



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

**Ciências Ambientais**

**HIAN GONÇALVES DOS SANTOS**

**CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL  
UTILIZANDO LÓGICA FUZZY:  
UM ESTUDO DE CASO PARA A REGIÃO DE SOROCABA**

Sorocaba

2026

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências  
ambientais*



**unesp**  
Sorocaba

**HIAN GONÇALVES DOS SANTOS**

**CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL  
UTILIZANDO LÓGICA FUZZY:  
UM ESTUDO DE CASO PARA A REGIÃO DE SOROCABA.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador(a): Prof. Dr. José Arnaldo Frutuoso Roveda

Coorientador(a): Prof. Dra. Ludmila Araújo Bortoleto

Sorocaba

2026

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências*  
*ambientais*



S237c

Santos, Hian Gonçalves dos

Classificação de áreas para habitação de interesse social utilizando  
Lógica Fuzzy : um estudo de caso para a região de Sorocaba / Hian  
Gonçalves dos Santos. -- Sorocaba, 2026

111 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: José Arnaldo Frutuoso Roveda

Coorientadora: Ludmila Araújo Bortoleto

1. Lógica difusa. 2. Habitação popular. 3. Zoneamento - Legislação.  
4. Planejamento urbano. 5. Serviços públicos. I. Título.

## **IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA**

Esta pesquisa propõe um sistema de suporte à decisão baseado em Lógica Fuzzy para classificar ZEIS em Sorocaba. O modelo apoia a alocação adequada de HIS ao otimizar o uso da infraestrutura urbana existente, reduzindo a expansão desordenada e a pressão sobre áreas sensíveis, promovendo justiça social e equilíbrio ambiental.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

This research proposes a Fuzzy Logic-based decision support system to classify Special Zones of Social Interest (ZEIS) in Sorocaba. The model supports public decision-making in Social Housing (HIS) allocation by optimizing infrastructure, reducing urban sprawl and pressure on sensitive areas, while promoting social justice and environmental balance.

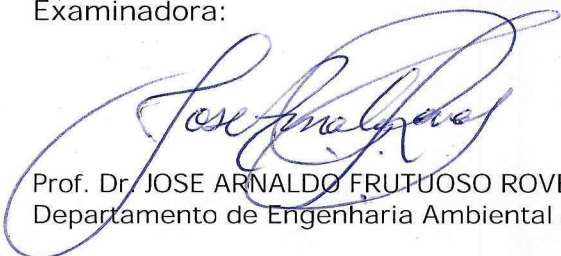
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Classificação de áreas para habitação de interesse social utilizando lógica fuzzy: Um estudo de caso para a região de Sorocaba

AUTOR: HIAN GONÇALVES DOS SANTOS

ORIENTADOR: JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA CO-ORIENTADORA: LUDMILA ARAUJO BORTOLETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. JOSE ARNALDO FRUTUOSO ROVEDA (Participação Presencial)  
Departamento de Engenharia Ambiental / UNESP / Câmpus de Sorocaba - ICTS



Prof. Dr. MARCO ANTONIO LEITE MASSARI (Participação Presencial)  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Centro Universitário Facens



Profª. Drª. GRACIELE PARAGUAIA SILVEIRA (Participação Presencial)  
Departamento de Física, Química e Matemática (DFQM) / Universidade Federal de São Carlos - Campus Sorocaba

Sorocaba, 27 de fevereiro de 2026.

## RESUMO

As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) constituem um instrumento do planejamento urbano vinculado ao Estatuto da Cidade e ao Plano Diretor Municipal, integrando o zoneamento urbano e adotando parâmetros mais adequados às condições locais em assentamentos precários ou áreas que promovam Habitações de Interesse Social (HIS). Entretanto, é frequente a construção de empreendimentos de HIS em áreas periféricas e desconexas de infraestrutura urbana e equipamentos públicos essenciais. Diante disso, este trabalho teve o objetivo de desenvolver uma metodologia para avaliar ZEIS recentemente demarcadas no município de Sorocaba, com o intuito de classificar aquelas com melhores condições de receber HIS, considerando os equipamentos públicos existentes. Para isso, foi elaborado um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) em dois níveis, utilizando a Lógica Fuzzy como ferramenta para o tratamento de dados subjetivos e a determinação dos resultados. A metodologia proposta considera a presença (raio de abrangência) dos equipamentos e serviços públicos comunitários, entendidos como elementos estruturadores da política habitacional, tais como creches e pré-escolas, escolas de ensino fundamental, escolas de ensino médio, Unidades Básicas de Saúde (UBS) e Centros de Referência de Assistência Social (CRAS), localizados nas proximidades de cada área. Neste cenário, a Lógica Fuzzy mostra-se adequada para trabalhar com as incertezas que envolvem o conceito de distância adequada ou inadequada nos raios de abrangência dos equipamentos públicos. Para isso, realizou-se um levantamento e revisão da literatura abordando discussões sobre ZEIS, HIS, raio de abrangência adequado para equipamentos comunitários e Lógica Fuzzy. Ao final do estudo, foi possível determinar o ranqueamento das ZEIS, classificando aquelas com maior prioridade para implantação de HIS, considerando a disponibilidade e proximidade dos equipamentos públicos comunitários. Os resultados obtidos demonstram o potencial da metodologia proposta como ferramenta de apoio ao planejamento urbano e à tomada de decisão no âmbito das políticas habitacionais.

**Palavras-chave:** Zonas Especiais de Interesse Social; Habitação de Interesse Social; Logica Fuzzy; equipamentos comunitários; Sorocaba.

## ABSTRACT

Special Zones of Social Interest (ZEIS) are an urban planning instrument established under the Brazilian City Statute and incorporated into Municipal Master Plans, integrating urban zoning through parameters adapted to local conditions in informal settlements or areas designated for Social Housing (SH). However, social housing developments are often implemented in peripheral areas lacking adequate urban infrastructure and access to essential public facilities. In this context, this study aimed to develop a methodology to evaluate recently designated ZEIS in the municipality of Sorocaba to identify those most suitable for social housing implementation based on the availability of public facilities. To achieve this, a two-level Fuzzy Rule-Based System (FRBS) was developed, using Fuzzy Logic to handle subjective data and support decision-making. The proposed methodology considers the presence and service radius of community public facilities—key elements of housing policy—such as daycare centers, elementary and high schools, Basic Health Units (UBS), and Social Assistance Reference Centers (CRAS). In this framework, Fuzzy Logic proved suitable for addressing uncertainties regarding “adequate” or “inadequate” distances to such facilities. Based on the proposed model, the study ranked ZEIS by priority for social housing implementation. The findings demonstrate the potential of the proposed methodology as a decision-support tool for urban planning and housing policies.

**Keywords:** Special Zones of Social Interest; Social Housing; Fuzzy Logic; community facilities; Sorocaba.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Esquema de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF). .....                            | 35 |
| Figura 2 – Mapa de Localização do Município de Sorocaba. ....                                     | 40 |
| Figura 3 – Situação da área que compõe a ZEIS 01 – AEROPORTO. ....                                | 42 |
| Figura 4 – Situação da área que compõe a ZEIS 02 – APARECIDINHA. ....                             | 43 |
| Figura 5 – Situação da área que compõe a ZEIS 03 – GENEBRA. ....                                  | 44 |
| Figura 6 – Situação da área que compõe a ZEIS 04 – IPANEMA VILLE. ....                            | 45 |
| Figura 7 – Situação da área que compõe a ZEIS 05 – IPORANGA. ....                                 | 46 |
| Figura 8 – Situação da área que compõe a ZEIS 06 – TUPÃ. ....                                     | 47 |
| Figura 9 – Situação da área que compõe a ZEIS 07 – VITÓRIA RÉGIA. ....                            | 48 |
| Figura 10 – Configuração do Índice de Qualificação de ZEIS (IQZ). ....                            | 54 |
| Figura 11 – Subsistema 1 – Escolar. ....                                                          | 56 |
| Figura 12 – Subsistema 2 – Saúde/Social. ....                                                     | 57 |
| Figura 13 – Raios de abrangência adequados para creches e pré-escolas conforme<br>autores. ....   | 60 |
| Figura 14 – Conjuntos fuzzy entrada da variável “Creche/Pré-Escola” .....                         | 61 |
| Figura 15 – Raios de abrangência adequados para ensino fundamental conforme<br>autores. ....      | 62 |
| Figura 16 – Conjuntos fuzzy entrada da variável “Ensino Fundamental”. ....                        | 63 |
| Figura 17 – Raios de abrangência adequados para ensino médio conforme autores.<br>.....           | 64 |
| Figura 18 – Conjuntos fuzzy entrada da variável “Ensino Médio”. ....                              | 65 |
| Figura 19 – Raios de abrangência adequados para UBS conforme autores. ....                        | 66 |
| Figura 20 – Conjuntos fuzzy entrada da variável “UBS”. ....                                       | 67 |
| Figura 21 – Distribuição e abrangência de CRAS no Município. ....                                 | 68 |
| Figura 22 – Gráfico relacionando a distância entre os CRAS e seus limites de<br>abrangência. .... | 69 |
| Figura 23 – Conjuntos fuzzy entrada da variável “CRAS”. ....                                      | 70 |
| Figura 24 – Conjuntos fuzzy de saída dos subsistemas. ....                                        | 71 |
| Figura 25 – Base de regras do Subsistema 1 – Escolar. ....                                        | 73 |
| Figura 26 – Superfície: Ensino Fundamental x Creche/Pré-Escola. ....                              | 74 |
| Figura 27 – Superfície: Ensino Médio x Creche/Pré-Escola. ....                                    | 74 |
| Figura 28 – Superfície: Ensino Médio x Ensino Fundamental. ....                                   | 74 |
| Figura 29 – Base de regras do Subsistema 2 – Saúde/Social. ....                                   | 75 |



|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 30 – Superfície: CRAS x UBS. ....                                                   | 75 |
| Figura 31 – Exemplo de Superfície indicando inconsistência nas regras. ....                | 76 |
| Figura 32 - Sistema Final - Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ). ....                    | 77 |
| Figura 33 – Conjuntos fuzzy da variável “Qualidade Escolar” do Sistema IQZ. ....           | 78 |
| Figura 34 – Conjuntos fuzzy da variável “Qualidade Saúde/Social” do Sistema IQZ.<br>.....  | 79 |
| Figura 35 – Base de regras do Sistema IQZ. ....                                            | 80 |
| Figura 36 – Superfície:- Qualidade Escolar x Qualidade Saúde/Social.....                   | 80 |
| Figura 37 – Valor mínimo possível no processo de inferência para o IQZ do modelo.<br>..... | 88 |
| Figura 38 – Valor máximo possível no processo de inferência para o IQZ do modelo.<br>..... | 89 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Tipologias de ZEIS em São Paulo.....                     | 24 |
| Quadro 2 – Comparativo das características das ZEIS em estudo. .... | 49 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1- Raio de abrangência considerados adequados por autores. ....      | 58 |
| Tabela 2 – Procedimento para determinação dos conjuntos fuzzy. ....         | 59 |
| Tabela 3 – Aplicação do procedimento para variável “Creche/Pré-Escola” ...  | 61 |
| Tabela 4 – Aplicação do procedimento para variável “Ens. Fundamental” ....  | 62 |
| Tabela 5 – Aplicação do procedimento para variável “Ensino Médio”. ....     | 64 |
| Tabela 6 – Aplicação do procedimento para variável “UBS”. ....              | 66 |
| Tabela 7 – Matriz TIPO I para determinação das distâncias adotadas (m). .   | 83 |
| Tabela 8 – Matriz TIPO II para determinação das distâncias adotadas (m). .  | 84 |
| Tabela 9 – Matriz TIPO III para determinação das distâncias adotadas (m). . | 84 |
| Tabela 10 – Distâncias adotadas (m) para aplicação no Sistema. ....         | 85 |
| Tabela 11 – Índices de Qualificação das ZEIS (IQZ) obtidos. ....            | 87 |
| Tabela 12 – Classificação das ZEIS conforme o IQZ obtido. ....              | 91 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|           |                                                          |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| AEIS      | Áreas Especiais de Interesse Social                      |
| AIS       | Áreas de Interesse Social                                |
| COMULs    | Comissões de Urbanização e Legalização da Posse da Terra |
| CRAS      | Centro de Referência de Assistência Social               |
| EFAF      | Ensino Fundamental Anos Finais                           |
| EFAI      | Ensino Fundamental Anos Iniciais                         |
| HIS       | Habitação de Interesse Social                            |
| HMP       | Habitação do Mercado Popular                             |
| IBGE      | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística          |
| IQZ       | Índice de Qualificação das ZEIS                          |
| PDE       | Plano Diretor Estratégico                                |
| PLHIS     | Plano Local de Habitação de Interesse Social             |
| PMCMV     | Programa Minha Casa Minha Vida                           |
| PREZEIS   | Plano de Regularização das ZEIS                          |
| PROFAVELA | Programa Municipal de Regularização de Favelas           |
| REURB     | Regularização Fundiária Urbana                           |
| RMC       | Região Metropolitanas de Campinas                        |
| RMSP      | Região Metropolitanas de São Paulo                       |
| SBRF      | Sistema Baseado em Regras Fuzzy                          |
| UBS       | Unidade Básica de Saúde                                  |
| ZEIS      | Zona Especial de Interesse Social                        |
| ZHIS      | Zonas Habitacionais de Interesse Social                  |

## SUMÁRIO

|           |                                                                  |           |
|-----------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                          | <b>15</b> |
| 1.1       | PROBLEMA DE PESQUISA .....                                       | 19        |
| 1.2       | OBJETIVOS .....                                                  | 19        |
| 1.2.1     | Objetivo geral .....                                             | 19        |
| 1.2.2     | Objetivos Específicos .....                                      | 19        |
| <b>2.</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                                | <b>21</b> |
| 2.1       | CONTEXTO URBANO E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL .....                 | 21        |
| 2.2       | HISTÓRICO E LEGISLAÇÕES DAS ZEIS .....                           | 21        |
| 2.2.1     | Origem e experiências municipais.....                            | 21        |
| 2.2.2     | Legislação federal e instrumentos de regulamentação .....        | 22        |
| 2.2.3     | Tipologias e funcionamento das ZEIS .....                        | 23        |
| 2.2.4     | ZEIS em Sorocaba .....                                           | 25        |
| 2.2.5     | Efetividade das ZEIS e integração aos equipamentos urbanos ..... | 27        |
| 2.3       | LÓGICA FUZZY .....                                               | 32        |
| 2.4       | RELAÇÃO DA LÓGICA FUZZY COM O PROBLEMA EM ESTUDO .....           | 37        |
| <b>3.</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                          | <b>38</b> |
| 3.1       | ÁREAS E EQUIPAMENTOS DE ESTUDO .....                             | 39        |
| 3.2       | LEVANTAMENTO DAS ZEIS E DOS EQUIPAMENTOS PÚBLICOS .....          | 41        |
| 3.3       | LEVANTAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PÚBLICOS COMUNITÁRIOS.....         | 51        |
| 3.4       | IDENTIFICAÇÃO ESPACIAL DAS VARIÁVEIS .....                       | 52        |
| <b>4.</b> | <b>DESENVOLVIMENTO DO SBRF.....</b>                              | <b>54</b> |
| 4.1       | SUBSISTEMA 1- ESCOLAR.....                                       | 54        |
| 4.2       | SUBSISTEMA 2 – SAÚDE/SOCIAL.....                                 | 56        |
| 4.3       | FUZZIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS .....                                 | 57        |
| 4.3.1     | Subsistema 1 – Escolar.....                                      | 60        |
| 4.3.2     | Subsistema 2 – Saúde/Social.....                                 | 65        |
| 4.4       | MÓDULO DE INFERÊNCIA FUZZY.....                                  | 71        |
| 4.4.1     | Desenvolvimento da Base de Regras .....                          | 72        |
| 4.5       | DEFUZZIFICAÇÃO .....                                             | 76        |
| 4.6       | ÍNDICE DE QUALIFICAÇÃO DAS ZEIS (IQZ).....                       | 77        |
| 4.6.1     | Fuzzificação .....                                               | 78        |
| 4.6.2     | Base de Regras e Inferência Fuzzy.....                           | 79        |

|                                                                                                                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.7 INTEGRAÇÃO DOS SUBSISTEMAS.....                                                                                                                                                  | 82         |
| 4.8 APLICAÇÃO DAS DISTÂNCIAS NO SISTEMA .....                                                                                                                                        | 82         |
| 4.8.1 Determinação da matriz com as distâncias .....                                                                                                                                 | 82         |
| 4.8.2 Aplicação das matrizes com as distâncias no IQZ .....                                                                                                                          | 84         |
| <b>5. RESULTADOS OBTIDOS.....</b>                                                                                                                                                    | <b>86</b>  |
| 5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....                                                                                                                                                   | 90         |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>                                                                                                                                                             | <b>92</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                                                              | <b>94</b>  |
| <b>APÊNDICE A- INFORMAÇÕES DO SUBSISTEMA 1- ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .FIS .....</b>                                                                           | <b>103</b> |
| <b>APÊNDICE B – INFORMAÇÕES DO SUBSISTEMA 2- ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .FIS .....</b>                                                                          | <b>105</b> |
| <b>APÊNDICE C – INFORMAÇÕES DO SISTEMA INTEGRAÇÃO- ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .FIS .....</b>                                                                    | <b>107</b> |
| <b>APÊNDICE D – SCRIPT OPERADOR DO MODELO RESPONSÁVEL POR ALIMENTAR O SISTEMA INTEGRAÇÃO COM OS RESPECTIVOS DADOS REAIS, ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .M.....</b> | <b>109</b> |
| <b>APÊNDICE E – SCRIPT OPERADOR DO MODELO RESPONSÁVEIS PELA GARANTIA DA NORMALIZAÇÃO DE DADOS DOS SISTEMAS, ARMAZENADOS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .M.....</b>              | <b>110</b> |
| <b>ANEXO A – MAPA OFICIAL DAS ZEIS LEI 12.759/2023. ....</b>                                                                                                                         | <b>111</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização brasileira, considerada recente em comparação a países desenvolvidos, teve início nas últimas décadas do século XIX, mas ganhou força apenas no século XX, impulsionada pela industrialização, sobretudo nas cidades do Sudeste (Ugeda Junior, 2014). Até então, com exceção de alguns núcleos pontuais localizados ao longo do litoral, a vida econômica do país girava em torno das atividades agrárias, vivendo a população em sua grande maioria, no campo (Ugeda Junior, 2014).

A partir de 1930, políticas de incentivo industrial e, posteriormente, a Segunda Guerra Mundial, aceleraram o processo de modernização (Vieira Neto, 2011). Esse movimento foi acompanhado pela migração campo-cidade: de um lado, a industrialização urbana gerava empregos; de outro, a mecanização agrícola reduzia a necessidade de mão de obra (Monteiro; Veras, 2017). O resultado foi uma urbanização acelerada: em 1920, apenas 16% da população brasileira vivia em áreas urbanas, índice que atingiu 75% em 1990 e 87,4% em 2022, o que corresponde a 177,5 milhões de pessoas (IBGE, 2024). Esse crescimento ocorreu muitas vezes sem o devido planejamento, gerando impactos sociais, ambientais e econômicos.

Em Sorocaba, a urbanização seguiu trajetória semelhante. O município consolidou-se como polo industrial desde o início do século XX, primeiro com indústrias têxteis e, posteriormente, com empresas de bens de consumo, favorecido ainda pela construção das rodovias Raposo Tavares (SP-270) e Castelo Branco (SP-280) (Comitre; Andrade, 2011).

Entre 1970 e 2010, Sorocaba apresentou crescimento populacional de 233,7%, muito acima da média estadual (129,7%). Entre os censos de 2010 e 2022, a população cresceu 23,36%, alcançando 723.682 habitantes, dos quais 99,3% residem em área urbana (IBGE, 2025).

O processo de crescimento populacional foi acompanhado pelo surgimento de assentamentos irregulares e precários, sobretudo a partir da década de 1970, em razão da ausência de políticas públicas de planejamento urbano efetivo (Comitre, 2017). O Censo de 2022 apontou 12.433 pessoas vivendo em favelas e comunidades urbanas, distribuídas em 22 núcleos no município (SEADE, 2025a).

Esses assentamentos irregulares costumam estar ligados às questões de posse e propriedade da terra, manifestando-se de diversas formas, como: loteamentos

irregulares ou clandestinos, cortiços, ocupações de áreas particulares e principalmente de áreas públicas destinadas a sistemas de recreio, sistemas viários ou uso institucional (Nascimento, 2008). No caso das áreas reservadas à sistemas de recreio, estas normalmente apresentam inadequações para fins de moradia, seja por suas características ambientais, seja por sua função urbanística original. Quando ocupadas, além das questões de irregularidade fundiária, essas comunidades são sujeitas a desastres naturais, como escorregamentos de terra e alagamentos, evidenciando ainda mais os problemas da falta de moradia adequada (Nascimento, 2008).

A necessidade de construção de moradias no país pode ser evidenciada pelo cálculo de déficit habitacional, indicador que revela não apenas a carência quantitativa de unidades, mas também a precariedade das condições habitacionais e a desigualdade socioespacial existente. Esse indicador considera, entre outros fatores, o número de domicílios precários (improvisados e rústicos), a coabitação (domicílios subdivididos em cômodos e super ocupados) e o ônus excessivo com aluguel (quando mais de 30% da renda familiar é comprometida com moradia). Ainda que não leve em consideração a população em situação de rua, em 2022 foram contabilizados 6.215.313 domicílios em déficit. Já em 2023, o déficit habitacional brasileiro indicou uma redução de 3,8% em relação ao ano anterior, sendo estimado em 5.977.317 de domicílio (Fundação João Pinheiro, 2025).

De acordo com Rodrigues e Krause (2023), os componentes do déficit habitacional estão diretamente relacionados à formação dos assentamentos precários, frequentemente utilizados pelas famílias de baixa renda diante da dificuldade de acesso a habitações formais. Nesses casos, opta-se por moradias de menor custo, ainda que em condições inadequadas. No caso de Sorocaba, a Emplasa (2017) apontou em seu relatório, um déficit habitacional de aproximadamente 19.186 unidades em 2010, quando a população era estimada em 586.625 habitantes. Embora os resultados referentes ao Censo de 2022 ainda não estejam disponíveis individualmente por cidades, o elevado crescimento populacional do Município no período indica tendência de agravamento da situação, com possível intensificação dos assentamentos precários.

Nesse contexto, a criação de Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) constitui um dos principais instrumentos urbanísticos previsto pelo Estatuto da Cidade (Brasil, 2001), com o objetivo de assegurar o direito à moradia adequada. De acordo



com Silva e Gaio (2020) a incapacidade do poder público em enfrentar o déficit habitacional brasileiro favoreceu o surgimento dos zoneamentos municipais do tipo Zona Especial de Interesse Social (ZEIS). Essa tipologia passou a ser utilizada em alguns municípios a partir da década de 1980 e foi incorporada expressamente ao Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) como instrumento de política urbana, consolidando-se, no cenário contemporâneo como um dos principais mecanismos voltados à viabilização do direito à moradia adequada. Atualmente, as ZEIS configuram duas modalidades principais, conforme seus objetivos: (a) ZEIS de regularização, voltadas ao reconhecimento, à reurbanização e à regularização de áreas ocupadas por assentamentos precários; (b) ZEIS de provisão, destinadas a áreas vazias ou subutilizadas, visando à constituição de estoque fundiário ou ao aproveitamento de imóveis ociosos para produção de Habitação de Interesse Social (HIS), Nakano *et al.* (2023).

Enquanto modalidade de zoneamento urbano, as ZEIS devem estabelecer parâmetros urbanísticos e edílios de uso e ocupação do solo, garantindo preços da terra compatíveis com a finalidade habitacional de interesse social (Mattos, 2019). Cabe destacar que sua demarcação não implica por si só, na construção de HIS, mas é um estímulo à reserva de terras para moradias sociais (Ribeiro *et al.*, 2016 *apud* Sousa; Braga, 2020, p. 2-3).

Segundo Rolnik e Nakano (2009 *apud* Nascimento, 2017, p. 235) é comum que programas habitacionais sejam implantados em áreas periféricas e desvalorizadas, desprovidas de infraestrutura e de equipamentos públicos essenciais. Em contraposição, Ferreira (2014 *apud* Placido *et al.*, 2019, p.39), ressalta que a escolha de terrenos bem localizados assegura melhores condições de vida para os moradores, ao facilitar o acesso às condições de trabalho, reduzir custos cotidianos e garantir proximidade a serviços públicos como saúde e educação, aproveitando da estrutura já existente. Desta forma, avaliar adequadamente os locais destinados à implantação de HIS é, portanto, um desafio metodológico e social (Placido *et al.*, 2019).

Desta forma, uma possibilidade de avaliação da adequação dessas áreas destinadas a futuras habitações, consiste na observação da disponibilidade de equipamentos públicos comunitários e das distâncias de deslocamento até eles, elementos diretamente relacionados à inserção urbana da Habitação de Interesse Social. Nesse sentido, um sistema de inferência baseado em regras que faz uso da

Lógica Fuzzy e do conhecimento humano e acadêmico apresenta-se como ferramenta adequada para lidar com a subjetividade e a incerteza envolvidas na definição da distância considerada aceitável para acesso a equipamentos públicos (Silva, 2015).

Sendo uma extensão da lógica booleana que trabalha com valores de exatidão: verdadeiro (1) ou falso (0), a Lógica Fuzzy remete à incerteza, imprecisão, subjetividade e permite valores de grau de pertinência intermediário no intervalo 0 a 1 (Silva, 2015). A Lógica Fuzzy lida muito bem com a subjetividade que envolve os raios de abrangência a serem considerados para cada tipo de serviço, visto que tal classificação envolve distâncias, que podem ser definidas como: adequada (próxima) ou inadequada (distante). Além disso, deve ser levado em consideração que distância próxima ou não, é subjetiva e depende da percepção de cada pessoa.

No contexto urbano, a Lei Municipal 12.759 de 05 de abril de 2023, institui em Sorocaba a delimitação de sete novas ZEIS: I-Aeroporto, II-Aparecidinha, III-Genebra/Estrada do Império/Estrada São Roquinho, IV- Ipanema Ville/Jd. Betânia, V-Iporanga/John Boid Dunlop, VI- Tupã/Estrada São Judas, VII- Vitória Régia/Santa Luiza/Hebert de Souza/Jd. Eucaliptos/Madre Paulina (Sorocaba, 2023). O objetivo da lei é incentivar tanto a habitação social popular quanto a regularização fundiária e a urbanização, transformando assentamentos informais em bairros funcionais, promovendo o acesso da população a infraestrutura, serviços públicos essenciais e equipamentos sociais básicos.

É importante destacar que nem todas as ZEIS serão necessariamente destinadas à promoção de Habitação de Interesse Social (HIS). Em áreas já ocupadas, a intervenção pode se concentrar na urbanização e regularização fundiária, foco na melhoria habitacional etc. No entanto, a Lei 12759/2023 não traz identificação clara ou tipologias que classifiquem a finalidade de cada uma das áreas, sendo todas tratadas como “ZEIS de Aglomerados Subnormais” (Sorocaba, 2023).

Diante da falta de distinção clara das ZEIS por tipologia, foi considerada a hipótese de implantação de HIS em qualquer uma dessas áreas, que deve ser levada em consideração a distribuição geográfica dessas ZEIS em relação aos equipamentos públicos existentes. Neste contexto, emerge a seguinte questão: quais áreas estariam melhor classificadas para a implantação de HIS, considerando que a entrega de novos equipamentos públicos nem sempre ocorre de forma simultânea à produção habitacional, tornando a população dependente dos serviços de bairros vizinhos?

Para análise, este estudo considera dois grupos de equipamentos: “Escolar”, abrangendo creches, pré-escolas, escolas de ensino fundamental e médio; “Saúde-Social”, composto por Unidades Básicas de Saúde (UBS) e Centros de Referência de Assistência Social (CRAS). A escolha desses grupos se justifica pelas características dos serviços, em particular a periodicidade dos deslocamentos e o envolvimento com a comunidade, considerando ainda os raios de abrangência adequados para cada tipo de serviço.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De que forma podemos utilizar a Lógica Fuzzy para classificar as ZEIS quanto os serviços e equipamentos públicos existentes, de modo a identificar aquelas mais aptas à implantação de Habitação de Interesse Social (HIS)?

## 1.2 OBJETIVOS

Com o intuito de organizar e direcionar as etapas da pesquisa, apresentam-se, a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos.

### 1.2.1 Objetivo geral

Diante da necessidade de identificar as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) mais adequadas para a implantação de Habitação de Interesse Social (HIS) no município de Sorocaba, considerando a disponibilidade e a proximidade de serviços e equipamentos públicos comunitários, este estudo tem como objetivo geral aplicar um Sistema de Inferência Baseado em Regras Fuzzy como ferramenta de apoio à avaliação e à classificação dessas áreas.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear a distribuição espacial das ZEIS e dos principais equipamentos públicos relacionados aos grupos Escolar e Saúde-Social no município de Sorocaba;

- Identificar as variáveis *fuzzyficáveis* e propor os conjuntos fuzzy para cada variável integrada ao modelo;
- Determinar os raios de abrangência adequados para cada variável considerada no estudo;
- Avaliar e ranquear as ZEIS por meio de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy, via Software Matlab;
- Classificar e priorizar as ZEIS quanto à aptidão para a implantação de Habitação de Interesse Social (HIS), considerando a disponibilidade e a proximidade dos equipamentos e serviços públicos existentes;

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção tem como finalidade apresentar os fundamentos teóricos que embasam este estudo, reunindo contribuições de autores que tratam tanto das políticas habitacionais e da função das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), no âmbito do planejamento urbano e da política urbana, quanto dos conceitos e aplicações da Lógica Fuzzy. A partir dessa sistematização, busca-se estabelecer uma base conceitual sólida que permita compreender o contexto urbano, territorial e legal em que se insere a pesquisa, bem como justificar a escolha da abordagem metodológica adotada.

### 2.1 CONTEXTO URBANO E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL

No contexto urbano brasileiro, evidencia-se uma profunda segregação socioespacial. De um lado a “cidade formal”, caracterizada pela presença de infraestrutura, equipamentos urbanos, serviços coletivos e regulação pelo mercado imobiliário e pela legislação, predominantemente ocupada por populações de média e alta renda. De outro, a “cidade informal”, constituída por parcelamentos irregulares e ocupações coletivas, frequentemente situadas nas periferias e habitadas por populações de baixa renda com pouca ou nenhuma infraestrutura e em desacordo com as normas edilícias e urbanísticas. Diante desse contraste, a regulamentação das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) como instrumento público de planejamento participativo representa uma estratégia essencial para a promoção da transformação social (Gordilho-Souza, 2022).

### 2.2 HISTÓRICO E LEGISLAÇÕES DAS ZEIS

#### 2.2.1 Origem e experiências municipais

A expressão “Zona Especial de Interesse Social” - ZEIS surgiu em Recife-PE, em 1983 através de uma lei municipal de uso do solo, onde foram delimitadas áreas urbanas consideradas assentamentos habitacionais surgidos espontaneamente e em condições já consolidadas. Com a intenção de promover a regularização jurídica e integração à estrutura urbana, foram estabelecidas normas urbanísticas especiais

para estas áreas, tendo ação mais efetiva a partir de 1987 com a aplicação de regulamentações específicas e aprovação da Lei dos Planos de Regularização das ZEIS – PREZEIS (Brasil, 2009). O modelo de gestão das PREZEIS tem como base a criação de Comissões de Urbanização e Legalização da Posse da Terra (COMULs), integradas por representantes das comunidades que aprovam e acompanham projetos e procedimentos legais. Em Recife, as principais normas que a lei de regulamentação das ZEIS trouxe, tratam de: *i*) urbanização, parcelamento do solo e infraestrutura adequados a cada assentamento; *ii*) regularização jurídica por meio dos institutos da concessão do direito real de uso gratuita e da usucapião; e *iii*) o controle sobre os processos de apropriação das áreas beneficiadas, pelo mercado imobiliário, restringindo o remembramento de lotes.

No mesmo período, entre 1983 e 1985, Belo Horizonte - MG também editou leis, criando zona similar à de Recife, o Setor Especial – 4 (Moraes, 2023). Com um programa denominado de PROFAVELA (Programa Municipal de Regularização de Favelas), o zoneamento especial foi aplicado no perímetro de 128 favelas, visando a regularização fundiária e urbanização dos assentamentos (Brasil, 2009).

