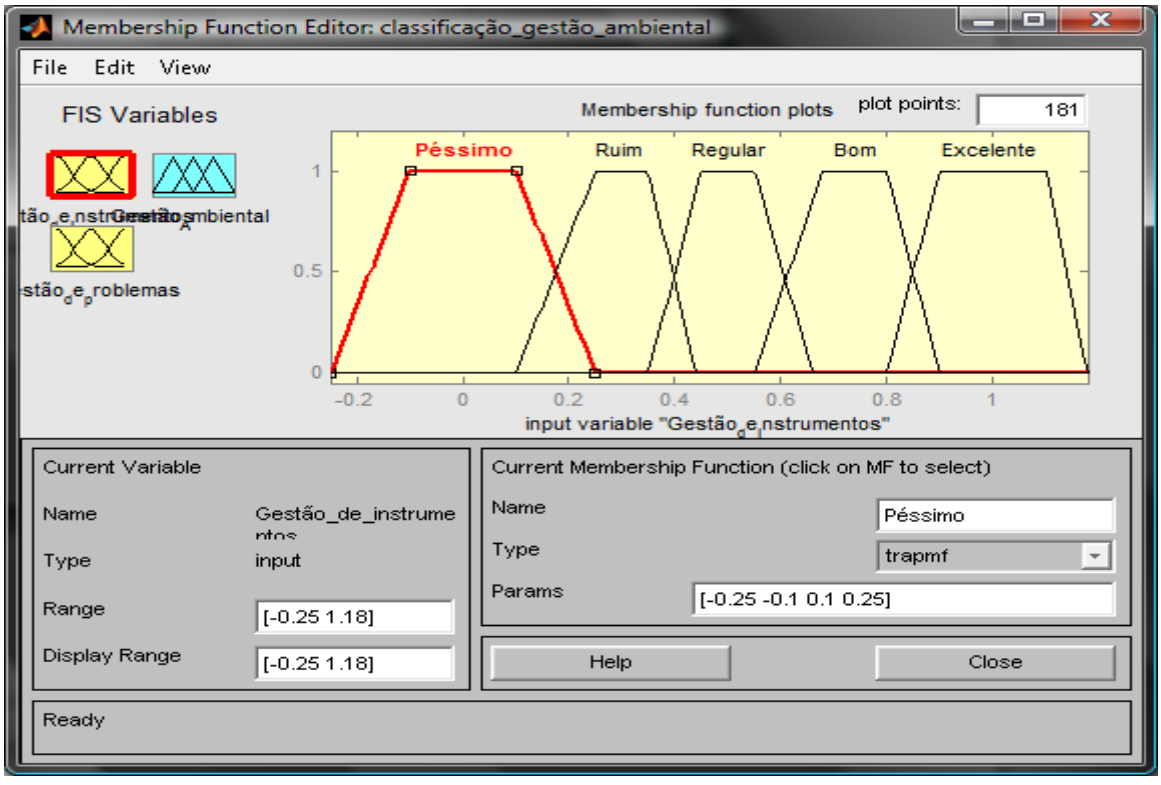


Figura 58 – Definição dos termos das variáveis linguísticas de entrada e saída.

