

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**Estudo da valorização de áreas urbanas no entorno de Instituições
de Ensino Superior: Um modelo multicritério de apoio à decisão**

Ana Clara Barbieri Bortot

**Itajubá
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Ana Clara Barbieri Bortot

**Estudo da valorização de áreas urbanas no entorno de Instituições
de Ensino Superior: Um modelo multicritério de apoio à decisão**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do Título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Área de Concentração: Sistemas de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dra. Josiane Palma Lima

**Itajubá
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Ana Clara Barbieri Bortot

**Estudo da valorização de áreas urbanas no entorno de Instituições
de Ensino Superior: Um modelo multicritério de apoio à decisão**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 08 de julho de 2019, conferindo à autora o título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Josiane Palma Lima (UNIFEI)

Prof. Dr. Edson de Oliveira Pamplona (UNIFEI)

Prof. Dr. Deivid da Silva Pereira (UFESM)

**Itajubá
2019**

AGRADECIMENTOS

Em um trabalho científico, as partes em que temos liberdade criativa são as mais difíceis e, é claro, me refiro a esse texto de agradecimento. Mas vamos lá.

Quando retrata as lembranças que têm da Itália em “Comer Rezar Amar”, a escritora norte-americana Elizabeth Gilbert, que mal conhecia o idioma, destaca a palavra *attraversiamo*, que no contexto do livro significa simplesmente “vamos atravessar?”.

Acredito que haja algo mútuo e invisível entre as pessoas onde dizemos isso uns aos outros e, também, que estamos todos atravessando alguma coisa juntos. Ora atravessamos mais a frente, ora atravessamos atrás. Também há os momentos em que andamos lado a lado e os melhores momentos são os que atravessamos de mãos dadas.

Aqui agradeço às pessoas que atravessaram a frente e aí estão os grandes professores, entre eles minha orientadora. Agradeço aos colegas que andaram lado a lado e que acabaram passando a frente, mas que compartilharam comigo um pouco do seu tempo e aprendizado na pós-graduação da Unifei.

Agradeço aos meus pais, os grandes incentivadores das travessias, que são as mesmas pessoas que rezam e pedem “cuidado para atravessar”. Agradeço ao meu irmão e à minha cunhada por todo o apoio, pois ambos sabem como é a vida de pós-graduando. Agradeço ao meu marido pelo incentivo e paciência, também aos meus sogros e à minha cunhada... Agradeço, sobretudo, a Deus.

Finalmente, agradeço o apoio financeiro concedido pela CAPES durante a realização do mestrado, à Fapemig pelos recursos que permitiram a participação em eventos e ao CNPq pelo suporte ao projeto de pesquisa ao qual esse trabalho está vinculado.

RESUMO

BORTOT, A. C. B. Estudo da valorização de áreas urbanas no entorno de Instituições de Ensino Superior: Um modelo multicritério de apoio à decisão. 2019. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG. 2019.

Polos Geradores de Viagens (PGVs) são empreendimentos que apresentam impactos de curto e longo prazo. A grande maioria dos estudos encontrados na literatura está ligada aos impactos de curto prazo, que envolve estimar as taxas de geração de viagens a fim de contribuir para a análise de demanda por transportes. Os impactos de longo prazo, entretanto, possuem um espectro mais amplo vinculados as questões sociais, históricas, culturais e ambientais, como também trazem questões relacionadas à Economia Urbana. Ao analisar PGVs pela ótica da Economia Urbana, é possível perceber uma relação mais antiga que o próprio conceito de PGV, que é a relação entre uso do solo e transportes que aborda, ainda, o conceito de valor do solo urbano. Esse valor é maior ou menor de acordo com a acessibilidade aos centros urbanos. Porém, atualmente, as cidades apresentam polos de valorização, isto é, localidades atrativas além de seu centro original, que podem, por vezes, estar vinculadas com a presença de PGVs (shopping centers e hipermercados, instituições de ensino, etc.). O estudo do processo de valorização do solo urbano é um problema complexo que, além da questão espacial e de impactos derivados de PGVs, pode envolver um conjunto de variáveis de infraestrutura urbana, ambiente construído e mobilidade. Com isto, o presente trabalho tem por objetivo principal estudar o potencial de valorização de áreas no entorno de Instituições de Ensino Superior (IES), utilizando-se de análise multicritério espacial. Entre os objetivos específicos estão: (i) estudar fatores relacionados ao valor do solo urbano; (ii) estruturar o modelo de avaliação e determinar o grau de importância com auxílio do Processo Hierárquico Analítico (AHP); e (iii) realizar um estudo de caso aplicando o modelo em áreas próximas de Instituições de Ensino Superior localizadas em Itajubá-MG. Foram identificadas vinte (20) variáveis as quais foram analisadas espacialmente e depois agrupadas de acordo com o modelo. Através do método utilizado foi possível apresentar os resultados de forma bastante organizada. Quando se comparam os dois grandes grupos de critérios, Aspectos Físicos e Aspectos Socioeconômicos do ambiente construído, pode-se concluir que a análise espacial valida o modelo, onde os Aspectos físicos relacionados com Infraestrutura básica, Localização e Acessibilidade foram mais importantes para o potencial de valorização do entorno das IES. Os resultados do trabalho apontam subsídios para a elaboração de políticas públicas de planejamento urbano e transportes, uma vez que mostram os principais fatores que podem impactar na valorização do solo, bem como identificam áreas com potencial de valorização no entorno de PGVs.

Palavras-chave: Uso do solo e transportes, Valor do solo, Processo Hierárquico Analítico (AHP), Polos Geradores de Viagens (PGVs).

ABSTRACT

BORTOT, A. C. B. Appreciation of urban areas around tertiary education institutions: a multicriteria model. 2019. Dissertation (Master Degree) – Industrial Engineering – Federal University of Itajubá-MG. 2019.

Large traffic generators (LTGs) are institutions that have short- and long- term impacts. The great majority of the studies found in the literature are related to the short-term impacts, which involves estimating the trip generation rates in order to contribute to the analysis of transport demand. Long-term impacts, however, have a broader spectrum linked to social, historical, cultural and environmental issues, as well as issues related to urban economics. When analyzing LTGs from the perspective of the Urban Economy, it is possible to perceive a relation older than the concept of LTG itself, which is the relationship between land use and transport, which also addresses the concept of urban land value. This value is higher or lower according to accessibility to urban centers. However, today, cities have attractive poles, that is, attractive localities beyond their original center, which can sometimes be linked to the presence of LTGs (shopping centers and hypermarkets, educational institutions, etc.). The study of the urban land evaluation process is a complex problem that, in addition to the spatial issue and impacts derived from LTGs, may involve a set of variables of urban infrastructure, built environment and mobility. With this, the main objective of this work is to study the potential of valuation of areas around Tertiary Education Institutions (TEIs), using spatial multicriteria analysis. Among the specific objectives are: (i) study factors related to the value of urban land; (ii) structure the evaluation model and determine the degree of importance with the help of the Analytic Hierarchical Process (AHP); and (iii) to carry out a case study applying the model in areas close to Tertiary Education Institutions located in Itajubá-MG. Twenty (20) variables were identified which were spatially analyzed and then grouped according to the model. Through the method used it was possible to present the results in a very organized way. When comparing the two large groups of criteria, Physical Aspects and Socioeconomic Aspects of the built environment, it can be concluded that the spatial analysis validates the model, where the Physical Aspects related to Basic infrastructure, Location and Accessibility were more important for the potential of enhancement of the TEI environment. The results of the study point to subsidies for the elaboration of public policies for urban planning and transportation, since they show the main factors that can impact on the valorization of land, as well as identify areas with potential of valorization in the surroundings of LTGs.