Moraes (2023) considera a ZEIS de Recife referência para todo o Brasil, sendo incorporada em diversas leis municipais - em muitos casos aplicando denominações diferentes e ampliando a abrangência para outros tipos de assentamentos precários, como loteamentos irregulares, cortiços etc.

No estado de São Paulo, a Cidade de Diadema apresentou uma inovação ao prever em seu Plano Diretor de 1994 (e Lei de Uso do Solo em 1996) a Área Especial de Interesse Social do Tipo 1 (AEIS 1). A novidade em Diadema se deve ao fato de a AEIS 1 garantir a demarcação de terrenos não edificadas, não utilizados ou subutilizados para a promoção da habitação de interesse social (HIS), facilitando a compra desses terrenos por movimentos sociais, associações e cooperativas (Brasil, 2009; Silva e Gaio, 2020; Moares, 2023).

### 2.2.2 Legislação federal e instrumentos de regulamentação

A Constituição Federal de 1988 tem papel importante na disseminação do conceito das ZEIS, fixando diretrizes responsáveis por ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade, bem como, o bem-estar dos seus habitantes. Os Art. 182 e 183 preveem por exemplo, mecanismos como o plano diretor, usucapião, e

principalmente o conceito da função social da propriedade urbana – base para outros instrumentos (Brasil, 1988).

Silva e Gaio (2020) descrevem que em 1999 o instrumento é utilizado pela primeira vez em norma federal, com a edição da Lei 9.785/1999 que altera a Lei 6.766/1979 (que trata do parcelamento do solo), estabelecendo os requisitos básicos de infraestrutura para parcelamento do solo inserido em Zonas Habitacionais de Interesse Social (ZHIS).

Apesar do papel importante da Constituição, a Lei Federal 10.257/2001 conhecida como Estatuto da Cidade veio somente 13 anos depois, um marco essencial para regulamentar os Art. 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 2001). O Estatuto da Cidade prevê as ZEIS como instrumento de política urbana e, aliado à obrigatoriedade de aprovação de planos diretores, contribuiu para o aumento substancial na implementação da ZEIS por municípios no país (Silva e Gaio, 2020).

Conforme a plataforma de Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) do IBGE, em 2021, 1968 municípios do país previam legislação ZEIS como parte integrante do Plano Diretor, enquanto outros 1283 municípios previam tais áreas em legislação específica (IBGE, 2021).

É importante ressaltar, que as ZEIS integram o zoneamento municipal, e apesar de adotar parâmetros mais adequados às condições locais (em especial ao demarcar assentamentos precários, ou mesmo áreas para novas habitações de interesse social), deve atuar como instrumento urbanístico-regulatório (Moraes, 2023). Desta forma, um número muito alto de ZEIS instituídas em leis específicas no país, indicam no mínimo, uma desarticulação com o Plano Diretor destes municípios. Além disso, as leis específicas se tornam mais vulneráveis às mudanças arbitrárias e oportunistas, que de certo modo, seriam mais exigentes de se alterar quando as ZEIS integram o Plano Diretor (Nakano *et al.*, 2023).

### 2.2.3 Tipologias e funcionamento das ZEIS

As nomenclaturas utilizadas por municípios podem variar: AEIS (Áreas Especiais de Interesse Social), AIS (Áreas de Interesse Social), ou ZHIS (Zonas Habitacionais de Interesse Social). Com a definição incluída no Estatuto da Cidade, ZEIS passou a ser o termo mais recomendado, sem prejuízo às disposições municipais que utilizam expressões diversas para o mesmo objetivo (Brasil, 2009).

As ZEIS de regularização e as ZEIS de provisão, são as principais modalidades. Enquanto a primeira visa reconhecimento, reurbanização e regularização de áreas ocupadas por assentamentos precários, a segunda destina-se à demarcação de áreas desocupadas ou subutilizadas para produção de Habitação de Interesse Social (HIS) (Nakano *et al.*, 2023).

Pouco tempo após ser instituído o Estatuto da Cidade, o município de São Paulo aprovou seu Plano Diretor Estratégico (PDE) de 2002, já adotando formalmente a demarcação de ZEIS – definidas como:

Porções do território destinadas, prioritariamente, à recuperação urbanística, à regularização fundiária e produção de Habitações de Interesse Social - HIS ou do Mercado Popular - HMP definidos nos incisos XIII e XIV do artigo 146 desta lei, incluindo a recuperação de imóveis degradados, a provisão de equipamentos sociais e culturais, espaços públicos, serviço e comércio de caráter local [...] (São Paulo, 2002, Art. 171).

No município de São Paulo, a partir do Plano Diretor Estratégico de 2002, foram definidas, ZEIS 1, 2, 3 e 4, com características distintas conforme a localização, ocupação e finalidade. Em 2014, foi incluída a ZEIS 5, destinada à produção de habitação do mercado popular e interesse social por empresas privadas (São Paulo, 2002; 2014), ver Quadro 1.

Quadro 1 – Tipologias de ZEIS em São Paulo.

| ZEIS   | Finalidade / Características                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ZEIS 1 | Urbanização, regularização fundiária e melhoria das condições de moradia em áreas já ocupadas por população de baixa renda (favelas, loteamentos precários, empreendimentos de HIS ou HMP), incluindo equipamentos públicos comunitários e comércio local.      |
| ZEIS 2 | Produção de moradia em áreas predominantemente compostas por glebas e terrenos vazios ou subutilizados, adequados à urbanização e à produção de HIS ou HMP, além de equipamentos públicos comunitários e comércio local.                                        |
| ZEIS 3 | Requalificação de áreas centrais com imóveis ociosos ou subutilizados, aproveitando a infraestrutura urbana existente (transporte, serviços, empregos), incentivando o uso residencial popular, promovendo HIS/HMP e melhorando condições habitacionais locais. |
| ZEIS 4 | Projetos habitacionais públicos com controle ambiental em glebas não edificadas, localizadas em áreas de proteção ambiental ou mananciais, focados em reassentar famílias de áreas de risco, preservar áreas permanentes ou reduzir o adensamento de ZEIS 1.    |
| ZEIS 5 | Produção de habitação do mercado popular e interesse social por empresas privadas, em lotes ou conjuntos de lotes vazios ou subutilizados, dotados de serviços, equipamentos e infraestrutura urbana.                                                           |

Fonte: Adaptado de São Paulo (2014).



## 2.2.4 ZEIS em Sorocaba

Em Sorocaba, não há demarcação de ZEIS no Plano Diretor, mantendo apenas a previsão de criação por leis específicas (Sorocaba, 2004; 2014; 2025a). Programas como “Casa Nova Sorocaba” (Decreto 26.095/2021) e legislações posteriores (Lei 12.759/2023) têm buscado delimitar áreas para Habitação de Interesse Social (HIS) e Habitação de Mercado Popular (HMP), mas sem tipologias diferenciadas como em São Paulo.

Enquanto na capital paulista as ZEIS são demarcadas em seu Plano Diretor Estratégico desde 2002, com tipologias ajustadas a cada tipo de área, em Sorocaba essa demarcação não ocorre. No Plano Diretor do município, aprovado em 2025, as ZEIS não aparecem como zonas de uso específicas (como Zonas Residenciais ou Industriais), mantendo-se apenas a previsão de regulamentação por leis específicas de Áreas de Especial Interesse Social (AEIS) ou ZEIS (Sorocaba, 2025a).

O Plano Diretor de 2004 já previa a possibilidade de instituir e delimitar AEIS para habitação, com objetivos como: promover a regularização fundiária em assentamentos irregulares nos termos da Legislação Federal e viabilizar a execução de habitações de baixo custo (Sorocaba, 2004). Nas revisões posteriores, em 2014 e 2025, manteve-se a previsão de demarcação por lei específica, ampliando-se a nomenclatura para Zonas ou Áreas de Especial Interesse Social para habitação (Sorocaba, 2014; Sorocaba, 2025a). Nessas revisões, os objetivos foram ampliados para incluir: promoção de lotes urbanizados para a população de baixa renda; urbanização e revitalização dos assentamentos e núcleos habitacionais; e criação de um banco de terras (Sorocaba, 2025a).

Segundo Nakano *et al.* (2023), instituir ZEIS por leis específicas não é necessariamente negativo, mas merece atenção devido à maior facilidade de alterações oportunistas que atendam à interesses privados específicos. Quando integradas ao Plano Diretor, as ZEIS, devem seguir às etapas legais previstas no Estatuto da Cidade, como realização de audiências públicas e debates com a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade (Brasil, 2001). Desta forma, mudanças em ZEIS que integram o Plano Diretor, se tornam mais exigentes.

Ainda no âmbito municipal, a Lei 8451/2008 autorizou a criação de ZEIS e AEIS em assentamentos e ocupações informais, estabelecendo normas regularização

fundiária e urbanização (Sorocaba, 2008). Posteriormente, o Decreto 18.110/2010, que regulamenta essa lei, declarou diversas áreas como ZEIS ou AEIS para inclusão em programas de urbanização e regularização fundiária (Sorocaba, 2010). O decreto também define áreas como objeto de estudos para futura instituição de ZEIS/AEIS, regularizadas posteriormente via decretos específicos, como o Jardim Itapemirim, com Plano de Urbanização e Regularização aprovado em 2025 (Decreto 30.242/2025) (Sorocaba, 2025b).

A legislação federal também é relevante para as ZEIS em Sorocaba. A Lei 11.977/2009, que instituiu o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), previu a demarcação como ZEIS como uma possibilidade de regularização fundiária de interesse social, conferindo definição jurídica ao zoneamento (Silva; Gaio, 2020). Posteriormente a Lei 13.465/2017 (REURB) trouxe alterações sobre regularização fundiária urbana e rural, reforçando que as ZEIS constituem o zoneamento mais adequado para assentamentos informais de baixa renda.

O programa “Casa Nova Sorocaba”, lançado em 2021 (Decreto 26.095/2021), visa promover a produção de unidades habitacionais de interesse social pela iniciativa privada, em imóveis do município, comercializados a preço social (Sorocaba, 2021). Diversos lotes e glebas foram instituídos como AEIS por leis específicas para viabilizar o programa, contemplando empreendimentos que se encontram atualmente em fase de construção, licenciamento ou licitação (Sorocaba, 2025c). O programa “Casa Nova Sorocaba” é alvo de diversos questionamentos desde o seu lançamento, em especial: no que diz respeito a sua caracterização como programa de HIS (visto que a maioria dos atendidos se enquadrariam como mercado popular); em relação a doação de áreas institucionais do Município para a propriedade privada; sobre o adensamento gerado pelos empreendimentos e a capacidade de construção de novos equipamentos públicos na região, visto a doação de áreas institucionais para o programa; a falta de apresentação de estudos sobre a demanda e sobre a escolha das áreas, entre outros (COMHABIS, 2021a; 2021b; 2021c; 2021d).

Vale ressaltar, que na página do programa “Casa Nova Sorocaba” constam 07 empreendimentos previstos, dos quais: 01 (Residencial Vista Tropical) consta em construção; 05 (Itanguá, Aparecidinha, Eucaliptos, Imperatriz, Tropical B) em licenciamento; e 01 (Paulista) em licitação, (Sorocaba, 2025c). Ou seja, até o início do ano de 2026, cinco anos após seu lançamento como maior projeto habitacional da

história de Sorocaba, nenhum dos empreendimentos previstos foi concluído, conforme reforça Corrêa (2026).

Em 2023, a Lei 12.759/2023 estabeleceu diretrizes para fomentar HIS e HMP, promover urbanização de assentamentos precários e articular a política habitacional com políticas urbanas, ambientais e sociais (Sorocaba, 2023). Contudo, apesar dessas funções, todas as áreas demarcadas foram denominadas “ZEIS de Aglomerados Subnormais”, sem distinção por tipologia, diferentemente do exemplo paulistano (São Paulo, 2014).

#### 2.2.5 Efetividade das ZEIS e integração aos equipamentos urbanos

A efetividade das ZEIS depende de políticas públicas complementares, integradas a outros instrumentos, ações e investimentos (Moraes, 2023). Instrumentos previstos no Estatuto da Cidade, como o direito de preempção e a outorga onerosa do direito de construir, podem atuar em conjunto com as ZEIS para viabilizar regularização fundiária e programas habitacionais (Brasil, 2001). Subsídios e financiamentos destinados a HIS devem ser aplicados em áreas demarcadas como ZEIS, contribuindo para conter a especulação imobiliária e promover integração à malha urbana, infraestrutura adequada e acesso a equipamentos comunitários (PNH, 2006 *apud* Brasil, 2009; Nascimento *et al.*, 2017).

Conforme Sousa e Braga (2020), conjuntos habitacionais destinados a HIS muitas vezes são implantados fora de ZEIS ou em áreas periféricas desarticuladas da malha urbana, com inadequações urbanísticas e ambientais. Essa recorrente desconexão entre a entrega de moradias e a ausência de serviços básicos evidencia a fragilidade das políticas habitacionais quando não articuladas ao planejamento urbano.

Em seu estudo, Rolnik *et al.* (2015) analisaram a implantação do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) entre 2009 e 2012 nas regiões metropolitanas de São Paulo (RMSP) e de Campinas (RMC), com foco na inserção urbana dos empreendimentos. Os autores concluíram que, embora o programa tenha ampliado a produção habitacional para famílias de baixa e média renda, reforçou processos de segregação socioespacial ao concentrar as moradias em áreas periféricas. Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), predominaram empreendimentos de menor porte, implantados em periferias consolidadas, muitas vezes em terrenos

remanescentes de conjuntos produzidos em décadas anteriores. Já na Região Metropolitana de Campinas (RMC), destacaram-se grandes empreendimentos em áreas de expansão urbana, contribuindo para o espraiamento da malha urbana. Esse padrão de inserção adotado na RMC, é muito semelhante à lógica observada em São Paulo nas décadas de 1970 e 1980, marcada pela produção de conjuntos habitacionais gigantescos, distantes da malha urbana consolidada, em locais carentes de infraestrutura, comércio, equipamentos públicos e condições adequadas de mobilidade. Em ambos os contextos, os autores destacam que o programa pouco dialogou com as diretrizes de integração das políticas nacionais de habitação, privilegiando interesses comerciais em detrimento da função social da moradia.

Estudos de Pereira e Pereira (2020), sobre conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (Faixa 1), em Montes Claros - MG, revelam situação semelhante. Neste caso em específico, passados sete anos da entrega dos empreendimentos, não havia implantação simultânea de serviços urbanos essenciais como escola, postos de atendimento em saúde e assistência social, obrigando a população a depender de equipamentos de bairros vizinhos, aumentando a demanda e impactando na qualidade dos serviços.

Sallati (2022) identificou padrão semelhante em Limeira - SP: conjuntos habitacionais inaugurados em 2014 e 2017 receberam equipamentos públicos previstos apenas anos depois, evidenciando o descompasso entre entrega das moradias e implantação da infraestrutura.

Esse cenário, recorrente em diversos municípios brasileiros, tem sido evidenciado por estudos que analisam a efetividade da implantação de conjuntos habitacionais de interesse social. Enquanto autores como Sousa e Braga (2020), Pereira e Pereira (2020) e Sallati (2022) destacam a falta de integração dos empreendimentos à malha urbana e a ausência de equipamentos públicos essenciais, pesquisas mais recentes reforçam essa problemática a partir de análises empíricas em diferentes contextos.

Nesse contexto, Sales (2023) realizou uma Avaliação Pós-Ocupação (APO) em um conjunto habitacional de interesse social localizado em uma AEIS em Manaus – AM, analisando aspectos físicos, funcionais, desempenho, qualidade e percepção dos usuários. Apesar do projeto prever centros de educação infantil e uma UBS, até a finalização do estudo tais equipamentos não haviam sido construídos.

Mesmo com escolas existentes no entorno, o acesso imediato para os moradores foi classificado como “ruim” na escala funcional utilizada.

Nesta mesma linha, Ferrari (2022), em sua dissertação de mestrado, analisou a inserção urbana do Residencial Carandá, no Município de Sorocaba – SP, um conjunto habitacional com 16 condomínios e mais de 7600 moradores, dos quais 75% das famílias dependiam de programas sociais. Localizado no extremo norte do município, o empreendimento previa áreas institucionais reservadas à instalação de creches, escolas, Unidade Básica de Saúde (UBS) e Centro de Referência de Assistência Social (CRAS). Contudo, até a entrega das chaves às famílias sorteadas em 2017, esses equipamentos não haviam sido disponibilizados. Os moradores precisavam recorrer a bairros vizinhos para acessar serviços de educação, saúde e assistência social. Atualmente a região conta com diversos equipamentos públicos, como creche e pré-escola, UBS (levantadas neste estudo), no entanto, Ferrari (2022) evidenciou no período da sua investigação, dificuldades especialmente no acesso à educação: onde estudantes a partir do 6º ano do ensino fundamental e do ensino médio eram obrigados a percorrer distâncias entre 4,7 km e 12 km até as escolas, agravadas pela deficiência em transporte público, pela escassez de comércios locais e pela insuficiência de serviços comunitários.

Essa recorrente desconexão entre a entrega de moradias e a ausência de serviços básicos evidencia a fragilidade das políticas habitacionais quando não articuladas ao planejamento urbano. Nesse contexto, as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) consolidam-se como instrumento urbanístico fundamental para enfrentar a reprodução desses problemas, na medida em que permitem ao poder público direcionar a produção de Habitação de Interesse Social (HIS) para áreas mais adequadas do território urbano. Ao serem aplicadas em vazios urbanos ou em imóveis ociosos e subutilizados, as ZEIS possibilitam a reserva de terras bem localizadas, com maior potencial de integração à malha urbana existente e de acesso a equipamentos e serviços públicos essenciais. No entanto, para que esse instrumento cumpra efetivamente sua função social, torna-se necessário avaliar de forma criteriosa a inserção urbana dessas áreas, especialmente quanto à proximidade e à acessibilidade aos equipamentos comunitários, aspecto central para a redução das desigualdades socioespaciais, Silva e Gaio (2020). Sendo assim, a Política Municipal de Habitação de Interesse Social, deve se articular diretamente com o Plano Diretor de Sorocaba.

A Lei Municipal 13.123 de 10 de janeiro de 2025 (Plano Diretor de Sorocaba) prevê, a partir do Art. 66, que a política habitacional do município seja estruturada a partir do Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS) e define diretrizes e instrumentos para promover o acesso à moradia digna para famílias de baixa e média renda, articulando ações de provisão habitacional, regularização fundiária e melhorias em áreas já ocupadas. Nesse contexto, é importante destacar, no entanto, que o Plano Local de Habitação de Interesse Social atual de Sorocaba é de 2011 e, apesar de prever revisões parciais (2013, 2017 e 2021) e uma revisão final em 2024 para a elaboração de um novo PLHIS, o cronograma não foi atendido (Sorocaba, 2011). Além disso, o novo Plano Diretor de Sorocaba (de 10 de janeiro de 2025) prevê, em seu Art. 160, a revisão e sanção do Plano Local de Habitação de Interesse Social em até 12 meses, prazo já expirado, sem que o PLHIS tenha sido revisado (Sorocaba, 2025a). A ausência de um PLHIS atualizado pode inviabilizar, na prática, o cumprimento das diretrizes estabelecidas na nova legislação e evidencia, ainda, um contraste entre o papel normativo e sua efetiva aplicação.

Segundo o Plano Diretor, sua política visa à integração da habitação com as políticas sociais, ambientais e de infraestrutura urbana, garantindo a proximidade de serviços essenciais, como educação, saúde e assistência social, bem como de transporte e saneamento básico. Além disso, busca assegurar a atuação contínua da administração municipal, captar recursos financeiros, estimular a produção de unidades habitacionais voltadas à população vulnerável, e fortalecer a capacidade administrativa e técnica da prefeitura. A implementação dos programas habitacionais deve ser acompanhada por critérios de integração urbana aos equipamentos públicos, estudo de impacto social e urbanístico, e mecanismos de monitoramento e gestão territorial, garantindo a sustentabilidade e a adequação dos empreendimentos às necessidades da população (Sorocaba, 2025a).

Nesse sentido, as diretrizes do Plano Diretor de Sorocaba incorporam conceitos da Lei Federal nº 6.766/1979, definindo claramente os tipos de equipamentos públicos — urbanos e comunitários — que devem ser considerados na implantação de loteamentos e na expansão urbana do município. Reguladora do parcelamento do solo urbano no país, tal lei estabelece duas categorias de equipamentos públicos a serem previstos na implantação de loteamentos, fundamentais para o processo de expansão urbana: os equipamentos urbanos e os equipamentos comunitários. Os primeiros referem-se à infraestrutura básica, como

abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, drenagem de águas pluviais, telefonia e gás encanado. Já os equipamentos comunitários correspondem a serviços voltados à coletividade, como saúde, educação, cultura, lazer e outros de natureza semelhante (Brasil, 1979). Essa mesma definição é incorporada pelo Plano Diretor do Município de Sorocaba (Sorocaba, 2025a), reforçando a necessidade de integrar infraestrutura e serviços comunitários no planejamento urbano local.

Constituindo a infraestrutura básica para a plena existência de um bairro, vila ou cidade, os equipamentos comunitários são indispensáveis para a vida da população. Santos (2020 *apud* Sallati, 2022, p.39) defende a responsabilidade do Estado em garantir que todos os habitantes de um território tenham acesso aos bens e serviços públicos essenciais, independente da localidade em que se encontrem, além de aplicar uma gestão territorial adequada, com a finalidade de assegurar a distribuição equilibrada desses bens e serviços. O planejamento, a implementação e a distribuição dos equipamentos comunitários públicos são de extrema importância ao promover o bem-estar e os direitos à população, exercendo grande influência na superação da pobreza e no combate às desigualdades sociais, devido a relevância na vida dos cidadãos (Sallati, 2022).

Dessa forma, a presença adequada de equipamentos comunitários e serviços essenciais não apenas fundamenta o planejamento urbano, como também influencia diretamente a eficácia das políticas de Habitação de Interesse Social, sobretudo na escolha das áreas destinadas a novos conjuntos habitacionais. Conforme visto anteriormente há muitos casos em que conjuntos habitacionais destinados à Habitação de Interesse Social (HIS) são implantados em áreas periféricas, afastadas dos centros urbanos e desprovidas de equipamentos comunitários. Embora alguns projetos prevejam a instalação destes equipamentos para atender aos novos moradores, nem sempre eles são efetivamente entregues à população. Um dos problemas dessa abordagem é que o intervalo entre a ocupação das habitações e a construção e funcionamento dos equipamentos públicos impacta diretamente a vida dos residentes. Durante esse período de espera, os moradores podem ficar desassistidos por políticas públicas ou são obrigados a se deslocar para outras regiões em busca dos serviços de que necessitam (Sallati, 2022).

A implantação de conjuntos habitacionais em locais adequados pode garantir melhor qualidade de vida e maior satisfação aos moradores, reforçando a importância de considerar a disponibilidade de serviços essenciais à população no

momento da escolha dessas áreas. Além disso, no campo da Arquitetura e Urbanismo, a avaliação da relação entre áreas residenciais e equipamentos públicos é frequentemente realizada por meio da análise dos raios de abrangência ou áreas de influência desses serviços, que representam a distância considerada adequada para o acesso funcional da população, geralmente associada ao deslocamento a pé ou por transporte coletivo de curta duração, conforme a natureza do equipamento (Villaça, 2001; Pasquotto, 2025).

Este trabalho propõe realizar um estudo das áreas de ZEIS instituídas no município de Sorocaba através da Lei 12.759/2023, avaliando-as por meio de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF). O objetivo é estabelecer uma classificação (ranking) destas áreas quanto à sua estrutura mais adequada e capacidade de receber HIS, considerando a presença de serviços e equipamentos públicos disponíveis à população, como creches, pré-escolas, escolas de ensino fundamental, escolas de ensino médio, Unidades Básicas de Saúde (UBS) e Centros de Referência de Assistência Social (CRAS).

Nesse contexto, a análise das Zonas Especiais de Interesse Social não pode se limitar à sua delimitação legal, sendo fundamental avaliar sua adequação locacional em relação à oferta de serviços e equipamentos públicos. A incorporação dos raios de abrangência como critério de análise permite qualificar as ZEIS quanto à sua capacidade de absorver empreendimentos de Habitação de Interesse Social de forma integrada à malha urbana.

A adoção de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy possibilita traduzir essa relação de forma gradual e não binária, reconhecendo que o acesso aos equipamentos públicos não se dá de maneira absoluta, mas em diferentes níveis de adequação espacial. Dessa forma, a abordagem proposta aproxima a análise da complexidade inerente ao espaço urbano e às condições reais de acessibilidade vivenciadas pela população.

## 2.3 LÓGICA FUZZY

Introduzida na década de 1960 por Lotfi A. Zadeh, utilizada por outros pesquisadores como Ebrahim Mamdani na década de 1970 e Michio Sugeno na década de 1980, a Teoria dos Conjuntos Fuzzy, pode ser considerada muito recente quando comparamos ao contexto histórico da Matemática, mas vem se



desenvolvendo e ganhando espaço nos diversos campos da ciência (Merli, 2012). Com evolução muito rápida, suas aplicações práticas para o mundo real têm cada vez mais destaque, sendo a muito tempo utilizada por exemplo, no contexto das inteligências artificiais (Goudard, 2014; Silva *et al.*, 2019).

Sendo uma extensão da lógica clássica, a Lógica Fuzzy surge justamente para subsidiar a resolução de problemas de difícil aplicação na Lógica Clássica (binária), visto que nem tudo pode ser resolvido apenas com um SIM ou NÃO. Nos conjuntos clássicos a classificação de um objeto de estudo terá apenas duas possibilidades: pertence (1), ou não pertence (0). Também pode se dizer que o valor lógico de uma sentença somente poderá ser: verdadeiro (1) ou falso (0) (Simões; Shaw, 2007).

Conforme Barros e Bassanezi (2006), nos conjuntos clássicos, na existência de conjunto universo  $U$ , e de  $A$ , um subconjunto de  $U$ , a função característica de  $A$  é dada por:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases}$$

$$\chi_A : U \rightarrow \{0,1\}$$

Entretanto, nas experiências humanas diárias, lidamos com situações que não possuem fronteiras bem definidas como as previstas na lógica clássica, onde não há espaço para afirmação total ou negação absoluta, e sim necessidade de representar matematicamente uma transição que vá de 0 (zero) até 1 (um). A transição pode ser gerada pela incerteza ou pela ambiguidade nos resultados, onde existem graus de certeza e graus de incerteza (Merli, 2012).

Neste sentido, Simões e Shaw (2007) enfatizam que, embora a cultura fundamentada na lógica binária seja capaz de resolver muitos problemas, é importante preencher os espaços onde estes métodos tradicionais não atuem adequadamente. É neste cenário que a Lógica Fuzzy possibilita ver os graus de verdade entre ser ou não ser.

Desta forma, Barros e Bassanezi (2006), definem que, a partir do universo  $U$  clássico, um subconjunto fuzzy  $F$  de  $U$ , é representado pela função de pertinência:

$$\varphi_F: U \rightarrow [0,1]$$

Onde  $\varphi_F(x) \in [0, 1]$  indica o grau pertinência do ponto  $x$  em  $U$  em relação ao conjunto fuzzy  $F$ .

Com os Conjuntos Fuzzy, Zadeh (1965) ampliou a pertinência dos elementos ao conjunto, criando a ideia de grau de pertinência, desta forma os elementos poderiam pertencer parcialmente um conjunto. Zagui *et al.* (2024, p. 5) cita ainda que:

Para as funções de pertinência, são consideradas funções numéricas gráficas ou tabuladas, desde que atribuam valores entre 0 e 1 para qualquer variável em seu conjunto universo, que representam os valores de pertinência fuzzy. As formas definidas para essas funções são totalmente arbitrárias. Sua escolha deve ser feita de modo a representar o subconjunto fuzzy da melhor forma possível, levando em consideração o contexto do problema estudado.

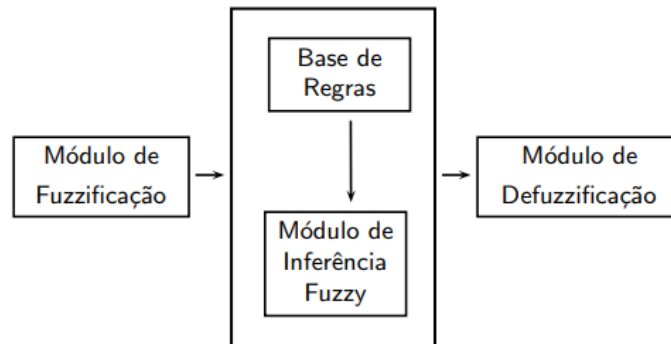
Utilizado em diversos processos de tomada de decisão, o desenvolvimento das ferramentas baseadas em Lógica Fuzzy possibilita que sejam agrupadas variáveis qualitativas e quantitativas, além de possibilitar a participação da sociedade em geral (que pode envolver consulta a especialistas e consulta a usuários por exemplo) Cury (1999 *apud* Goudard, 2014, p.43). Sobre o sistema fuzzy, Goudard (2014, p. 45) descreve que:

Um sistema fuzzy típico consiste de uma base de regras (contém um conjunto de regras/proposições fuzzy onde as variáveis antecedentes/consequentes são variáveis linguísticas e os possíveis valores de uma variável linguística são representados por conjuntos difusos), de funções de pertinência e de procedimentos de inferência [...].

Conforme Silva *et al.* (2019) e Zagui (2024) a formação do raciocínio fuzzy, que envolve os conjuntos de entrada, um grupo de regras e a devolução de respostas em valor numérico é chamado de Sistema Fuzzy ou Controlador Fuzzy e é formada por três etapas, sendo elas a fuzzificação, a inferência e a defuzzificação.

Barros e Bassanezi (2006) descrevem que basicamente um sistema fuzzy é composto por 4 módulos: o primeiro é módulo de Fuzzificação, o segundo módulo é o da Base de Regras, o terceiro módulo o de Inferência e quarto, o módulo de Defuzzificação, conforme indicados na Figura 1.

Figura 1 – Esquema de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF).



Fonte: Barros e Bassanezi (2006, p. 119)

Considerada a primeira etapa, a Fuzzificação envolve a transformação das variáveis a serem avaliadas no problema (variáveis de entrada), normalmente portadoras de informações crisp (real), atribuindo a tais variáveis seus respectivos conjuntos fuzzy, convenientemente substituindo o valor numérico por valores linguísticos. Desta forma qualitativamente os valores empregados são expressos por termos linguísticos e quantitativamente por uma função de pertinência (Missio, 2008 *apud* Zagui *et al.*, 2024, p. 5).

Barros e Bassanezi (2006) argumentam que no processo de fuzzificação onde são modelados os conjuntos fuzzy e seus respectivos domínios é de grande importância a atuação em conjunto com especialistas dos fenômenos trabalhados. A contribuição de conhecedores do problema se dá justamente na identificação das funções de pertinência desses conjuntos.

Alguns autores tratam o processo de criação da Base de Regras e Inferência como uma única etapa (Silva *et al.*, 2019; Zagui *et al.*, 2024), enquanto outros, tratam em módulos distintos (Barros; Bassanezi, 2006).

Quando tratada separadamente, a segunda etapa consiste na elaboração da Base de Regras. Considerado por Barros e Bassanezi (2006) o “núcleo” do controlador fuzzy, corresponde ao conjunto de proposições linguísticas estruturadas no formato SE – ENTÃO, que relacionam as variáveis de entrada com todas as saídas possíveis.

Na etapa de Inferência, as regras definidas anteriormente, são aplicadas às variáveis de entrada, utilizando operadores lógicos *OR* e/ou *AND*, implicando e agregando, resultando em um conjunto de saída fuzzy. Com tanta importância quanto a Base de Regras, esta etapa representa a tomada de decisão dentro do sistema,

estabelecendo a ligação entre as entradas e a saída final que será posteriormente defuzzificada (Barros; Bassanezi, 2006; Silva *et al.*, 2019; Zagui *et al.*, 2024). De acordo com Mendel (2001, *apud* Silva *et al.*, 2019, p. 156) existem diversos métodos que podem ser utilizados nos procedimentos de inferências na Lógica Fuzzy, no entanto, os mais adotados são Mamdani e Takagi-Sugeno-Kang (TSK).