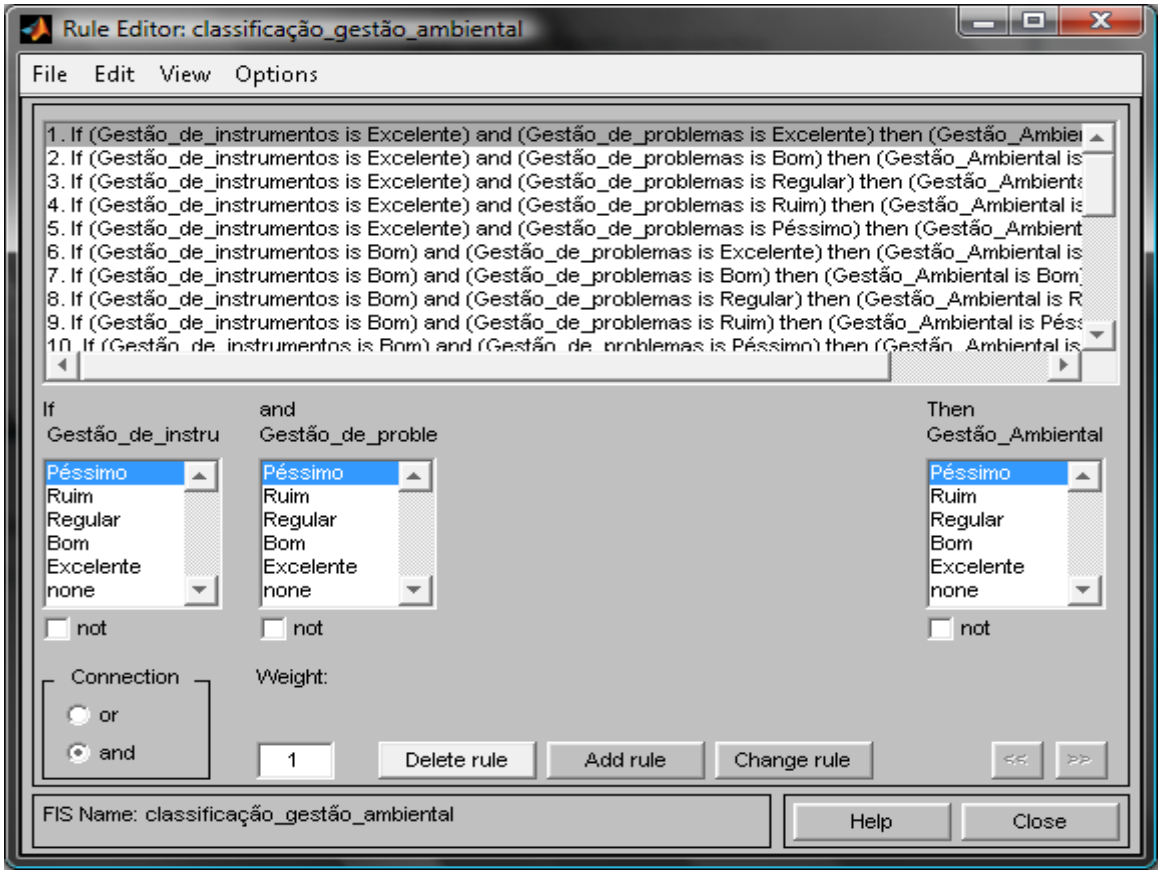


Figura 59 – Definição da base de regras utilizando as variáveis linguísticas de entrada e saída e seus respectivos termos.