Keywords: Land use and transportation, Land value, Analytic Hierarchy Process (AHP), Large traffic generators (LTGs).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consolidação de um “novo centro” a partir da degradação da acessibilidade	15
Figura 2 - Relação entre uso do solo e transportes	17
Figura 3 - Exemplo de matriz de comparação par a par	37
Figura 4 - Funções <i>fuzzy</i>	39
Figura 5 - Etapas do trabalho.....	42
Figura 6 - Grupos de determinantes relacionados ao valor do solo.....	44
Figura 7 - Distribuição espacial dos principais itens do modelo	47
Figura 8 - Modelo de avaliação do potencial de valorização do solo no entorno de IES	49
Figura 9 - Áreas de atuação dos especialistas “docentes e pós-graduandos”	51
Figura 10 - Exemplo da planilha de aplicação	52
Figura 11 - Matriz principal com avaliação de cada especialista (esq.) e média geométrica das avaliações (dir.)	53
Figura 12 - Matriz “Aspectos físicos” com avaliação de cada especialista (esq.) e média geométrica das avaliações (dir.)	54
Figura 13 - Pesos dos indicadores de cada critério do grupo de Aspectos Físicos.....	55
Figura 14 - Matriz “Aspectos socioeconômicos” com avaliação de cada especialista (esq.) e média geométrica das avaliações (dir.).....	56
Figura 15 - Pesos dos indicadores de cada critério do grupo de Aspectos Físicos.....	56
Figura 16 - Pesos finais do modelo	57
Figura 17 - Sentido de avaliação dos critérios do modelo.....	58
Figura 18 - Percentual de iluminação pública por setores censitários.....	60
Figura 19 - Mapa normalizado do critério “Iluminação pública”	61
Figura 20 - Percentual de abastecimento de água via rede geral por setores censitários	62
Figura 21 - Mapa normalizado do critério “Abastecimento de água”	63
Figura 22 - Percentual de esgotamento sanitário via rede geral por setores censitários	64
Figura 23 - Mapa normalizado do critério “Esgotamento sanitário”.....	65
Figura 24 - Percentual de vias pavimentadas por setores censitários.....	66
Figura 25 - Mapa normalizado do critério “Pavimentação”	67
Figura 26 - Distância entre CBD e áreas de interesse através de anéis concêntricos.....	68
Figura 27 - Mapa normalizado do critério “Distância do centro da cidade”	69
Figura 28 - Maior inunda��o recente no município de Itajubá, ano 2000	70
Figura 29 - Mapa normalizado do critério “��rea com risco de inunda��o”.....	71
Figura 30 - Declividade de acordo com a classifica��o da Embrapa	73
Figura 31 - Mapa normalizado do critério “Declividade”	74
Figura 32 - Serviço de Transporte Coletivo em Itajubá-MG	75
Figura 33 - Relac��o dos pontos de ônibus e itinerários nas AOI	76
Figura 34 - Linhas de ônibus e número de horários	76
Figura 35 - Coeficiente de "acesso" ao TC.....	76
Figura 36 - Mapa do critério "Serviço de Transporte Coletivo"	77
Figura 37 - Mapa normalizado de "Serviço de Transporte Coletivo"	78
Figura 38 - Mapa do critério "��rea de estacionamento"	79
Figura 39 - Mapa do critério "��rea de carga e descarga"	80

Figura 40 - Vias de tráfego intenso do município e Sistema Cicloviário existente.....	82
Figura 41 - AOI de acordo com a distância de ciclovias e ciclofaixas existentes.....	83
Figura 42 - Mapa normalizado do critério “Ciclovias”	84
Figura 43 - Percentual de calçadas por setores censitários.....	85
Figura 44 - Mapa normalizado do critério “Calçadas”	86
Figura 45 - Renda nominal média mensal dos domicílios por setores censitários	87
Figura 46 - Mapa normalizado do critério “Renda média da população”	88
Figura 47 - Valor de m ² dos terrenos por bairros	89
Figura 48 - Mapa normalizado de “Valor médio do metro quadrado”.....	90
Figura 49 - Representação do critério “Disponibilidade de bens e serviços”	91
Figura 50 - Mapa normalizado de “Disponibilidade de bens e serviços”	92
Figura 51 - Representação do critério “Densidade populacional”	93
Figura 52 - Mapa normalizado de “Densidade demográfica”	94
Figura 53 - Mapa das praças públicas em Itajubá	95
Figura 54 - Mapa normalizado do critério "Praças e parques públicos"	96
Figura 55 - Zonas de Expansão Urbana (ZEU)	97
Figura 56 - Mapa normalizado do critério “Áreas com potencial de ocupação”	98
Figura 57 - Mapa de criminalidade, representativo do critério “Segurança pública”	99
Figura 58 - Mapa normalizado de “Segurança pública”.....	100
Figura 59 - Mapa de acidentes, representativo do critério “Segurança viária”	101
Figura 60 - Mapa normalizado de “Segurança viária”	102
Figura 61 - Esquema para obtenção do potencial de valorização no entorno de IES...	103
Figura 62 - Mapas individuais do subgrupo de “Infraestrutura básica”	105
Figura 63 - Combinação ponderada dos critérios de “Infraestrutura básica”	106
Figura 64 - Mapas individuais do subgrupo de “Localização”	107
Figura 65 - Combinação ponderada dos critérios de “Localização”	108
Figura 66 - Mapas individuais do subgrupo Acessibilidade.....	109
Figura 67 - Combinação ponderada dos critérios de "Acessibilidade"	110
Figura 68 - Mapas individuais do subgrupo "Poder aquisitivo da população"	111
Figura 69 - Combinação ponderada dos critérios de “Poder aquisitivo da população”	111
Figura 70 - Mapas individuais do subgrupo "Uso e ocupação do solo"	113
Figura 71 - Combinação ponderada dos critérios de "Uso e ocupação do solo"	114
Figura 72 – Mapas individuais do subgrupo de “Segurança”	115
Figura 73 - Combinação ponderada dos critérios de “Segurança”	115
Figura 74 – Critérios (subgrupos) de "Aspectos físicos"	116
Figura 75 - Mapa do grupo "Aspectos físicos"	117
Figura 76 – Critérios (subgrupos) de "Aspectos socioeconômicos"	118
Figura 77 - Mapa do grupo "Aspectos socioeconômicos"	119
Figura 78 - Mapa do potencial de valorização no entorno de IES	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do modelo clássico de transportes	28
Quadro 2 - PGVs e suas principais dimensões de impacto	30
Quadro 3 - Escala de comparação de Saaty.....	37
Quadro 4 - Fontes de dados	45
Quadro 5 - Mensuração dos critérios de último nível	50
Quadro 6 - Classes de declividade.....	72

SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
1.1. Objetivos.....	12
2. Revisão da Literatura.....	14
2.1. Uso do solo e transportes: influências para a valorização do solo e estruturação do meio urbano	14
2.1.1. Estado, mercado imobiliário e a questão do valor do solo urbano.....	19
2.1.2. Outros determinantes do valor do solo urbano: características do ambiente construído.....	19
2.2. Polos Geradores de Viagens e suas interações com o espaço urbano	27
2.2.1. Caracterização de Polos Geradores de Viagens	27
2.2.2. Impactos derivados e valorização do solo.....	31
2.3. Metodologia multicritério de apoio à decisão.....	34
2.3.1. Processo Hierárquico Analítico (AHP).....	35
3. Metodologia.....	41
3.1. Etapas do trabalho.....	41
3.2. Origem dos critérios.....	43
3.3. Procedimentos de coleta e análise de dados	44
3.4. Caracterização do objeto de estudo.....	45
4. Modelo de avaliação do potencial de valorização do solo no entorno de IES	48
4.1. Estruturação do modelo de avaliação	48
4.2. Importância dos critérios com base em avaliações de especialistas selecionados.....	51
4.3. Análise de desempenho dos critérios.....	57
4.2.1. Aspectos físicos.....	59
4.2.2. Aspectos socioeconômicos.....	86
5. Resultados e discussão	103
5.1. Agrupamento de critérios do nível 3 - grupo “Aspectos físicos”	104
5.2. Agrupamento de critérios do nível 3 - grupo “Aspectos socioeconômicos”	110
5.3. Obtenção do potencial de valorização do solo – agrupamento dos níveis 2 e 1.....	116
6. Conclusão	121
Referências	124

1. Introdução

A organização espacial das cidades ocorre em função da distribuição de diferentes usos do solo em seu território. Ao solo são alocadas as moradias (uso residencial), as empresas (uso industrial), os estabelecimentos comerciais (uso comercial), diversas instituições públicas e privadas prestadoras de serviços (uso institucional), além de atividades do setor primário (DENATRAN, 2001).

É importante mencionar que o solo é uma *commodity*, mas diferente de outras *commodities*, ele é um bem imóvel, o que o transforma em uma localidade. A facilidade ou dificuldade com que essa localidade é acessada através do sistema de transportes é capaz de modificar o valor do solo (FUJITA, 1989; HANDY, 2005; SENNA, 2014; THISSE, 2011).

O transporte conecta pessoas a seus empregos e aos bens e serviços dos quais elas necessitam. Todos esses elementos são comumente encontrados no centro comercial das cidades, ou *central business districts* - CBDs. Na Economia Urbana, o CBD é o local de máxima acessibilidade do sistema de transportes e para onde todas as principais vias estão orientadas. É comum que, de acordo com essa teoria, as áreas mais valorizadas estejam próximas ao centro, com valor decrescente à medida em que se distanciam dele. Trata-se de um modelo de urbanização monocêntrica, importante para a compreensão da organização espacial das primeiras cidades (IBEAS *et al.*, 2013; MCDONALD, 2007).

Contudo, conforme as cidades crescem, surgem novas demandas por espaço (uso do solo) e através do sistema de transportes é possível orientar sua expansão para além do seu núcleo original. A expansão, seja pela implantação de novos usos, seja por investimentos em infraestrutura de transportes, vai dispersando as atividades no tecido urbano, contribuindo para a formação de subcentros (GLAESER, 2008; KNEIB, 2008; SENNA, 2014). Segundo Nadalin (2011), a organização da cidade ao redor de um único núcleo tem se distanciado da configuração de uma cidade real.

A dispersão de atividades encontra explicação no conceito de economias e deseconomias de aglomeração. A alta concentração de atividades em um mesmo local reduz custos, mas por outro lado, tende a supervalorizar uma região, sobrecarregando o sistema de transportes e reduzindo a qualidade de vida de forma geral (CROLS *et al.*, 2017). La Paix *et al.* (2013) afirmam que, nesse caso, um polo que antes atraía atividades e pessoas, passa a repeli-las, causando um fenômeno conhecido por *urban sprawl* ou “espraiamento urbano”, sendo esse espraiamento o responsável por recondicionar a questão do uso e ocupação do solo geral.

