

Recebido em: 09/02/11

Aprovado em: 13/03/11

Hierarquização da subnormalidade de agrupamentos urbanos por lógica difusa. O método das *soft decision trees* aplicado em Joinville-SC

Renato de Mello (UDESC – SC/Brasil) - renato1mello@gmail.com

• R. Luis Fernando Hastreiter, 180, Centenário, 89290-000, São Bento do Sul-SC, fone: (55) 47-3635-2131

Resumo

Este trabalho apresenta um sistema de apoio à decisão para hierarquização das condições de subnormalidade de agrupamentos urbanos, com o uso da lógica difusa. O método avalia o estado das condições sociais, econômicas, legais e do meio-ambiente de forma integrada, por meio de uma “*soft decision tree*”. Os critérios são arranjados em grafo, com forma de árvore, estruturada tipo “*top-down*”. O método foi aplicado na hierarquização de áreas subnormais no município de Joinville-SC.

Palavras-chave: Subnormalidade; *Soft decision trees*; Lógica difusa; Políticas Públicas; Urbanismo.

Abstract

This paper presents a decision support system in the ranking of subnormal conditions of urban groups, with the use of Fuzzy Logic. This method assesses the state of the social, economic, legal and environment conditions in an integrated way, through a soft decision tree. The criteria are arranged in the graphic form of a tree, structured type “top-down”. The method has been applied in the ranking of subnormal areas in the city of Joinville-SC.

Keywords: Subnormality; Soft decision trees; Fuzzy logic; Public Policy; Urbanism.

1. INTRODUÇÃO – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A hierarquização da subnormalidade de comunidades urbanas implica em definir anteriormente o que é a normalidade da pobreza para a dada região. A condição da habitação e de urbanização da comunidade é uma parte do problema da pobreza. As Políticas Públicas para o setor, segundo Marques *et al.* (2007), muitas vezes operam “em ambientes de grande desconhecimento quanto aos fenômenos envolvidos, não apenas no que diz respeito às causalidades associadas aos problemas e às soluções propostas, mas também quanto à própria mensuração e localização do objeto da política”. Este artigo tem início com uma discussão sobre métricas de como avaliar a pobreza, para então contextualizar a normalidade da condição de habitação e urbanismo. A seguir, são discutidos os métodos para definição dos níveis de pobreza e de subnormalidade, para então apresentar o método desenvolvido para a questão e o caso.

1.1. A avaliação de condições de pobreza

A fluência social e a pobreza são conceitos físicos e palpáveis, mas também são componentes de ontologias culturais. A pobreza tem sido medida historicamente pelo resultado de carências de rendas, bens e serviços e mais recentemente, como ausência também, de desenvolvimento e liberdade (SEN, 2000). Pobreza é uma condição relativa, entre grupos e pessoas e refletida na condição de desigualdade do acesso aos bens e serviços. Isto se aplica ao consumo de energia, de alimentos, de medicamentos, de acesso à educação e demais serviços essenciais, que são desigualmente distribuídos, consumidos e usados em toda a terra. Não se discute, aqui, as razões da existência desta distribuição desigual entre nações, grupos sociais, de gênero, de etnias e mesmo dentro das famílias, mas apresenta-se um método de avaliação de um aspecto desta desigualdade, que é a questão da habitação e urbanismo.

As formas de medir níveis de pobreza têm sido alvo de intensas discussões acadêmicas e governamentais, pois seus resultados definem Políticas Públicas e orientam programas e projetos. Os critérios que orientam essas avaliações são múltiplos e diversos na literatura da área, com usos não consensuais de indicadores e índices por órgãos públicos. A classificação dicotômica usual entre “pobres” e “não pobres” depende de uma “linha de pobreza”, usualmente baseada em renda monetária. A justa avaliação da condição de pobreza é uma condição para que se estabeleçam os caminhos críticos para reduzi-la, com menores custos e melhores resultados.

O índice de pobreza humana do *Human Development Report*, de 1988, (UNDP, 1998) mede o nível de pobreza nos países em desenvolvimento, pelo: percentual de pessoas cuja expectativa de vida não atinge os 40 anos; pelo percentual de adultos analfabetos e a privação total de provisões econômicas – pública e privada – refletida pelo percentual de pessoas sem acesso aos serviços de saúde e água potável e pelo percentual de crianças menores de cinco anos, com peso insuficiente. Esse mesmo índice de pobreza é avaliado nos países industrializados, utilizando-se adicionalmente a variável da exclusão social.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os trabalhos pioneiros com o uso da lógica *fuzzy*, para avaliação do nível de pobreza humana, foram desenvolvidos por Cerioli e Zani (1990), Bantilan, Bantilan Jr. e Castro (1992) e Cheli e Lemmi (1995), que trabalharam com definições de funções de pertinência das variáveis, em lugar do uso de dados discretos. O índice de pobreza de renda é tratado pelos autores citados, como uma medida relativa entre objetos de análise, sendo os demais índices suplementares de pobreza determinados por método algébrico de soma ponderada por pesos. Betti, Cheli, Lemmi e Verma (2006) aprofundaram os estudos sobre funções de pertinência para conceitualização de aspectos da pobreza, ainda sem a agregação das variáveis.

A revisão da literatura dessa área de conhecimento indica que não há concordância quanto à definição de quais devem ser os indicadores e em que circunstâncias devem ser usados, quanto à hierarquia entre os mesmos e acerca de limites entre classes. A ausência de agregação pode gerar resultados não confiáveis e mesmo incoerentes, como indicam Qizilbash e Clark (2005). Carvalho, Kerstenetzky e Del Vecchio (2007) propõem o uso de índice *fuzzy* de pobreza agregado, como correspondente ao valor máximo entre os mínimos de cada indicador, que gera uma simplificação das operações de agregação das variáveis e uma redução de qualidade dos resultados, o que é incompatível com a qualidade de análise pretendida.