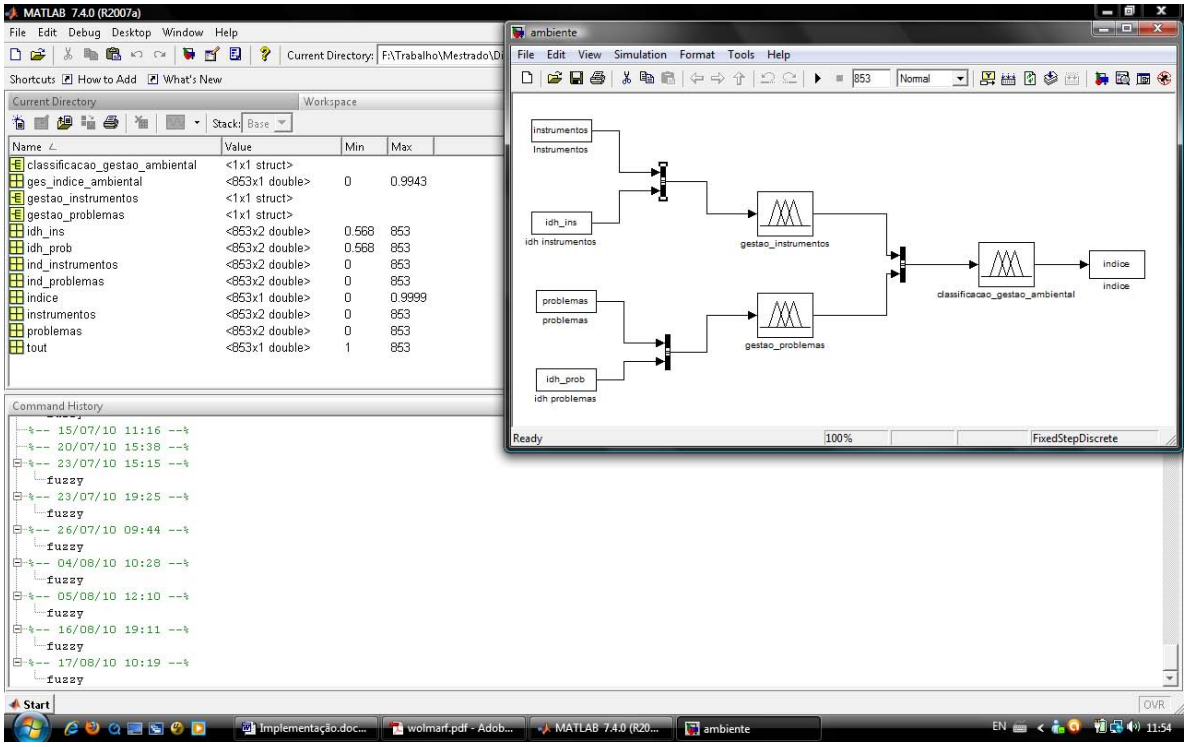


Figura 60 – Ambiente SIMULINK criado para o processamento do SLN.