A implantação de grandes empreendimentos, tais como shopping centers, escolas, Instituições de Ensino Superior (IES) e hospitais, tem um grande potencial de modificar as relações de uso e ocupação do solo nas cidades, contribuindo também para o desenvolvimento de subcentros urbanos (KNEIB, 2004, 2008; PORTUGAL; 2012; SENNA, 2014).

Esses empreendimentos são conhecidos como Polos Geradores de Viagens (PGVs) e por atraírem um número considerável de pessoas é comum que seus entornos sofram uma série de impactos. Entre os impactos diretos estão os impactos na circulação, tráfego e segurança viária. Os impactos indiretos, por sua vez, ocorrem em termos de acessibilidade e de urbanização de sua área de influência. Tal é o impacto que os PGVs se constituem em polos de valorização (ANDRADE; PORTUGAL, 2009; BARBOSA; GOMES, 2016; BRONDINO, 1999).

No entanto, como os PGVs e suas áreas de influência se transformam em polos de valorização? Quais aspectos contribuem para a análise do potencial de valorização desses entornos? Essas questões podem ser conduzidas pelo estudo da influência dos impactos indiretos no meio urbano. A literatura nacional explora o entorno dos shopping centers (GRIGOLON, 2007; KNEIB, 2004; 2008; SOARES, 2016); mas qual seria o potencial de valorização no entorno de uma IES?

Seja através da expansão ou da aplicação de medidas municipais de zoneamento, a localização de uma IES fora do centro original da cidade tende a criar o que se conhece por “Cidade Universitária”, um refúgio acadêmico alheio às interações da cidade. As IES, no entanto, são parte da cidade e possuem um alto poder de atração, fazendo com que a cidade se expanda até elas, criando novos polos de valorização (BAUMGARTNER, 2015).

Nesse sentido, faz-se importante estudar o potencial de valorização no entorno desse tipo de PGV, como forma de avaliar as IES como polos de valorização, polos que vão além do centro original (CBD) e que podem ditar a expansão urbana das cidades em que se encontram.

1.1. Objetivos

O trabalho tem por objetivo principal estudar o potencial de valorização de áreas no entorno de Instituições de Ensino Superior (IES), utilizando-se de análise multicritério espacial. Por objetivos específicos apresenta:

- Estudar fatores qualitativos e quantitativos relevantes para a estruturação do modelo proposto relacionados ao processo de valorização do solo urbano;

- Estruturar o modelo de avaliação e determinar o grau de importância dos critérios com auxílio do Processo Hierárquico Analítico (AHP);
- Realizar um estudo de caso aplicando o modelo em áreas próximas de IES localizadas em Itajubá-MG;

2. Revisão da Literatura

2.1. Uso do solo e transportes: influências para a valorização do solo e estruturação do meio urbano

A realização de atividades diárias ocorre em função da distribuição de diferentes *usos do solo* no espaço (SENNA, 2014). O solo é uma *commodity*, dotado de valor de troca; porém, diferente de outras *commodities*, ele é um bem completamente imóvel (FUJITA, 1989; SMOLKA, 1979). Assim, além de ser um substrato para as atividades humanas e providenciar diversos tipos de matéria-prima (CERRETA; DE TORO, 2012), ao solo (e ao seu uso) está associada uma localização territorial. A facilidade ou dificuldade no acesso a esse uso, através do sistema de transportes, é capaz de modificar o valor do solo (HANDY, 2005; SENNA, 2014; THISSE, 2011).

O primeiro teórico a perceber essas particularidades foi o alemão Johann Heinrich von Thünen (1826). De acordo com Thünen, a necessidade de minimizar os custos de transporte faria as unidades produtoras pagarem mais por terras mais próximas do mercado consumidor. O mercado consumidor formava um núcleo ou uma “cidade-mercado”, onde o valor das propriedades rurais decresceria à medida que essas se afastassem do núcleo. Embora datado de um período pré-industrial, esse pensamento foi determinante para o desenvolvimento da teoria da Economia Urbana¹ e da teoria da localização, duas literaturas importantes para a compreensão do fenômeno da urbanização (NADALIN, 2011; THISSE, 2011).

No contexto urbano, a cidade-mercado dá lugar ao *central business district*, ou CBD, onde se localizam as empresas e o comércio, representando a totalidade de empregos e máxima disponibilidade de bens e serviços. A cidade é monocêntrica, pois se organiza ao redor de um CBD. Os custos de transporte, além de influenciarem os custos de produção, passam a compor o custo de vida das famílias, e a localização que maximiza a acessibilidade é mais preferível e, portanto, mais valorizada (FUJITA, 1989; IBEAS *et al.*, 2013; MCDONALD, 2007; NADALIN, 2011).

Nesse sentido, o transporte pode ser visto como uma demanda derivada, não sendo possível obter vantagens do transporte por si só (ECHENIQUE, 2011). As vantagens, na verdade, estão na acessibilidade proporcionada por ele: acesso ao emprego, ao consumo, ao

¹ A adaptação da teoria de Thünen ao contexto urbano foi feita por Alonso (1964), Muth (1969, 1972) e Mills (1972), dando início ao campo da Economia Urbana (NADALIN, 2011).

lazer, à saúde e à educação, do ponto de vista das famílias; e acesso à mão-de-obra, a fornecedores e ao mercado consumidor, do ponto de vista das empresas (SENNA, 2014). Assim, a relação entre uso do solo e transportes é capaz de influenciar a decisão por localização de diferentes agentes, influenciando também a configuração dos centros urbanos (FERRARI, 1979; KNEIB, 2004; SMOLKA, 1979).

Com relação à configuração dos centros urbanos, há muitas críticas ao conceito de cidade monocêntrica, no sentido de que a organização da cidade ao redor de um único núcleo se distancia da configuração de uma cidade real (NADALIN, 2011). A esse respeito, observa-se, atualmente, uma tendência de dispersão de empregos e consolidação de “novos centros”, originada principalmente pela degradação da acessibilidade nas áreas centrais (GLAESER, 2008; KNEIB, 2004). Esse processo ocorre no médio e longo prazo e pode ser compreendido através da Figura 1.

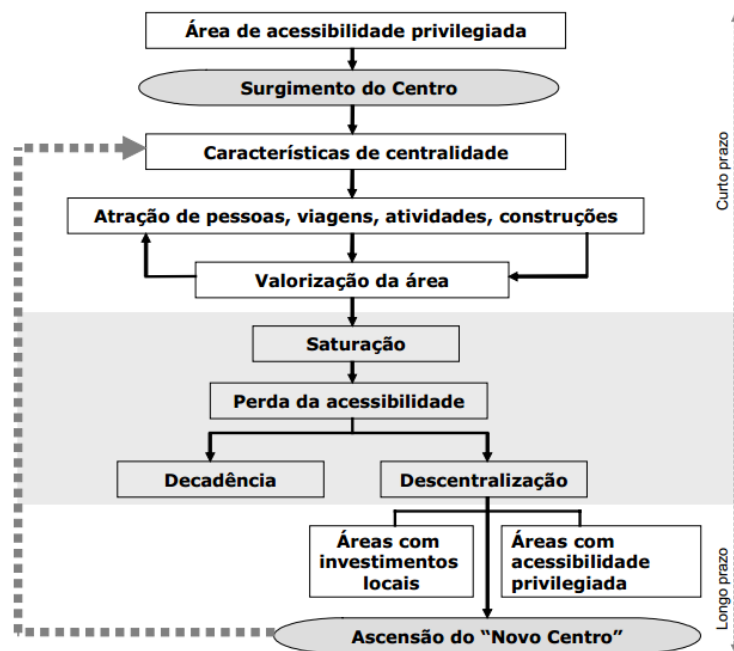


Figura 1 - Consolidação de um “novo centro” a partir da degradação da acessibilidade
Fonte: Kneib (2004).

Como visto, o centro é a área urbana de máxima acessibilidade, atraindo diferentes atividades devido às vantagens de proximidade. De acordo com Kneib (2004), a concentração dessas atividades tem capacidade de provocar a valorização do solo, processo que, se não acompanhado pelo controle dos órgãos competentes, pode degradar a acessibilidade da região. Essa degradação causa o declínio da região e força as atividades a migrarem para um novo

local. Ainda segundo a autora, a omissão do planejamento urbano realimenta o ciclo de surgimento e declínio das áreas centrais.

Esse ciclo encontra embasamento no conceito de economias (e deseconomias) de aglomeração (RICHARDSON, 1995). A concentração de população e empresas em um mesmo local reduz os custos de transação e de transporte, resultando em uma *economia* de aglomeração. Por outro lado, afirmam Crols *et al.* (2017), o excesso de atividades em um mesmo local aumenta o valor do solo, congestionando o sistema de transportes e reduz a qualidade de vida, revertendo o quadro para uma *deseconomia* de aglomeração. Nesse sentido, corroboram La Paix *et al.* (2013), um polo que antes atraía atividades passa a repelir as mesmas, causando um fenômeno que ficou conhecido como *urban sprawl*².