Miranda-Ribeiro e Garcia (2005) propõem o uso de um indicador de “segregação social”, que usa a metodologia de modelos difusos para a composição de perfis de áreas, ancorada nos fatores de desigualdade e pobreza. A composição do indicador de segregação espacial usa a classificação de subnormalidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. O enfoque dado pelos autores citados é na definição de funções de pertinências, sem se deter na questão da agregação dos indicadores. Comin *et al.* (2006), primeiramente, selecionam os indicadores que pretendem usar, para em seguida, tratá-los com as funções de pertinência da lógica *fuzzy*, agregando e comparando indicadores com métodos algébricos.

A adequada agregação dos indicadores gera uma visão sintética e imediata do objeto em análise, ainda que exista uma perda de parte da informação sobre a realidade do objeto. O uso de conjuntos de indicadores não agregados ou agregados por métodos insuficientes na consideração de hierarquias e dependências entre variáveis, pode gerar confusão no entendimento da natureza do objeto em análise ou ainda uma informação errônea sobre o mesmo. Uma análise incompleta ou incorreta, pode esconder desigualdades e disparidades, baseando-se em informações irrelevantes e gerando conhecimento não confiável. Análises com alto grau de agregação de indicadores podem esconder disparidades e evidenciar aspectos que indicam resultados diferentes da realidade. Um método sensível deve ser capaz de dar transparência para que os decisores percebam disparidades e corrijam erros.

Preende-se com este trabalho, contribuir com os esforços de ampliar as medidas de índice de pobreza, com o uso da abordagem multicriterial da lógica *fuzzy*, para a agregação e avaliação dos indicadores, gerando indicadores inteligíveis e confiáveis. A seguir, são apresentados e discutidos: os conceitos e escalas de subnormalidade; o modelo desenvolvido e a árvore de decisão; a aplicação do modelo para hierarquização de agrupamento; os resultados obtidos e a conclusão.

2.1. O conceito de subnormalidade

O IBGE utiliza um sistema de classificação de conjunto de moradias, que delimita uma condição de “normal” para uma categoria, em que estariam presentes condições médias ou medianas, de habitabilidade deste conjunto ou a cidade formal. Abaixo desta linha, estão os aglomerados subnormais.

Procura-se dar outra nomenclatura para favelas e assemelhados. Para o IBGE (2003), aglomerado subnormal é um conjunto constituído por um mínimo de 51 domicílios, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia – pública ou particular – dispostos, em geral, de forma desordenada, densa e carente, em sua maioria, de serviços públicos essenciais. Podem se enquadrar, observados os critérios de padrões de urbanização e/ou de precariedade de serviços públicos essenciais, nas seguintes categorias: invasão; loteamento irregular ou clandestino; e áreas invadidas e loteamentos irregulares ou clandestinos regularizados em período recente. O IBGE utiliza essa divisão para organização do trabalho de coleta de dados em campo.

O uso de um mesmo instrumento, que é indefinido em seus critérios, para avaliar condições urbanas tão diversas quanto as existentes no Brasil, deveria ser cuidadoso quanto ao respeito aos aspectos culturais, econômicos e geográficos. Um aglomerado ribeirinho amazônico não pode ser avaliado com a mesma régua que mede um bairro paulista.

Há uma partição simplificada entre normais e subnormais, em termos de pertinência ou não a um dos grupos. A decisão sobre a classificação de determinada comunidade, como subnormal, é usualmente feita em campo, por observadores inexperientes e inseguros.

Aqueles que utilizam os dados do IBGE, para análises mais detalhadas sobre pobreza e subnormalidade, têm que buscar, em campo, mais informações sobre o grau em que determinado aglomerado pertenceria ao grupo subnormal, com estudos de hierarquização das condições de subnormalidade. Se já é difícil trabalhar com as indefinições do conceito de “normalidade”, adotado pelo IBGE, torna-se mais complexo ainda, hierarquizar um aglomerado em níveis não conceituados de subnormalidade.

A avaliação de graus de subnormalidade é um problema multicriterial, sem a clara indicação de quais critérios definem as classes, os intervalos entre classes e sem a forma de sua avaliação. A escala para hierarquização do grau de subnormalidade não é definida pelo IBGE, nem por outro órgão governamental. Também, não são encontrados trabalhos acadêmicos, tratando da questão.

Procura-se, neste trabalho, apresentar índices de subnormalidade, que consideram as múltiplas dimensões dos aspectos encontrados nas aglomerações pobres e carentes, respeitando as características regionais e culturais destas populações. Não se pretende avaliar a pobreza destas comunidades, mas as condições funcionais deficitárias e a caracterização do grupo.

3. MATERIAIS E MÉTODO – O MODELO DESENVOLVIDO

As decisões sobre as aplicações de Políticas Públicas no setor habitacional devem ser tomadas com base em critérios claros e definidas, em acordo entre os *stakeholders*. Pretende-se com este trabalho, apoiar este tipo de decisão, apresentando um modelo de organização e operação de critérios que torna as decisões confiáveis e baseadas em indicadores abrangentes e inteligíveis para decisores não especialistas.