Dentre esses, o método adotado neste trabalho para o procedimento de inferência fundamenta-se no modelo de Mamdani, o qual, conforme explicitado por Barros e Bassanezi (2006), estrutura o processo de inferência com base na composição do tipo max–min. Inicialmente, após a determinação do grau de ativação de cada regra, aplica-se o operador mínimo ( $\wedge$ ) entre esse grau e a função de pertinência do consequente, resultando no truncamento do conjunto fuzzy de saída, conforme a intensidade de ativação da regra. Ressalta-se que o operador mínimo corresponde à modelagem do conectivo lógico *AND* (e), utilizado na avaliação dos antecedentes das regras. Na etapa seguinte, os conjuntos fuzzy resultantes de todas as regras são agregados por meio do operador máximo ( $\vee$ ), formando um único conjunto fuzzy de saída que sintetiza as contribuições individuais das regras, sendo este operador associado ao conectivo lógico *OR* (ou).

A quarta e última etapa do processo é a Defuzzificação, onde a saída fuzzy resultante da avaliação do sistema é transformada em valores reais (crisp). Para a Defuzzificação o método escolhido deve estar alinhado ao procedimento de inferência adotado, em sistemas baseados em Mamdani, por exemplo, é comumente utilizado o Centro de Gravidade (ou Centro de Área) (Zagui *et al.*, 2024). Semelhante à média aritmética, o Centro de Gravidade corresponde ao cálculo do centroide da área formada pela união das contribuições das regras (Barros; Bassanezi, 2006; Simões; Shaw, 2007), permitindo a conversão da variável linguística de saída em um valor numérico representativo.

Silva *et al.* (2019), cita entre algumas vantagens da Lógica Fuzzy a aproximação ao raciocínio humano, simplificação das soluções de problemas com um rápido desenvolvimento de protótipos, possibilidade de trabalhar com todos os valores entre 0 e 1, dentre outras. Dentre as principais desvantagens está a dificuldade no desenvolvimento correto das regras, o sistema pode operar com regras incorretas, o que gera a necessidade de realizar maior quantidade de simulações e testes.

## 2.4 RELAÇÃO DA LÓGICA FUZZY COM O PROBLEMA EM ESTUDO

A avaliação de adequação de ZEIS para a priorização na implantação de Habitação de Interesse Social (HIS) em Sorocaba, considerando os equipamentos públicos essenciais, depende das relações de proximidade desses equipamentos com as áreas avaliadas. Contudo, estabelecer limites rígidos capazes de expressar qual distância é aceitável não é tão simples, uma vez que a percepção de acessibilidade envolve múltiplos fatores.

Quando falamos em distâncias, normalmente dizemos que algo é “próximo” ou “distante”, também podem ser empregados os termos “muito longe”, “longe” e “perto”, entre outros. No entanto, não há um padrão sobre qual distância é considerada perto ou longe, pois cada ser humano tem sua própria percepção. Ao avaliarmos o mesmo deslocamento de um ponto a outro, tal trajeto pode ser considerado próximo para uma pessoa e pode ser considerado distante para outra, inclusive quando levamos em consideração questões de mobilidade dessas pessoas. Ao tratarmos de distância de deslocamento, a definição nem sempre é exata ou unânime, nestes casos a Lógica Fuzzy possibilita uma melhor interpretação das relações qualitativas que podem ser atribuídas à distância, visto que fornece meios capazes de lidar com a imprecisão presente nesta relação.

Diversos estudos têm empregado a Lógica Fuzzy em análises de espaços urbanos e rurais, envolvendo temas como uso do solo, zoneamento ambiental e planejamento territorial. Nesse sentido, Pereira *et al.* (2022) aplicaram o método na elaboração de cartas geotécnicas para verificar a aptidão de áreas destinadas à expansão urbana no município de Campinas – SP. Silva (2015), por sua vez, avaliou o índice de qualidade ambiental para a cidade de Votorantim – SP por meio dessa abordagem. Também voltados para análises espaciais, Lopes e Silva (2022) utilizaram a Lógica Fuzzy na determinação de áreas aptas à implantação de aterro sanitário em Campina Verde – MG, comparando os resultados obtidos entre métodos booleanos e fuzzy. Apesar da diversidade de aplicações encontradas na literatura, observa-se uma escassez de estudos nacionais que empreguem a Lógica Fuzzy especificamente na avaliação da adequação de áreas destinadas à Habitação de Interesse Social (HIS), o que evidencia uma lacuna a ser explorada neste trabalho.

### 3. METODOLOGIA

Buscando oferecer subsídios práticos à gestão urbana no processo de priorização de ZEIS para implantação de Habitação de Interesse Social (HIS), a pesquisa adota uma abordagem aplicada. Além disso, para alcançar os objetivos propostos, o estudo apresenta um caráter exploratório, uma vez que a utilização da Lógica Fuzzy nesse contexto é pouco difundida na literatura nacional. Por outro lado, a pesquisa também é quantitativa ao tratar de dados numéricos de distância, organizados em ambiente de geoprocessamento e processados por meio de modelagem fuzzy no software Matlab.

Desenvolvida em etapas, inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico, contemplando estudos sobre déficit habitacional, políticas públicas de habitação, análises relacionadas às ZEIS, bem como trabalhos que aplicaram a Lógica Fuzzy em problemas de planejamento urbano e ambiental. Essa etapa permitiu sustentar teoricamente as escolhas metodológicas e delimitar as variáveis de interesse.

Em seguida, foram definidas as áreas de estudo, correspondentes às ZEIS instituídas pela Lei Municipal nº 12.759/2023. Por se tratar de uma medida recente, a simples aprovação da lei e a demarcação dessas áreas não asseguram, por si só, o aproveitamento adequado dos espaços disponíveis. Nesse contexto, torna-se fundamental a adoção de métodos analíticos capazes de indicar quais ZEIS devem ser priorizadas para a implantação de futuros empreendimentos habitacionais de interesse social no município.

A identificação espacial das ZEIS se deu por meio de um anexo da Lei 12.759/2023. Além disso, no site oficial da Secretaria de Habitação, Sorocaba (2025d) é possível visualizar o mapa em extensão para o Google Maps, com a possibilidade de fazer download do arquivo em formato KML, compatível com Google Earth Pro e softwares SIG. A possibilidade de download dos dados que compõem os polígonos (representação geométrica do perímetro) das ZEIS, facilitou muito a integração e análise dessas áreas em relação aos equipamentos comunitários do município.

No contexto de priorização e do melhor aproveitamento das ZEIS, foram selecionados os equipamentos públicos comunitários considerados essenciais para famílias beneficiárias de HIS. Esses equipamentos foram agrupados em dois eixos: Escolar (creches, pré-escolas, escolas de ensino fundamental e médio) e Saúde-

Social (UBS e CRAS). As informações de localização foram obtidas em bases oficiais, inicialmente sistematizadas em ambiente de visualização geoespacial (Google Earth Pro) e posteriormente, integradas em ambiente SIG (ArcGIS/QGIS) com os polígonos que representam o perímetro das ZEIS, compondo a base espacial de análise.

A partir dessa base consolidada, calcularam-se as distâncias entre o centroide ou centro geométrico de cada ZEIS (que representa o ponto médio dessas áreas) e todos os equipamentos comunitários previamente definidos, identificando-se aqueles mais próximos. Com base no estudo de Pasquotto (2025) que aborda e compara bibliografias especializadas, foram estabelecidos os raios de abrangência adequados para cada tipo de equipamento. Os raios de abrangência atuam como referência na construção dos conjuntos fuzzy, que são estruturados em termos linguísticos como: “ótimo”, “regular” e “ruim”.

Definidos os equipamentos, os raios de abrangência e os conjuntos fuzzy, foi construído um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF) com dois níveis no Matlab, utilizando a ferramenta Fuzzy Logic Toolbox. O sistema permite aplicar os valores reais das distâncias entre ZEIS e equipamentos comunitários urbanos mais próximos, resultando em um valor numérico que possibilita a classificação final dessas ZEIS quanto à adequação para implantação de HIS.

Essa metodologia foi escolhida por sua capacidade de lidar com a subjetividade e a imprecisão inerentes à avaliação da proximidade de serviços urbanos. As informações dos métodos e etapas desenvolvidas para apuração dos resultados serão melhor detalhadas nos tópicos a seguir.

### 3.1 ÁREAS E EQUIPAMENTOS DE ESTUDO

O município de Sorocaba está situado na região sudoeste do Estado de São Paulo, com uma área territorial de 449,87 km<sup>2</sup>. Segundo o último censo de 2022, possuía uma população de 723.682 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 1.608,64 habitantes por km<sup>2</sup> (IBGE, 2025), a maior da Região Metropolitana de Sorocaba, da qual é município-sede. Com um PIB per capita de R\$ 67.095, Sorocaba figura entre os cem municípios com maior PIB do Estado, totalizando R\$ 44.533.398.241 em 2021, destacando-se nos setores industrial e de serviços, o que representava 1,6% do PIB paulista (SEADE, 2025b). Mapa do município e sua localização podem ser visualizados na Figura 2.

Figura 2 – Mapa de Localização do Município de Sorocaba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dados do IBGE (2025) indicam que, em 2019, cerca de 134,96 km<sup>2</sup> do território de Sorocaba estavam urbanizados, correspondendo a aproximadamente 30% da área total do município. No entanto, Rodrigues (2022) ressalta que a classificação de áreas como urbanas em levantamentos oficiais não implica necessariamente a existência de urbanidade. Nem todos os moradores dessas áreas têm acesso a um padrão de vida urbano adequado, em especial aqueles que residem em habitações precárias, sem infraestrutura básica, saneamento e acesso a equipamentos coletivos.

Esses dados evidenciam que, embora parte significativa do território de Sorocaba esteja urbanizada, nem sempre a população residente nessas áreas usufrui de condições adequadas de infraestrutura e acesso a equipamentos coletivos, o que reforça a necessidade de planejamento urbano eficiente e estratégico. Nesse contexto, a identificação e análise das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) tornam-se essenciais, uma vez que permitem direcionar a implantação de Habitação de Interesse Social (HIS) para áreas que contemplem melhor acesso a serviços e equipamentos públicos, garantindo maior qualidade de vida aos futuros moradores. A



próxima seção apresenta o levantamento das áreas ZEIS do município e a definição dos equipamentos públicos considerados para avaliação, fornecendo a base para aplicação da metodologia proposta neste estudo.

### 3.2 LEVANTAMENTO DAS ZEIS E DOS EQUIPAMENTOS PÚBLICOS

A análise das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) é fundamental para o planejamento e a implantação de Habitação de Interesse Social (HIS), uma vez que permite identificar áreas com maior potencial para receber novos empreendimentos habitacionais, considerando a disponibilidade de serviços e equipamentos públicos essenciais.

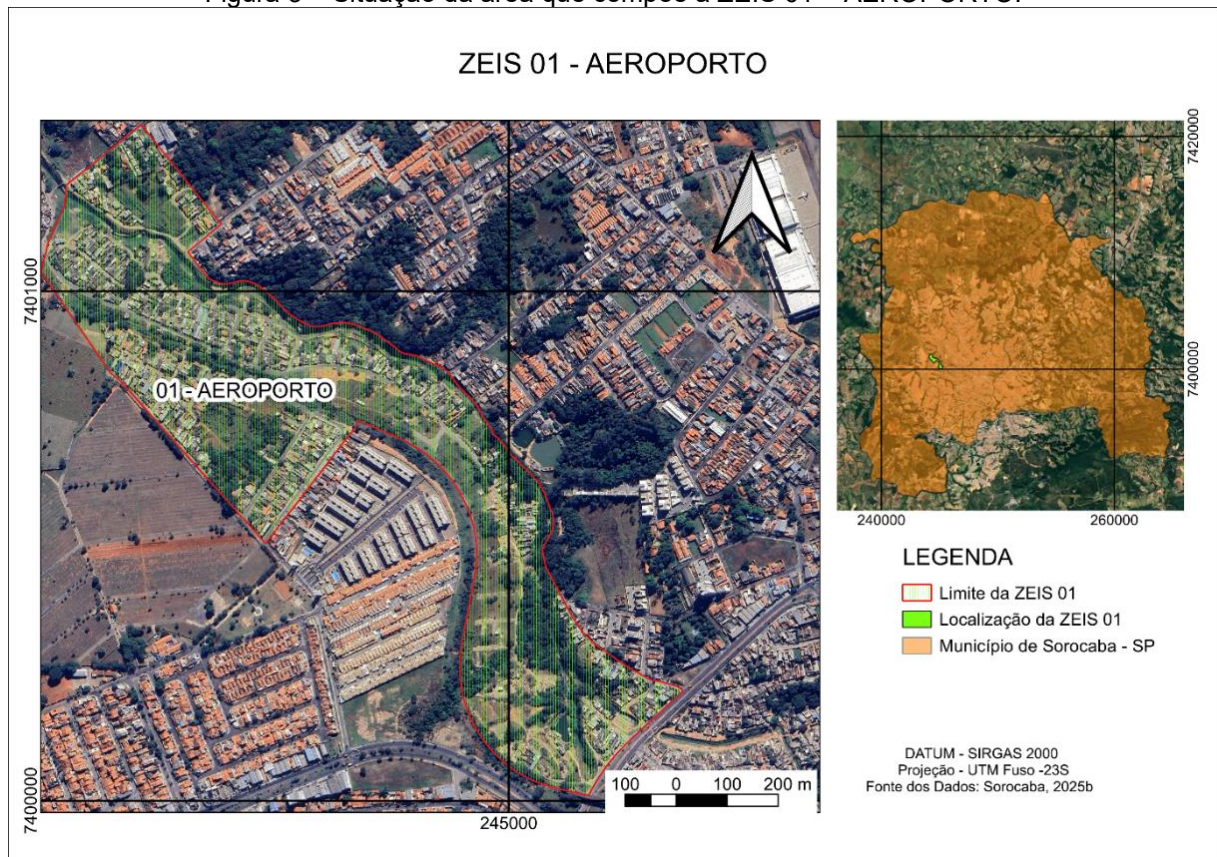
Para o desenvolvimento deste trabalho, as áreas de estudo foram identificadas a partir do denominado “Mapa ZEIS”, um anexo que integra a Lei 12759/2023 conforme seu Art. 26. As imagens a seguir, apresentam os núcleos levados em consideração neste estudo e são apresentados como: ZEIS I, ZEIS II, ZEIS III, ZEIS IV, ZEIS V, ZEIS VI e ZEIS VII, além disso, essas áreas podem ser verificadas conforme o ANEXO A.

O presente levantamento das ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social) visa caracterizar as áreas identificadas no município quanto à sua configuração urbana, ocupação irregular, infraestrutura existente e potencial de regularização fundiária. A partir da análise do mapeamento e das diretrizes legais estabelecidas pela Lei nº 12.759/2023, busca-se compreender as particularidades de cada ZEIS, destacando os desafios socioambientais e as medidas previstas para assegurar o direito à moradia digna, a urbanização qualificada e a mitigação de riscos.

A seguir, apresenta-se a descrição detalhada de cada ZEIS, considerando perímetro, área, características observadas no mapeamento e as ações previstas pela legislação municipal.

**ZEIS I – Aeroporto (Figura 3):** Com perímetro de aproximadamente 4,41 km e área aproximada de 43,5 ha, é caracterizada pela proximidade do córrego Itanguá, com falta de infraestrutura de saneamento básico e necessidade de um estudo aprofundado sobre, incidência e risco de alagamento.

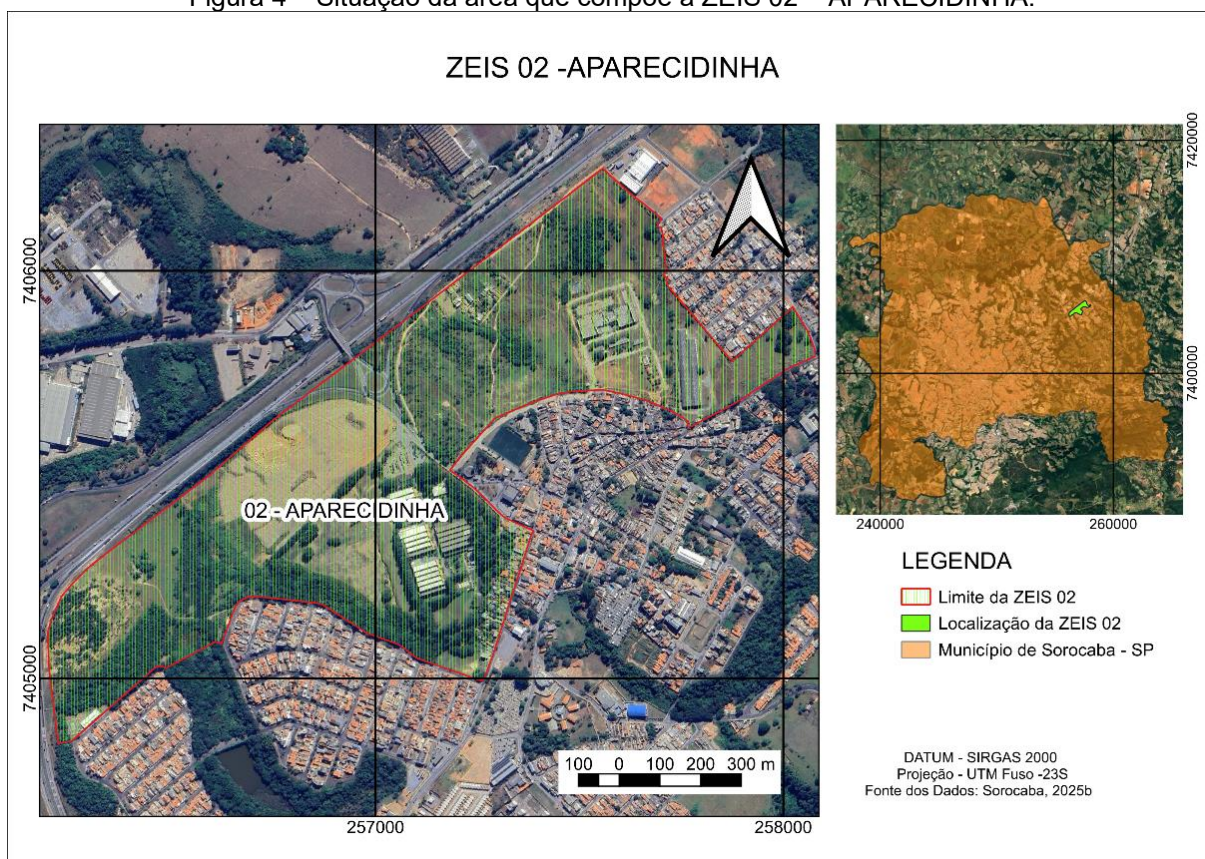
Figura 3 – Situação da área que compõe a ZEIS 01 – AEROPORTO.



Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

ZEIS II – Aparecidinha (Figura 4): Com perímetro de aproximadamente 5,96 km e área aproximada de 88 ha, tem como dificuldade o eixo da rodovia, caracterizado como um bairro histórico, possui várias glebas de difícil parcelamento, mas com possibilidade de estímulo ao lote popular.

Figura 4 – Situação da área que compõe a ZEIS 02 – APARECIDINHA.

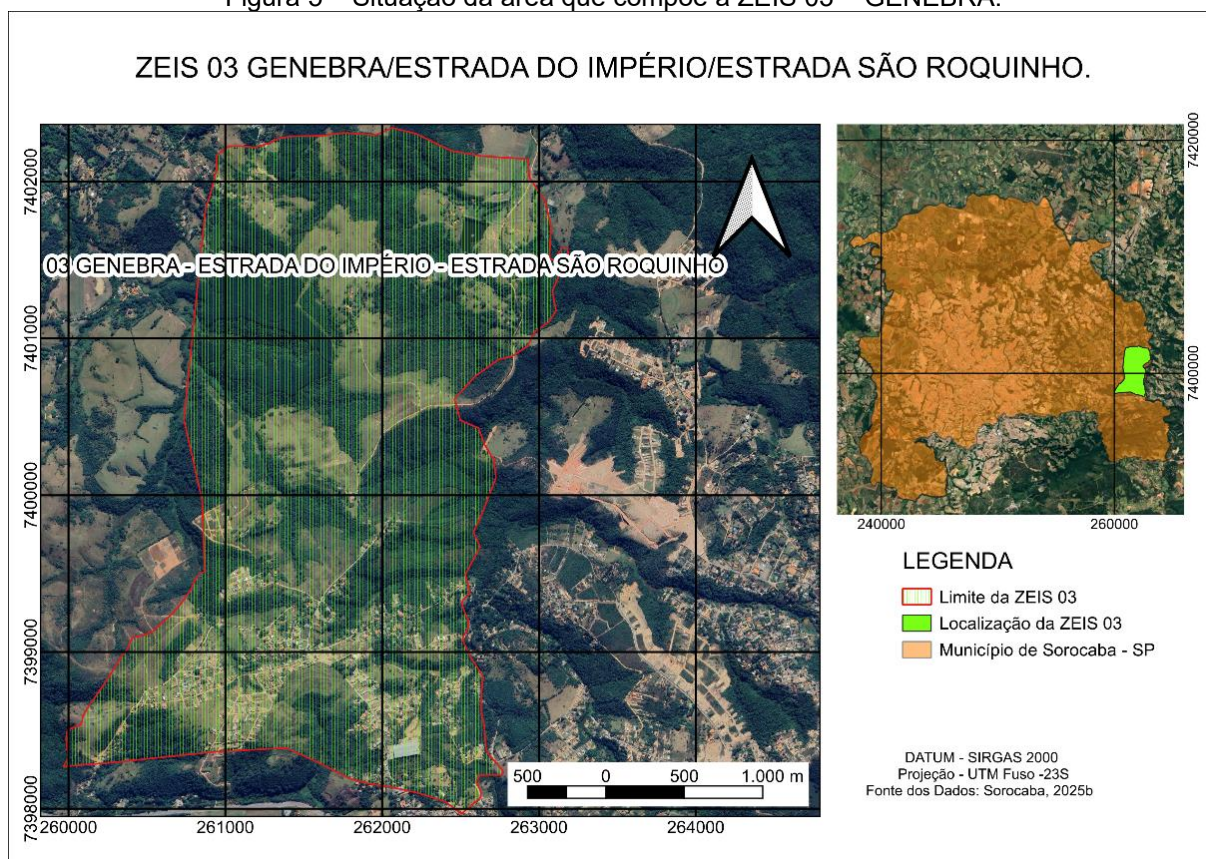


Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

ZEIS III – Genebra/Estrada do Império/Estrada São Roquinho (Figura 5): Com perímetro de aproximadamente 14,3 km e área aproximada de 833 ha, caracterizada pelo crescimento de parcelamentos irregulares, desmatamento e falta de infraestrutura, saneamento básico, além de conflitos judiciais das áreas.



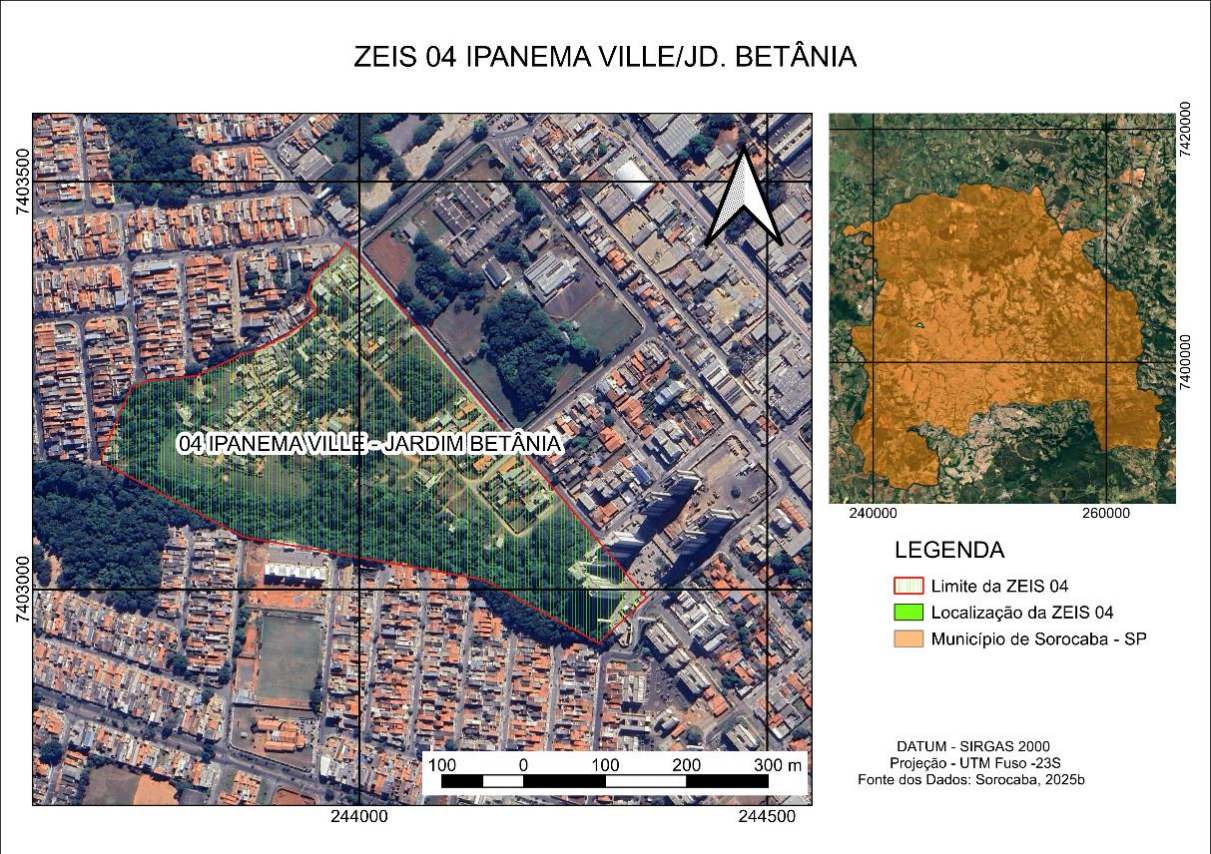
Figura 5 – Situação da área que compõe a ZEIS 03 – GENEBRA.



Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

ZEIS IV – Ipanema Ville/Jd. Betânia (Figura 6): Com perímetro de aproximadamente 1,76 km e área aproximada de 13,9 ha, área com formação irregular e conflito fundiário judicializado, necessita de incentivos à urbanização e melhorias de infraestrutura.

Figura 6 – Situação da área que compõe a ZEIS 04 – IPANEMA VILLE.

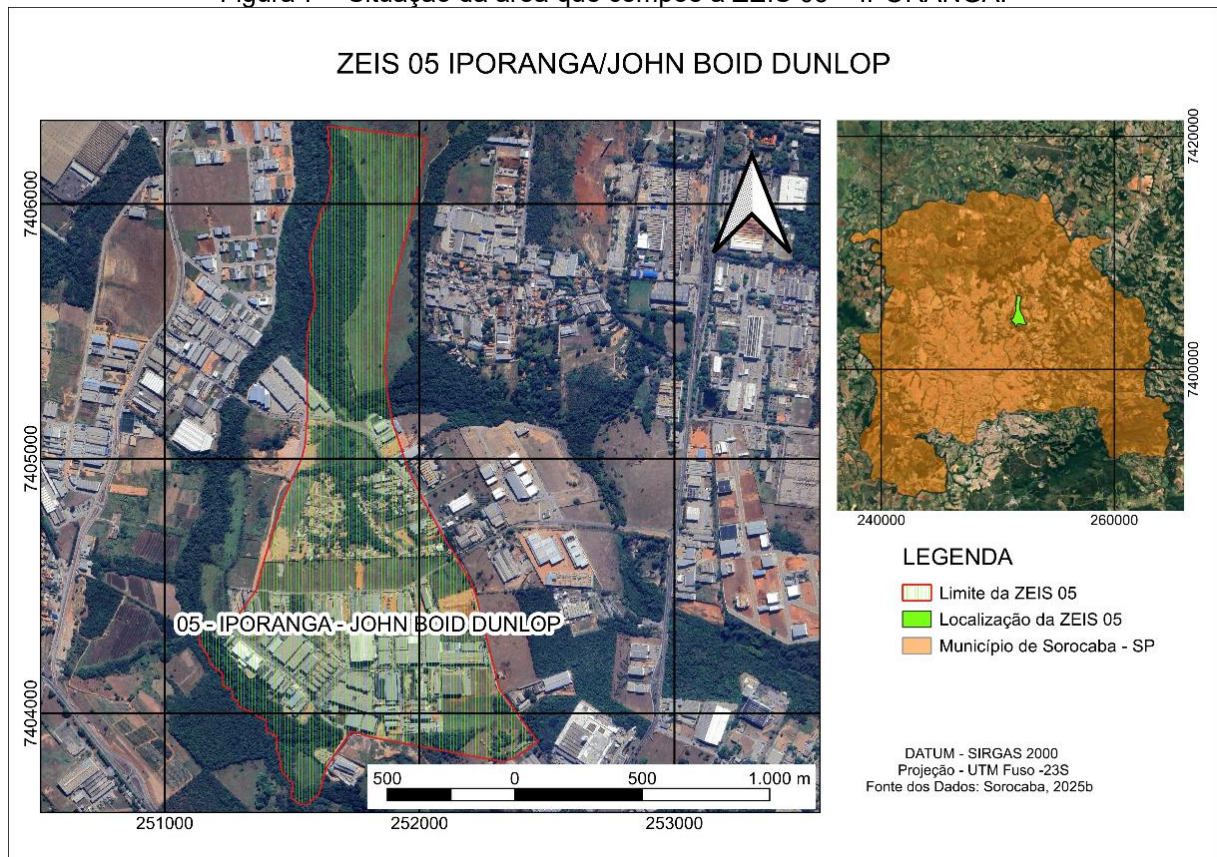


Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

ZEIS V – Iporanga/John Boid Dunlop (Figura 7): Com perímetro de aproximadamente 7,17 km e área aproximada de 144 ha, se encontra nas proximidades de indústrias, onde conflitos fundiários se estendem pelas últimas décadas, com parcelamentos clandestinos consolidados e precários em infraestrutura.



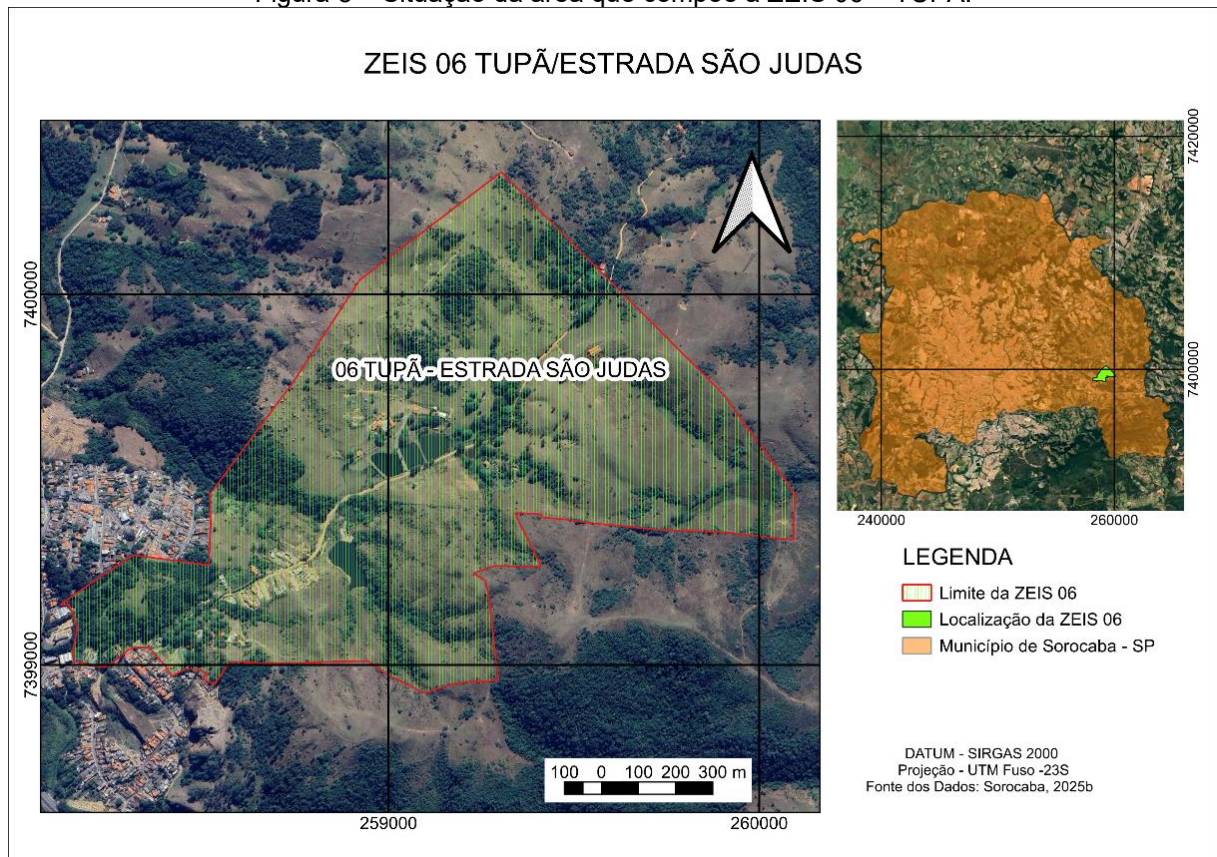
Figura 7 – Situação da área que compõe a ZEIS 05 – IPORANGA.



Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

ZEIS VI – Tupã/Estrada São Judas (Figura 8): Com perímetro de aproximadamente 6,0 km e área aproximada de 130 ha, composto por um eixo viário com glebas não incentivadas a promover parcelamentos populares e com crescente irregularidade e desmatamento.

Figura 8 – Situação da área que compõe a ZEIS 06 – TUPÃ.

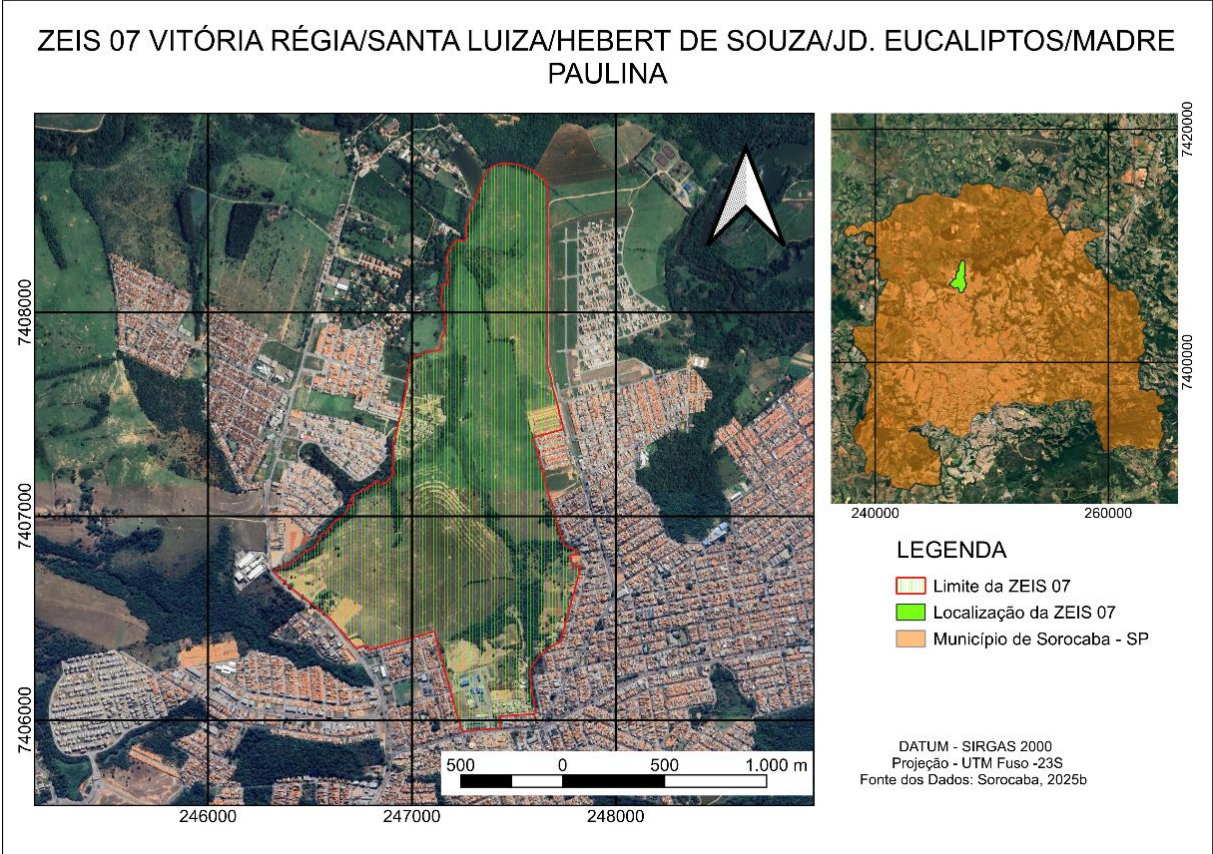


Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

ZEIS VII – Vitória Régia/Santa Luiza/Hebert de Souza/Jd. Eucaliptos/Madre Paulina (Figura 9): Com perímetro de aproximadamente 7,87 km e área aproximada de 197 ha, conta com conflitos fundiários desde o século XX, com grande expansão de aglomerados construtivos precários, com problemas ambientais, sociais e de saneamento básico.



Figura 9 – Situação da área que compõe a ZEIS 07 – VITÓRIA RÉGIA.



Fonte: Adaptado de Sorocaba (2025d).

Diante da observação e comparação das ZEIS é possível identificar características semelhantes e divergentes entre si. Para sistematizar as informações, foi elaborado o Quadro 2, que relaciona as características das ZEIS levantadas no mapeamento e as medidas previstas pela legislação para cada uma das áreas.



Quadro 2 – Comparativo das características das ZEIS em estudo.

| <b>ZEIS</b>                                                                  | <b>Perímetro (km)</b> | <b>Área (ha)</b> | <b>Características levantadas pelo mapeamento</b>                                                                    | <b>Medidas previstas na legislação</b>                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I – Aeroporto                                                                | 4,41                  | 43,5             | Proximidade do córrego Itanguá, falta de saneamento, risco de alagamento                                             | Ocupação irregular ao longo do córrego Itanguá, sem saneamento e com risco de alagamento. A ZEIS permitirá implantar parque linear, incentivar urbanização e garantir realocação de famílias em áreas de risco.                   |
| II – Aparecidinha                                                            | 5,96                  | 88               | Bairro histórico, eixo da rodovia dificulta parcelamento, glebas de difícil divisão, possibilidade de lote popular   | Grandes glebas com construções irregulares e difícil acesso devido à rodovia. A ZEIS busca conter a clandestinidade com incentivo ao lote popular, valorizar o bairro histórico e viabilizar a regularização fundiária.           |
| III – Genebra/Estrada do Império/Estrada São Roquinho                        | 14,30                 | 833              | Crescente irregularidade construtiva, parcelamento irregular, desmatamento, falta de saneamento, conflitos judiciais | Área em forte expansão irregular, com parcelamentos clandestinos, desmatamento e conflitos judiciais. A ZEIS permitirá infraestrutura, regularização de lotes menores, freio à clandestinidade e criação de cinturão verde.       |
| IV – Ipanema Ville/Jd. Betânia                                               | 1,76                  | 13,9             | Formação irregular, conflito fundiário judicializado, falta de infraestrutura                                        | Ocupações irregulares com conflito judicial. A ZEIS garantirá moradia salubre, investimentos em infraestrutura e prioridade de realocação em casos de risco ou necessidade de reordenamento.                                      |
| V – Iporanga/John Boid Dunlop                                                | 7,17                  | 144              | Próximo a indústrias, parcelamento clandestino consolidado, conflitos fundiários                                     | Parcelamentos clandestinos próximos a áreas industriais, precários em infraestrutura. A ZEIS incentivará a legalização, a ocupação de vazios urbanos e a melhoria das condições habitacionais.                                    |
| VI – Tupã/Estrada São Judas                                                  | 6,00                  | 130              | Eixo viário com glebas desincentivadas, irregularidade e desmatamento                                                | Região marcada por irregularidade e desmatamento, sem incentivo a loteamentos populares. A ZEIS permitirá implantação de equipamentos públicos, urbanização e avanço da regularidade fundiária.                                   |
| VII – Vitória Régia/Santa Luiza/Hebert de Souza/Jd. Eucaliptos/Madre Paulina | 7,87                  | 197              | Conflitos fundiários históricos, expansão de aglomerados precários, problemas ambientais, sociais e de saneamento    | Conflitos fundiários históricos e aglomerados precários com problemas ambientais e sociais. A ZEIS possibilitará conciliações judiciais, contenção da expansão irregular, urbanização e realocação de famílias quando necessário. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise detalhada das ZEIS evidencia a complexidade e diversidade das ocupações irregulares no município, bem como os desafios socioambientais e fundiários que cada área apresenta. Ao confrontar os dados levantados pelo mapeamento com as diretrizes estabelecidas pela legislação, fica claro que a delimitação dessas zonas não apenas orienta a intervenção do poder público, mas também assegura instrumentos para a promoção do direito à moradia digna, a regularização fundiária e a melhoria da infraestrutura urbana. Dessa forma, as ZEIS se configuram como ferramentas estratégicas para a gestão territorial, permitindo conciliar a preservação ambiental, a valorização do espaço urbano e a inclusão social das populações que nelas habitam.

No entanto, apesar de existir uma caracterização dessas ZEIS, não há uma classificação por tipologia para as áreas, como por exemplo: Área prioritária para HIS, Área prioritária para Lotes Populares, Área prioritária para reurbanização e regularização fundiária. Todas as áreas são classificadas como ZEIS de Aglomerados

Subnormais (Sorocaba, 2023), o que é observado nas imagens Figura 3 à Figura 9 é que áreas como Vitória Régia, Tupã, Genebra, Aparecidinha, são menos ocupadas com assentamentos informais (proporcionalmente), que áreas como Aeroporto e Ipanema Ville. Ainda assim, é subjetiva a aplicação de políticas voltadas à implantação de empreendimentos de HIS nessas áreas.

Como não há classificação por tipologia de ZEIS, não há definição clara de quais dessas áreas se destinam prioritariamente à construção de HIS, todas as áreas delimitadas como ZEIS pela Lei 12759/2023 serão tratadas nesta avaliação de forma igualitária. Ou seja, todas as ZEIS da Lei serão avaliadas - levando em consideração apenas a relação de distância entre estas ZEIS e os equipamentos comunitários disponíveis - para determinação das áreas prioritárias à implantação de HIS.

No contexto da inclusão social necessária à população, a escolha dos equipamentos comunitários considerados no estudo se apoia nas características destes, sendo de suma importância para a avaliação proposta no estudo. Além disso, para a definição dos equipamentos comunitários priorizados neste estudo, em relação a outros igualmente relevantes para a qualidade de vida e o bem-estar social, adotou-se um recorte metodológico fundamentado no Plano Diretor de Sorocaba (SOROCABA, 2025a). Especificamente, considerou-se a alínea a do §1º do Art. 69-A, que trata da integração de habitação e infraestrutura, e estabelece:

Art. 69-A Sobre Integração de Habitação e Infraestrutura.

I - empreendimentos habitacionais populares no Município de Sorocaba deverão ser planejados e executados com vinculação obrigatória a:

**a) serviços essenciais, como centros de saúde, educação e assistência social;**

b) Infraestrutura urbana, incluindo saneamento básico, abastecimento de água, iluminação pública e áreas de lazer;

c) sistemas de transporte público, garantindo conectividade com os principais polos de emprego e serviços do Município [...]. (Sorocaba, 2025a, Fls. 36, grifo do autor).

Em síntese, o estudo das ZEIS evidencia a importância de integrar a regularização fundiária, a urbanização e a disponibilidade de equipamentos comunitários fundamentais, como escolas, UBS e CRAS. Essa abordagem permite não apenas viabilizar as condições para o direito à moradia digna, mas também estruturar um arcabouço jurídico e urbanístico indispensável para o acesso efetivo a serviços e infraestrutura que promovam o bem-estar social das famílias que vivem nessas áreas.

### 3.3 LEVANTAMENTO DOS EQUIPAMENTOS PÚBLICOS COMUNITÁRIOS.

Durante o levantamento dos dados, foram identificados os principais equipamentos públicos de educação, saúde e assistência social no município de Sorocaba, conforme segue:

Educação Municipal: Segundo o site das secretarias municipais (SOROCABA, 2025e), foram levantadas 94 creches, 76 pré-escolas e 62 unidades de ensino fundamental, considerando apenas estabelecimentos públicos próprios, sem incluir vagas em instituições particulares conveniadas.

Educação Estadual: Foram mapeadas 80 unidades de ensino fundamental e 51 unidades de ensino médio, sendo 48 da rede regular e 3 do Centro Paula Souza, com oferta de ensino médio integrado ao técnico (São Paulo, 2025a; São Paulo, 2025b).

Educação Federal: Identificou-se um estabelecimento do IFSP (IFSP, 2025), com cursos integrados de ensino médio e técnico.

Saúde: Foram verificadas 33 Unidades Básicas de Saúde (UBS) no site da Secretaria Municipal de Saúde (Sorocaba, 2025f). Caracterizadas pelas ações e serviços básicos no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), as Unidades Básicas de Saúde (UBS) são essenciais para o acesso aos serviços da rede, conforme a Portaria nº 2.436/2017 que trata da Política Nacional de Atenção Básica do Sistema Único de Saúde (SUS), (Brasil, 2017).

Assistência Social: Os Centros de Referência de Assistência Social (CRAS), responsáveis pelo atendimento socioassistencial no município, totalizam 12 unidades, conforme levantamento junto à Secretaria Municipal da Cidadania (Sorocaba, 2025g). Os Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) são parte integrante do Sistema Único de Assistência Social (SUAS) e são responsáveis pela articulação dos serviços socioassistenciais no seu território de abrangência, além promover os serviços e programas socioassistenciais voltado à proteção social básica das famílias em situação de vulnerabilidade conforme a Lei 8.742/1993 e suas alterações conforme a Lei 12.435/2011, (Brasil, 1993).

É importante destacar que a Política Nacional de Atenção Básica do Sistema Único de Saúde recomenda um atendimento de 2.000 a 3.000 pessoas por equipe de Atenção Básica (eAB) ou de Saúde da Família (eSF), com 4 (quatro) equipes por UBS (Brasil, 2017). Enquanto isso, a Lei Orgânica da Assistência Social,

não especifica capacidade, apenas cita que os CRAS são unidades públicas municipais de base territorial, que devem estar localizados em áreas de maior vulnerabilidade de risco social (Brasil,1993). Entretanto neste trabalho não serão abordadas as questões relacionadas à capacidade e/ou superlotação das unidades, tanto de UBS, CRAS ou estabelecimentos de ensino, voltado, portanto, para a questão da distância entre os equipamentos comunitários disponíveis e as ZEIS.

De maneira geral, o levantamento dos equipamentos públicos comunitários permitiu mapear a distribuição de serviços essenciais de educação, saúde e assistência social em Sorocaba, evidenciando a disponibilidade e abrangência dessas estruturas para a população. Esses dados constituem uma base fundamental para a análise espacial subsequente, pois a distribuição territorial desses equipamentos influencia diretamente as condições de acesso da população e será utilizada como variável nos estudos de ordenamento urbano e regularização fundiária apresentados no próximo tópico de identificação espacial das variáveis.

### 3.4 IDENTIFICAÇÃO ESPACIAL DAS VARIÁVEIS

Os equipamentos públicos comunitários foram segregados em categorias chamadas de variáveis conforme será visto posteriormente. Lançados um a um no Google Earth Pro, conforme respectivos endereços, com marcadores individualizados com a finalidade de se obter as coordenadas geográficas desses estabelecimentos. Após a espacialização de todos os equipamentos públicos de interesse, o arquivo foi salvo em formato .KMZ para posterior utilização.

No software ArqGIS, foram utilizados os arquivos .KMZ que tratam da delimitação perimétrica das ZEIS disponível no site da Secretaria de Habitação do município (Sorocaba, 2025d) e o arquivo .KMZ gerado no Google Earth Pro com a localização dos equipamentos públicos estudados. A partir dessa base de dados, foram determinadas as distâncias entre o centro geométrico ou centróide de cada ZEIS (que representa o ponto médio ou centro de cada área) e os equipamentos comunitários: creches e pré-escolas, escolas de ensino fundamental e médio, UBS e CRAS.

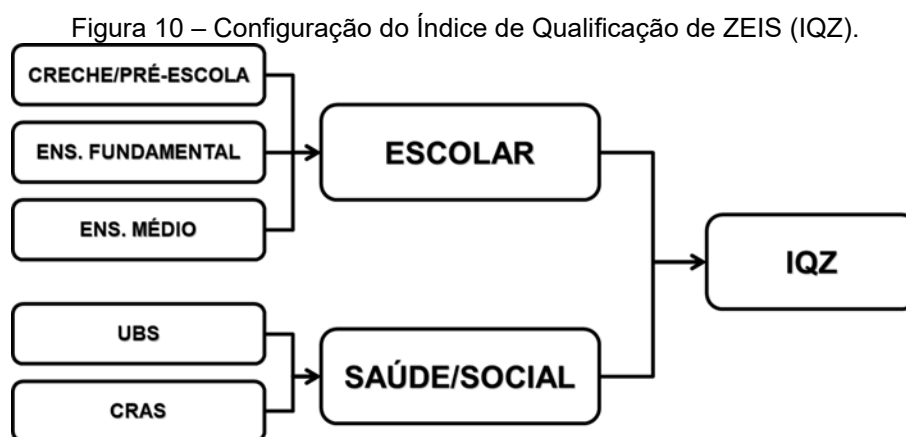
A determinação das distâncias entre ZEIS e os equipamentos públicos, leva em consideração as distâncias em linha reta (raio). Embora não tenham sido consideradas questões morfológicas, barreiras naturais ou antropizadas, nem a

topografia, a utilização do raio de abrangência é uma prática comum em estudos de implantação de equipamentos urbanos, conforme observado por Pasquotto (2025).

As distâncias (raios) obtidas entre as ZEIS e os equipamentos comunitários são peça chave para a classificação proposta no trabalho. Após a elaboração do Sistema Baseado em Regras Fuzzy, as distâncias são utilizadas para determinar a qualificação das ZEIS

#### 4. DESENVOLVIMENTO DO SBRF

Para elaborar o Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ) foi desenvolvido um sistema em dois níveis, sendo que o primeiro é composto por dois subsistemas: *i*) “Escolar” que leva em consideração variáveis relacionadas à educação pública desde creches até o ensino médio; *ii*) “Saúde/Social”, que irá considerar equipamentos de atenção básica de saúde e de serviço social. Os dois subsistemas são a base para o segundo nível, que é composto pelo sistema “IQZ” como pode ser visualizado na Figura 10. Este por sua vez avalia e possibilita a classificação das ZEIS em relação aos equipamentos comunitários. Todo o sistema foi desenvolvido utilizando o software Matlab R2024a a partir do toolbox Fuzzy Logic Designer.



Fonte: Elaborado pelo autor

Como descrito acima, enquanto um subsistema agrupa os estabelecimentos de ensino básico, e suas diversas faixas etárias, cuja frequência em tal deslocamento ocorre diariamente, o outro subsistema agrupou os estabelecimentos no qual o deslocamento ocorre com média frequência, unidos pela função social que exercem em uma comunidade.

##### 4.1 SUBSISTEMA 1- ESCOLAR

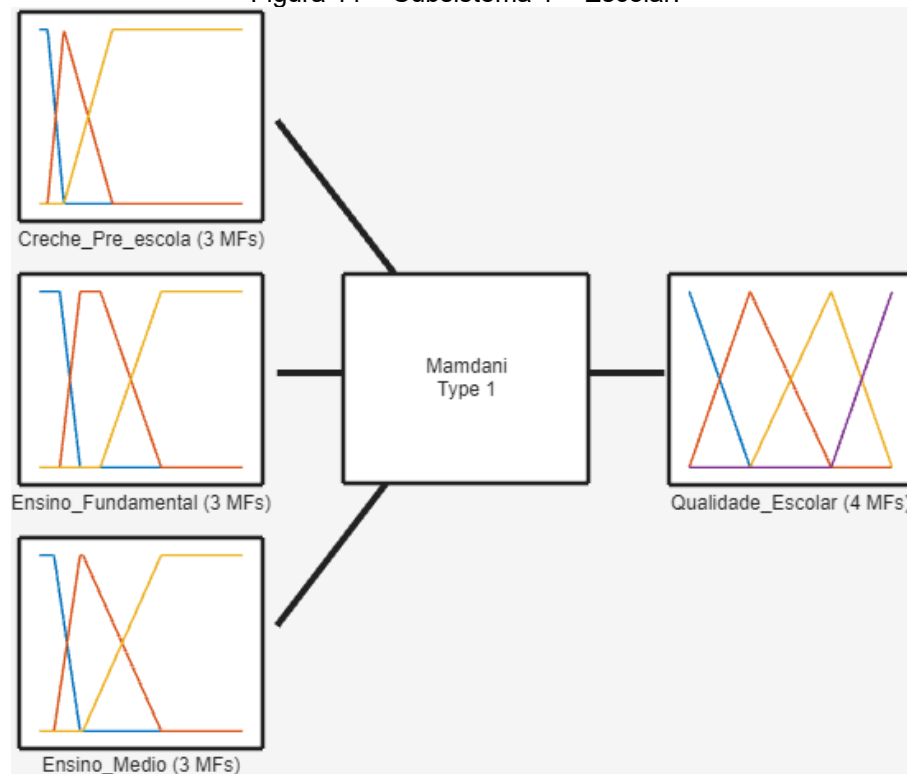
Para este subsistema foram consideradas 3 variáveis: *i*) Creche e/ou Pré-escola; *ii*) Ensino Fundamental; e *iii*) Ensino Médio. Após a avaliação, retorna um indicador chamado “Qualidade Escolar”. Este resultado posteriormente será utilizado como variável de entrada no sistema final, IQZ.

Foram classificadas na mesma variável as creches e pré-escolas, visto que foi constatado a coexistência de ambas no mesmo local em alguns estabelecimentos da rede municipal, de forma que nos casos em que existam ambos, será computado apenas uma vez a existência do serviço. Foi verificado ainda que em muitas das bibliografias não existe uma segregação deste público para fins de determinação de raios de abrangência, muitas vezes denominadas apenas como “educação infantil”, outras apesar de separarem, indicam o mesmo raio de abrangência para ambas, como podemos verificar em Pasquotto (2025). Foi, portanto, determinada a primeira variável, denominada “Creche e/ou Pré-Escola”, totalizando 170 estabelecimentos. No entanto, verificou-se 19 endereços com ambos os serviços, sendo então computados apenas uma vez, totalizando 151 estabelecimentos a serem avaliados.

Para a segunda variável, ao avaliar as redes de ensino, pôde-se verificar a existência de classificação de Ensino Fundamental Anos Iniciais (EFAI) e Ensino Fundamental Anos Finais (EFAF), ambos disponíveis em rede municipal e rede estadual conforme observado em Sorocaba (2025e) e São Paulo (2025a). Assim como nas creches e pré-escolas, a separação entre os anos iniciais e finais foi pouco observada nos materiais consultados, sendo comumente classificado todo esse público como ensino de primeiro grau ou apenas “Ensino Fundamental” nos moldes de Pasquotto (2025). Portanto, considerando-se a rede municipal e estadual, foram levantados 142 estabelecimentos de ensino fundamental.

A terceira e última variável do adotada foi “Ensino Médio”, que leva em consideração os estabelecimentos da rede regular de ensino médio estadual, além de estabelecimentos que disponibilizam o ensino médio integrado ao ensino técnico, tanto da rede estadual, quanto da rede federal, totalizando 52 endereços. O esquema do Subsistema 1 desenvolvido no Matlab pode ser verificado conforme a Figura 11.

Figura 11 – Subsistema 1 – Escolar.



Fonte: Adaptado do Matlab.

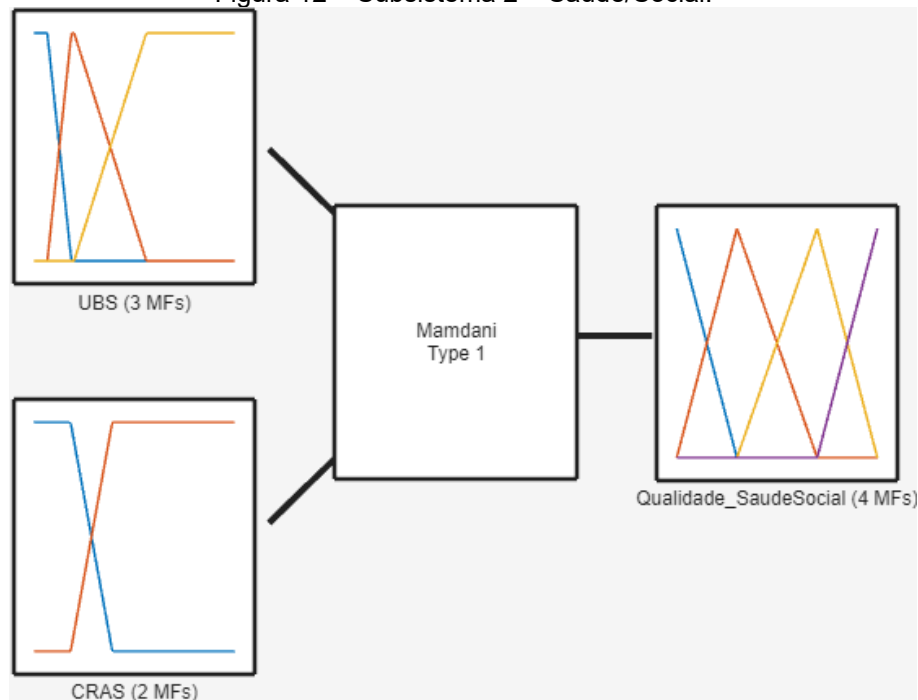
Na etapa de fuzzificação das variáveis será demonstrado o processo de determinação dos conjuntos fuzzy, que dependerá de um procedimento responsável pela sua padronização. O procedimento inclusive, será o responsável pela ocorrência de funções triangulares e trapezoidais observadas na Figura 11.

#### 4.2 SUBSISTEMA 2 – SAÚDE/SOCIAL.

Neste caso foram consideradas 2 variáveis: Unidade Básica de Saúde (UBS) e Centros de Referência de Assistência Social (CRAS). Após a avaliação obtém-se um indicador chamado “Qualidade Saúde/Social”. O esquema do Subsistema 2 desenvolvido no Matlab pode ser verificado na Figura 12.



Figura 12 – Subsistema 2 – Saúde/Social.



Fonte: Adaptado do Matlab.

A determinação do modelo do sistema é crucial para o desenvolvimento do trabalho. Decisões como a de divisão do sistema em níveis, as características e a quantidade de variáveis escolhidas, por exemplo, impactam diretamente todas as etapas que compõem um sistema baseado em regras fuzzy. Os tópicos a seguir tratam dessas etapas e metodologia adotada.

#### 4.3 FUZZIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

No processo de fuzzificação das variáveis são determinados os conjuntos fuzzy considerando por exemplo questões qualitativas. Estes conjuntos serão identificados por variáveis linguísticas. No desenvolver do processo foram definidos os graus pertinência de cada uma das variáveis linguísticas.

A maior dificuldade foi estabelecer os valores para cada um dos conjuntos fuzzy. Na busca por estes valores foram estudados diversos trabalhos da área de planejamento urbano, que estabelecem raios de abrangência considerados adequados para o deslocamento da população até equipamentos comunitários. No entanto, nem sempre há consenso entre os autores. É justamente esta divergência entre autores que oferece a oportunidade de estabelecer regiões de incerteza, que são modeladas pelos conjuntos fuzzy.

Em seu estudo, Pasquotto (2025) apresenta uma reflexão acerca da abrangência dos equipamentos públicos comunitários e de mobilidade, realizando uma análise comparativa entre diferentes estudos voltados ao planejamento urbano e à oferta desses equipamentos à população. A partir dessa análise, e considerando as especificidades da realidade brasileira, a autora propõe um conjunto próprio de diretrizes, estabelecendo parâmetros dimensionais relativos aos raios de abrangência dos equipamentos comunitários e de mobilidade.

Considerando as múltiplas fontes de referência utilizadas no trabalho, onde são citados estudos de 12 autores principais (que são possíveis a identificação de forma clara dos equipamentos de interesse deste trabalho). Considerando ainda o próprio conjunto de diretrizes estabelecidas pela autora, este material será utilizado como referência para determinação dos conjuntos fuzzy. Os raios de abrangência apontados como “adequados” pelos autores citados no trabalho de Pasquotto (2025), e que são importantes para este estudo, podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1- Raio de abrangência considerados adequados por autores.

| AUTORES             | VARIÁVEIS UTILIZADAS E RESPECTIVOS RAIOS CONSIDERADOS ADEQUADOS (METROS) |                |          |         |      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|---------|------|
|                     | Creche/Pré-escola                                                        | E. Fundamental | E. Médio | UBS     | CRAS |
| Ferrari (1977)      | 200                                                                      | 800            | *        | *       | *    |
| Prinz (1986)        | 600                                                                      | 600            | 600      | *       | *    |
| Gonzalez (1994)     | 250                                                                      | 400-500        | 400-500  | 400-500 | *    |
| Moretti (1997)      | 500                                                                      | 800            | 800      | 2000    | *    |
| Campos Filho (2003) | 800                                                                      | 800            | 800      | 800     | *    |
| Pitts (2004)        | 300                                                                      | 500            | 1000     | 1000    | *    |
| Guimarães (2004)    | *                                                                        | 800            | 1600     | *       | *    |
| Goiânia (2007)      | 300                                                                      | 1500           | 3000     | 1000    | *    |
| Castello (2008)     | 400                                                                      | 400            | 800      | 800     | *    |
| Gouvêa (2008)       | 300                                                                      | 1500           | 3000     | *       | *    |
| Rolnik (2014)       | 1000                                                                     | 1400           | 1400     | 1400    | 1400 |
| Caixa (2023)        | *                                                                        | 1500           | *        | 2500    | *    |
| Pasquotto (2025)    | 450                                                                      | 800            | 800      | 2000    | *    |

Fonte: Adaptado de Pasquotto (2025).

Nota: \* variável com raio de abrangência não especificado no trabalho.

Como pode ser observado na Tabela 1, nem todos os autores citam de forma direta todas as variáveis deste estudo. Outros trazem grandes divergências em relação aos seus pares.

Quando descritos, os raios de abrangência dos equipamentos públicos comunitários, comumente são caracterizados como “aceitável”, “adequados”,

“recomendados”, “máximo aceitável”, dentre outros, mas não há referência ao que seria um raio considerado “não adequado”, “não recomendado”. Com isso, entende-se que tudo aquilo que esteja fora do raio aceitável, é não aceitável. No entanto, trabalhando com a Lógica Fuzzy, foi elaborado um Modelo que leva em consideração na determinação dos conjuntos fuzzy três valores linguísticos: o aceitável (ÓTIMO), o intermediário (REGULAR) e o não aceitável (RUIM).