O *urban sprawl*, ou “espraçamento urbano”, é descrito pela dispersão das atividades dentro do tecido urbano. Esse fenômeno pode ser explicado a partir do deslocamento da população para áreas urbanas menos densas e áreas rurais, causado não só por seu crescimento, mas também pela diminuição do espaço e principalmente pelo encarecimento do solo nas áreas centrais. O encarecimento do solo também repele as empresas, devido ao salto no valor dos aluguéis. Essa *deseconomia* provoca a reorganização dos usos do solo no espaço urbano que, por sua vez, pressiona o sistema de transportes a ampliar sua oferta (ALTIERI *et al.*, 2014; CROLS *et al.*, 2017; HANDY, 2005; LA PAIX *et al.*, 2013).

Para Soares (2016), a alteração no sistema de transportes é uma consequência da dinâmica urbana e as modificações pelo lado da oferta provocam uma reestruturação do perfil de ocupação do solo. Não só consequência dessa dinâmica, mas o sistema de transportes por si só é capaz de modificar e até criar novas cidades (FERRARI, 1979). Assim, depreende-se que o fenômeno de espraçamento urbano compactua com o conceito de “degradação da acessibilidade” de Kneib (2004) e permite uma síntese da relação entre uso do solo e transportes, conforme apresentado na Figura 2.

² Marcante na urbanização dos Estados Unidos a partir da década de 1950, o *urban sprawl* acabou se estendendo aos países emergentes, tais como China e Brasil. Esse fenômeno não é mais uma exclusividade das metrópoles, sendo observado também em cidades de médio e pequeno porte (BRITO, 2015; JORDÃO, 2014; SPERANDELLI *et al.*, 2013).

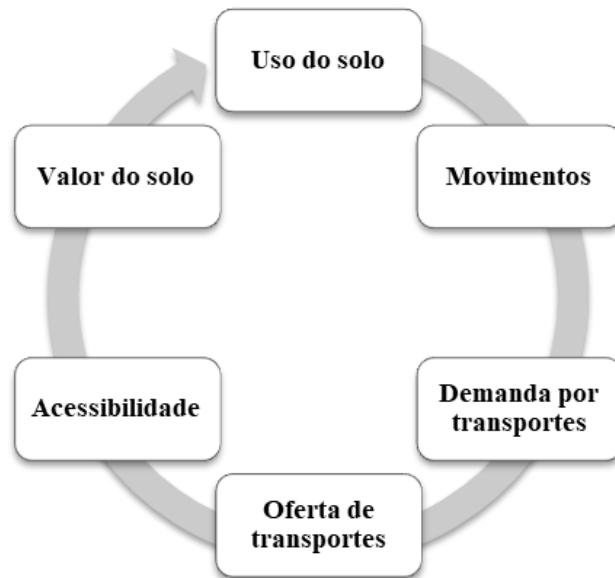


Figura 2 - Relação entre uso do solo e transportes
Fonte: Senna (2014).

Alterações no uso do solo causam movimentos que pressionam o sistema de transportes. A melhora dos níveis de acessibilidade no médio e longo prazo, ocasionada pela oferta de transportes, favorece a implantação de um novo uso, que atrai outros usos e assim por diante, modificando o valor do solo na região. A saturação desse movimento de valorização traz uma “deseconomia”, intensificando a dispersão de usos no tecido urbano (KNEIB, 2004).

O contrário também acontece: a expansão do sistema de transportes para áreas menos densas transforma-as em áreas mais acessíveis, as quais passam a atrair mais população e atividades, apresentando um novo ciclo de valorização/saturação/dispersão (HANDY, 2005; SENNA, 2014; SOARES, 2016). Trata-se de um processo retroalimentado, onde o padrão de uso e ocupação do solo impacta o sistema de transportes e vice-versa, sendo muito complexo estabelecer qual estaria na origem de qual.

Outros fatores também estão envolvidos no espreadamento urbano, como o aumento da renda e a disseminação do padrão suburbano de urbanização, que, de acordo com Batty *et al.* (2003) e Jordão (2014), transformaram o subúrbio em uma localidade “ideal” para se viver.

Apesar de grupos de baixa renda tenderem a se distanciar do centro em busca de lotes mais baratos, muitas vezes sem infraestrutura (SPERANDELLI *et al.*, 2013), também o fazem os grupos de renda mais elevada, estes motivados por maior espaço, segurança e qualidade de vida. Essas características cada vez mais escassas nas áreas centrais são bastante exploradas pela propaganda imobiliária (JORDÃO, 2014), o que explica o surgimento de loteamentos e condomínios de alto padrão em locais aparentemente distantes do centro tradicional.

O sucesso desses empreendimentos depende de uma série de fatores, tais como demanda, perfil da população e disponibilidade de crédito, mas o principal está na proximidade ao sistema viário, uma vez que nesses casos boa parte dos itens de infraestrutura básica (água, drenagem de esgoto, energia elétrica e pavimentação) costuma ser providenciada pelas próprias incorporadoras. Esse tipo de expansão urbana reforça a dependência do automóvel no cotidiano das cidades (LA PAIX *et al.*, 2013; MEDINA *et al.*, 2010).

A expansão urbana através de condomínios e loteamentos fechados traz uma mudança de estado para as cidades ao reorganizar as relações sociais no espaço, isto é, a sociedade se torna mais homogênea quando busca morar e frequentar os mesmos lugares, seja por conveniência seja por maiores níveis de segurança (REIS FILHO, 2006). Essa característica atrai atividades que visam manter essa homogeneidade, como grandes supermercados, clubes, instituições de ensino e shoppings centers, cujo acesso favorece o uso do automóvel. A concentração dessas atividades trava uma competição entre esses novos centros comerciais, mais exclusivos, e o espaço público, heterogêneo, dos centros “tradicionais” (AMREIN, 2010; AZEVEDO, 2007; DELMELLE, 2015; KNOFLACHER, 2007).

Essas questões atribuem críticas ao espraiamento urbano, à sua expansão de forma desordenada em direção a áreas antes reservadas à produção de alimentos ou áreas de preservação, fragmentando a paisagem (BRITO, 2015). Esse fenômeno é insustentável, ameaça retirar da terra seu potencial produtivo e transforma-a em objeto de especulação imobiliária. Outra crítica está nas falhas cometidas pelo planejamento urbano e de transportes, no sentido de contribuírem para a reprodução desse tipo de expansão, marcado por baixa densidade, segregação socioespacial e dependência do automóvel (HAMIDI; EWING, 2014; MEDINA *et al.*, 2010).

Desde que esses problemas começaram a ser notados, acadêmicos e órgãos de planejamento têm buscado medidas mitigadoras no sentido de transformar as cidades em ambientes mais sustentáveis. Esse movimento é conhecido como Novo Urbanismo e baseia-se no conceito de *smart growth*, ou “crescimento inteligente”, observado principalmente em cidades europeias (HANDY, 2005; LA PAIX *et al.*, 2013). Trata-se de um modelo de urbanização compacto, contrário ao modelo de *urban sprawl* (HAMIDI; EWING, 2014; PARK *et al.*, 2016).

Enquanto a “cidade espraiada” é altamente dependente do automóvel, a “cidade compacta” favorece outros modos de transporte, como o transporte coletivo e o transporte ativo, descrito pelo uso de bicicletas e pelo deslocamento a pé (HANDY, 2005; PARK *et al.*, 2016).

O crescimento inteligente, nesse sentido, está na criação de ambientes mais densos, com maior diversidade de usos do solo por área, com ruas melhor desenhadas e maior integração a infraestrutura existente (EWING *et al.*, 2015; EWING; CERVERO, 2010). Uma maior compactação diminui os congestionamentos, promove um estilo de vida mais saudável, as interações sociais e preserva o meio ambiente (LA PAIX *et al.*, 2013; MEDINA *et al.*, 2010).

Não obstante o Novo Urbanismo seja visto como uma medida de contenção do *urban sprawl*, alguns autores afirmam que ainda é difícil dizer qual modelo de urbanização é o ideal. Na verdade, não há consenso entre a definição de *sprawl* ou de suas alternativas (HANDY, 2005; HAMIDI; EWING, 2014).

Contudo, independente do “modelo de crescimento” observado, a relação entre uso do solo e transportes se mantém pautada por movimentos de valorização e desvalorização de atributos que variam com o tempo. Além disso, há que se considerar a construção social intrínseca à questão imobiliária, resultando em uma simbiose entre Estado e setor privado. Todos esses aspectos são discutidos no item a seguir.

2.1.1. Estado, mercado imobiliário e a questão do valor do solo urbano

O valor do solo urbano está sujeito: (i) à lei da oferta e demanda; (ii) aos custos de urbanização; (iii) à acessibilidade da área; e (iv) à renda que pode ser obtida com o terreno. Resumidamente, com relação à lei de oferta e demanda, nas áreas centrais a competição por terrenos é alta, causando elevação nos preços. Já os custos de urbanização estão relacionados às despesas com infraestrutura. A acessibilidade é compreendida em termos de acesso ao emprego e ao consumo. E a remuneração pelo terreno, por sua vez, ocorre em função dos três fatores anteriores (FERRARI, 1979).