3.1. Os métodos multicriteriais em uso corrente e o método da lógica difusa

Os métodos atuais de análise e avaliações de áreas urbanas buscam diminuir as incertezas das decisões, principalmente quanto ao entendimento do estado e condições destas populações e quanto aos projetos e a alocação de recursos. Esses métodos de apoio à decisão são, em sua maioria, de difícil operação e entendimento por parte dos decisores não especialistas. Entender também, os custos, benefícios e efetividade dos projetos, torna-se uma questão vital para aqueles que têm a tarefa de tomar a decisão, principalmente para os gestores dos serviços e bens públicos. Como essas incertezas ocorrem tanto em aspectos econômicos, legais, sociais e ecológicos, verifica-se a necessidade de integrar todo o contexto da avaliação.

Os métodos mais comuns de avaliações e hierarquizações de sistemas complexos, que envolvem aspectos sociais, econômicos, legais e de meio ambiente simultaneamente, são apoiados em extensas bases de dados e instrumentos de agregação das variáveis de difícil operação. Os efeitos combinações entre variáveis e indicadores difusos são tratados usualmente como elementos “qualitativos” e, quando avaliados, o são de forma secundária.

Os métodos multicriteriais das famílias de programações matemáticas multiobjetivo, de teorias de utilidades multiatributos, de aproximações hierárquicas e de desagregação de preferências, não permitem operações com bases múltiplas e representações difusas. Entre as principais correntes multicriteriais, aquelas que obtêm melhores resultados nas operações com variáveis difusas, são os métodos de programação estocástica, tais como, os “*Chance-Constrained Programming (Goal Programming)*”, ainda que apresentem problemas de formulação do modelo em sistemas complexos e com informações incompletas.

Os métodos da família “*Analytic Hierarchy Process (AHP)*” obtêm resultados como sínteses de prioridades e oferecem alternativas hierarquizadas. Os processamentos são feitos por estimativas de valores definidos pelos decisores e por comparação de pares de dados, oferecendo resultados prontos aos decisores. Entretanto, esse método é restrito quanto às possibilidades de análises parciais das variáveis temáticas e em casos de variáveis dependentes. Os métodos baseados nas relações hierárquicas, tais como os da família “*Promethee*”, ordenam e buscam otimizações, por meio de relações de restrições, com as mesmas dificuldades de operações de variáveis dependentes e com informações difusas. Os métodos da família “*Electre*” também tratam os dados como pesos em pares e procuram relações de concordâncias, oferecendo resultados calculados como preferências hierarquizadas (MEDEIROS, MELLO e CAMPOS FILHO, 2007).

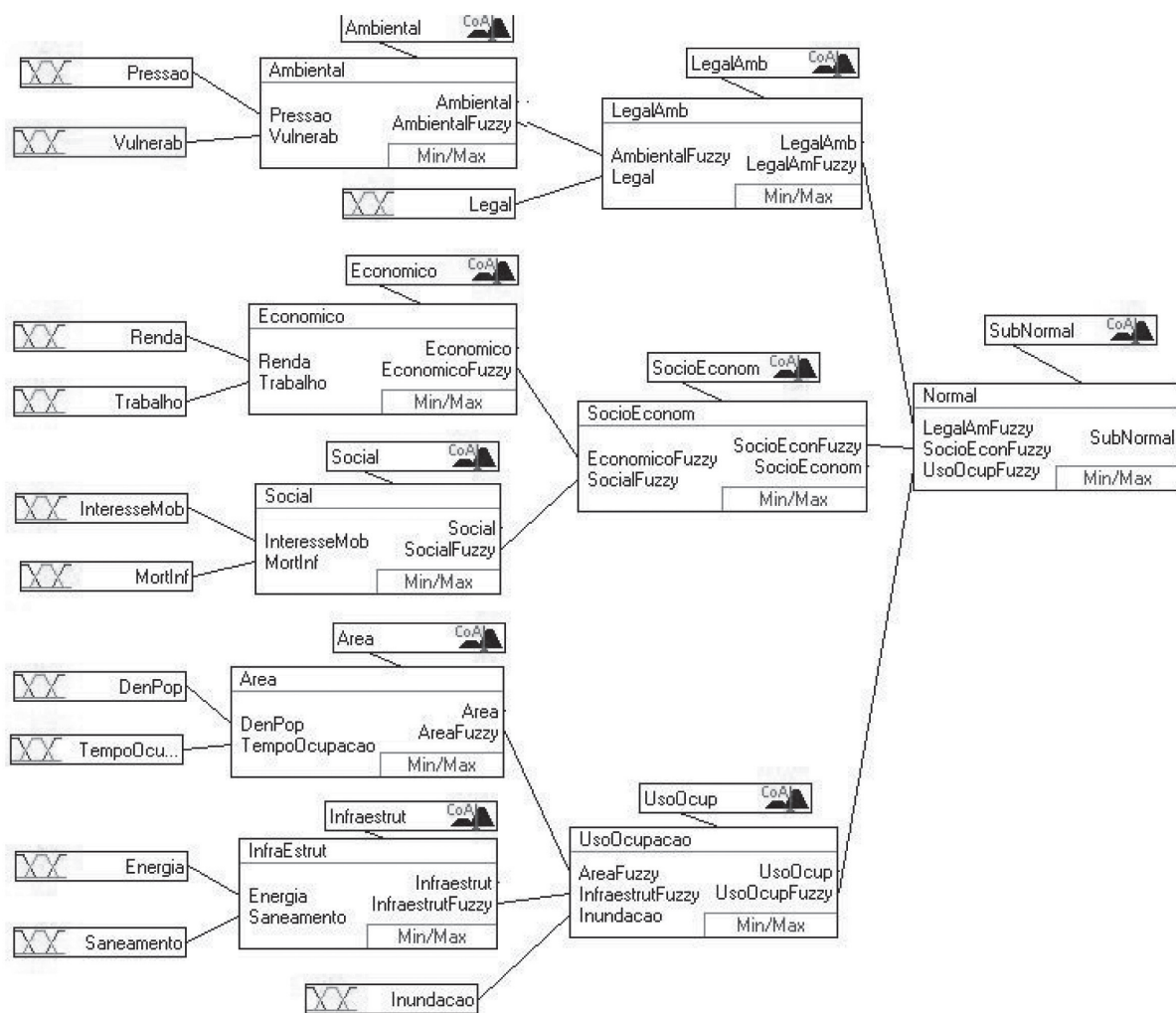
O método da árvore de decisão “*top-down*” tem capacidade de tratar variáveis difusas, em ambiente de informações incompletas e com variáveis fortemente dependentes. Busca-se atender à necessidade de avaliar, de forma transparente, tanto as questões ambientais, econômicas, legais e sociais, como também, a inevitável interdependência que cada um destes critérios exerce sobre os demais.