Buscando uma metodologia unificada na determinação dos conjuntos fuzzy de cada variável foi estabelecido o procedimento descrito a partir da Tabela 2:

Tabela 2 – Procedimento para determinação dos conjuntos fuzzy.

| <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $x$      | 3        | $y$      | $3x$     | $3y$     | $Z$      |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sendo:

A = O maior valor dentro do limite do conjunto ÓTIMO. Indica a o início da região de incerteza entre os conjuntos: ÓTIMO e REGULAR;

B = Constante multiplicadora. Definida a partir da observação dos raios de abrangência apresentados na Tabela 1, de forma que o produto agrupe as distâncias próximas entre si, e segregue os dados de distância que fogem do padrão dos demais (outliers);

C = Fim da região de incerteza entre os conjuntos ÓTIMO e REGULAR. Indica o início de pertinência do conjunto REGULAR. O valor adotado se refere ao apontado por autores, sendo o último valor apontado menor ou igual ao limite estabelecido pela variável D;

D = Produto de  $A \times B$  representa o limite da região de certeza do conjunto REGULAR. Indica ainda o início da região de incerteza entre o conjunto REGULAR e o conjunto RUIM;

E = Produto de  $C \times B$  representa o fim da região de incerteza entre conjunto REGULAR e RUIM, marcando o início da pertinência do conjunto RUIM;

F = Representa o limite do conjunto RUIM. O valor adotado leva em consideração os maiores valores reais de cada variável, com um arredondamento para um maior valor. Estes valores reais serão vistos mais adiante;

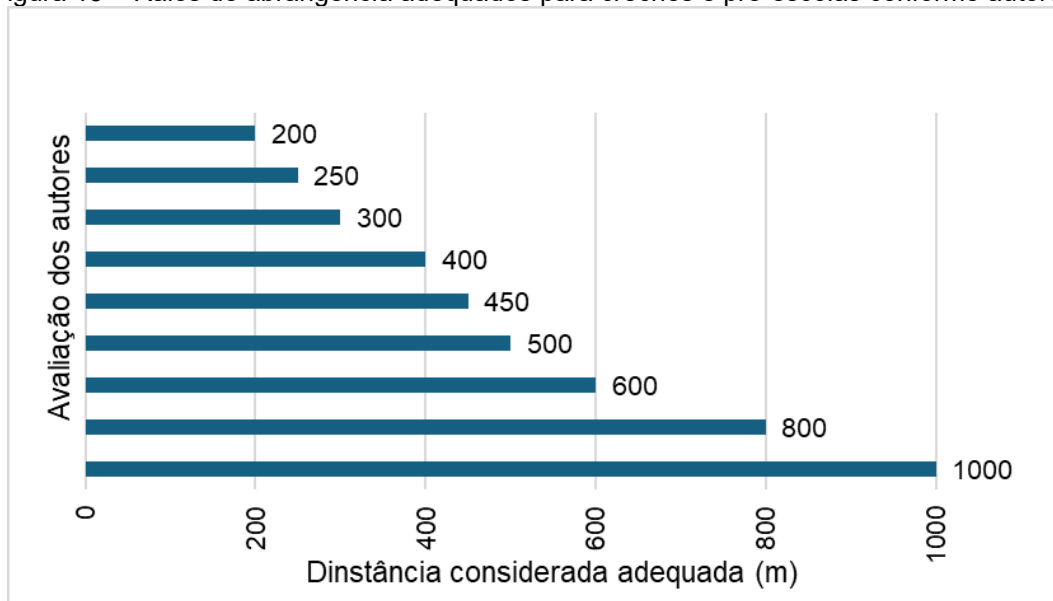
Bucando facilitar a aplicação do modelo proposto, foram desenvolvidos alguns gráficos que relacionam a opinião de autores com os raios adequados com

cada tipo de equipamento público, conforme indicado na Tabela 1 acima mencionada. Esses gráficos serão demonstrados a seguir e são essenciais para o desenvolvimento dos conjuntos dos subsistemas 1 e 2.

#### 4.3.1 Subsistema 1 – Escolar

Considerando a Tabela 1, que trata dos raios de abrangência determinados pelos autores. Para facilitar a determinação dos conjuntos fuzzy da variável “Creches e/ou Pré-Escolas” foi elaborado o gráfico da Figura 13.

Figura 13 – Raios de abrangência adequados para creches e pré-escolas conforme autores.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Tabela 1.

A partir da Figura 13 foi verificado um consenso entre os autores com relação ao raio de abrangência de até 200 metros para estes estabelecimentos, onde todos concordam ser uma distância adequada, sendo a pertinência 1 para o conjunto “ÓTIMO” e pertinência 0 para “REGULAR”. A partir de 200 metros começam a ocorrer divergências de opinião, e à medida que aumenta a distância, menor se torna o grau de pertinência do conjunto “ÓTIMO”, e o grau de pertinência do conjunto “REGULAR” começa a aumentar. Tendo determinado o limite do conjunto ‘ÓTIMO’ foi possível utilizar o procedimento proposto na Tabela 2, determinando, portanto, a Tabela 3:

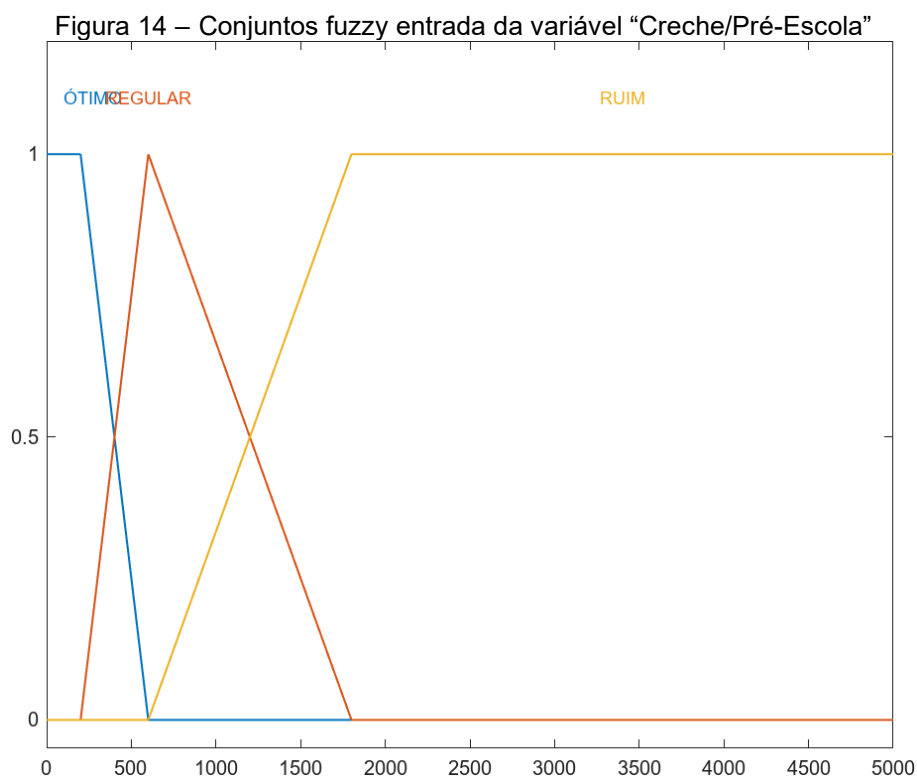
Tabela 3 – Aplicação do procedimento para variável “Creche/Pré-Escola”.

| <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 200      | 3        | 600      | 600      | 1800     | 5000     |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Desta forma, o conjunto “ÓTIMO” vai de 0 a 200 metros, assumindo um formato trapezoidal. A partir de 200 metros começam a ocorrer divergências de opinião, e à medida que aumenta a distância, menor se torna o grau de pertinência do conjunto “ÓTIMO”, e maior se torna o grau de pertinência do conjunto “REGULAR”. Conforme a Tabela 3, para o conjunto “REGULAR”, coincidem os valores que representam: onde começa e onde termina o grau 1 de pertinência (600 metros), resultando em um conjunto do tipo triangular. A partir de 600 metros, ocorre nova região de incerteza, onde começa a diminuir a pertinência para o conjunto “REGULAR”, e aumentar a pertinência para o conjunto “RUIM”.

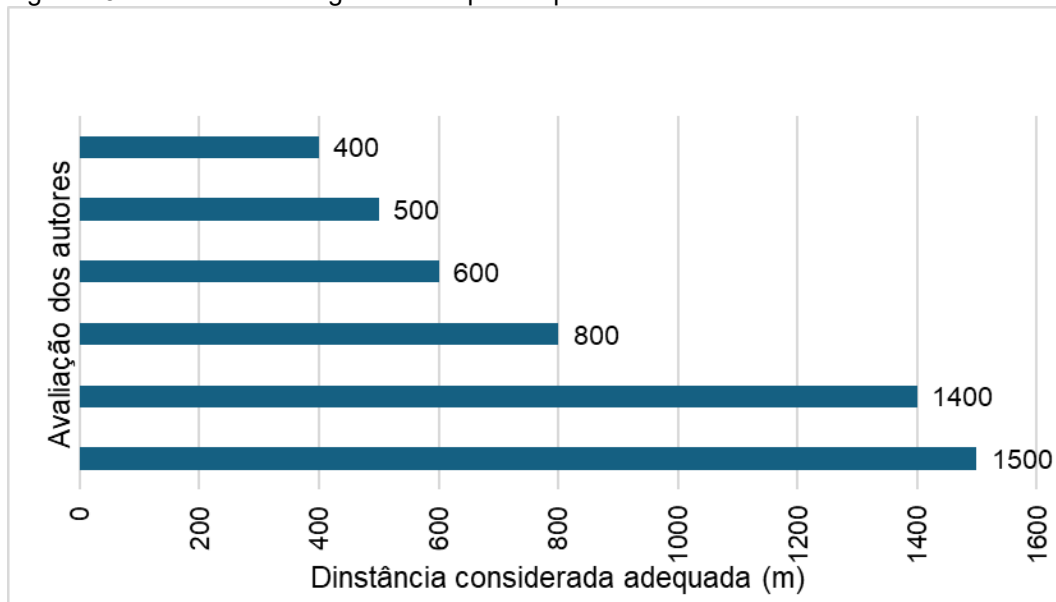
A partir de 1800 metros, o conjunto “RUIM” atinge grau de pertinência 1, essa região vai até 5000 metros, valor limite considerado para a variável. O conjunto “RUIM” é característico do tipo trapezoidal, conforme pode ser verificado na Figura 14.



Fonte: Adaptado do Matlab.

Repetindo os mesmos passos para a variável “Ensino Fundamental” temos o gráfico da Figura 15.

Figura 15 – Raios de abrangência adequados para ensino fundamental conforme autores.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Tabela 1.

Conforme pode-se observar na Figura 15, todos os autores concordam que 400 metros seja um raio de abrangência adequado, valor portanto, considerado como limite para o conjunto “ÓTIMO”. A partir deste valor não há mais consenso, ou seja, temos uma região de incerteza. Com a definição do limite do conjunto “ÓTIMO” é aplicado o procedimento proposto no esquema da Tabela 2, obtendo assim os valores da Tabela 4.

Tabela 4 – Aplicação do procedimento para variável “Ens. Fundamental”.

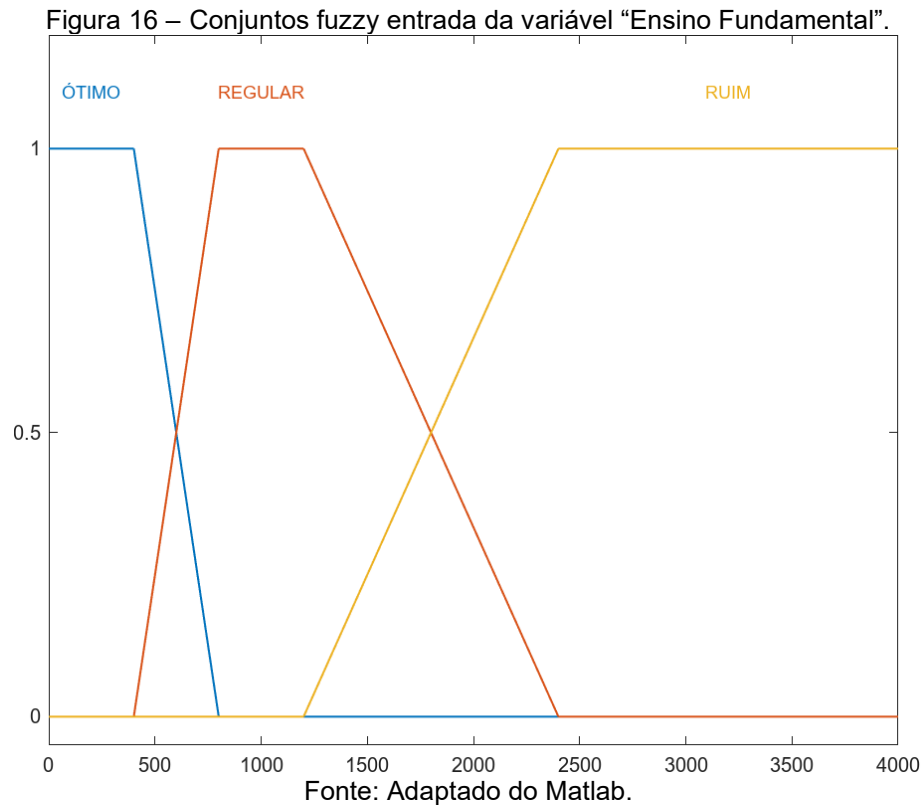
| A   | B | C   | D    | E    | F    |
|-----|---|-----|------|------|------|
| 400 | 3 | 800 | 1200 | 2400 | 4000 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseado nas informações anteriores, o conjunto “ÓTIMO” vai de 0 a 400 metros, assumindo um formato trapezoidal. Enquanto isso, os valores da Tabela 4 indicam uma região de incerteza entre 400 metros e 800 metros, onde o grau de pertinência do conjunto “ÓTIMO” diminui, e o grau de pertinência do conjunto “REGULAR” aumenta na mesma medida que aumenta a distância.

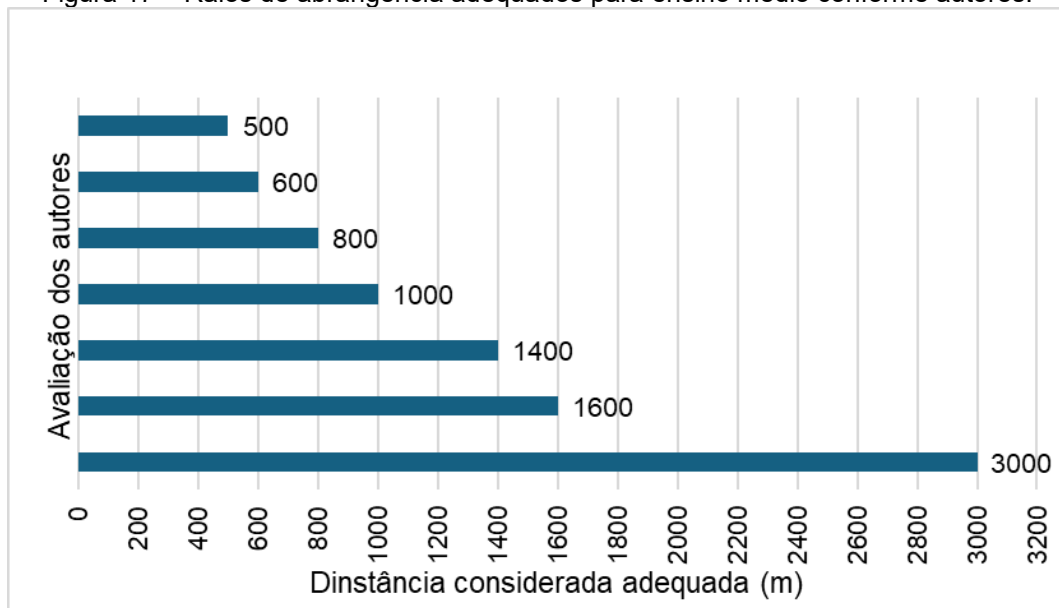
A partir de 800 metros o grau de pertinência para o conjunto “ÓTIMO” é 0, enquanto isso, o grau de pertinência alcança valor 1 para o conjunto “REGULAR”,

uma região de certeza que se estende até 1200 metros, também em formato trapezoidal. A partir de 1200 metros se inicia uma nova região de incerteza, que se estende até 2400 metros, limite que marca o início da certeza de pertencimento do conjunto “RUIM”. O conjunto “RUIM” vai até 4000m, valor limite considerado para a variável, assumindo um formato trapezoidal, como pode ser observado na Figura 16.



Para a variável “Ensino Médio” repetimos todo o processo descrito anteriormente, conforme o gráfico da Figura 17.

Figura 17 – Raios de abrangência adequados para ensino médio conforme autores.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Tabela 1.

Aplicamos o mesmo procedimento utilizado anteriormente, obtendo a Tabela 5.

Tabela 5 – Aplicação do procedimento para variável “Ensino Médio”.

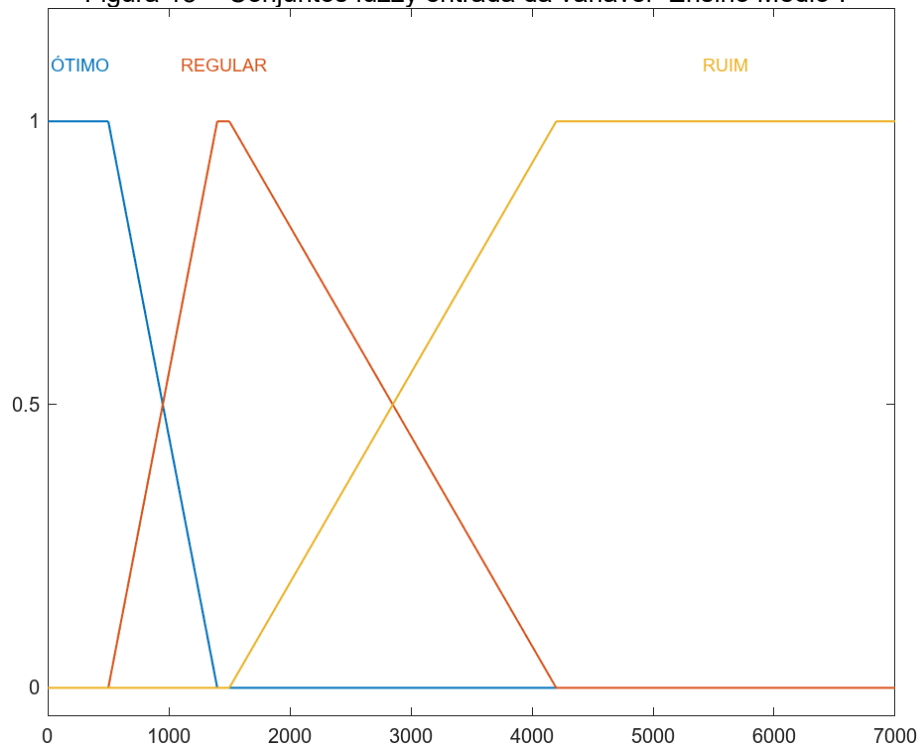
| <b>A</b>   | <b>B</b> | <b>C</b>    | <b>D</b>    | <b>E</b>    | <b>F</b>    |
|------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>500</i> | <i>3</i> | <i>1400</i> | <i>1500</i> | <i>4200</i> | <i>7000</i> |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para esta variável temos o conjunto “ÓTIMO” com região de certeza entre 0 e 500 metros. Uma região de incerteza que vai de 500 a 1400 metros. E uma nova região de certeza para o conjunto “REGULAR” que vai de 1400 a 1500 metros, seguido por nova área de incerteza entre 1500 e 4200. O conjunto “RUIM” abrange região de certeza entre 4200 à 7000 metros, sendo o último valor, o limite considerado para a variável. Todos os três conjuntos de formato trapezoidal conforme Figura 18.



Figura 18 – Conjuntos fuzzy entrada da variável “Ensino Médio”.



Fonte: Adaptado do Matlab.

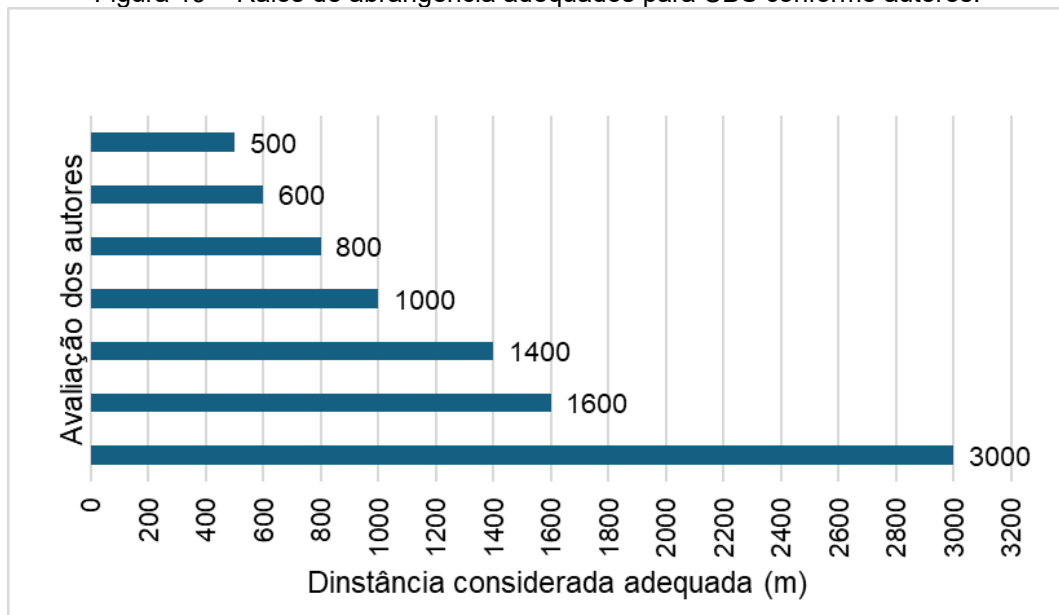
O mesmo procedimento foi realizado para o Subsistema 2, conforme veremos a seguir.

#### 4.3.2 Subsistema 2 – Saúde/Social

Para a determinação dos conjuntos das variáveis do Subsistema 2 foi utilizado um procedimento semelhante ao visto nas demais variáveis, com exceção à variável CRAS, como será visto mais à diante.

Para a variável UBS, foi aplicado o mesmo procedimento da Tabela 2. Portanto, começando pela elaboração do gráfico, que representa a opinião de autores sobre o raio adequado para equipamentos públicos, conforme a Figura 19.

Figura 19 – Raios de abrangência adequados para UBS conforme autores.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Tabela 1.

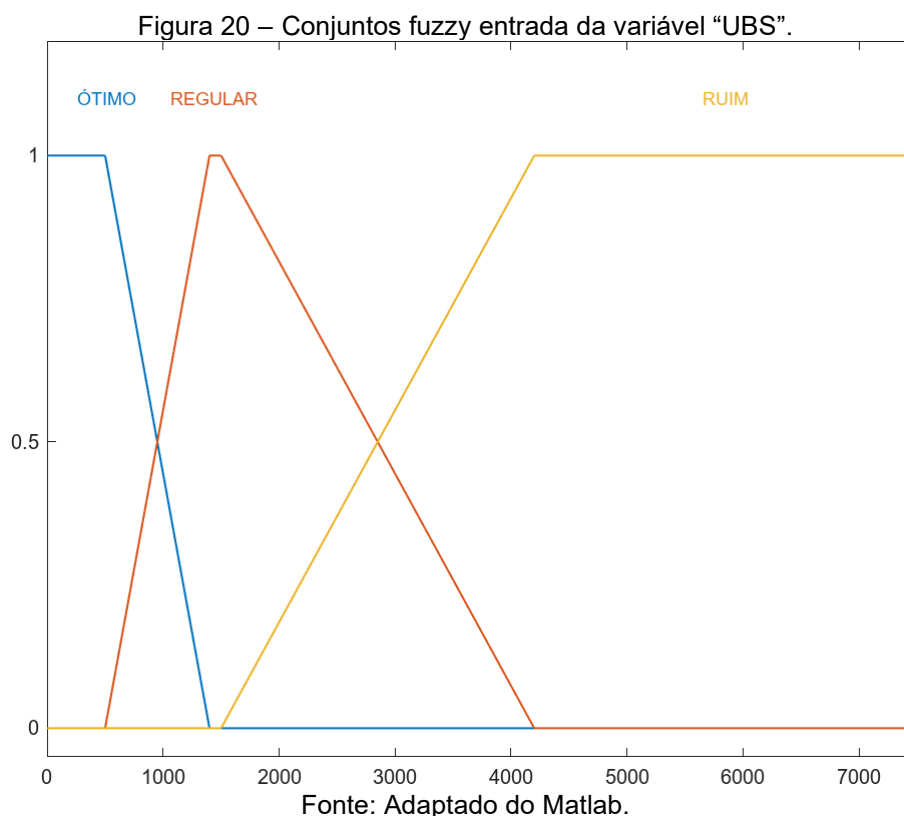
Com o mesmo procedimento utilizado anteriormente, como pode ser observado na Tabela 6, foram determinados os conjuntos fuzzy para a variável UBS.

Tabela 6 – Aplicação do procedimento para variável “UBS”.

| <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 500      | 3        | 1400     | 1500     | 4200     | 7500     |

Fonte: Elaborado pelo autor.

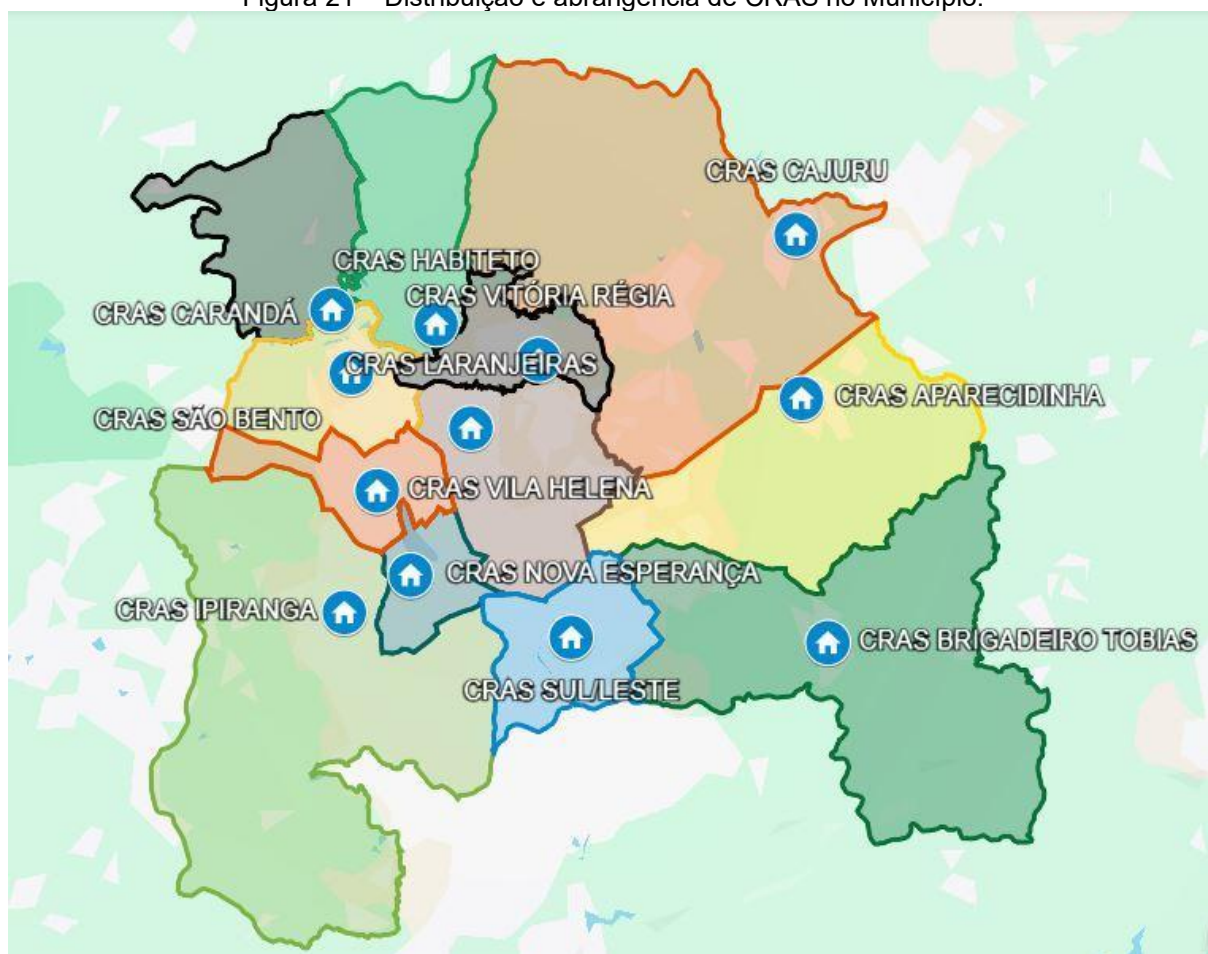
Os valores da Tabela 6, coincidentemente são bem parecidos com os da Tabela 5, com exceção da última coluna. Neste caso, a região de certeza dos conjuntos são as seguintes: “ÓTIMO” vai de 0 a 500 metros, conjunto “REGULAR” de 1400 a 1500 metros, e conjunto “RUIM”, de 4200 a 7500 metros. Sendo 7500 metros, valor limite considerado para a variável. Todos os três conjuntos de formato trapezoidal conforme a Figura 20.



Para a variável CRAS foi necessária uma adaptação na metodologia de determinação dos conjuntos, visto que dentre os autores do Tabela 1, apenas 1 apontou de forma clara um raio de abrangência - 1400 metros - para este tipo de serviço em questão, inviabilizando a utilização do procedimento adotado anteriormente. Como alternativa, foram utilizados como referência os dados dos CRAS do município.

Com dados obtidos no site da Secretaria Municipal de Cidadania (Sorocaba, 2025g), foi possível a identificação das áreas de abrangência de cada CRAS, além da localização desses equipamentos, citados anteriormente. Caracterizadas por polígonos de formatos irregulares (representação geométrica do perímetro da área, sem lados e ângulos iguais), onde em sua maioria os equipamentos comunitários não se encontram na centralidade. Estas áreas de abrangência dos CRAS dividem o município em aglomerados de bairros para cobrir toda a extensão do território, como pode ser observado na Figura 21.

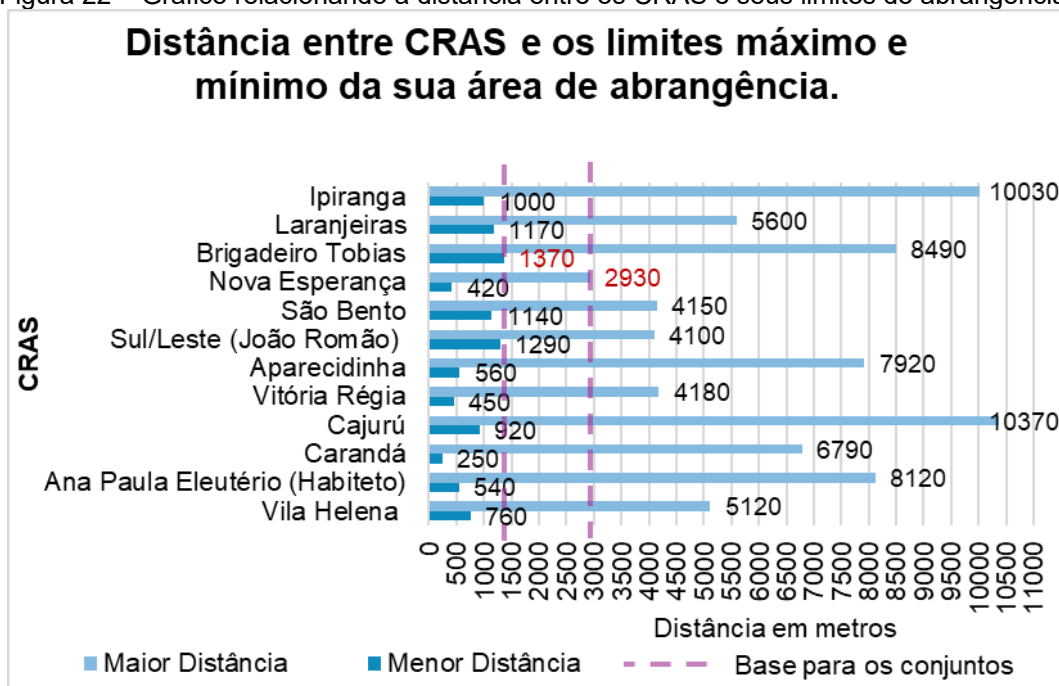
Figura 21 – Distribuição e abrangência de CRAS no Município.



Fonte: Sorocaba (2025g).

De posse das informações supramencionadas e tendo o endereço de cada um dos 12 CRAS do município foram realizados levantamentos no Google Earth Pro para determinação da distância em linha reta entre a localização dos CRAS e os seus respectivos limites de abrangência (próximo – distante). O levantamento considerou o endereço do equipamento e o perímetro do polígono que representa a respectiva abrangência dos CRAS, resultando no gráfico da Figura 22.

Figura 22 – Gráfico relacionando a distância entre os CRAS e seus limites de abrangência.