Ainda que pareça simples compreender o efeito “valorização do solo urbano”, suas causas são bem mais complexas, envolvendo fatores técnicos, históricos e institucionais que influenciam o preço dos terrenos, bem como fatores relacionados à atuação do capital incorporador. Esses aspectos são amplamente discutidos por Barbosa e Gomes (2016), Mendes (1993), Mota e Mendes (2006) e Smolka (1979) e este item traz uma síntese das considerações desses autores.

O solo é precificado de acordo com atributos não repetitivos, que fazem com que cada porção de terra seja um ente singular. Qualquer negociação de terrenos envolve características que podem ser: (i) naturais, tais como clima e fertilidade; (ii) “produzidas”, a partir da drenagem

e/ou urbanização da terra; (iii) e de acessibilidade ao ambiente construído³. Assim, o valor do solo, ou dos terrenos, se baseia principalmente em fatores externos, alterando-se na medida em que há mudança em seu entorno, em características de outros terrenos e em função de atividades que competem por seu uso (SMOLKA, 1979).

No segmento residencial, o preço dos terrenos está sujeito a **(i) fatores gerais:** expressos pelo ritmo de crescimento, pela conjuntura econômica e pela estrutura da propriedade fundiária, atuando nos preços dos terrenos de toda a cidade; **(ii) fatores de microlocalização:** representados pela acessibilidade aos serviços locais, meio ambiente natural e vizinhança; e **(iii) fatores de macrolocalização:** determinantes para a diferenciação nos preços de áreas maiores, como um bairro ou uma faixa ao longo de uma avenida. Dentre esses fatores, consideram-se a localização do bairro em relação ao centro, subcentros, *campi* universitários; interligação do bairro ao sistema de transportes; e zoneamento urbano, o qual pode privilegiar determinado uso em detrimento dos demais. O valor do solo também varia de acordo com a renda do estrato social que vem a ocupa-lo (BARBOSA; GOMES, 2016; LEITÃO, 1999; RIBEIRO, 1997).

No Brasil, a fragilidade do mercado financeiro faz com que a terra se constitua em uma reserva de valor, sujeitando-a a especulação imobiliária. Assim, há que se considerar a realização do valor potencial e a expectativa de valorização no futuro, sujeita a variação nos atributos negociados a cada momento no tempo (SMOLKA, 1979). A esse respeito, Mendes (1993) afirma que no cerne das negociações imobiliárias o objeto de negociação, o valor de uso de um imóvel, assume seu valor de troca, “[...] desviando assim, a atenção sobre o nível do preço em favor da variação futura [...]” (MENDES, 1993, p. 39).

O meio urbano está sujeito a substanciais imobilizações financeiras, as quais moldam o ambiente construído em torno das necessidades de produção e consumo. Investimentos públicos e privados produzem externalidades que alteram continuamente os atributos dos terrenos. Diferentes atributos combinados criam as “vantagens locacionais” de cada lote urbano, muito divulgadas pela propaganda imobiliária. Essas vantagens estão subordinadas às condições de reprodução do ambiente construído, expresso pelas alterações de uso do solo urbano. Cada alteração redefine o quadro total de acessibilidade e como o capital privado é corresponsável pelas modificações no ambiente construído, por ele, na figura do capital incorporador⁴, é capturada boa parte dos benefícios resultantes dessas modificações (SMOLKA, 1979).

³ Por ambiente construído compreende-se o conjunto de edificações privadas, descrito pelas residências, plantas industriais, comerciais, etc., e pelos itens de infraestrutura, tais como ruas pavimentadas, espaços comunitários e redes de serviços públicos, comumente providos pelo Estado para a coletividade (SMOLKA, 1979).

⁴ A condução de empreendimentos imobiliários envolve agentes que atuam desde a compra de terrenos até a contratação de consultoras, construtoras, financeiras e promotores de venda. Segundo Smolka (1979), esses

Ainda que o capital incorporador se associe mais à produção de habitações, ele afeta de forma significativa o padrão de uso do solo urbano (MOTA; MENDES, 2006). Além do mais, ele é capaz de modificar toda a estrutura do mercado imobiliário (SMOLKA, 1979) ao (i) criar artifícios que supostamente compensam os custos de adensamento percebidos pelo comprador; (ii) agilizar o sistema de comercialização a fim de se aproveitar do ineditismo dos empreendimentos; (iii) capturar os ganhos dos proprietários fundiários; e (iv) criar demanda por serviços públicos, mobilizando o Estado a acompanhar seus lançamentos imobiliários.

Vale mencionar que as ações do capital incorporador raramente respeitam os aspectos de eficiência social do meio urbano. Como ele se apropria somente das externalidades positivas resultantes de sua atuação, as negativas – congestão futura decorrente do adensamento imobiliário, por exemplo – são indiretamente transferidas aos mutuários (ou usuários dos imóveis). As externalidades negativas são revertidas somente com altos investimentos em infraestrutura básica e, sobretudo, de transportes, geralmente realizados pelo Estado. Assim, a oferta de serviços de saneamento e a extensão de vias públicas e de transporte coletivo estão entre as ações que mantêm a valorização imobiliária (SMOLKA, 1979).

Outra consequência indireta da atuação do capital incorporador é a segmentação social provocada pela mudança de uso do solo (MOTA; MENDES, 2006). A valorização de uma área decorrente de benfeitorias públicas ou da instalação de empreendimentos privados (como shopping centers e similares) força a migração dos residentes que não conseguem acompanhar as atualizações nos aluguéis. De fato, muitos deles se mudam ao venderem suas propriedades por quantias “irrecusáveis” (SMOLKA, 1979) ou, em casos mais extremos, porque ocupavam aquela localidade de forma irregular, sendo, assim, desapropriados pelo Estado.

A dispersão desordenada da população para além do centro urbano tende a criar comunidades cada vez mais homogêneas, levando a mão-de-obra menos especializada para as margens da cidade. Elevam-se os custos de transporte de pessoas e mercadorias, bem como os tempos de deslocamento (MOTA; MENDES, 2006). “[...] Portanto, a ação do capital incorporador sobre o ambiente construído tanto pode facilitar como dificultar a circulação de capital sobre o espaço, e com isso reduzir a produtividade da economia” (SMOLKA, 1979, p. 27).

agentes podem ser mesclados em uma mesma unidade de capital, o capital incorporador. O capital incorporador organiza os investimentos privados no ambiente construído, principalmente aqueles destinados ao mercado de habitações; seu maior objetivo é investir em rendas fundiárias, provocando a valorização dos terrenos através de alterações em seu uso ou “valorização pela incorporação”.

Cabe ao Estado balizar a ação do capital incorporador, por exemplo, taxando o lucro realizado na incorporação (SMOLKA, 1979). Porém, ele é um grande beneficiário da atuação desse agente, arrecadando cada vez mais à medida que o capital se multiplica. Além disso, o próprio Estado “produz” valorização do solo. Então, há que se considerar se a taxaço sobre a incorporação é eficaz para conter (ou, pelo menos, desacelerar) essa forma de capital ou se ela cria benefícios dos quais ambos os agentes irão se apropriar.

Seria ideal que os recursos arrecadados fossem revertidos para a condução de um plano urbanístico inclusivo, levando qualidade de vida à população de áreas periféricas ao promover o acesso a direitos básicos e a um sistema de transportes eficiente. Porém, a transferência de renda de áreas mais nobres para áreas menos favorecidas retira autonomia do incorporador, o que ignoraria sua importância e peso no cenário político. Nesse sentido, o que comumente se divulga como “distribuição de renda” acontece à medida que são concedidos subsídios ao capital (MOTA; MENDES, 2006; SMOLKA, 1979).

Essa relação entre Estado e capital incorporador compõe aquilo que Barbosa e Gomes (2016) chamam de atuação estrutural. A atuação estrutural ocorre quando os agentes, proprietários⁵ e incorporadora têm poder de intervir em decisões de agentes privados e do Estado, reestruturando o mercado em benefício próprio.

Embora as observações de Smolka sejam datadas, elas podem ser constatadas ainda nos dias atuais, a exemplo dos trabalhos de Brito (2015), Jordão (2014), Reis Filho (2006), Sperandelli *et al.*, (2013), entre outros. A ação do capital incorporador tem sido cada dia mais notória, uma vez que a mudança do padrão urbanístico, a princípio observada somente nas metrópoles, vem ocorrendo também nas regiões mais interioranas do País.

2.1.2. Outros determinantes do valor do solo urbano: características do ambiente construído

Embora o valor do solo urbano apresente as características mencionadas até então, é importante explorar suas relações básicas de oferta e demanda. De acordo com Glaeser e Gyourko (2003), a oferta de terrenos é fixada pelas restrições de zoneamento e parcelamento, que controlam onde e como o solo será desenvolvido. Elas também definem a facilidade ou dificuldade em se construir em diferentes localidades, contribuindo, assim, para a valoração dos terrenos.