A seguir, é apresentado o método de representação esquemática da organização estrutural dos indicadores de medidas diretas e da conformação dos indicadores de níveis mais sintéticos, as conformações das funções de pertinência das variáveis, os blocos de regras para composição das mesmas, o modo de *desfuzificação*, a obtenção primária dos dados e a apresentação dos resultados.

3.2. Apresentação do método

O método consiste, inicialmente, em construir uma representação gráfica da composição dos indicadores a serem utilizados, em forma de uma árvore *top-down*, iniciando pela definição de qual a questão principal a ser respondida. A questão principal é então desdobrada em indicadores secundários, que correspondem aos critérios mais importantes que compõem o indicador final. Cada indicador de ordem superior é então, subdividido, até que as variáveis possam ser estimadas diretamente por medições ou avaliações de especialistas, como apresentada por Boclin e Mello (2005). A figura 1 mostra a árvore deste trabalho.

Figura 1 – A árvore *fuzzy* de decisão para a classificação de “Subnormalidade”.



Fonte: Autor

A questão central a ser respondida é quanto o agrupamento urbano, em análise, pertence ao conjunto de “subnormal”. Os indicadores foram selecionados e ordenados pelos *stakeholders* e são avaliados agregadamente, buscando minimizar as incertezas quanto à identificação e categorização da área, possibilitando, assim, uma decisão mais segura sobre a aplicação de recursos públicos.

Para cada indicador, são estabelecidas as suas funções de pertinência, que, neste caso, têm a conformação gráfica senoidal, usando termos linguísticos, tais como: ruim, crítico e bom. Assim, cada avaliação direta de campo, que é levantada por pesquisadores especialistas contratados, fica relacionada aos termos linguísticos estabelecidos, cuja base varia de zero para representar a condição ruim (grau de pertinência ao estado ruim), até o valor um, para representar a condição de bom (grau de pertinência ao estado bom). A etapa seguinte é a definição das importâncias relativas dos indicadores de entrada, na definição dos resultados dos indicadores de saída de cada bloco de regras.

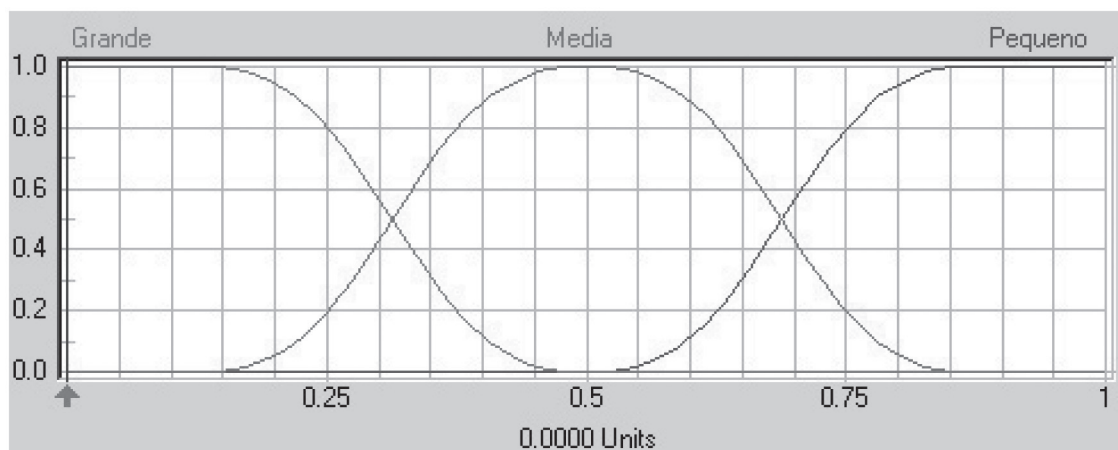
Em seguida, são montados os blocos de regras de produção (“se”, “e”, “então”) que operam as agregações entre as variáveis, compondo os indicadores temáticos de hierarquia superior na árvore. A parte “se” da regra descreve a situação para a qual ela é designada, a parte “então” descreve a ação do sistema nesta situação.

As operações de interação entre as variáveis iniciam-se com a obtenção dos dados das avaliações dos indicadores de campo, que são transformados em graus de pertinência às funções pré-definidas para cada indicador. A agregação entre grupos de variáveis acontece em blocos que contêm as regras de produção. Os resultados das operações nestes blocos de regras podem ter a forma de variáveis linguísticas ou de dados *desfuzificados*, que traduzem as variáveis linguísticas em variáveis discretas. No método adotado, são apresentadas as duas formas dos resultados. Os valores que estão na forma *fuzzy* alimentam nova entrada para o próximo bloco de regras, e outra, com os valores discretos, auxiliam uma melhor compreensão pelos decisores de cada variável de saída, possibilitando conhecer e interpretar cada resultado.