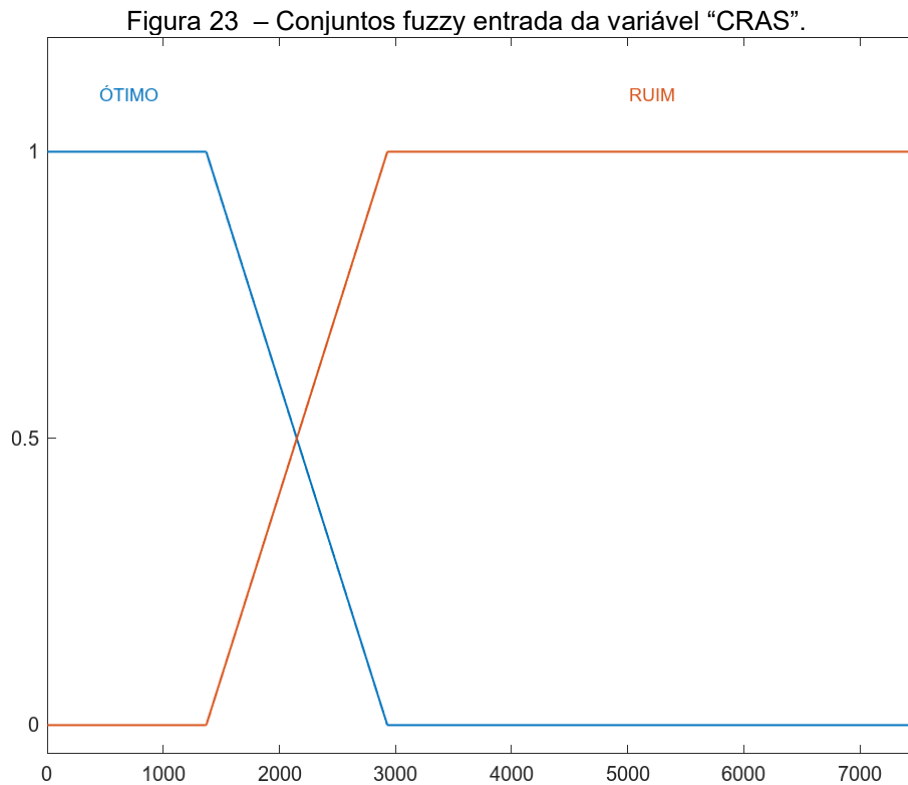
Fonte: Elaborado pelo autor

Como podemos observar na Figura 22, na maioria dos polígonos – que representam a área de influência de cada CRAS na Figura 21 – há uma grande disparidade entre os vértices mais próximos dos locais dos CRAS e os mais afastados, ou seja, falta de distribuição equidistante na área de abrangência. Sendo observado ainda, maiores disparidade nessas distâncias (entre mais próximo e mais afastado) nos perímetros de abrangência do CRAS que se sobrepõem às áreas rurais do município (Cajuru, Ipiranga, Brigadeiro Tobias).

Conforme mencionado anteriormente, a falta de variedade de dados (opinião de autores) para a variável CRAS conforme a Tabela 1, exigiu uma adaptação no método até aqui utilizado. Desta forma, exclusivamente neste caso, a variável terá apenas dois conjuntos fuzzy, determinados através da observação da Figura 22, descrita acima.

Conforme a Figura 22, a distância entre o CRAS Brigadeiro Tobias e o seu limite de abrangência mais próximo, 1370 metros, é a maior dentre as menores distâncias, ao passo que o CRAS Nova Esperança, com seus 2930 metros, conta com a menor distância dentre as maiores. Com isso, foi estabelecido que: distância abaixo de 1370 metros serão consideradas ótimas, enquanto distâncias acima de 2930 metros serão consideradas ruins.

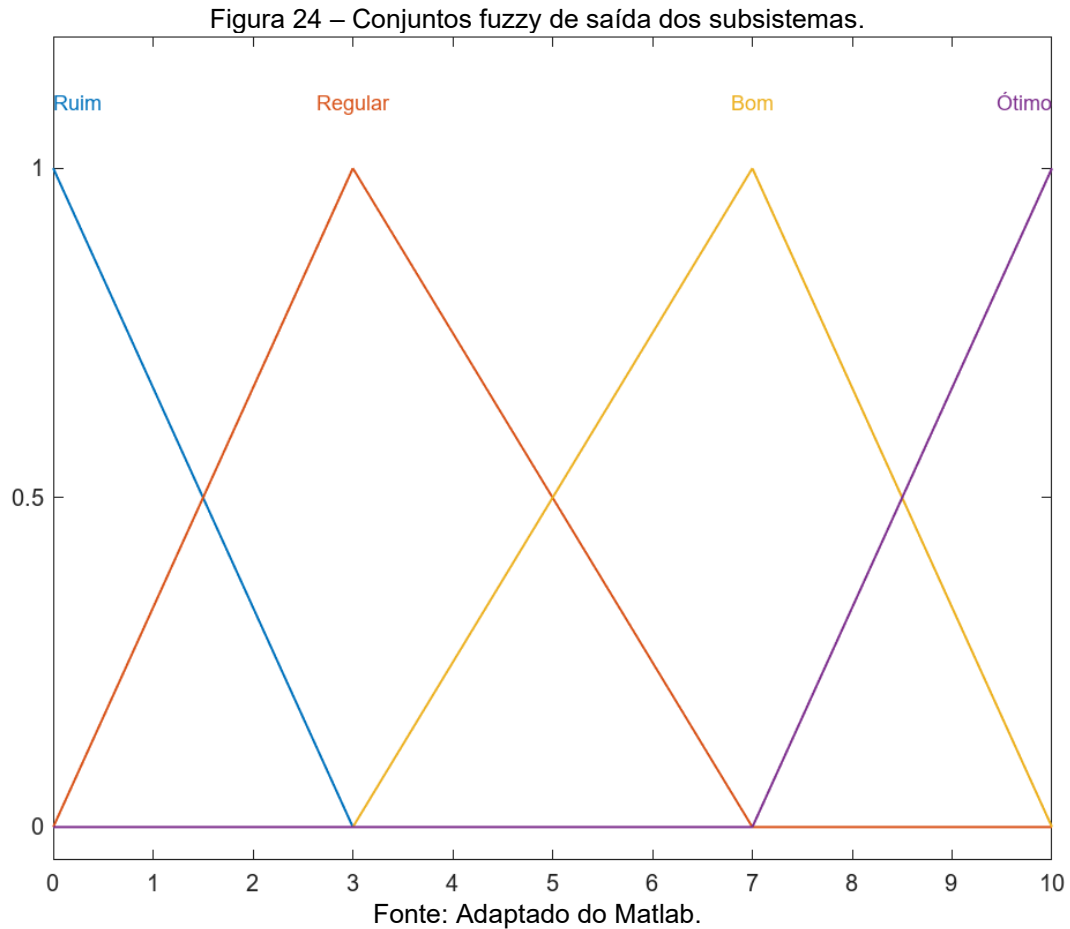
Dentro do intervalo [1370, 2930] temos a região de incerteza, ou de transição entre o que é ÓTIMO para o que é RUIM. Para o conjunto RUIM foi considerado limite até 7500 metros, que abrange todos os valores reais levantados. A delimitação dos conjuntos da variável CRAS podem ser observados na Figura 23.



Fonte: Adaptado do Matlab.

Após a determinação dos conjuntos de entrada, é de suma importância a determinação dos conjuntos fuzzy de saída, afinal eles serão utilizados na elaboração das bases de regras. Os dois subsistemas tiveram seus conjuntos fuzzy de saída definidos de forma semelhante, onde foram utilizadas quatro variáveis linguísticas: “RUIM”, “REGULAR”, “BOM” e “ÓTIMO”.

Foi adotado para todos os conjuntos fuzzy de saída o formato triangular, sendo distribuídos ao longo do intervalo [0, 10], com espaçamentos de acordo com a Figura 24.



Após a definição dos conjuntos de entrada e saída, os sistemas poderão passar pelo processo de inferência, onde serão elaboradas a base de regras e resultados fuzzy.

#### 4.4 MÓDULO DE INFERÊNCIA FUZZY.

Após a fuzzificação das variáveis, com a determinação dos seus respectivos conjuntos fuzzy de entrada, o próximo passo foi estabelecer o processo de inferência fuzzy que envolve a elaboração da base de regras, bem como a determinação do método de inferência a ser adotado.

A criticidade desta etapa se dá justamente pela construção das regras, sendo a quantidade destas determinadas pela combinação da quantidade de variáveis do sistema com os conjuntos fuzzy de cada variável. Para um sistema que utiliza 3 variáveis por exemplo, onde cada uma dessas variáveis trabalhe com 2 conjuntos fuzzy de entrada, a quantidade de regras necessárias para contemplar todas as hipóteses possíveis será  $2 \times 2 \times 2$ , totalizando 8 regras. Mantendo a quantidade de

variáveis e aumentando a quantidade dos conjuntos fuzzy para 4, teremos  $4 \times 4 \times 4$  totalizando 64 regras, ou seja, há um aumento considerável de regras quando se eleva os valores linguísticos de cada variável.

Após a elaboração de uma base de regras, uma forma de realizar a verificação de inconsistências ou equívocos na elaboração das regras é a utilização da ferramenta “Control Surface”, ou Superfície de Controle, do Matlab, que gera um gráfico 3D que permite a visualização de uma superfície de evolução gradual dessas regras.

#### 4.4.1 Desenvolvimento da Base de Regras

No modelo proposto para este trabalho, foram utilizados três conjuntos fuzzy em cada uma das variáveis (exceto para CRAS) conforme visto acima.

Para o Subsistema 1 – Escolar temos três variáveis (creche/pré-escola, fundamental e médio), com três valores linguísticos cada (ÓTIMO, REGULAR e RUIM), totalizando então:  $3 \times 3 \times 3 = 27$  regras, conforme Figura 25.



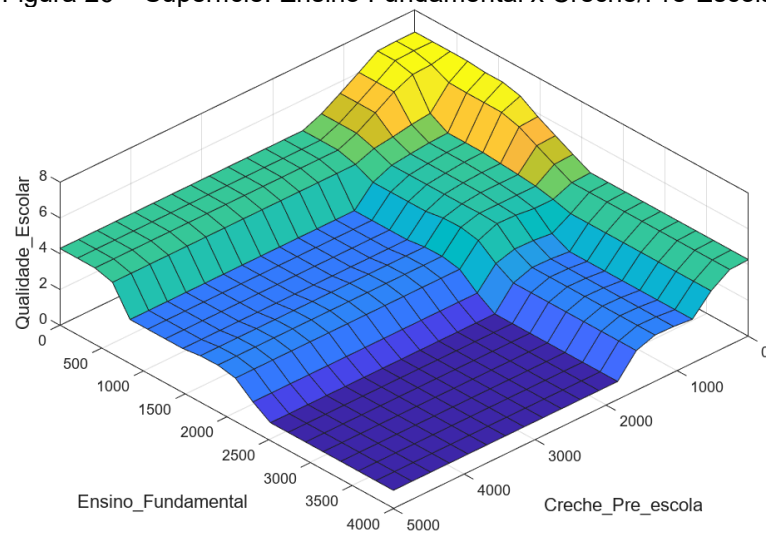
Figura 25 – Base de regras do Subsistema 1 – Escolar.

| REGRA | CONDIÇÃO 1                   | OPERADOR | CONDIÇÃO 2                    | OPERADOR | CONDIÇÃO 3              | RESULTADO                    |
|-------|------------------------------|----------|-------------------------------|----------|-------------------------|------------------------------|
| 1     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMO   |
| 2     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMO   |
| 3     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 4     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMO   |
| 5     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 6     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 7     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 8     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 9     | CRECHE_PRE_ESCOLA IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 10    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMO   |
| 11    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 12    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 13    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 14    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 15    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 16    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 17    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 18    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS REGULAR | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    |
| 19    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 20    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS BOM     |
| 21    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS ÓTIMO   | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 22    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 23    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 24    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS REGULAR | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    |
| 25    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS ÓTIMO   | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR |
| 26    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS REGULAR | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    |
| 27    | CRECHE_PRE_ESCOLA IS RUIM    | and      | ENSINO_FUNDAMENTAL IS RUIM    | and      | ENSINO_MEDIO IS RUIM    | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    |

Fonte: Adaptado do Matlab.

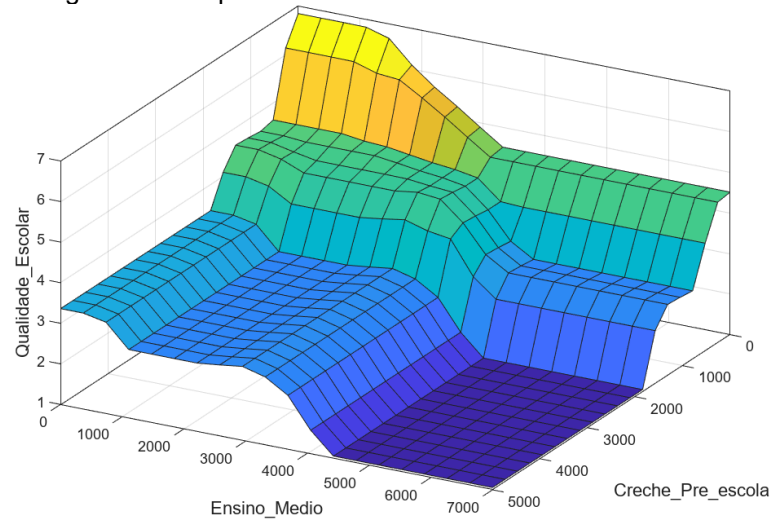
Foi utilizado peso igual para todas as regras do subsistema. A seguir encontram-se as superfícies obtidas para o Subsistema 1 - Escolar, conforme as Figuras 26, 27 e 28.

Figura 26 – Superfície: Ensino Fundamental x Creche/Pré-Escola.



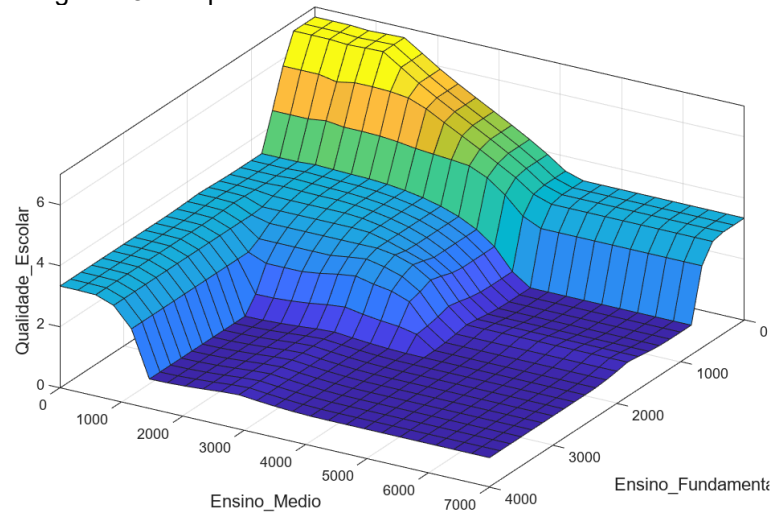
Fonte: Adaptado do Matlab.

Figura 27 – Superfície: Ensino Médio x Creche/Pré-Escola.



Fonte: Adaptado do Matlab.

Figura 28 – Superfície: Ensino Médio x Ensino Fundamental.



Fonte: Adaptado do Matlab.

Já no Subsistema 2 – Saúde/Social, uma das variáveis possui três conjuntos fuzzy (UBS), enquanto outra variável atua com dois valores linguísticos apenas (CRAS). Neste caso, o total de regras necessárias foi:  $3 \times 2 = 6$  regras, conforme Figura 29.

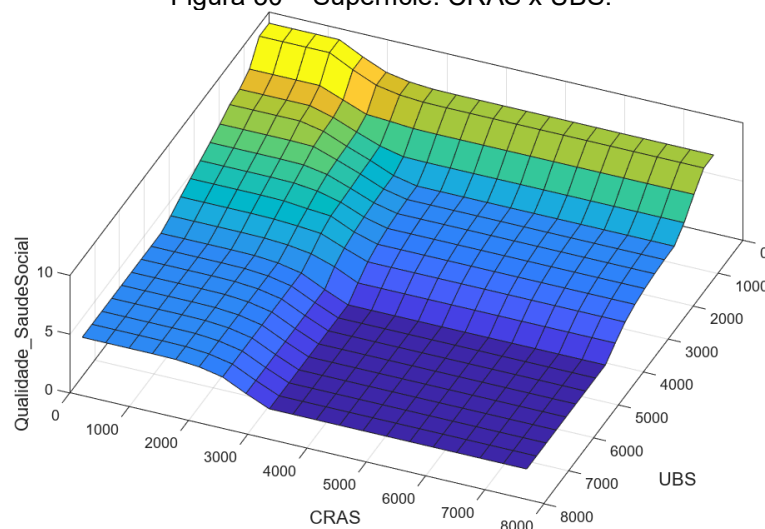
Figura 29 – Base de regras do Subsistema 2 – Saúde/Social.

| REGRA | CONDIÇÃO 1     | OPERADOR   | CONDIÇÃO 2    | RESULTADO                        |
|-------|----------------|------------|---------------|----------------------------------|
| 1     | UBS IS ÓTIMO   | <i>and</i> | CRAS IS ÓTIMO | QUALIDADE_SAUDESOCIAL IS OTIMO   |
| 2     | UBS IS ÓTIMO   | <i>and</i> | CRAS IS RUIM  | QUALIDADE_SAUDESOCIAL IS BOM     |
| 3     | UBS IS REGULAR | <i>and</i> | CRAS IS ÓTIMO | QUALIDADE_SAUDESOCIAL IS BOM     |
| 4     | UBS IS REGULAR | <i>and</i> | CRAS IS RUIM  | QUALIDADE_SAUDESOCIAL IS REGULAR |
| 5     | UBS IS RUIM    | <i>and</i> | CRAS IS ÓTIMO | QUALIDADE_SAUDESOCIAL IS REGULAR |
| 6     | UBS IS RUIM    | <i>and</i> | CRAS IS RUIM  | QUALIDADE_SAUDESOCIAL IS RUIM    |

Fonte: Adaptado do Matlab.

O peso das regras é 1 para todas, ou seja, igual entre si. Mesmo tendo poucas regras, a verificação das mesmas é essencial, desta forma, apresentamos as superfícies do Subsistema Saúde/Social conforme a Figura 30.

Figura 30 – Superfície: CRAS x UBS.

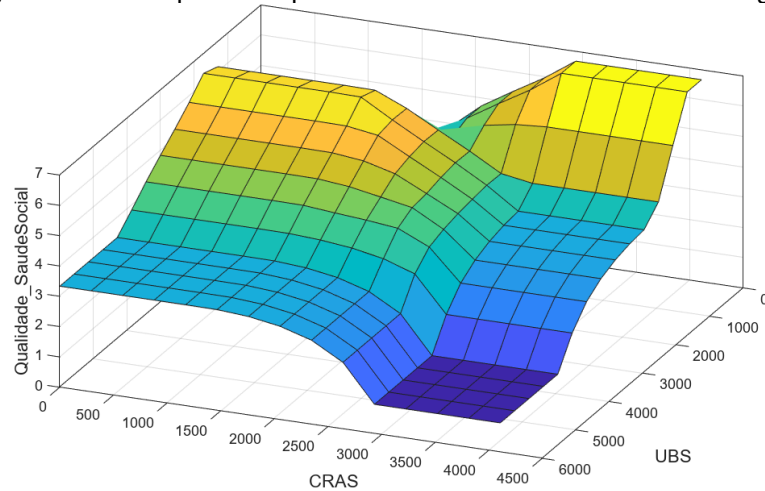


Fonte: Adaptado do Matlab.

Como pode ser observado, para o modelo tanto no subsistema 1 quanto no subsistema 2, os gráficos das superfícies não indicam nenhum tipo de inconsistência como: picos de valores elevados em região predominantemente de valores baixos; picos de valores baixos em regiões predominantemente de valores mais altos, que seriam indicativos de erros na formulação das regras.

Apenas para fins de ilustração, a Figura 31 a seguir, demonstra um exemplo de como seria um gráfico de superfície com indicação de erro na formulação das regras.

Figura 31 – Exemplo de Superfície indicando inconsistência nas regras.



Fonte: Adaptado do Matlab.

No caso do exemplo, pode-se observar o encontro de baixas distâncias (CRAS e UBS) resultando em baixa qualidade, quando deveria resultar em alta qualidade, visto que quanto mais próximo os equipamentos, melhor será o resultado. A situação da Figura 31 pode decorrer de algum descuido ou outro fator na etapa de formulação das regras, e pode impactar os resultados do sistema final.

É importante ressaltar, que neste caso optou-se pela divisão em subsistemas. Caso se optasse pela avaliação em um sistema único com todas as variáveis, o total de regras para atender todas as combinações possíveis seriam:  $3 \times 3 \times 3 \times 2 = 162$  regras

Retornando às etapas do Sistema Baseado em Regras Fuzzy, como não foi observado para o modelo proposto inconsistências nas superfícies diretamente relacionadas à elaboração das regras, seguimos para o processo de defuzzificação, importante na saída dos sistemas.

#### 4.5 DEFUZZIFICAÇÃO

Como foi informado anteriormente, os conjuntos fuzzy das variáveis de saída são as mesmas para os subsistemas, sendo classificadas como: “RUIM”,

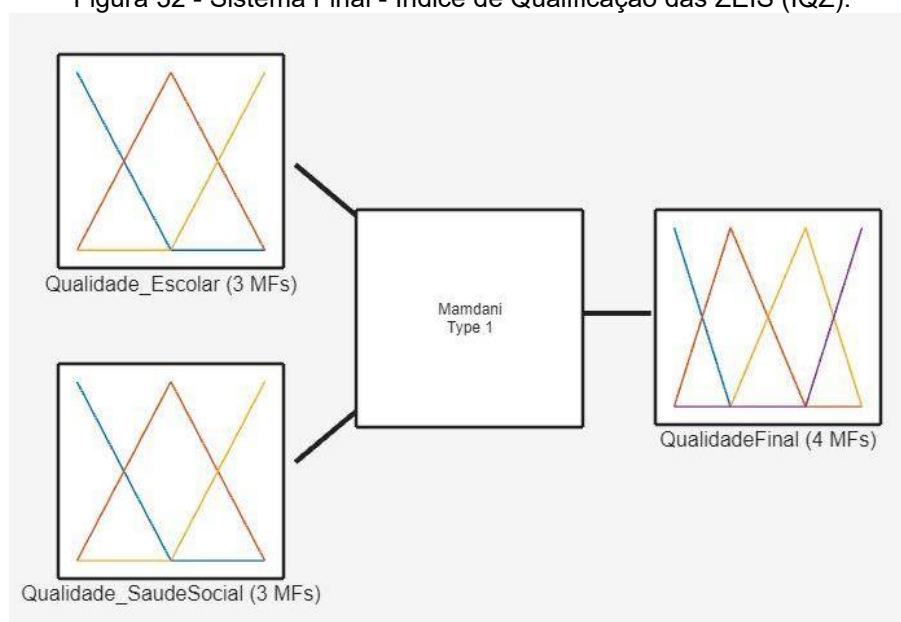
“REGULAR”, “BOM” e “ÓTIMO”. No entanto, há a necessidade de transformar estas saídas fuzzy em números crisp, uma vez que as saídas dos dois subsistemas serão os valores de entrada do sistema final chamado Índice de Qualificação das ZEIS – IQZ. O método de defuzzificação utilizado no modelo foi o Centro de Gravidade - que semelhante à média aritmética, calcula o centróide da área composta pela união de todas as regras.

#### 4.6 ÍNDICE DE QUALIFICAÇÃO DAS ZEIS (IQZ).

O último sistema é o responsável por integrar os subsistemas através dos valores obtidos em Escolar e Saúde/Social. No processo de desenvolvimento do Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ) o modelo avalia os dados obtidos na saída dos subsistemas 1 e 2, determinando assim uma avaliação final para cada ZEIS.

O modelo do Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ) é composto por duas variáveis de entrada: Qualidade Escolar e Qualidade Saúde-Social, conforme Figura 32.

Figura 32 - Sistema Final - Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ).



Fonte: Adaptado do Matlab.

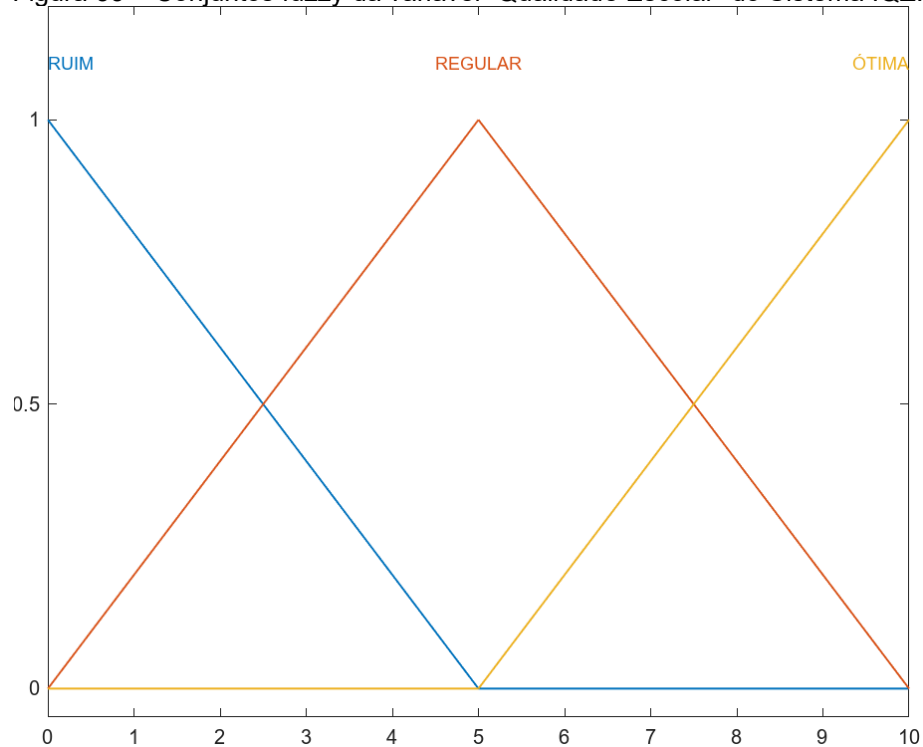
Assim como nos subsistemas anteriores, o IQZ deve ser submetido a todas as fases necessárias para um sistema baseado em regras fuzzy. Isso consiste na fuzzificação dos valores obtidos nos subsistemas 1 e 2, posterior processo de

inferência com a determinação das regras e das saídas fuzzy e a defuzzificação dos resultados.

#### 4.6.1 Fuzzificação

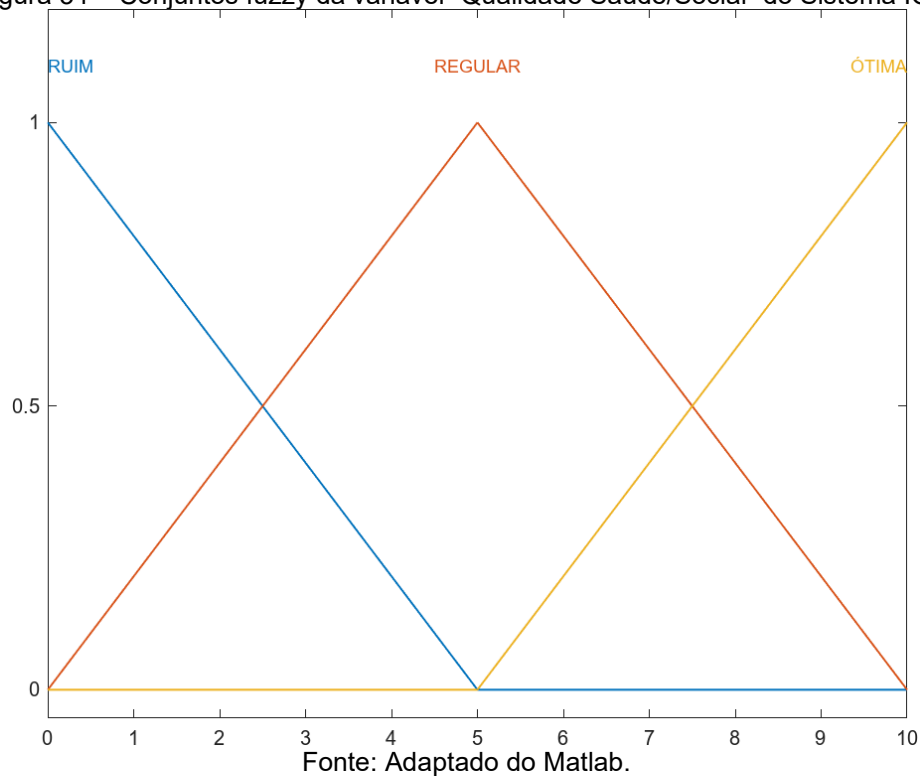
Para a fuzzificação das variáveis de entrada, utilizadas nos dois subsistemas Escolar e Saúde/Social, foi utilizado o trabalho de Pasquotto (2025) como referência para as distâncias envolvidas nos conjuntos fuzzy. No entanto, na fuzzificação adotada no Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ), sistema que une e avalia os resultados dos subsistemas, foi adotada a seguinte metodologia: as variáveis Qualidade Escolar e Qualidade Saúde/Social utilizam uma escala de 0 a 10. No processo de fuzzificação foram criados três conjuntos fuzzy cujos valores linguísticos são: “RUIM”, “REGULAR” e “ÓTIMA”, tanto para a variável de entrada Qualidade Escolar, quanto para Qualidade Saúde/Social conforme a Figura 33 e Figura 34.

Figura 33 – Conjuntos fuzzy da variável “Qualidade Escolar” do Sistema IQZ.



Fonte: Adaptado do Matlab.

Figura 34 – Conjuntos fuzzy da variável “Qualidade Saúde/Social” do Sistema IQZ.



A determinação dos conjuntos fuzzy das variáveis de entrada são a base para a elaboração das regras responsável pelo processo de Inferência Fuzzy.

#### 4.6.2 Base de Regras e Inferência Fuzzy

Considerando que cada uma das duas variáveis de entrada possui três conjuntos fuzzy, foram estabelecidas  $3 \times 3 = 9$  regras para o Sistema Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ). Assim como nos subsistemas iniciais, a variável de saída possui quatro conjuntos fuzzy: “RUIM”, “REGULAR”, “BOM” e “ÓTIMO”, conforme apresentado na base de regras ilustrada na Figura 35.

Figura 35 – Base de regras do Sistema IQZ.

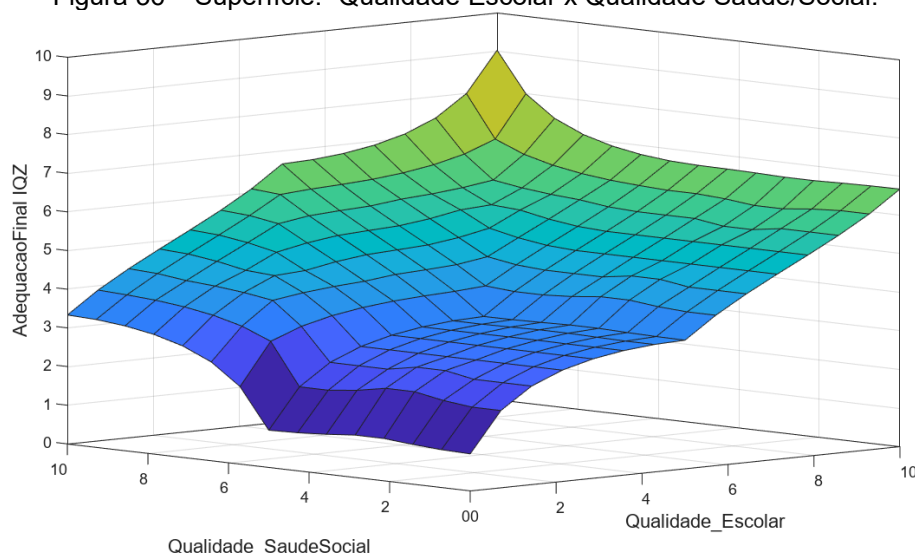
| REGRA | CONDIÇÃO 1                   | OPERADOR | CONDIÇÃO 2                      | RESULTADO                 |
|-------|------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------|
| 1     | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS RUIM    | ADEQUACAOFINAL IS RUIM    |
| 2     | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS REGULAR | ADEQUACAOFINAL IS RUIM    |
| 3     | QUALIDADE_ESCOLAR IS RUIM    | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS ÓTIMA   | ADEQUACAOFINAL IS REGULAR |
| 4     | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS RUIM    | ADEQUACAOFINAL IS REGULAR |
| 5     | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS REGULAR | ADEQUACAOFINAL IS REGULAR |
| 6     | QUALIDADE_ESCOLAR IS REGULAR | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS ÓTIMA   | ADEQUACAOFINAL IS BOM     |
| 7     | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMA   | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS RUIM    | ADEQUACAOFINAL IS BOM     |
| 8     | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMA   | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS REGULAR | ADEQUACAOFINAL IS BOM     |
| 9     | QUALIDADE_ESCOLAR IS ÓTIMA   | and      | QUALIDADE_SAUESOCIAL IS ÓTIMA   | ADEQUACAOFINAL IS ÓTIMO   |

Fonte: Adaptado do Matlab.