⁵ Embora Smolka (1979) afirme que o capital incorporador se apropria da renda do proprietário de terra, ambos os agentes, nas análises de Barbosa e Gomes (2016) e Mota e Mendes (2006), atuam fortemente no quadro político local, com poder de influenciar ou até mesmo conduzir as decisões do Estado.

A demanda por terrenos, por sua vez, está sujeita a um número maior de fatores. Ela também é composta por características intrínsecas dos terrenos, tais como restrições de zoneamento, tamanho de lotes e topografia, mas, como visto, o valor do solo urbano é basicamente função de sua localização, seja em relação ao CBD (configuração monocêntrica), seja em relação ao sistema de transportes (para o caso de cidades policêntricas). A qualidade dos serviços públicos locais, principalmente escolas, e características de vizinhança, como demografia e criminalidade, também costumam ser capturadas pelo mercado imobiliário (GEDAL; ELLEN, 2018).

De acordo com Brondino (1999), a estimação precisa do valor de um terreno ou propriedade urbana é interessante tanto para o setor privado como para o setor público. Para o primeiro, interessa saber quanto valem as terras adquiridas e vendidas. Já para o segundo, é importante saber-lo para fins de arrecadação. Nesse sentido, há um constante esforço na literatura especializada para a identificação de fatores que contribuam para a valoração de terrenos, bem como a construção de modelos que se aproximem da realidade.

No Brasil, a cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e do Imposto Sobre Transações de Bens Imobiliários (ITBI) da maioria das prefeituras é baseada em Plantas Genéricas de Valores. Para Möller (1995 *apud* BRONDINO, 1999), esse documento deve conter: aspectos físicos dos terrenos (tais como topografia, pedologia, frentes, recuos, etc.), localização, dimensões e forma; também deve considerar a existência de equipamentos urbanos (água, energia elétrica, saneamento, pavimentação, transporte coletivo); e dados de negociação como data, número do registro, origem, informante, condições de pagamento e preço final.

Na construção de uma Planta Genérica de Valores, a cidade é dividida em zonas urbanas homogêneas, sendo possível separar as zonas por porte e padrões construtivos das edificações e também pelo poder aquisitivo da população. Através de fatores de ponderação, são corrigidas as distorções físicas entre os terrenos, aquelas relacionadas a profundidade, topografia, frentes (esquina ou encravamento), etc. Já por meio de percentuais de valorização, é ponderada a existência (ou não) de equipamentos urbanos, havendo variação entre cada tipo de serviço público (água, luz, esgoto, transporte coletivo, entre outros) (BRONDINO, 1999).

Após a etapa de homogeneização, seguem-se as etapas de: (i) plotagem dos valores unitários e polos de atração; (ii) obtenção de curvas e áreas isótimas; (iii) complementação da pesquisa; (iv) discussão de valores; e (v) valores unitários básicos finais (BRONDINO, 1999). Vale citar que a inserção de polos de atração (ou valorização) é dividida em polos primários e secundários e a partir destes a distribuição de valor é decrescente. Geralmente, os centros

comerciais e de serviços são os principais polos de valorização, o que destaca a influência da teoria clássica de valor do solo urbano para o cotidiano dos municípios.

Brondino (1999) afirma que as principais desvantagens das Plantas Genéricas de Valores estão na utilização de parâmetros sem um tratamento prévio de suas relevâncias para a valoração dos terrenos e no fato de se tratar de uma modelagem pré-determinada. Incorre-se no erro de avaliar os parâmetros com pesos iguais quando se sabe que alguns contribuem mais para a formação de valor que outros.

Uma técnica mais robusta para a avaliação de propriedades urbanas é o Método Comparativo de Dados de Mercado baseado em Análise de Regressão Múltipla, podendo ser utilizada também para a construção de Plantas Genéricas. A partir desse método, o valor básico unitário (do metro quadrado) é tido como a variável dependente e as variáveis independentes (ou explicativas) são as mesmas utilizadas no modelo pré-determinado⁶ (BRONDINO, 1999).

Esse método, entre outros, é documentado e recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sendo sua última atualização a NBR 14.653-2/2011 com o título “Avaliação de bens – parte 2 – imóveis urbanos”. Dentre os aspectos importantes para a valoração dos terrenos, a ABNT (2011) destaca características de região e dos terrenos propriamente ditos. É possível perceber que muitas delas coincidem entre si, conforme exposto a seguir.

Características de região

- Aspectos gerais, tais como condições econômicas, políticas e sociais quando pertinentes ao mercado;
- Aspectos físicos como condições de relevo, natureza predominante do solo, condições ambientais; e de localização, como situação no contexto urbano e em relação aos principais polos de influência;
- Condições de uso e ocupação do solo de acordo com leis de zoneamento e de uso do solo do município para observar tendências para o curto e médio prazo;
- Condições de infraestrutura urbana: sistema viário, existência de transporte coletivo, coleta de resíduos sólidos, abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia, redes

⁶ Entre as variáveis quantitativas, Brondino (1999) destaca: área, testada, profundidade; distância das principais vias ou polos de atração/valorização; já entre as variáveis qualitativas mais utilizadas estão: condições de topografia e pedologia; várias frentes, esquina; vizinhança, utilização; localização, zoneamento; existência de equipamentos públicos e urbanização; data e elasticidade observadas na transação.

de cabeamento de telefone e transmissão de dados, comunicação e televisão, entre outros;

- Atividades comerciais, industriais e de serviço existentes;
- Existência de equipamentos comunitários ligados à saúde, educação, segurança, cultura e lazer.

Características dos terrenos

- Localização: situação na região e na via pública com indicação de limites pelo observador;
- Utilização atual e vocação de acordo com a legislação vigente;
- Aspectos físicos: dimensões, forma, topografia, solo e superfície;
- Infraestrutura urbana disponível;
- Restrições físicas e legais ao aproveitamento e também sub ou superaproveitamento.

A ABNT (2011) ainda afirma que para a avaliação de imóveis urbanos, devem ser utilizadas todas as evidências disponíveis, iniciando-se pela caracterização e delimitação do mercado sob análise, de acordo com as características destacadas acima. As variáveis devem ser escolhidas com auxílio de teorias e conceitos existentes, sendo possível incorporar também o senso comum e o conhecimento adquirido pelo avaliador sobre a formação de valor de terrenos e imóveis urbanos.

Com relação ao conhecimento adquirido, é interessante citar o trabalho de Abidoye e Chan (2016), cujo objetivo foi captar a opinião de profissionais do ramo imobiliário a respeito de determinantes do valor dos imóveis em Lagos, Nigéria.

Os autores construíram um questionário com: **(i) variáveis estruturais:** mais ligadas às condições físicas dos imóveis como tamanho, idade, número de quartos, tamanho dos quartos, número de banheiros, características da construção, nível de reparo, existência de muros; **(ii) variáveis locacionais:** localização, acessibilidade ao trabalho, ao CBD, ao transporte público, proximidade da rodovia, acessibilidade à escola, acessibilidade ao shopping center; **(iii) variáveis de vizinhança:** características da vizinhança, existência de eletricidade, de abastecimento de água, de coleta de lixo e de segurança.

Ao final da pesquisa, os autores obtiveram um *ranking* onde, por ordem de importância, a localização, as características da vizinhança, o estado de conservação dos imóveis, o tamanho

dos imóveis, a existência de segurança na vizinhança e a idade dos imóveis foram as variáveis mais significativas.

Uma metodologia bastante utilizada para a avaliação de propriedades urbanas é a metodologia de preços hedônicos, que também consiste em análise de regressão. Com ela, é possível avaliar o preço dos imóveis (variável dependente) em função de uma série de atributos (variáveis independentes). Embora a literatura não pré-determine as variáveis relevantes para o modelo hedônico, a Economia Urbana sugere algumas delas: localização, acessibilidade, oferta de infraestrutura e qualidade da vizinhança, ou as chamadas “amenidades” urbanas (HERMANN; HADDAD, 2005).

Entende-se por amenidades urbanas o conjunto de características positivas (ou negativas) de uma localidade capazes de impactarem a satisfação dos indivíduos. Hermann e Haddad (2005) afirmam que essas amenidades incorporam não só características naturais de uma localidade (existência de áreas verdes, praias, clima, conforto térmico e etc.), mas estão relacionadas, sobretudo, com “bens ou males” produzidos pelo próprio homem, tais como oferta de entretenimento, segurança (ou insegurança), trânsito, poluição, etc.

Barbosa (2012) também destaca a presença de amenidades na composição do valor do solo urbano. A autora afirma que as amenidades são elementos que impactam a qualidade de vida dos moradores locais e seriam expressas pela existência de parques, ambientes com baixos níveis de poluição e criminalidade, boa qualidade dos edifícios e demais fatores socioculturais relacionados a níveis mais altos de renda. Ela também cita a importância de questões de uso do solo e legislação, infraestrutura e acessibilidade para a valorização do solo.

Há evidências também para o impacto da caminhabilidade (do inglês *walkability*) no valor dos imóveis urbanos (BOYLE *et al.*, 2014). A promoção de ambientes mais caminháveis vai de encontro com a abordagem do Novo Urbanismo, que prioriza o desenvolvimento urbano compacto e busca reduzir a alta dependência do automóvel. Nessa concepção, as calçadas além de integrarem o traçado das cidades são elementos de interação social capazes de gerar externalidades positivas para a vizinhança.