A operação de combinação dos indicadores pela lógica *fuzzy* permite trabalhar as informações de forma qualitativa, em seus diversos níveis. Isto gera uma transparência não só na estrutura do método, mas também na verificação das possíveis interferências que os dados de entrada exercem sobre o resultado final, trabalhando com a informação dos diversos atores ou intervenientes e permitindo verificações passo a passo do processo.

A figura 2, a seguir, mostra um exemplo de funções de pertinências da variável de trabalho “Densidade Populacional”.

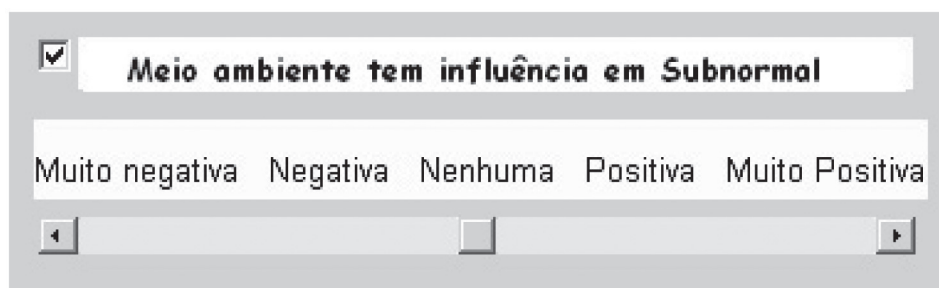
Figura 2 – Funções de pertinência do Indicador de “Densidade Populacional”.



Fonte: Autor

As regras de decisão que combinam os indicadores diretos e temáticos são geradas de acordo com as importâncias que a variável de entrada tem na definição da variável de saída, estabelecidos dentro de uma escala qualitativa e próxima da linguagem humana. Com isso, a análise fica próxima do que decisores e população, em geral, encaram como suas próprias verdades. As entradas das informações sobre como devem ser as influências das entradas sobre as saídas, são feitas por meio de deslizadores, como na figura 3, a seguir:

Figura 3 – Exemplo de entradas para definição de influências dos indicadores de entrada sobre os de saída.



Fonte: Autor

Os blocos de regras contêm o controle estratégico do sistema lógico *fuzzy*. Cada bloco de regras confina todas as regras para um mesmo contexto. Um contexto é definido pelas mesmas regras nos indicadores de entrada e de saída. A parte da regra “se” descreve a situação, para a qual a regra é designada. A parte “então” descreve a resposta do sistema *fuzzy* nesta situação.

O processamento das regras começa com o cálculo da parte “se”. O operador do bloco de regras determina qual método é usado. Os operadores usualmente utilizados são do tipo “*min-max*”, “*min-avg*” e “*gamma*”. Neste trabalho, adotou-se o operador tipo “*min-max*”, pois as restrições de entradas são todas de combinações de conjuntos do tipo “e” ou de “mínimos”, com todos os critérios sendo contemplados. Não existe a opção “ou”. As operações de definição de quais regras serão acionadas, são do tipo “máximo”, buscando as regras que obtiverem os maiores valores. A seguir, é mostrado, na tabela 1, um exemplo parcial de bloco de regras, do bloco “Uso/Ocupação”. Este bloco tem 54 regras.

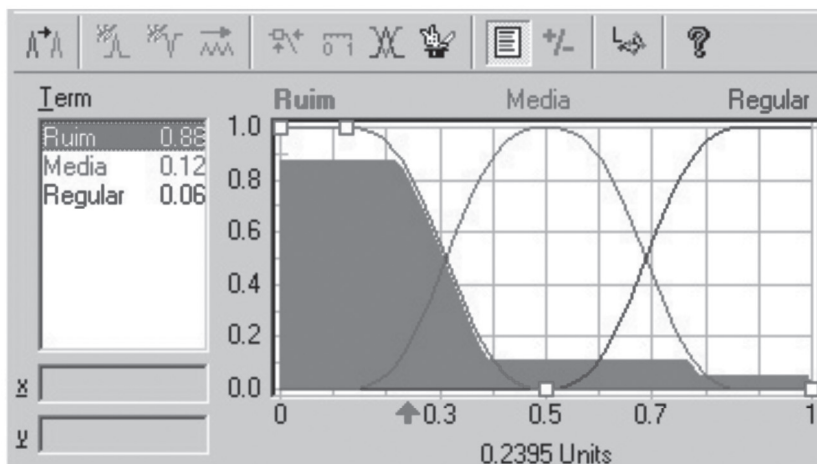
Tabela 1 – Exemplo parcial do bloco de regras “Uso/Ocupação”

SE			ENTÃO	
<i>AreaFuzzy</i>	<i>InfraestrutFuzzy</i>	Inundação	UsoOcup	UsoOcupFuzzy
Ruim	Ruim	Alto	Ruim	Ruim
Média	Ruim	Alto	Ruim	Ruim
Boa	Ruim	Alto	Média	Média
Ruim	Média	Alto	Ruim	Ruim
Média	Média	Alto	Média	Média
Boa	Média	Alto	Média	Média
Ruim	Boa	Alto	Média	Média
Média	Boa	Alto	Média	Média
Boa	Boa	Alto	Boa	Boa
Ruim	Ruim	Médio	Ruim	Ruim
Média	Ruim	Médio	Média	Média
Boa	Ruim	Médio	Média	Média
Ruim	Média	Médio	Média	Média

Fonte: Autor

Os resultados obtidos das operações podem ser representados, em formas de funções de pertinências, aos termos pré-definidos, ou *desfuzificados*. A *desfuzificação* dos resultados dos blocos de regras transforma as informações de volta ao modo discreto. Neste caso, optou-se pelo método de *desfuzificação* de centro de área, que oferece a possibilidade de melhor interpretação gráfica aos decisores não especialistas, como no exemplo, abaixo, da figura 4.