Assim como nos subsistemas, a Base de Regras do Sistema IQZ adotou peso igual para todas as regras. Entretanto observa-se que o resultado (saída fuzzy) prioriza a variável “Qualidade Escolar”. Esse “favorecimento” pode ser identificado, por exemplo, nas regras 2 e 4, nas quais ambas apresentam uma condição “Regular” e uma condição “Ruim”, mas resultam em saídas distintas. Situação semelhante ocorre nas regras 3 e 7, que, embora apresentem uma condição “Ótima” e uma condição “Ruim”, também produzem resultados diferentes.

Considerando a frequência de deslocamento até os equipamentos públicos analisados, adotou-se, na definição da variável de saída, que uma melhor Qualidade Escolar implica uma melhor adequação da ZEIS. Na sequência, pode-se observar na Figura 36 a superfície gerada a partir da base de regras estabelecida.

Figura 36 – Superfície:- Qualidade Escolar x Qualidade Saúde/Social.



Fonte: Adaptado do Matlab.



A Figura 36 representa a relação entre as variáveis “Qualidade Escolar” e “Qualidade Saúde/Social” e o Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ), evidenciando o comportamento do sistema a partir das regras definidas. Observa-se a coerência entre as combinações de entrada e os valores de saída, sem a presença de inconsistências relevantes.

A partir da definição da base de regras, procede-se à etapa de inferência fuzzy, na qual essas regras são efetivamente aplicadas às variáveis de entrada. No sistema IQZ, esse processo é realizado com base no método de inferência de Mamdani. Para cada par de valores de entrada, são obtidos os graus de pertinência correspondentes aos conjuntos fuzzy das variáveis “Qualidade Escolar” e “Qualidade Saúde/Social”. Esses valores são combinados por meio do operador mínimo, representando o conectivo lógico AND presente nas regras, resultando no grau de ativação de cada uma das 9 regras estabelecidas.

Cada regra ativada gera um conjunto fuzzy de saída parcialmente ativado, obtido a partir do truncamento do conjunto correspondente (RUIM, REGULAR, BOM ou ÓTIMO), de acordo com seu grau de ativação. Em seguida, as contribuições de todas as regras são agregadas por meio do operador máximo, formando um único conjunto fuzzy de saída que sintetiza a resposta do sistema para a combinação de entrada analisada.

As saídas fuzzy obtidas são então submetidas ao processo de defuzzificação, responsável por converter os resultados em valores reais (crisp). Assim como nos subsistemas, no sistema IQZ foi adotado o método do centroide, no qual o valor final é determinado a partir do centro de gravidade da área formada pela união das contribuições das regras.

Após a modelagem dos subsistemas e do sistema principal (IQZ), procede-se à aplicação dos dados referentes às distâncias entre as ZEIS e os equipamentos públicos analisados, os quais constituem as variáveis de entrada do modelo. Esses dados são inseridos no sistema com o objetivo de alimentar os conjuntos fuzzy previamente definidos e possibilitar a execução do processo de inferência. Para isso, é utilizada uma rotina computacional responsável por integrar as informações de entrada aos subsistemas e consolidar seus resultados no sistema IQZ, permitindo a determinação do índice final de qualificação das ZEIS.

## 4.7 INTEGRAÇÃO DOS SUBSISTEMAS

Cada um dos sistemas descritos anteriormente foi desenvolvido na interface gráfica *Fuzzy Logic Designer*, ambiente no qual é possível criar e editar sistemas fuzzy. Embora a construção seja feita na interface, todas as configurações são armazenadas em arquivos no formato “.fis”, que permitem guardar as definições estabelecidas para cada sistema. A forma textual desses arquivos pode ser consultada nos APÊNDICE A à APÊNDICE C.

O sistema responsável pelo Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ), realiza a união dos dois subsistemas precedentes. Para executar sua função, é necessário que esses subsistemas sejam previamente alimentados com dados reais, possibilitando o processamento e a avaliação de suas variáveis. Os resultados obtidos em cada subsistema servem como entradas para o IQZ, que realiza um novo processamento e, assim, gera a classificação final das áreas.

Para operacionalizar a aplicação dos dados reais, além dos arquivos “.fis” utiliza-se um arquivo “.m”, responsável por executar o modelo no ambiente Matlab. Esse script principal atua como elo entre os sistemas e os dados de entrada e saída, automatizando a alimentação das variáveis e a coleta dos resultados. A forma textual do arquivo “.m” principal pode ser verificada no APÊNDICE D.

Adicionalmente, podem ser utilizados arquivos “.m” auxiliares vinculados ao script principal, responsáveis por operações matemáticas complementares. Neste estudo, um desses arquivos auxiliares foi elaborado para garantir a normalização dos dados processados pelo sistema. A forma textual desse arquivo encontra-se no APÊNDICE E.

## 4.8 APLICAÇÃO DAS DISTÂNCIAS NO SISTEMA

### 4.8.1 Determinação da matriz com as distâncias

Para cada uma das sete ZEIS analisadas, foram calculadas as distâncias até todos os equipamentos públicos considerados: 151 creches e/ou pré-escolas, 142 escolas de ensino fundamental, 52 escolas de ensino médio, 33 UBSs e 12 CRAS. A partir da ordenação crescente dessas distâncias, foi possível identificar tanto os equipamentos mais próximos quanto os mais distantes.

Conforme discutido anteriormente, a definição do que é “próximo” ou “distante” apresenta caráter subjetivo. Entre tantos estabelecimentos, torna-se necessário estabelecer limites: a partir de que ponto a distância deve ser considerada excessiva? Existe uma faixa intermediária que possa ser interpretada como aceitável?

Como o objetivo do trabalho é avaliar as ZEIS de forma comparativa, considerando sua relação com os equipamentos públicos comunitários, não se faz necessário utilizar todos os estabelecimentos disponíveis em cada variável. O foco recai apenas sobre os mais próximos. Contudo, as ZEIS apresentam variações quanto à área, ao formato perimétrico e à localização, isso pode gerar favorecimento de determinadas áreas dependendo da quantidade arbitrária de equipamentos adotados como “mais próximos”.

Para ilustrar essa situação, considere o seguinte exemplo: ao avaliar uma ZEIS, a creche mais próxima está a 300 metros, enquanto a segunda mais próxima encontra-se a 1200 metros; já ao avaliar outra ZEIS, a creche mais próxima está a 500 metros e a segunda a 700 metros. Se for considerada apenas a distância até a creche mais próxima, o resultado beneficiaria a primeira ZEIS. Entretanto, ao se incluir a segunda creche no cálculo, a vantagem pode se inverter. Esse dilema reforça a pertinência de utilizar medidas como a média das distâncias mais próximas, evitando distorções na análise.

Com a intenção de proporcionar maior igualdade na avaliação, foram estabelecidos três tipos de matrizes de dados de entrada, cada uma considerando um número específico de equipamentos comunitários mais próximos de cada ZEIS. Essas matrizes foram definidas da seguinte forma:

A Matriz TIPO I considera uma média dos três equipamentos comunitários mais próximos para todas as variáveis. O modelo da matriz considera a igualdade entre as variáveis, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Matriz TIPO I para determinação das distâncias adotadas (m).

| <b>Equipamentos comunitários</b>               | Creche/Pré-escola                   | E. Fundamental                      | E. Médio                            | UBS                                 | CRAS                                |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Quantidade de equipamentos considerados</b> | Média dos raios dos 3 mais próximos | Média dos raios dos 3 mais próximos | Média dos raios dos 3 mais próximos | Média dos raios dos 3 mais próximos | Média dos raios dos 3 mais próximos |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já a Matriz TIPO II, por um lado, leva em consideração os impactos na demanda por serviços públicos que um conjunto habitacional pode incidir na região,

sobretudo nos equipamentos de ensino, muitas das vezes já sobrecarregados. Ao aumentar a quantidade dos equipamentos das variáveis do sistema Escolar, considerados na média, espera-se uma maior disponibilidade de vagas. Por outro lado, para os equipamentos das variáveis do sistema Saúde-Social, considera apenas o mais próximo à ZEIS, visto que normalmente estes serviços são regionalizados e os moradores são direcionados ao mais próximo da residência.

A quantidade de equipamentos mais próximos utilizados na composição da média das distâncias, utiliza os dados da Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz TIPO II para determinação das distâncias adotadas (m).

| <b>Equipamentos comunitários</b>               | Creche/Pré-escola                   | E. Fundamental                      | E. Médio                            | UBS                         | CRAS                        |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Quantidade de equipamentos considerados</b> | média dos raios dos 5 mais próximos | média dos raios dos 5 mais próximos | média dos raios dos 3 mais próximos | raio apenas do mais próximo | raio apenas do mais próximo |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Matriz TIPO III, mescla as duas anteriores, por um lado considera a média dos três equipamentos mais próximos relacionados às variáveis do sistema Escolar. Por outro, considera apenas o equipamento mais próximo de cada uma das variáveis do sistema Saúde-Social, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Matriz TIPO III para determinação das distâncias adotadas (m).

| <b>Equipamentos comunitários</b>               | Creche/Pré-escola                   | E. Fundamental                      | E. Médio                            | UBS                         | CRAS                        |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Quantidade de equipamentos considerados</b> | média dos raios dos 3 mais próximos | média dos raios dos 3 mais próximos | média dos raios dos 3 mais próximos | raio apenas do mais próximo | raio apenas do mais próximo |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a definidas as formas como serão utilizados os dados reais coletados (distância entre ZEIS e equipamento público comunitário) para cada uma das variáveis, o próximo passo é aplicar esses dados no modelo de sistema desenvolvido.

#### 4.8.2 Aplicação das matrizes com as distâncias no IQZ

As etapas de definição metodológica, essenciais para o desenvolvimento do estudo, após finalizadas compreenderam: *i)* Seleção das ZEIS; *ii)* Levantamento dos equipamentos comunitários; *iii)* definição dos sistemas utilizados; *iv)* determinação das variáveis e dos conjuntos fuzzy; e *v)* estruturação das matrizes de

entrada. Com a finalização dessas etapas, segue para aplicação dos dados nos modelos propostos.

A partir dos raios das distâncias obtidas entre ZEIS e os equipamentos comunitários considerados no estudado, e aplicando a metodologia que determina os valores a serem empregados nas matrizes de entrada, foi elaborada uma tabela que compreende os valores aplicados no Modelo. Subdividida em três matrizes conforme visto anteriormente, os valores aplicados para avaliação das ZEIS podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 – Distâncias adotadas (m) para aplicação no Sistema.

| <b>Matriz</b>   | <b>ZEIS</b>        | <b>Creche/<br/>Pré-escola</b> | <b>E.<br/>Fundamental</b> | <b>E. Médio</b> | <b>UBS</b> | <b>CRAS</b> |
|-----------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------|------------|-------------|
| <b>TIPO I</b>   | 01 - Aeroporto     | 788,94                        | 892,69                    | 1334,37         | 1410,07    | 1767,40     |
|                 | 02 - Aparecidinha  | 568,09                        | 863,67                    | 3521,43         | 3298,55    | 4140,94     |
|                 | 03 - Genebra       | 4055,71                       | 2650,18                   | 6769,75         | 7054,54    | 7344,17     |
|                 | 04 - IpanemaVille  | 465,08                        | 705,69                    | 1002,53         | 1110,04    | 2452,66     |
|                 | 05 - Iporanga      | 2874,44                       | 1804,18                   | 3416,02         | 3662,40    | 4274,58     |
|                 | 06 - Tupã          | 1516,28                       | 1464,73                   | 4956,95         | 5134,64    | 5481,29     |
|                 | 07 - Vitória Régia | 954,16                        | 1026,33                   | 1367,93         | 1316,18    | 1991,04     |
| <b>TIPO II</b>  | 01 - Aeroporto     | 917,53                        | 1064,82                   | 1334,37         | 1326,23    | 1560,19     |
|                 | 02 - Aparecidinha  | 734,93                        | 1680,62                   | 3521,43         | 469,34     | 248,14      |
|                 | 03 - Genebra       | 4840,07                       | 3613,82                   | 6769,75         | 4233,90    | 3984,61     |
|                 | 04 - IpanemaVille  | 569,89                        | 750,63                    | 1002,53         | 621,74     | 929,38      |
|                 | 05 - Iporanga      | 3083,09                       | 2294,68                   | 3416,02         | 3388,48    | 2916,67     |
|                 | 06 - Tupã          | 2995,89                       | 2463,74                   | 4956,95         | 1738,98    | 1553,48     |
|                 | 07 - Vitória Régia | 1014,20                       | 1104,23                   | 1367,93         | 972,09     | 946,07      |
| <b>TIPO III</b> | 01 - Aeroporto     | 788,94                        | 892,69                    | 1334,37         | 1326,23    | 1560,19     |
|                 | 02 - Aparecidinha  | 568,09                        | 863,67                    | 3521,43         | 469,34     | 248,14      |
|                 | 03 - Genebra       | 4055,71                       | 2650,18                   | 6769,75         | 4233,90    | 3984,61     |
|                 | 04 - IpanemaVille  | 465,08                        | 705,69                    | 1002,53         | 621,74     | 929,38      |
|                 | 05 - Iporanga      | 2874,44                       | 1804,18                   | 3416,02         | 3388,48    | 2916,67     |
|                 | 06 - Tupã          | 1516,28                       | 1464,73                   | 4956,95         | 1738,98    | 1553,48     |
|                 | 07 - Vitória Régia | 954,16                        | 1026,33                   | 1367,93         | 972,09     | 946,07      |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme descrito anteriormente, a Tabela 10 é composta pelos três tipos de matrizes definidas anteriormente. Essas matrizes aplicadas no Sistema Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ) resultam em três matrizes que expressam a classificação de adequação para as ZEIS, ou seja, três formas de classificar estas ZEIS.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

Considerando todo o processo metodológico descrito, os valores levantados das distâncias entre cada ZEIS e os equipamentos comunitários foram aplicados aos modelos fuzzy por meio de matrizes de entrada previamente estabelecidas. Cada matriz representa uma forma distinta de organização dos dados: ora utilizando os valores individuais mais próximos, ora as médias de estabelecimentos selecionados, buscando reduzir distorções decorrentes das diferenças entre as áreas analisadas.

A operacionalização do modelo ocorreu no ambiente Matlab, por meio do script desenvolvido para integrar os sistemas. A partir do script, as variáveis de entrada dos subsistemas são alimentadas com os dados reais, e após executar todo o processo de inferência fuzzy, os resultados são integrados ao Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ). Esse procedimento resultou na classificação de cada ZEIS em uma escala de 0 a 10, expressando seu grau de adequação para a implantação de Habitação de Interesse Social.

A combinação do Modelo do sistema com os três tipos de matrizes, aplicados no Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ) resulta na Tabela 11.

Tabela 11 – Índices de Qualificação das ZEIS (IQZ) obtidos.

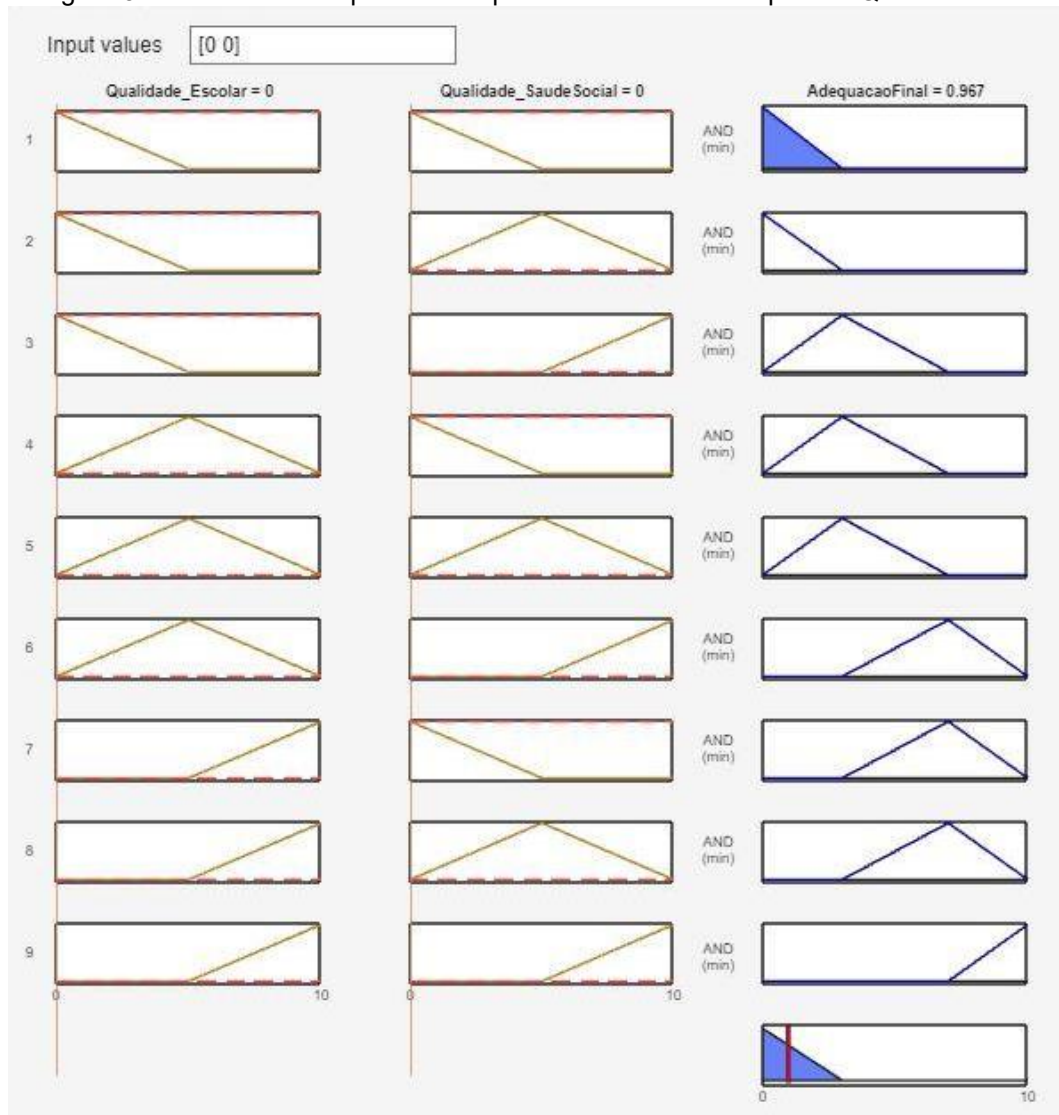
| Matriz   | ZEIS               | Saída Escolar | Saída Escolar Normalizado | Saída SaúdeSocial | Saída SaúdeSocial Normalizado | Saída IQZ | Saída IQZ Normalizado |
|----------|--------------------|---------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| TIPO I   | 01 - Aeroporto     | 6,0526        | 6,3049                    | 5,7300            | 5,9049                        | 4,3687    | 4,2173                |
|          | 02 - Aparecidinha  | 4,2591        | 4,0815                    | 2,6850            | 2,1302                        | 3,3095    | 2,9044                |
|          | 03 - Genebra       | 0,9667        | 0,0000                    | 0,9667            | 0,0000                        | 0,9667    | 0,0000                |
|          | 04 - IpanemaVille  | 6,8135        | 7,2482                    | 4,6687            | 4,5893                        | 4,8546    | 4,8197                |
|          | 05 - Iporanga      | 2,7914        | 2,2620                    | 2,2601            | 1,6035                        | 2,9279    | 2,4313                |
|          | 06 - Tupã          | 2,3991        | 1,7758                    | 0,9667            | 0,0000                        | 2,7359    | 2,1933                |
|          | 07 - Vitória Régia | 5,6037        | 5,7484                    | 5,3150            | 5,3904                        | 3,9407    | 3,6868                |
| TIPO II  | 01 - Aeroporto     | 5,6986        | 5,8660                    | 6,1937            | 6,4799                        | 4,4693    | 4,3421                |
|          | 02 - Aparecidinha  | 4,0976        | 3,8814                    | 9,0333            | 10,0000                       | 5,8297    | 6,0285                |
|          | 03 - Genebra       | 0,9667        | 0,0000                    | 0,9667            | 0,0000                        | 0,9667    | 0,0000                |
|          | 04 - IpanemaVille  | 6,6554        | 7,0522                    | 8,0329            | 8,7598                        | 5,9167    | 6,1364                |
|          | 05 - Iporanga      | 1,7903        | 1,0211                    | 2,6564            | 2,0948                        | 2,4671    | 1,8600                |
|          | 06 - Tupã          | 0,9667        | 0,0000                    | 6,1686            | 6,4486                        | 2,5676    | 1,9847                |
|          | 07 - Vitória Régia | 5,4520        | 5,5603                    | 6,9632            | 7,4337                        | 4,9906    | 4,9883                |
| TIPO III | 01 - Aeroporto     | 6,0526        | 6,3049                    | 6,1937            | 6,4799                        | 4,5452    | 4,4361                |
|          | 02 - Aparecidinha  | 4,2591        | 4,0815                    | 9,0333            | 10,0000                       | 5,9625    | 6,1932                |
|          | 03 - Genebra       | 0,9667        | 0,0000                    | 0,9667            | 0,0000                        | 0,9667    | 0,0000                |
|          | 04 - IpanemaVille  | 6,8135        | 7,2482                    | 8,0329            | 8,7598                        | 5,9371    | 6,1617                |
|          | 05 - Iporanga      | 2,7914        | 2,2620                    | 2,6564            | 2,0948                        | 2,9279    | 2,4313                |
|          | 06 - Tupã          | 2,3991        | 1,7758                    | 6,1686            | 6,4486                        | 4,0599    | 3,8346                |
|          | 07 - Vitória Régia | 5,6037        | 5,7484                    | 6,9632            | 7,4337                        | 5,0094    | 5,0116                |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela em questão apresenta a avaliação realizada pelo sistema, indicando o IQZ para cada uma da ZEIS. Pode-se observar que a tabela consta dos valores com e sem normalização, sendo neste caso, a normalização necessária para garantir as correções da escala dos valores de saída. Os valores finais após a defuzzificação são distribuídos de 0 a 10, no entanto, devido às propriedades do método adotado no sistema de inferência das regras, as saídas podem variar para valores próximos de 0 e valores próximos de 10 sem atingirem os valores exatos.

Para exemplificar a questão, a seguir temos o sistema de inferência do Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ). No exemplo é possível observar que, no processo de inferência, caso os valores de entrada das variáveis Qualidade Escolar e Qualidade Saúde/Social fosse 0 (mínimo possível) para ambas, o resultado ou adequação final seria aproximadamente 0,967, ou seja, diferente de 0, como demonstrado na Figura 37.

Figura 37 – Valor mínimo possível no processo de inferência para o IQZ do modelo.

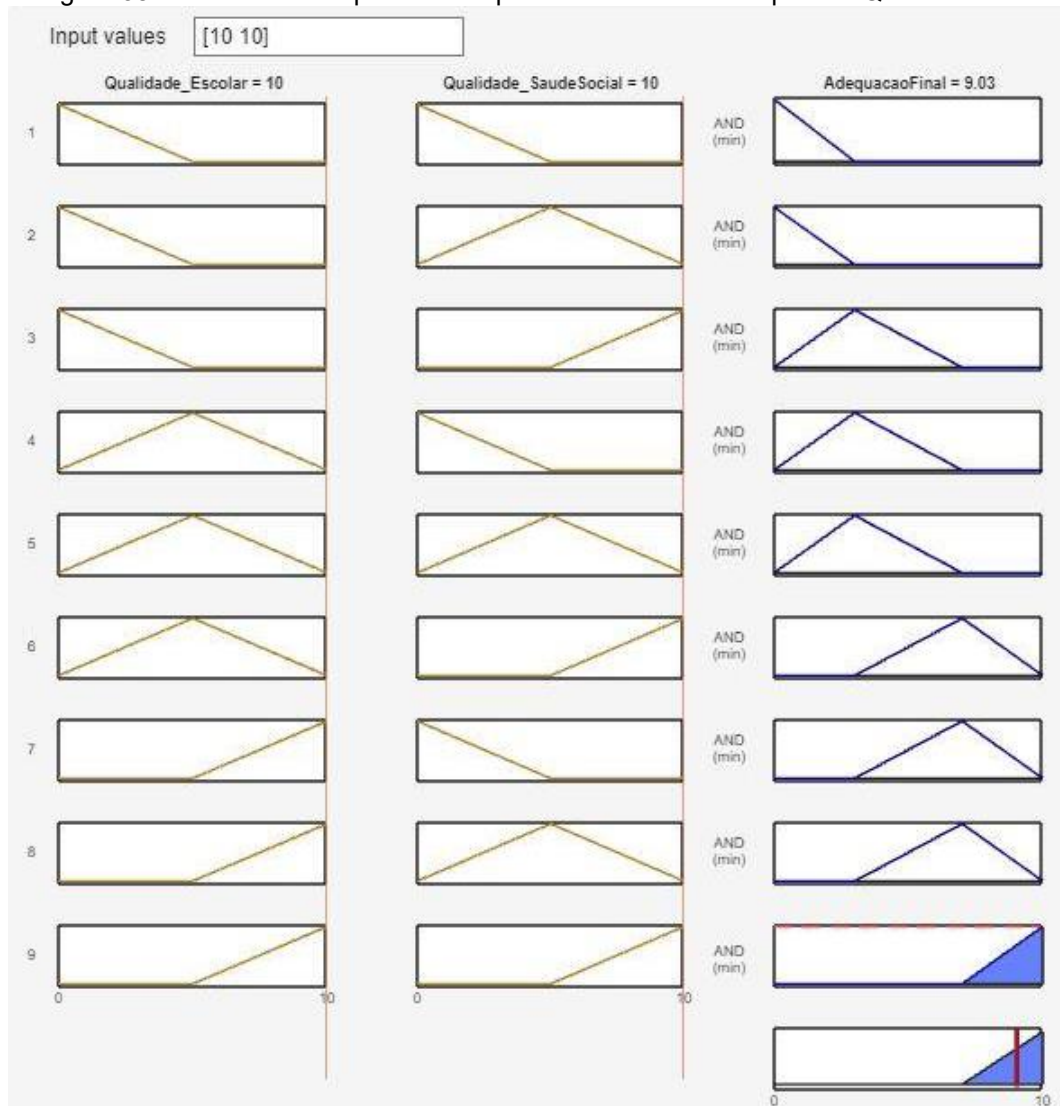


Fonte: Adaptado do Matlab.

Isso também ocorre para a situação oposta, onde caso os valores de entrada relacionados fossem o máximo possível (10 para ambos), a saída para o sistema ainda assim seria próxima de 9,03, valor bem inferior a 10 como indicado na Figura 38.



Figura 38 – Valor máximo possível no processo de inferência para o IQZ do modelo.



Fonte: Adaptado do Matlab.

Para o exemplo demonstrado acima, o menor valor possível é 0,967 enquanto o maior é 9,03. Entretanto, os resultados apurados são tratados na escala de 0 a 10. Para resolver o problema, internamente no sistema os valores 0,967 e 9,03 são normalizados a 0 e 10 respectivamente. Normalizar os resultados, neste contexto consiste, portanto, numa transformação linear, redimensionando o intervalo calculado para uma escala padronizada, facilitando a interpretação dos dados.

Esclarecida a questão dos valores com e sem normalização, os resultados apresentados são discutidos a seguir.

## 5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A avaliação das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) por meio de um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF), constitui um esforço para lidar com a subjetividade presente na definição de proximidade entre essas áreas e os equipamentos públicos essenciais. A utilização de SBRF já se mostrou eficiente em estudos de espaço urbano, como demonstrado por Pereira *et al.* (2022), Silva (2015) e Lopes e Silva (2022). Os resultados aqui apresentados não se limitam a fornecer valores de classificação, mas principalmente, oferecem uma perspectiva inovadora para a análise da adequação de áreas destinadas à Habitação de Interesse Social (HIS).

Buscando tratar a subjetividade acima citada, a avaliação das áreas de estudo foi realizada a partir de um modelo com três matrizes de entrada, ou seja, três formas diferentes de utilizar os dados reais das distâncias coletadas. Essas combinações geraram resultados variados, tanto nos valores dos índices atribuídos a cada ZEIS, quanto na posição de classificação geral. Vale ressaltar que as ZEIS demarcadas podem ser voltadas para questões específicas como caráter de regularização, focada na urbanização de assentamentos precários ou pode ser focada na reserva de terras para a produção de HIS, conforme Nakano *et al.* (2023). No entanto, o estudo considerou a hipótese de construção de HIS para todas as ZEIS.

Apesar de existirem resultados diferentes, decorrente das matrizes de entrada, é possível observar que os piores desempenhos ocorrem nas áreas mais afastadas, áreas menos integradas à malha urbana e aos equipamentos sociais. Vale ressaltar que a classificação destas áreas como ZEIS não significa a efetiva construção de HIS (Sousa e Braga, 2020). No entanto, a implantação de Habitação de Interesse Social em áreas com baixo resultado no IQZ pode impactar negativamente a vida dos futuros moradores. Esse impacto decorre, principalmente, do difícil acesso às condições de trabalho e da necessidade de percorrer maiores distâncias diariamente, aumentando os custos com deslocamento. Além disso, essas áreas apresentam dificuldade de acesso a serviços públicos essenciais, como saúde, educação e assistência social (Ferreira, 2014 *apud* Placido *et al.* 2019, p.39). Além disso, a construção de grandes conjuntos habitacionais nessas áreas de expansão urbana, por exemplo, poderá incidir em problemas observados por Rolnik *et al.* (2015), reiterando a segregação socioespacial.

Para facilitar a visualização da classificação (ranqueamento) das ZEIS, conforme proposto pelo trabalho, foi desenvolvida a Tabela 12, que apresenta o desempenho de cada uma da ZEIS de acordo com a matriz de entrada.

Tabela 12 – Classificação das ZEIS conforme o IQZ obtido.

| <b>Classificação<br/>(ranking)</b> | <b>Matriz TIPO I</b> |            | <b>Matriz TIPO II</b> |            | <b>Matriz TIPO III</b> |            |
|------------------------------------|----------------------|------------|-----------------------|------------|------------------------|------------|
|                                    | <b>ZEIS</b>          | <b>IQZ</b> | <b>ZEIS</b>           | <b>IQZ</b> | <b>ZEIS</b>            | <b>IQZ</b> |
| 1º                                 | IpanemaVille         | 4,8197     | IpanemaVille          | 6,1364     | Aparecidinha           | 6,1932     |
| 2º                                 | Aeroporto            | 4,2173     | Aparecidinha          | 6,0285     | IpanemaVille           | 6,1617     |
| 3º                                 | Vitória Régia        | 3,6868     | Vitória Régia         | 4,9883     | Vitória Régia          | 5,0116     |
| 4º                                 | Aparecidinha         | 2,9044     | Aeroporto             | 4,3421     | Aeroporto              | 4,4361     |
| 5º                                 | Iporanga             | 2,4313     | Tupã                  | 1,9847     | Tupã                   | 3,8346     |
| 6º                                 | Tupã                 | 2,1933     | Iporanga              | 1,8600     | Iporanga               | 2,4313     |
| 7º                                 | Genebra              | 0,0000     | Genebra               | 0,0000     | Genebra                | 0,0000     |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo com as variações de distância nas matrizes de entrada, observam-se algumas semelhanças nos resultados do IQZ: determinadas áreas apresentaram desempenho consistentemente superior (melhores posições em todos os cenários), enquanto outras mantiveram resultados inferiores em todas as avaliações. Isso evidencia que as áreas com resultado predominantemente baixo no IQZ, são inadequadas para a implantação de HIS, apresentando maior escassez de equipamentos públicos comunitários.