Outro aspecto importante para a avaliação do valor do solo é a exposição aos riscos naturais. Anderson *et al.* (2010) afirmam que as camadas sociais menos abastadas estão mais suscetíveis aos desastres naturais, uma vez que tendem a ocupar terras “marginalizadas”, por exemplo, áreas com risco de inundação e deslizamentos. Essa questão é reforçada pela migração e pela urbanização desassistida, deixando as terras com pouco ou nenhum valor comercial sujeitas a ocupação inadequada.

2.2. Polos Geradores de Viagens e suas interações com o espaço urbano

2.2.1. Caracterização de Polos Geradores de Viagens

A concentração de atividades em determinado local causa o deslocamento de indivíduos, podendo modificar desde o sistema viário até a distribuição espacial de uma região. Isto porque a oferta de trabalho, bens e serviços tem potencial de geração de viagens (KNEIB, 2004; SENNA, 2014).

Entende-se por viagem o processo decisório quanto à origem, destino e modo de transporte. A viagem também pode ser interpretada em função: (i) do uso, ocupação do solo e desenvolvimento de uma área; (ii) de aspectos sociais e econômicos da população que se desloca; e (iii) da capacidade instalada do sistema de transportes (BRUTON, 1979; KNEIB, 2004; SILVEIRA, 1991).

Desde a década de 1960 é reconhecido o impacto das viagens na circulação e na expansão de novas áreas, o que contribuiu para o aprofundamento de estudos de demanda de viagens e de fluxos de tráfego. Através desses estudos obtêm-se informações importantes para o planejamento de transportes e para a condução de projetos de infraestrutura urbana e regional (ANDRADE; PORTUGAL, 2012; RASOULI; TIMMERMANS, 2014).

A necessidade de conhecer a demanda culminou no desenvolvimento do modelo de transporte clássico, também conhecido como “modelo quatro etapas”. Como seu próprio nome já diz, o modelo subdivide-se em quatro submodelos, a saber: (i) geração de viagens; (ii) distribuição de viagens; (iii) divisão modal; e (iv) alocação de viagens (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011; SENNA, 2014). O Quadro 1 apresenta as definições para cada um deles.

Quadro 1 - Etapas do modelo clássico de transportes

Geração de viagens	Inicialmente, a área em estudo é zoneada a fim de conhecer as características da população residente, das atividades econômicas locais e dos padrões de uso do solo. Com isso, é possível obter as viagens produzidas por cada zona.
Distribuição de viagens	Essa etapa tem por objetivo estimar as viagens atraídas por cada zona. A intensidade da relação entre pares de zonas gera uma matriz de demanda, também conhecida como matriz origem-destino (matriz OD).
Divisão modal	Construída a matriz, a próxima etapa consiste em dividi-la por modo de transporte, resultando em novas matrizes por tipo de modo e período.
Alocação de viagens	Essa etapa é a de integração das informações obtidas à rede de transportes da região de estudo.

Fonte: (ANDRADE; PORTUGAL, 2009, 2012; SENNA, 2014)

De forma paralela, surgiram os estudos do *Institute of Transportation Engineers* – ITE. Desde a década de 1960, o ITE conduz *surveys* para obtenção de dados de viagens para regiões suburbanas dos Estados Unidos. As pesquisas são frequentemente atualizadas e agregadas a seus relatórios, onde constam taxas médias de geração de viagens para diferentes usos do solo, bem como recomendações e procedimentos de cálculo (CLIFTON *et al.*, 2015; CURRANS; CLIFTON, 2015).

Em pouco tempo, a metodologia desenvolvida pelo ITE ganhou credibilidade e, já na década de 1980, passou a ser adotada pelos estudos de previsão de demanda para diferentes cidades norte-americanas (ANDRADE; PORTUGAL, 2009, 2012). Os trabalhos do ITE também levaram a literatura da época a discutir um novo termo, conhecido como *large traffic generators* – LTGs ou Polos Geradores de Tráfego – PGTs, na literatura nacional.

Os LTGs são estabelecimentos que impactam a logística e o sistema de transportes das cidades ao gerarem um número expressivo de viagens diárias, como é o caso de edifícios comerciais, órgãos governamentais, instituições de ensino, universidades, portos, aeroportos e centros de armazenagem (COE-SUFS, 2017; JALLER *et al.*, 2015).

De acordo com Jaller *et al.* (2015), há dois tipos de LTGs: (i) aqueles representados por grandes edifícios ou localidades que agregam diferentes atividades ou empresas – os autores citam o *Empire State Building* como exemplo –; e (ii) aqueles constituídos por uma única empresa ou “uso do solo” com tamanho suficiente para gerar um número significativo de viagens.

Segundo autores nacionais (ANDRADE; PORTUGAL, 2012; CET, 1983; DENATRAN, 2001; GRANDO, 1986; KNEIB, 2004; PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 1992; SILVEIRA, 1991), os PGTs se caracterizam como empreendimentos com porte

e escala suficientes para causar impactos, sobretudo, no tráfego, criando a necessidade de áreas de estacionamento e locais para carga e descarga, além de influenciar a circulação, a segurança e a acessibilidade em seu entorno.

A CET (Companhia de Engenharia de Tráfego, 1983) subdivide esses empreendimentos em micro polos e macro polos. De maneira análoga a Jaller *et al.* (2015), micro polos são caracterizados por atividades, de certa forma isoladas, que quando têm suas viagens somadas causam impactos significativos no tráfego; macro polos, por sua vez, são construções de grande porte cujas atividades tem potencial para causar esses efeitos isoladamente.

Diversos autores classificam os PGTs de acordo com o número de viagens geradas, área construída, capacidade e potencial dos impactos como é o caso do Denatran (2001), *Missouri City Design Manual* (MCDM, 2004), Gonçalves (2012), incluindo a CET (1983). Gonçalves (2012) ressalta a importância da caracterização desses empreendimentos, a fim de conduzir estudos de impactos adequados.

Ainda que muito citado, o termo PGT atualmente está em desuso, conforme afirmam Andrade e Portugal (2012), cedendo lugar a um conceito mais amplo, de Polos Geradores de Viagens – PGVs. Nesse sentido, os PGVs são capazes não só de alterarem seu entorno imediato, mas de estenderem seus efeitos aos padrões socioeconômicos e de qualidade de vida da região em que estão inseridos.

A adoção do termo PGV⁷ deve-se principalmente ao alcance físico e temporal de seus efeitos, levando a literatura especializada a dividir os estudos de impactos em impactos diretos e indiretos (ou derivados). O Quadro 2 apresenta as principais dimensões e fatores influenciados.

⁷ Embora deem ênfase à geração de viagens, os estudos de PGVs tratam esse conceito de forma um pouco distinta ao que se tem conhecimento no modelo quatro etapas. Enquanto nesse há divisão do espaço em zonas, naqueles a análise parte de determinado local ou empreendimento. Outra mudança é a de que a geração de viagens passa a ser o somatório de viagens produzidas e atraídas pelo local e não somente as produzidas, como no modelo tradicional (ANDRADE; PORTUGAL, 2012).

Quadro 2 - PGVs e suas principais dimensões de impacto

Tipos de impacto	Dimensões	Principais fatores
Impactos diretos (ou de curto prazo)	Viários	Vias de entorno; vias de acesso; aumento do tráfego e, conseqüentemente, conflito com o tráfego de passagem; congestionamentos; sinalização; segurança.
	Transportes	Número de vagas para estacionamento; sistema de transporte coletivo; paradas de ônibus; pontos de táxi; escolha do modo de transporte.
Impactos derivados (ou de médio e longo prazo)	Economia urbana	Uso, ocupação e valorização do solo; densidade; planejamento regional; níveis de emprego, renda e atividades econômicas; arrecadação de impostos; custos de transportes e energia.
	Sociais, históricos e culturais	Realocação de pessoas; acessibilidade; mobilidade; coesão comunitária; bens de valor histórico e cultural.
	Meio ambiente	Ecossistemas; qualidade do ar; vibrações; ruídos; poluição visual.

Fonte: Adaptação baseada em Gonçalves (2012), Grigolon (2007), Kneib (2004) e Portugal (2012).

É importante observar que a caracterização de um PGV sofre influência de aspectos predominantemente legislativos. Por se tratarem de empreendimentos de impacto, é preciso identifica-los para poder criar medidas de controle. Assim, a determinação do que é um PGV para efeitos de planejamento, condução de estudos de impacto e licenciamento é uma atribuição do poder público nas suas diferentes esferas de atuação. Esse quadro não é diferente no Brasil, onde é tratado principalmente pela política urbana (MACHADO, 2013; MAIA *et al.*, 2010; PORTUGAL, 2012).

A Constituição Federal de 1988 define em seus artigos 182 e 183 as principais diretrizes de política urbana, instituindo a exigência de Plano Diretor para municípios com mais de vinte mil habitantes (BRASIL, 1988). Essa entre outras exigências foram regulamentadas pela Lei Federal de nº 10.257 de 2001 (BRASIL, 2001), também conhecida como Estatuto da Cidade.