Figura 4 – Exemplo de resultado de *desfuzificação* da variável “Subnormal”, para o aglomerado Paranaguamirim: Estevão de Matos.



Fonte: Autor

4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

A programação em lógica *fuzzy* é feita pelo programa *fuzzyTech*®, que é o cliente, sendo que as planilhas de entradas e de saídas de dados são feitas em programa Excel®, que é o servidor.

4.1. Dados de campo

As informações quantitativas e qualitativas, utilizadas para alimentar o modelo, foram provenientes da base de dados e informações resultantes de trabalho de campo e da aplicação de questionário, junto às comunidades relacionadas pela Prefeitura Municipal de Joinville. Foram avaliadas trinta comunidades, definidas como subnormais pelo IBGE. Os valores variam de zero para a pior condição, até um para a melhor condição.

4.2. Os indicadores primários e temáticos

As definições de quais indicadores serão usados e a sua composição estrutural foram realizadas em reuniões entre especialistas da empresa executora da avaliação e técnicos da Prefeitura de Joinville –SC.

O primeiro nível hierárquico do grafo é o do indicador de subnormalidade, que para este caso é conformado por três temas: Legal/ambiental, Socioeconomia e Uso/ocupação (segundo nível hierárquico). Cada um destes temas forma os ramos da árvore. No terceiro nível hierárquico, estão os indicadores temáticos: Ambiental; Legal; Econômico; Social; Área; Infra-estrutura e Inundação.

No quarto nível hierárquico, estão dispostos os indicadores primários, que captam informações de campo.

Os indicadores primários de entrada e suas definições são listados a seguir:

- Densidade Populacional – define o número estimado de indivíduos da comunidade, dividido pela área do terreno ocupado por ela;
- Energia – define a situação da distribuição da energia elétrica, através do percentual indicativo de ligações irregulares existentes em cada comunidade;
- Interesse/Mobilização – define o quanto a comunidade se apresenta mobilizada para resolver seus problemas comunitários;
- Inundação – define o percentual de risco da comunidade em sofrer processos de inundação por cheias e/ou maré alta;
- Legal – reflete o estado legal de cada comunidade, verificadas as conformidades da legislação ambiental e patrimonial de cada comunidade pesquisada. As bases de análise foram regidas pelos seguintes instrumentos legais: Cota 40 (Lei Municipal) e Área de Preservação Permanente;
- Mortalidade Infantil – define o índice percentual amostral, relativo ao número de óbitos de crianças, ocorrido nas famílias da comunidade em estudo;
- Pressão – define a intensidade das pressões social e econômica, da comunidade, sobre o meio ambiente do seu entorno;
- Renda – define a média do somatório da renda do responsável e seu cônjuge, proveniente do percentual amostral dos casos com renda inferior a um salário mínimo, em cada comunidade pesquisada;
- Saneamento – define a situação de lançamento dos esgotos sanitários (efluentes líquidos), gerados pelas famílias residentes na comunidade;
- Tempo de Ocupação – define o tempo médio de ocupação da área das famílias residentes na comunidade em estudo;
- Trabalho – define o percentual amostral de indivíduos que exercem suas atividades de trabalho, sem vínculo empregatício;
- Vulnerabilidade ambiental – define a relação entre a magnitude de uma ameaça, caso ela se concretize e a intensidade dos danos resultantes.

4.3. As importâncias relativas entre variáveis

As relações de importâncias de cada variável de nível inferior, para a conformação daquela de nível superior, foram também, definidas em reuniões entre especialistas da empresa executora da avaliação e técnicos da Prefeitura de Joinville, SC. Somente os decisores podem mudar as importâncias das variáveis e as conformações da árvore. Os indicadores que tiveram importâncias relativas reduzidas foram: Interesse/Mobilização – 80%; Energia – 80%; Ambiental – 90% e Uso/Ocupação – 70%. Todos os demais indicadores foram considerados em 100% dos seus valores.

4.4. As planilhas de avaliação

Foram elaboradas trinta planilhas, uma para cada comunidade, contendo os dados dos indicadores de avaliação direta e a apresentação dos resultados de variáveis temáticas e da condição de pertinência ao conjunto “subnormal” que a comunidade apresenta. A seguir, na tabela 2, é apresentado um exemplo de planilha utilizada.

Tabela 2 – Exemplo de planilha de entrada de dados e de apresentação dos resultados.

01 - ADEMAR GARCIA - RIO BUPEVA							
Indicadores Primários	Notas	Indicadores Temáticos	Resultados	Indicadores Temáticos	Resultados	Condição de SubNormalidade	Resultado
Pressão	0,6						
		Ambiental	0,32176				
Vulnerabilidade	0,5						
				Legal/Ambiental	0,60936		
Legal	0,6						
Renda	0,5						
		Econômico	0,46606				
Trabalho	0,3						
				Socioeconomia	0,49998		
Interesse/Mobilização	0,3						
		Social	0,53392			SubNormal	0,60936
Mortalidade Infantil	0,8						
Densidade Populacional	0,8						
		Área	0,80412				
Tempo Ocupação	0,4						
Energia	0,7						
		Infra-estrutura	0,50002	Uso/Ocupação	0,80408		
Saneamento	0,5						
Inundação	0,5						

4.5. Resultados de hierarquização do grau de subnormalidade das comunidades examinadas

A apresentação da ordem hierárquica de subnormalidade ocorreu, através de uma escala entre zero e um, sendo que quanto mais o resultado da avaliação da comunidade se aproximar do zero, maior será a sua subnormalidade e quanto mais próximo o resultado se aproximar do valor um, menor será o grau de subnormalidade.