APÊNDICE D – Mapas gestão ambiental Minas Gerais e Rio de Janeiro

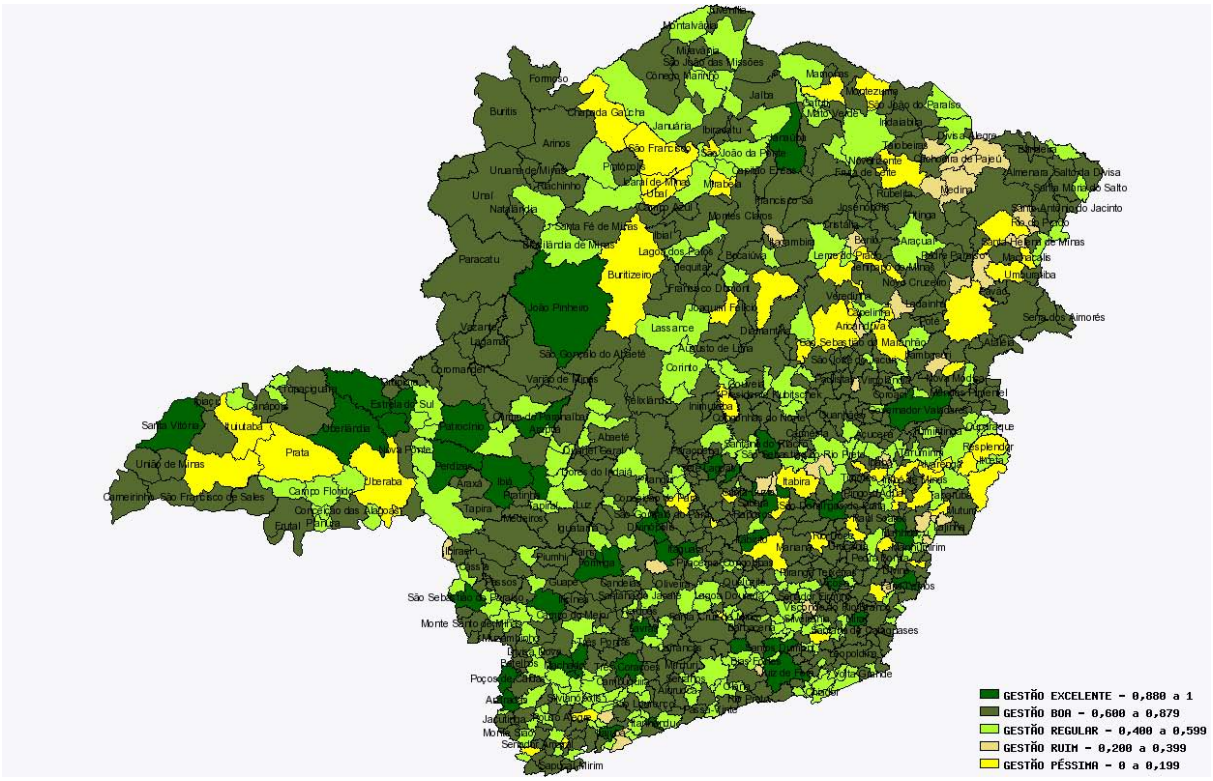


Figura 61 – Mapa classificação gestão ambiental municipal Minas Gerais.

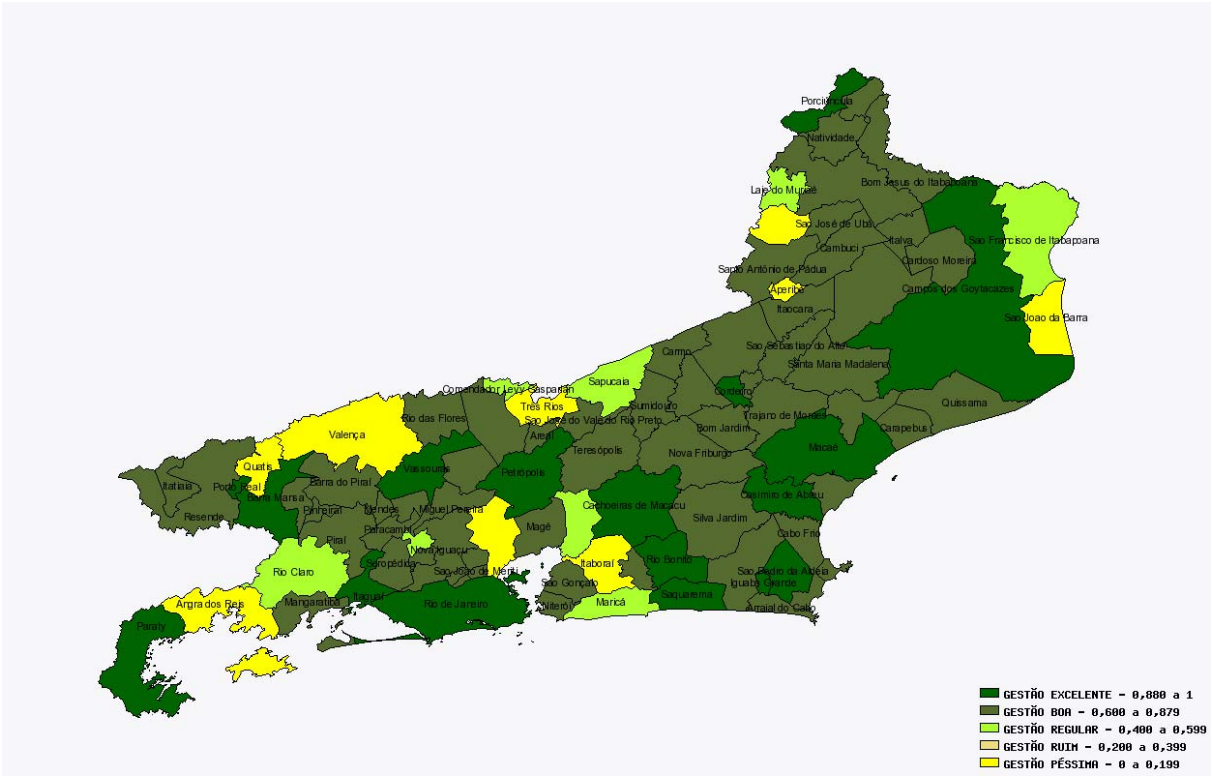


Figura 62 – Mapa classificação gestão ambiental municipal Rio de Janeiro.