É importante ressaltar que, mesmo entre os melhores resultados da classificação, não houve ZEIS com IQZ muito alto ou que correspondesse a uma condição considerada “ÓTIMA”. Considerando uma escala de 0 a 10, o maior Índice de Qualificação das ZEIS (IQZ) ocorreu na Matriz 3, com 6,19, sendo os maiores resultados observados em áreas envoltas ou anexas a malha urbana. Isso demonstra a baixa qualidade dessas ZEIS em geral, em relação a disponibilidade de equipamentos públicos para atendimento da população.

Importante destacar o resultado do IQZ da área aqui denominada como ZEIS Genebra (zero em todos os cenários). Ao observar plataformas como Google Maps ou Google Earth Pro (amplamente utilizado neste trabalho) é visível a falta de equipamentos públicos comunitários próximos da ZEIS Genebra, e outras com baixo resultado. Neste ponto, pode-se dizer que modelo aplicado se mostrou viável para a avaliação proposta e seus resultados estão próximos da realidade.

## 6. CONCLUSÃO

Os avanços da legislação brasileira, especialmente com a instituição das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), consolidam-se como importantes instrumentos da política urbana e habitacional. Em âmbito nacional, sua ampla disseminação reforça o papel dessas zonas na promoção da regularização fundiária, da melhoria habitacional e da integração de assentamentos precários à estrutura urbana.

No município de Sorocaba, embora haja previsão das Áreas de Especial Interesse Social (AEIS) desde o Plano Diretor de 2004 e a incorporação das ZEIS em 2014, observa-se que a demarcação destas áreas ocorre por legislações específicas, diferentemente de outros municípios. Esse contexto evidencia a necessidade de critérios mais claros e técnicos para a definição e priorização dessas áreas.

Diante disso, este estudo propôs a avaliação das ZEIS com base na disponibilidade de equipamentos públicos comunitários, utilizando um Sistema Baseado em Regras Fuzzy. A abordagem adotada mostrou-se adequada para lidar com as incertezas inerentes ao problema, especialmente na definição de limites entre proximidade e distanciamento em relação aos serviços urbanos.

Os resultados obtidos apresentaram consistência entre os diferentes cenários analisados, evidenciando estabilidade na classificação das áreas. Observou-se que as áreas com melhores índices correspondem às regiões mais integradas à malha urbana e aos equipamentos públicos, enquanto aquelas com piores desempenhos concentram-se em áreas mais periféricas e desconectadas, reforçando a importância da localização na efetividade das políticas habitacionais.

Destaca-se o caso da ZEIS Genebra, cujo índice obtido evidencia significativa desconexão em relação à malha urbana e aos serviços essenciais. Além disso, trata-se de uma área que não apresenta, proporcionalmente, grande extensão ocupada por aglomerados subnormais, o que suscita questionamentos diretos quanto aos critérios técnicos e metodológicos adotados pelo poder público para sua delimitação e classificação. Esse resultado reforça a necessidade de maior rigor e transparência na definição dessas áreas, de modo a assegurar que sua instituição atenda, de fato, às demandas habitacionais em locais com infraestrutura adequada.

Ressalta-se, contudo, que as ZEIS destinadas à regularização e urbanização não seguem, por natureza, critérios locacionais ideais, uma vez que

decorrem da existência prévia de assentamentos subnormais. Nesse sentido, este estudo avaliou áreas já instituídas, realizando não apenas o ranqueamento dessas zonas, mas também testando a aplicabilidade do modelo proposto no contexto do planejamento urbano. Assim, a efetividade da ferramenta desenvolvida se amplia quando aplicada de forma prospectiva pelo poder público, subsidiando a definição de novas ZEIS ou AEIS voltadas à implantação de Habitação de Interesse Social, com maior integração à infraestrutura e aos serviços urbanos.

Dessa forma, o modelo baseado em Lógica Fuzzy demonstrou ser uma ferramenta viável e eficaz para apoiar a tomada de decisão no planejamento territorial, contribuindo para a promoção de maior equidade socioespacial e para a articulação entre o direito à moradia e ao meio ambiente equilibrado.

Por fim, destaca-se que o método proposto apresenta potencial de aprimoramento, podendo incorporar, em estudos futuros, novos critérios como mais equipamentos públicos comunitários, mobilidade urbana e transporte público, áreas de lazer, variáveis ambientais e geotécnicas, bem como serviços privados, ampliando sua capacidade analítica e sua aplicabilidade em diferentes contextos municipais.

## REFERÊNCIAS

BARROS, Laécio Carvalho de; BASSANEZI, Rodney Carlos. **Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática**. Campinas. SP: Coleção IMECC, 2006.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm). Acesso em: 11 ago. 2025.

BRASIL. Lei n. 6766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília: Planalto, 1979. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6766compilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766compilado.htm) Acesso em: 23/07/2025.

BRASIL. Lei nº 10257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Estatuto da Cidade. Brasília, Planalto, 17 jul. 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm) Acesso em: 23/07/2025.

BRASIL. Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993. Dispõe sobre a Organização da Assistência Social e dá outras Providências. Brasília: Planalto, 1993. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8742.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8742.htm). Acesso em: 27 jul. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Guia para regulamentação e implementação de Zonas Especiais de Interesse Social: ZEIS em vazios urbanos. Brasília: Kaco - Gráfica e Editora, 2009. 55 p.

BRASIL. Ministérios Da Saúde. Portaria nº 2.436, de 21 de setembro de 2017. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes para a organização da atenção básica, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). Brasília, 21 set. 2017. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2436\\_22\\_09\\_2017.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2436_22_09_2017.html). Acesso em: 27 jul. 2025.

COMHABIS – Conselho Municipal da Habitação de Interesse Social. **Ata da 2ª Reunião Ordinária do COMHABIS - Biênio 2021/2022**. 2021a. Disponível em: <https://conselhos.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/conselhos-municipais-ata-da-2a-reuniao-ordinaria-comhabis-13-04-2021.pdf> Acesso em 26/02/2026.

COMHABIS – Conselho Municipal da Habitação de Interesse Social. **Ata da 3ª Reunião Ordinária do COMHABIS - Biênio 2021/2022**. 2021b. Disponível em: <https://conselhos.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/07/conselhos-municipais-ata-da-3a-reuniao-ordinaria-bienio-2021-2022-ata-da-3a-reuniao-ordinaria-comhabis-11-05-2021.pdf> Acesso em 26/02/2026.

COMHABIS – Conselho Municipal da Habitação de Interesse Social. **Ata da 4ª Reunião Ordinária do COMHABIS - Biênio 2021/2022**. 2021c. Disponível em: <https://conselhos.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/07/conselhos-municipais-ata-da-4a-reuniao-ordinaria-bienio-2021-2022-ata-da-4a-reuniao-ordinaria-comhabis-08-06-2021.pdf>. Acesso em 26/02/2026.

COMHABIS – Conselho Municipal da Habitação de Interesse Social. **Ata da 3ª Reunião Extraordinária do COMHABIS - Biênio 2021/2022**. 2021d. Disponível em: <https://conselhos.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/conselhos-municipais-ata-da-3a-reuniao-extraordinaria-bienio-2021-2022-ata-da-3a-reuniao-extraordinaria-comhabis-18-06-2021.pdf>. Acesso em 26/02/2026.

COMITRE, Felipe. A evolução do uso e ocupação do solo na periferia urbana de Sorocaba-SP: do esquecimento ao despertar dos interesses públicos e privados. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 770-799, jul./dez. 2017. DOI: 10.12957/geouerj.2017.27200. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/27200>. Acesso em: 05/05/2024.

COMITRE, Felipe; ANDRADE, Alexandre Carvalho de. Crescimento Populacional e Contradições no Espaço Urbano. Uma análise da expansão periférica na cidade média de Sorocaba- SP, In: SIMPÓSIO CIDADES MÉDIAS E PEQUENAS DA BAHIA, 2, 2011, Vitória da Conquista – BA. **Anais CONTRADIÇÕES, MUDANÇAS E PERMANÊNCIAS NOS ESPAÇOS URBANOS**, Vitória da Conquista: UESB, 31 de outubro a 02 de novembro de 2011.

CORRÊA, Mayara. Casa Nova Sorocaba segue sem entregas após cinco anos e 14 mil famílias aguardam moradia. **G1**, Sorocaba e Jundiaí, 15 jan. 2026. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/noticia/2026/01/15/atraso-casa-nova-sorocaba.ghtml> Acesso em 19/03/2026.

EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado**: Região Metropolitana de Sorocaba. [S.L.], 2017.

FERRARI, Telma Ferreira Brisola. **Análise da inserção urbana de um empreendimento de habitação de interesse social**: o estudo de caso do residencial Carandá em Sorocaba – SP. 2022. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16088>. Acesso em: 05/05/2024.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2023**. Belo Horizonte: FJP, 2025. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1e524QFz5p67L35VVgz2sJ2lece7z6p0n/view>. Acesso em 10/03/2026.

GORDILHO-SOUZA, Angela Maria. **Inadequação edilícia e regulamentação de Zeis**: como avançar na inclusão urbana? In: Seminário Internacional “Pesquisa do Déficit e Inadequação Habitacional no Brasil: avanços e desafios”, 1. Ensaio e discussões sobre o déficit habitacional no Brasil. 1ed. Belo Horizonte: Org. Eleonora Cruz Santos, Fundação João Pinheiro, 2022, p. 463-486.

GOUDARD, Beatriz. **Localização da implantação de unidades básicas de saúde utilizando lógica fuzzy e sistemas de informação geográfica**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/129322>. Acesso em: 04/10/2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência IBGE Notícias (ed.). Censo 2022: 87% da população brasileira vive em áreas urbanas. 2024. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41901-censo-2022-87-da-populacao-brasileira-vive-em-areas-urbanas#:~:text=Segundo%20o%20Censo%20Demogr%C3%A1fico%202022,%25%20estavam%20em%20%C3%A1reas%20rurais>. Acesso em: 02 abr. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC). Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?edicao=35765&t=resultados>. Acesso em 14/10/2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (ed.). Censo 2022. 2025. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 21 abr. 2025.

IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Campus Sorocaba. Disponível em: <https://sor.ifsp.edu.br/>. Acesso em: 03 Abr. 2025.

LOPES, Renata Costa; SILVA, Raquel Naiara Fernandes. Aplicação das lógicas booleana e fuzzy na determinação de áreas aptas para a implantação de aterro sanitário. **Geociências**, Rio Claro, v. 41, n. 1, p. 377-396, 27 maio 2022. Trimestral. UNESP - Universidade Estadual Paulista. DOI: <http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16277>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/16277>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MATTOS, Fernanda Cavalcante. ZEIS no Brasil: da construção do ideário às limitações de sua aplicação. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓSGRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019, Natal. **Anais XVIII ENANPUR NATAL 2019**, 29 a 31 de maio. Natal: Endufrn, 2019. p. 1- 22. Disponível em: <https://xviiienanpur.anpur.org.br/anais-sts/#>. Acesso em: 18 maio 2024.

MERLI, Renato Francisco. **Modelos clássico e fuzzy na educação matemática: um olhar sobre o uso da linguagem**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/items/a8b02cde-5c89-40e6-a07d-57849bc54e20>. Acesso em: 04/05/2025.



MONTEIRO, Adriana Roseno; VERAS, Antonio Tolrino de Rezende. A questão habitacional no Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, n. 7, p. 1-12, 15 jul. 2017. Mercator - Revista de Geografia da UFC. DOI: <http://dx.doi.org/10.4215/rm2017.e16015>. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/issue/view/RM16>. Acesso em: 11 ago. 2025.

MORAES, Demóstenes Andrade de. A importância das Zonas Especiais de Interesse Social para a inserção urbana da população em situação de pobreza no Recife. **Revista Brasileira de Direito Urbanístico RBDU**, Belo Horizonte: Fórum, v. 9, n. 16, p. 169-196, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibdu.org.br/direitourbanistico/article/view/838>. Acesso em: 14 out. 2025.

NAKANO, Anderson Kazuo; MARU, Henry Tomio Kreniski; MONTALVA, Bárbara Helena da Silva; GUIMARÃES, Juan Rodrigues. Panorama nacional de instituição da zona especial de interesse social (ZEIS) em municípios brasileiros: disseminação com baixa implementação. **Revista Brasileira de Direito Urbanístico RBDU**, Belo Horizonte: Fórum, v. 9, n. 16, p. 117-142, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibdu.org.br/direitourbanistico/article/view/821>. Acesso em: 14 out. 2025.

NASCIMENTO, Luciana Dias do. **O uso do Geoprocessamento na Regularização Fundiária e Urbanística: uma proposta de apoio à decisão aplicada ao município de Taboão da Serra-SP**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-24082009-161242/en.php>. Acesso em: 08/04/2024.

NASCIMENTO, Manuela Maria; BAUTISTA, Diana Carolina Gómez; CAVALCANTI, Rogério Luiz Souto. Distribuição espacial e acesso a serviços públicos essenciais em políticas de habitação de interesse social. **Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 1, p. 225-244, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2865.v21n1p225-244>. Disponível em: <https://periodicoselétronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/6183>. Acesso em: 18 maio 2024.

PASQUOTTO, Geise Brizotti. Reflexões sobre a abrangência dos equipamentos públicos urbanos comunitários e de mobilidade. **Boletim de Conjuntura (Boca)**, Boa Vista, v. 22, n. 64, p. 01-27, 15 abr. 2025. Editora IOLE. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.15200337>. Disponível em: <https://zenodo.org/records/15200337>. Acesso em: 20/05/2025.

PEREIRA, Anete Marília; PEREIRA, Raimara Gonçalves. Habitação de interesse social e os impactos para os serviços públicos. **Conhecimento & Diversidade**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 25, p. 146, 18 jun. 2020. Centro Universitario La Salle - UNILASALLE. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/rcd.v11i25.5871>. Disponível em: [https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento\\_diversidade/article/view/5871](https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento_diversidade/article/view/5871). Acesso em: 20/05/2025.

PEREIRA, Gabrielle Alberta; DE-CAMPOS, Alfredo Borges; SILVA, Priscila Jana da; CARVALHO, David de. Lógica Fuzzy aplicada a elaboração de carta geotécnica de aptidão à urbanização da área de expansão da Unicamp - Campinas, SP. **Geociências**, Rio Claro, v. 40, n. 4, p. 1137-1145, 2 fev. 2022. Trimestral. UNESP - Universidade Estadual Paulista. DOI: <http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v40i04.15478>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15478>. Acesso em: 03/02/2025.

PLACIDO, Daniel Taboada; OLIVEIRA, Leonardo Castro de; ROCHA, Marcos de Meneses. Uso de metodologia de análise multicritério para a identificação de áreas para a habitação de interesse social - Duque de Caxias/RJ. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, 12 set. 2019. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/CT/article/view/2720>. Acesso em 10/08/2025.

RODRIGUES, Arlete Moysés. O direito à cidade e à moradia nas cidades brasileiras. **Espaço e Economia**, [S.L.], v. 24, p. 1-24, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.4000/espacoeconomia.22889>. Disponível em: <https://journals.openedition.org/espacoeconomia/22889#quotation>. Acesso em: 28 jul. 2025.

RODRIGUES, Rute Imanishi; KRAUSE, Cleandro. Os programas de urbanização de favelas e habitação do Governo Federal: passado recente e perspectivas para um novo ciclo de planejamento. **Políticas Sociais: acompanhamento e análise**, Brasília, n. 30, p. 1-29, nov. 2023. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11892>. Acesso em: 21 abr. 2025.

ROLNIK, Raquel *et al.* O Programa Minha Casa Minha Vida nas regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas: aspectos socioespaciais e segregação. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 127-154, mai. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3306>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/q47HCnW58YPJHzyvhZSWPwB/?lang=pt#>. Acesso em: 21 ago. 2025.

SALES, Laina Priscila de Oliveira. **Habitação de interesse social, avaliar é preciso**: um estudo de caso no condomínio residencial cidadão manauara 2, etapa a. 2023. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9720>. Acesso em: 15/06/2024.

SALLATI, Noan. **Produção do espaço urbano e equipamentos comunitários públicos de educação, saúde e assistência social**: um estudo da dinâmica urbana de Limeira-SP. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) - Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1257156>. Acesso em: 10/03/2025.

SÃO PAULO (Estado). Centro Paula Souza: Etec/ Onde estudar. 2025b. Disponível em: <https://www.cps.sp.gov.br/etec/etecs/>. Acesso em: 03 Abr. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Diretoria de Ensino de Sorocaba: Relação de escolas estaduais - 2025. 2025a. Disponível em: <https://desorocaba.educacao.sp.gov.br/escolas-estaduais/>. Acesso em: 03 Abr. 2025.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 13.430, de 13 de setembro de 2002. Plano Diretor Estratégico. São Paulo, SP, 13 set. 2002. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-13430-de-01-de-setembro-de-2002/consolidado>. Acesso em: 10/09/2025.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. São Paulo, SP, 31 jul. 2014. Disponível em: <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014>. Acesso em: 11/09/2025.

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. CENSO 2022: favelas e comunidades urbanas. Favelas e comunidades urbanas. 2025a. Disponível em: <https://censo2022.seade.gov.br/favelas-e-comunidades-urbanas/#>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. MUNICÍPIOS: Economia. 2025b. Disponível em: <https://municipios.seade.gov.br/economia/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SILVA, Carolina Ferreira; GAIO, Daniel. Desafios para o fortalecimento das zonas especiais de interesse social. **Revista de Estudos Jurídicos da UNESP**, Franca, v. 24, n. 40, 2020. DOI: 10.22171/rej.v24i40.3252. Disponível em: <https://ojs.franca.unesp.br/index.php/estudosjuridicosunesp/article/view/3252>. Acesso em: 18 maio. 2024.

SILVA, Fábio Nowak da. **Modelagem Fuzzy aplicada a políticas públicas**: proposta de um índice municipal de qualidade ambiental. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/handle/11449/128141>. Acesso em: 10/09/2024.

SILVA, Luciana Maria da; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz; FERREIRA, Leandro Mendes; SILVA, Esdras Jafet Aristides da; SILVA, Betânia Queiroz da. Estado da arte dos fundamentos e ideias da lógica fuzzy aplicada às ciências e tecnologia. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 149-169, 31 dez. 2019. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/rbgeo.v7n3.9365>. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/9365>. Acesso em: 01/02/2025.

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S.. **Controle e modelagem fuzzy**. 2. ed. São Paulo: Blucher: Fapesp, 2007. 186 p. ISBN 978-85-212-0416-9. Disponível

em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521215479>. Acesso em: 08 out. 2025.

SOROCABA (Município). Decreto nº 18.110, de 25 de fevereiro de 2010. Dispõe sobre a instituição de Zonas ou Áreas de Especial Interesse Social - ZEIS ou AEIS, o estabelecimento dos assentamentos ou ocupações irregulares existentes no Município, a serem objeto de estudos visando a sua instituição como Zonas ou Áreas de Especial Interesse Social - ZEIS ou AEIS, e dá outras providências. Jornal do Município/Ano XIX/ Nº 1.410, p. 17. Sorocaba, SP, 26 fev. 2010. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/agencia-teste-1.410-26-de-fevereiro-de-2010.pdf>. Acesso em: 15/10/2025.

SOROCABA (Município). Decreto nº 26.095, de 01 de fevereiro de 2021. Institui o Programa “Casa Nova Sorocaba” e dá outras providências. Jornal do Município/Ano 29/ Nº 2.675, p. 03. Sorocaba, SP, 03 fev. 2021. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/noticias.sorocaba.sp.gov.br-2675-03-de-fevereiro-de-2021.pdf>. Acesso em: 15/10/2025.

SOROCABA (Município). Decreto nº 30.242, de 02 de setembro de 2025. Dispõe sobre aprovação do Plano de Urbanização e Regularização Fundiária do Núcleo Habitacional “Jardim Itapemirim”, instituído como Área de Especial Interesse Social - AEIS pela Lei nº 8.451, de 5 de maio de 2008 e dá outras providências. Jornal do Município/Ano 33/ Nº 3.792, p. 18-19. Sorocaba, SP, 09 set. 2025b. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2025/09/noticias.sorocaba.sp.gov.br-3792-09-de-setembro-de-2025.pdf>. Acesso em: 25/10/2025.

SOROCABA (Município). Lei nº 7.122, de 02 de junho de 2004. INSTITUI O PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO FÍSICO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE SOROCABA, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. Sorocaba, SP, 02 jun. 2004. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/sp/s/sorocaba/lei-ordinaria/2004/712/7122/lei-ordinaria-n-7122-2004-institui-o-plano-diretor-de-desenvolvimento-fisico-territorial-do-municipio-de-sorocaba-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 12/09/2025.

SOROCABA (Município). Lei nº 8.451, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre autorização para instituir o Plano de Urbanização e de Regularização Fundiária e Urbanística, das Zonas ou Áreas Especiais de Interesse Social e dá outras providências. Jornal do Município/Ano XVII/ Nº 1.312, p. 11 - 12. Sorocaba, SP, 09 mai. 2008. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/agencia-teste-1.312-09-de-maio-de-2008.pdf>. Acesso em: 15/10/2025.

SOROCABA (Município). Lei nº 11.022, de 16 de dezembro de 2014. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial do Município de Sorocaba e dá outras providências. Sorocaba, SP, 16 dez. 2014. Disponível em: <https://planejamento.sorocaba.sp.gov.br/linha-do-tempo-plano-diretor-de-sorocaba/>. Acesso em: 12/09/2025.

SOROCABA (Município). Lei nº 12759, de 05 de abril de 2023. Dispõe sobre a instituição de Zona de Especial Interesse Social (ZEIS), para urbanização e reordenamento de aglomerados subnormais, salubridade habitacional e fomento do Fundo Municipal de Habitação de Interesse Social (FMHIS) e dá outras providências. Jornal do Município Nº 3.206, p. 129 -132. Sorocaba, SP, 05 abr. 2023. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/jornal/page/2/?ano=2023%20Abril>. Acesso em: 04/05/2024.

SOROCABA (Município). Lei nº 13.123, de 10 de janeiro de 2025. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial Sustentável do Município de Sorocaba e dá outras providências. Jornal do Município Nº 3.631, p. 1 - 89. Sorocaba, SP, 10 jan. 2025a. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/jornal/page/4/?ano=2025%20Janeiro>. Acesso em: 15/01/2025.

SOROCABA (Município). PLANO LOCAL DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL DE SOROCABA. 2011. Disponível em: <https://habitacao.sorocaba.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/10/plano-local-de-habitacao-de-interesse-social-de-sorocaba.pdf>. Acesso em: 26 Fev. 2026.

SOROCABA. Prefeitura Municipal - Secretaria da Cidadania. Centro de Referência de Assistência Social – CRAS. 2025g. Disponível em: <https://cidadania.sorocaba.sp.gov.br/destaques/cras/>. Acesso em: 15 Mar. 2025.

SOROCABA. Prefeitura Municipal - Secretaria da Educação. Escolas Municipais. 2025e. Disponível em: <https://educacao.sorocaba.sp.gov.br/escolas-municipais/escolas-municipais/>. Acesso em: 17 Mar. 2025.

SOROCABA. Prefeitura Municipal - Secretaria da Habitação e Regularização Fundiária. Casa Nova Sorocaba. 2025c. Disponível em: <https://habitacao.sorocaba.sp.gov.br/casa-nova/empreendimentos/>. Acesso em: 28 Out. 2025.

SOROCABA. Prefeitura Municipal - Secretaria da Habitação e Regularização Fundiária. Zonas de Especial Interesse Social (ZEIS). 2025d. Disponível em: <https://habitacao.sorocaba.sp.gov.br/destaques/zonas-de-especial-interesse-social/>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SOROCABA. Prefeitura Municipal - Secretaria da Saúde. Unidades Básicas de Saúde. 2025f. Disponível em: <https://saude.sorocaba.sp.gov.br/destaques/unidades-basicas-de-saude/>. Acesso em: 15 Mar. 2025.

SOUSA, Isabel Cristina Nunes de, BRAGA, Roberto. Habitação de Interesse Social e o Minha Casa Minha Vida – faixa 1: questão ambiental na produção habitacional. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, 2020, 12, e20190312, p. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190312>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/urbe/a/RDJ9bmsdKdDCVs3mFGVYwLN/?lang=pt>. Acesso em: 05/04/2024.

UGEDA JÚNIOR, José Carlos. Planejamento da paisagem e planejamento urbano: reflexões sobre a urbanização brasileira. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, Cuiabá, v. 17, n. 1, p. 101-116, jan/jun 2014. Semestral. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geografia/article/view/764>. Acesso em: 11 ago. 2025.

VIEIRA NETO, José. O fenômeno da urbanização no Brasil e a violência nas cidades. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 13, n. 2, 2012. DOI: 10.5216/er.v13i2.16888. Disponível em: <https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/16888>. Acesso em: 11 ago. 2025.

VILLAÇA, Flávio José Magalhães. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel/Fapesp/Lincoln Institute, 2001. Acesso em: 12 jan. 2026.

ZADEH, L. A. **Fuzzy sets. Information and Control** — Department of Electrical Engineering and Eletronic Research Laboratory, University of California, Berkeley, Califórnia, n. 8, p. 338-353, 1965.

ZAGUI, Nayara Longo Sartor; KRINDGES, André; MINUSSI, Carlos Roberto; LOTUFO, Anna Diva Plasencia; CECCONELLO, Moisés dos Santos. Modelos Fuzzy para coeficientes de equações diferenciais. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 7, p. 01-17, 18 jul. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.55905/revconv.17n.7-283>. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/8559>. Acesso em: 11/02/2025.

## APÊNDICE A- INFORMAÇÕES DO SUBSISTEMA 1- ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .FIS

```
[System]
Name='escolar'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

```
[Input1]
Name='Creche_Pre_escola'
Range=[0 5000]
NumMFs=3
MF1='ÓTIMO': 'trapmf', [0 0 200 600]
MF2='REGULAR': 'trimf', [200 600 1800]
MF3='RUIM': 'trapmf', [600 1800 5000 5000]
```

```
[Input2]
Name='Ensino_Fundamental'
Range=[0 4000]
NumMFs=3
MF1='ÓTIMO': 'trapmf', [0 0 400 800]
MF2='REGULAR': 'trapmf', [400 800 1200 2400]
MF3='RUIM': 'trapmf', [1200 2400 4000 4000]
```

```
[Input3]
Name='Ensino_Medio'
Range=[0 7000]
NumMFs=3
MF1='ÓTIMO': 'trapmf', [0 0 500 1400]
MF2='REGULAR': 'trapmf', [500 1400 1500 4200]
MF3='RUIM': 'trapmf', [1500 4200 7000 7000]
```

```
[Output1]
Name='Qualidade_Escolar'
Range=[0 10]
NumMFs=4
MF1='RUIM': 'trimf', [0 0 3]
MF2='REGULAR': 'trimf', [0 3 7]
MF3='BOM': 'trimf', [3 7 10]
MF4='ÓTIMO': 'trimf', [7 10 10]
```

```
[Rules]
1 1 1, 4 (1) : 1
1 1 2, 4 (1) : 1
1 1 3, 3 (1) : 1
1 2 1, 4 (1) : 1
1 2 2, 3 (1) : 1
1 2 3, 3 (1) : 1
1 3 1, 3 (1) : 1
1 3 2, 3 (1) : 1
1 3 3, 2 (1) : 1
2 1 1, 4 (1) : 1
```

2 1 2, 3 (1) : 1  
2 1 3, 3 (1) : 1  
2 2 1, 3 (1) : 1  
2 2 2, 3 (1) : 1  
2 2 3, 2 (1) : 1  
2 3 1, 2 (1) : 1  
2 3 2, 2 (1) : 1  
2 3 3, 1 (1) : 1  
3 1 1, 3 (1) : 1  
3 1 2, 3 (1) : 1  
3 1 3, 2 (1) : 1  
3 2 1, 2 (1) : 1  
3 2 2, 2 (1) : 1  
3 2 3, 1 (1) : 1  
3 3 1, 2 (1) : 1  
3 3 2, 1 (1) : 1  
3 3 3, 1 (1) : 1



## APÊNDICE B – INFORMAÇÕES DO SUBSISTEMA 2- ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .FIS

[System]

Name='saudesocial'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=2

NumOutputs=1

NumRules=6

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='min'

AggMethod='max'

DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='UBS'

Range=[0 7500]

NumMFs=3

MF1='ÓTIMO': 'trapmf', [0 0 500 1400]

MF2='REGULAR': 'trapmf', [500 1400 1500 4200]

MF3='RUIM': 'trapmf', [1500 4200 7500 7500]

[Input2]

Name='CRAS'

Range=[0 7500]

NumMFs=2

MF1='ÓTIMO': 'trapmf', [0 0 1370 2930]

MF2='RUIM': 'trapmf', [1370 2930 7500 7500]

[Output1]

Name='Qualidade\_SaudeSocial'

Range=[0 10]

NumMFs=4

MF1='Ruim': 'trimf', [0 0 3]

MF2='Regular': 'trimf', [0 3 7]

MF3='Bom': 'trimf', [3 7 10]

MF4='Ótimo': 'trimf', [7 10 10]

[Rules]

1 1, 4 (1) : 1

1 2, 3 (1) : 1

2 1, 3 (1) : 1

2 2, 2 (1) : 1

3 1, 2 (1) : 1

3 2, 1 (1) : 1

## **APÊNDICE C – INFORMAÇÕES DO SISTEMA INTEGRAÇÃO- ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .FIS**

[System]

Name='integracao'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=2

NumOutputs=1

NumRules=9

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='min'

AggMethod='max'

DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='Qualidade\_Escolar'

Range=[0 10]

NumMFs=3

MF1='RUIM': 'trimf', [0 0 5]

MF2='REGULAR': 'trimf', [0 5 10]

MF3='ÓTIMA': 'trimf', [5 10 10]

[Input2]

Name='Qualidade\_SaudeSocial'

Range=[0 10]

NumMFs=3

MF1='RUIM': 'trimf', [0 0 5]

MF2='REGULAR': 'trimf', [0 5 10]

MF3='ÓTIMA': 'trimf', [5 10 10]

[Output1]

Name='AdequacaoFinal IQZ'

Range=[0 10]

NumMFs=4

MF1='RUIM': 'trimf', [0 0 3]

MF2='REGULAR': 'trimf', [0 3 7]

MF3='BOA': 'trimf', [3 7 10]

MF4='ÓTIMA': 'trimf', [7 10 10]

**[Rules]**

1 1, 1 (1) : 1

1 2, 1 (1) : 1

1 3, 2 (1) : 1

2 1, 2 (1) : 1

2 2, 2 (1) : 1

2 3, 3 (1) : 1

3 1, 3 (1) : 1

3 2, 3 (1) : 1

3 3, 4 (1) : 1

**APÊNDICE D – SCRIPT OPERADOR DO MODELO RESPONSÁVEL POR  
ALIMENTAR O SISTEMA INTEGRAÇÃO COM OS RESPECTIVOS DADOS  
REAIS, ARMAZENADAS DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .M**

```
function Zeis2(Dados2)
EscolarInData = Dados2(:,1:3);
EscolarEval = readfis('escolar');
EscolarOut = evalfis(EscolarEval,EscolarInData);
EscolarOutNormal = Normal1(EscolarOut);
SaudesocialInData = Dados2(:,4:5);
SaudesocialEval = readfis('Saudesocial');
SaudesocialOut = evalfis(SaudesocialEval,SaudesocialInData);
SaudesocialOutNormal = Normal1(SaudesocialOut);
IntegracaoInData(:,1)= EscolarOutNormal;
IntegracaoInData(:,2)= SaudesocialOutNormal;
IntegracaoEval= readfis('integracao');
IntegracaoOut = evalfis(IntegracaoEval,IntegracaoInData);
IntegracaoOutNormal = Normal1(IntegracaoOut);
OutputVar = [EscolarOut EscolarOutNormal SaudesocialOut SaudesocialOutNormal
IntegracaoOut IntegracaoOutNormal];
writematrix(OutputVar,'OutZeissimulacao.xls');
%fim
```

**APÊNDICE E – SCRIPT OPERADOR DO MODELO RESPONSÁVEIS PELA  
GARANTIA DA NORMALIZAÇÃO DE DADOS DOS SISTEMAS, ARMAZENADOS  
DE FORMA TEXTUAL EM ARQUIVO FORMATO .M**

```
function result = Normal(x)
A = 0.966666666666666666666666;
B = 9.03333333333333333333333;
result = (10/(B-A))*(x-A);
end
```