Para as áreas subnormais, que apresentaram o resultado final com o mesmo valor numérico do grau de subnormalidade, utilizou-se o indicador temático “Socioeconômico”, como fator de ordenamento. A escolha desta variável, como fator de ordenamento, deu-se pela importância que a mesma tem na hierarquização de áreas subnormais.

As áreas subnormais, localizadas na Zona Rural, bem como as inseridas dentro de Unidades de Conservação, apesar de estarem ordenadas, conforme a subnormalidade, deverão ser analisadas de forma especial, em razão de sua vocação de ocupação.

Na tabela 3, encontram-se os resultados das operações, contendo a hierarquização das comunidades subnormais. Nela, estão apresentados os resultados das agregações dos indicadores, com os valores que as variáveis “Legal Ambiental”, “Socioeconômico”, “Uso e Ocupação” e o indicador de “Subnormalidade” obtiveram para cada comunidade.

Tabela 3 – Resultados das operações.

Comunidade	Legal Ambiental	Socioeconômico	Uso e Ocupação	Subnormalidade
Paranaguamirim: Jardim Edilene	0,15804	0,27318	0,84200	0,22584
Paranaguamirim: Estêvão de Matos	0,23946	0,23946	0,84200	0,23946
Ademar Garcia: José Loureiro	0,15804	0,39062	0,52722	0,36680
Jardim Paraíso IV	0,19592	0,41188	0,63322	0,39062
Fátma: Rio Itaun	0,19592	0,46606	0,84202	0,44986
Pirabeiraba: Estrada Mildau	0,15804	0,62774	0,84196	0,44986
Aventureiro: Margem esquerda do Rio Iriú-Mirim	0,25052	0,62774	0,63322	0,47682
Ademar Garcia: Ivo Bento/Juquiá	0,48308	0,48308	0,79514	0,48202
Paranaguamirim: Jardim Palmeiras	0,20484	0,50000	0,53392	0,50000
Pirabeiraba: Caminho Curto	0,15804	0,80412	0,50000	0,50000
Vila Cubatão: Vigoreli	0,51602	0,41188	0,47278	0,52318
Bom Retiro: Itajubá	0,18188	0,79514	0,84200	0,52722
Aventureiro: Santa Bárbara	0,53392	0,53392	0,84198	0,53392
Jardim Paraíso III	0,52722	0,37222	0,51692	0,55012
Jardim Paraíso: São Francisco de Assis	0,27318	0,81812	0,84202	0,55012
Ademar Garcia: Rio Bupeva	0,60936	0,49998	0,80408	0,60936
Jardim Iriú: Margem esquerda do Rio Guaxanduva	0,48396	0,62774	0,63322	0,62774
Jardim Iriú: Margem direita do Rio Iriú-Mirim	0,41188	0,72986	0,84200	0,62774
Guanabara: Rua Solimões	0,32176	0,84198	0,84202	0,63322
Boa Vista: acima da cota 40 - Otto Lepper	0,41188	0,84200	0,50002	0,67820
Boehmerwald: Rua Universidade	0,53392	0,67824	0,77416	0,67824
Comasa: Margem direita do Rio Guaxanduva	0,58808	0,76050	0,84202	0,72680
Boa Vista: Divisão de Obra	0,78184	0,60936	0,84200	0,74944
Boa Vista: acima da cota 40 - Encosta SE	0,58808	0,79514	0,51692	0,77416
Vila Cubatão: Canto do Rio	0,63322	0,80412	0,80408	0,80408
Paranaguamirim: Rio Velho	0,74944	0,81666	0,84196	0,80408
Jardim Paraíso I	0,84196	0,72678	0,84196	0,80412
Paranaguamirim: Morro do Amaral	0,50000	0,77842	0,79514	0,81666
Pirabeiraba: Estrada do Oeste	0,84196	0,79514	0,84198	0,84200
Boa Vista: acima da cota 40 - Arco-íris	0,80408	0,84200	0,79514	0,84202

Fonte: autor.

Observa-se que as duas comunidades que obtiveram as piores avaliações de subnormalidade, tiveram resultados de boas condições em “Uso e Ocupação”. Se não houvesse agregação, estas comunidades poderiam ser consideradas satisfatórias. As comunidades que obtiveram resultados de pouca pertinência ao conjunto subnormal, tiveram notas altas em todos os três critérios de segunda ordem. As comunidades de Pirabeiraba: Estrada Mildau, Pirabeiraba: Caminho Curto e Bom Retiro: Itajubá, também chamam a atenção por terem resultados de “Legal Ambiental” muito ruim e notas médias nos demais critérios, mas com resultado agregado subnormal.

Os resultados devem ser analisados, agora por urbanistas, sociólogos, ecólogos e pelo poder público, para que sua interpretação auxilie na adoção de medidas que retirem estas comunidades da subnormalidade ou que adotem ações de correções de erros incorrigíveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia multicriterial adotada neste trabalho avaliou e hierarquizou as comunidades subnormais da cidade de Joinville-SC, por meio do método da Lógica Difusa. O modelo apresentado foi desenvolvido especialmente para esta aplicação, considerando as particularidades inerentes a este tipo de avaliação, principalmente aquelas referentes à necessidade de análise agregada dos indicadores, do ambiente de forte dependência entre as variáveis e com respeito às diferentes formas e métricas de como se medir as variáveis.

O método da árvore de decisão adotado, permitiu a elaboração de um modelo robusto e sensível, que foi aplicado na avaliação de cada comunidade. Os resultados parciais de avaliação de indicadores socioeconômicos, legais e ambientais, bem como os de uso e ocupação, foram analisados para todas as comunidades, em cada aspecto.

O modelo mostrou-se capaz de realizar a avaliação das demais comunidades da cidade e de outros locais, com as devidas adequações de inclusão ou exclusão de indicadores e seus pesos. Foram usadas doze variáveis de entrada, que resultaram em nove variáveis de saída. A integração de todas as variáveis, em um mesmo esquema, ultrapassa as limitações de outros métodos multicriteriais, pois não tem as limitações da necessidade de independência entre as variáveis primárias.

A sensibilidade do modelo foi definida, em comum acordo entre os técnicos da Prefeitura de Joinville e os executores do projeto, com as funções de pertinência, em número de três (ruim, médio e bom, por exemplo). Considerou-se que há suficiência na definição de três funções de pertinência para cada indicador, pois as avaliações de campo (em notas de zero até dez) são traduzidas para quanto de ruim, médio ou bom esta nota representa. O uso de mais funções de pertinência gera mais regras de decisão e refinamentos, que não são necessários na computação dos resultados dos blocos de regras. As aplicações do modelo nas avaliações das comunidades mostraram que a sensibilidade é satisfatória para o caso.

O modelo desenvolvido mostrou-se de fácil entendimento para os especialistas que avaliaram os indicadores diretos e também, para os decisores, mesmo que não tenham conhecimentos aprofundados nas diversas áreas do conhecimento envolvidas. A possibilidade de se alterar relações de importâncias entre variáveis e de incluir ou excluir variáveis, é uma característica da flexibilidade e robustez da programação do modelo.

Os resultados de hierarquização das comunidades, segundo o grau de “subnormalidade”, foram alcançados e são suficientes para apoiar decisões sobre ações a serem realizadas. Este tipo de modelagem, também pode ser usado para apoio às decisões acerca das escolhas entre quais ações podem obter melhores resultados, considerando as interações entre as variáveis pertinentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANTILAN, M. C. S.; BANTILAN Jr, F. T.; CASTRO, M. M. Fuzzy subset theory in the measurement of poverty. **Journal of Philippine Development**. Number 34. Volume XIX, 1992.
- BETTI, G.; CHELI, B.; LEMMI, A.; VERMA, V. Multidimensional and Longitudinal Poverty: an Integrated Fuzzy Approach. *In*: LEMMI, A.; BETTI, G. (Eds.). **Fuzzy Set Approach to Multidimensional Poverty Measurement**, Springer, 2006. pp.111-137.
- BOCLIN, A. S. C.; MELLO, R. **A decision support method for environmental assessment using a fuzzy logic approach**. Ecological Economics. Ed. Elsevier, 2005.
- CARVALHO, M.; KERSTENETZKY, C. L.; DEL VECCHIO, R. Uma aplicação da teoria dos conjuntos fuzzy na análise da pobreza: o caso das regiões metropolitanas do sudeste brasileiro – 2000. **Anais do XXXV Encontro Nacional de Economia**, 2007.
- CERIOLI, A.; ZANI, S. A fuzzy approach to the measurement of poverty. *In*: DAGUM, C.; ZENGA, M. (eds). **Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty**. Berlin: Springer Verlag, 1990. pp. 272-84.
- CHELI, B.; LEMMI, A. A Totally Fuzzy and Relative Approach to the Multidimensional Analysis of Poverty. **Economic Notes**, by Monte dei Paschi di Siena, vol. 24, nº 1,1995. pp. 115-134.
- COMIN, F.; BAGOLIN, I. P.; ÁVILA, R.; PORTO JÚNIOR, S. S.; PICOLOTTO, V. C. **Pobreza: da insuficiência de renda à privação de capacitações. Uma aplicação para a cidade de Porto Alegre, através de um indicador multidimensional**. Relatório de Projeto de Pesquisa. UFRGS, 2006.
- IBGE. **Metodologia do censo demográfico 2000 – Série relatórios metodológicos**. vol. 25, IBGE. Rio de Janeiro, 2003. 568 pp.
- MARQUES, E.; FERREIRA, M. P.; FUSARO, E. R.; MINUCI, E. G. Uma metodologia para a estimação de assentamentos precários em nível nacional. *In*: **Indicadores sociais para políticas habitacionais**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.
- MEDEIROS, S.; MELLO, R.; CAMPOS FILHO, P. Análise de projetos para Unidades de Conservação, usando lógica fuzzy. **Produção**, v. 17, nº 2, 2007. pp. 317-329.
- MIRANDA-RIBEIRO, A.; GARCIA, R. A. Segregação sócio-espacial em Belo Horizonte: uma aplicação de modelos difusos. **Geografias**. v. 1, nº 1, 2005.
- QIZILBASH, M.; CLARK, D. A. The Capability Approach and Fuzzy Poverty Measures: An Application to the South African Context. **Social Indicators Research**, v. 74, nº 1, 2005. pp. 103-139.
- SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras. 2000.
- UNDP. United Nations Development Program. **Human Development Report**, New York. 1998.