Em linhas gerais, o Plano Diretor Municipal estabelece diretrizes e ações estratégicas no que diz respeito às relações entre o uso e ocupação do solo e as infraestruturas urbanas. São leis derivadas do Plano Diretor as Leis de Zoneamento, de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento do Solo, Código de Obras e Código de Posturas. Segundo Maia *et al.* (2010), essas leis permitem ao município gerir as formas de utilização do espaço e devem regular especificamente os PGVs.

Além do Plano Diretor, o Estatuto da Cidade também regulamenta a condução de Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV) para empreendimentos e atividades com potencial de influenciar suas áreas de entorno e a dinâmica da cidade, seja negativa ou positivamente. Assim, com estudos prévios, é possível deliberar sobre o impacto desses empreendimentos, aqui denominados PGVs, desde sua implantação, construção e funcionamento.

Os mecanismos legais voltados à gestão do uso do solo são muito importantes para o ordenamento intra-urbano, assim como para o planejamento de transportes. Além de estruturarem o espaço de circulação, evidenciando as demandas por implantação e melhoria dos serviços de transporte, também são responsáveis por definir as formas de ocupação, de localização das funções urbanas e de adensamento do espaço (MAIA *et al.*, 2010).

2.2.2. Impactos derivados e valorização do solo

Quando se trata dos impactos causados por PGVs, é importante conhecer primeiramente sua área de influência. A área de influência impõe limites espaço-temporais na análise das viagens geradas, através das linhas isócotas e/ou linhas isócronas. As primeiras são faixas com distâncias iguais, enquanto as últimas representam tempos de deslocamento iguais (GONÇALVES *et al.*, 2012).

A área de influência também pode ser classificada como área primária, secundária e terciária, com base em pesquisas OD. Já Portugal e Goldner (2003) dizem que a delimitação dessa área pode ser baseada em critérios como natureza do empreendimento, tamanho, características socioeconômicas dos habitantes, acessibilidade, entre outros (GONÇALVES *et al.*, 2012).

Os impactos mais estudados e com mais fontes na literatura e na legislação são aqueles relacionados ao sistema viário e de transportes ou aos chamados “impactos diretos”. Contudo, alguns autores vêm se aprofundando no estudo de impactos de médio e longo prazo, como a relação entre PGVs e uso do solo e as modificações causadas no contexto urbano. Exemplos dessa nova linha são os trabalhos de Kneib (2004, 2008), Grigolon (2007), Machado (2013) e Soares (2016).

Na condução do trabalho, Kneib (2004) apresenta um estudo de caso para a região de entorno de um shopping center de Goiânia, GO. Segundo a autora, a implantação do PGV atribuiu características de centralidade ao local, bem como provocou a valorização do solo, o que a levou a afirmar que os PGVs (ou Centros Geradores de Viagens – CGVs – como defende)

estão fortemente ligados à modificação da estrutura urbana, ao contribuir para a criação de subcentros no tecido urbano.

Outra constatação da autora foi que há uma relação direta entre valorização do solo e geração de viagens e seu potencial na alteração de padrões de acessibilidade. Isto ocorre porque a valorização do solo atrai indivíduos cuja faixa de renda apresenta uma proporção maior de automóveis por habitante. No total de viagens acaba predominando, dessa forma, o modo de transporte motorizado e individual, o que, sem o devido acompanhamento das autoridades competentes, pode contribuir para o declínio⁸ da região.

Grigolon e Silva (2005) testaram a hipótese de Kneib (2004) para dois shopping centers de Campinas, SP (Shopping Iguatemi e Shopping Galleria), e a zona central de negócios da cidade. Eles constataram que as modificações no entorno dos PGVs estudados não seguiram exatamente a dinâmica defendida pela autora, mas que estas estão relacionadas, sobretudo, com a dinâmica do mercado imobiliário, apresentando áreas próximas aos shoppings reservadas para valorização.

Em 2007, Grigolon publicou sua dissertação, nesta estudando o impacto que PGVs existentes causam no desenvolvimento de novas atividades em seu entorno, bem como na decisão de localização e de porte de novos PGVs. A autora fez uso de técnicas de Estatística Espacial e Modelagem Espacial, retomando os mesmos objetos de estudo de seu trabalho de 2005. Como resultado, a autora verificou a manutenção do crescimento de uso comercial no entorno de ambos os shoppings.

Em sua tese de 2008, Kneib dá prosseguimento ao estudo dos CGVs com ênfase em seu potencial de criação de subcentros, dessa vez tomando a capital amazonense como objeto. O principal objetivo da tese foi o de desenvolver uma metodologia para identificar subcentros urbanos voltados ao planejamento de transportes.

Entre os procedimentos metodológicos apresentados⁹, vale destacar que a autora utilizou técnicas de apoio à decisão, como o Processo Hierárquico Analítico (AHP), o método Delphi com adaptações à análise espacial e a Escala de Pontos, incorporando às suas análises a opinião de especialistas.

Com o AHP, Kneib teve por objetivo hierarquizar características dos subcentros urbanos para o planejamento de transportes. Entre os critérios de nível superior estavam a *geração de viagens*, a *acessibilidade* e os *usos (do solo)*, sendo o primeiro o mais relevante para a

⁸ No contexto apresentado por Kneib (2004), entende-se por declínio de uma região a perda total de acessibilidade, forçando a migração para outras áreas e influenciando a criação de (novos) subcentros.

⁹ Para mais detalhes, ver Kneib (2008).

identificação de um subcentro. Com o método Delphi foi possível identificar e dimensionar potenciais subcentros de Manaus. E por fim, com a Escala de Pontos mediu-se a importância de cada um dos subcentros com relação ao demais.

Machado (2013) propõe uma metodologia para detectar áreas de concentração de PGVs através de técnicas de análise espacial e de Sensoriamento Remoto (SR), tomando por objeto a cidade de João Pessoa, PB.

A autora menciona que as pesquisas mais utilizadas para o planejamento urbano e de transportes, como o censo do IBGE e pesquisas OD, são onerosas e devido sua complexidade são atualizadas a cada dez anos, o que limita o acompanhamento e incorporação de mudanças à legislação das cidades à medida que se faz necessário. Nesse sentido, as técnicas de SR viriam suprir a demanda por dados atualizados, confiáveis e de baixo custo.

Soares (2016) estuda a conformação de novas centralidades em Aparecida de Goiânia, GO, ao sul da capital do estado. A autora fez uso do método Delphi, de forma similar a Kneib (2008), para identificar potenciais subcentros, entre os quais se destaca a região que compreende um shopping center e um terminal de transporte coletivo, ambos localizados próximos à Avenida Rio Verde. Embora a avenida represente o limite entre os dois municípios, nela pode ser observada uma área de conurbação entre os mesmos.

Tomando o shopping como o PGV de referência, Soares analisa o uso e a ocupação do solo de seu entorno para diferentes anos. Com o passar do tempo pôde ser observada a mudança do uso estritamente residencial para o uso misto, além do aumento gradativo da ocupação do solo, com a diminuição de espaços vazios. A autora também conduz análises no que tange à acessibilidade na região, concluindo que ela apresenta melhores índices que o restante do município do qual faz parte, o que se deve principalmente à sua proximidade de Goiânia.

Embora a maioria dos trabalhos de impactos derivados trate das questões trazidas por shopping centers, faz-se necessário o estudo da dinâmica intra-urbana pela ótica das instituições de ensino, sobretudo, de instituições de ensino de nível superior, um tema ainda pouco estudado. Trata-se de um tipo de estabelecimento, cuja atuação relaciona ensino, pesquisa e extensão, aspectos capazes de modificar desde o mercado de trabalho da cidade onde se localizam e cidades vizinhas até a questão regional (BAUMGARTNER, 2015; ROTARIS; DANIELIS, 2014).

Na análise de Instituições de Ensino Superior (IES) como PGVs, poucas evidências são encontradas para o caso de impactos derivados. Os estudos se limitam a análise de impactos diretos, geralmente com estimação de taxas de geração de viagens, dimensionamento de

estacionamentos e estudo de medidas para a redução de congestionamentos, a exemplo dos trabalhos conduzidos por Castro Paula (2013), CET (1983), Herz *et al.* (2007, 2009), ITE (2008), Nunes (2005), Rotaris e Danielis (2014, 2015), Souza (2007) e TECTRAN (2003a, 2003b, 2004).

Além da temática de PGVs, contudo, encontram-se estudos que analisam o desenvolvimento das cidades a partir da implantação e ampliação de IES, como é o caso de Baumgartner (2015), Costa *et al.* (2017) e Maia (2015).

2.3. Metodologia multicritério de apoio à decisão

A tomada de decisão é uma atividade complexa que envolve a pesquisa, a comparação e a avaliação de informações e alternativas. Na resolução de um problema, vários caminhos podem ser tomados com base nas informações disponíveis, no entanto, os indivíduos não tomam uma decisão baseando-se somente em informações, nesse processo eles também incorporam experiências passadas e preferências (LIMA, 2007; SANCHES, 1997).

Na maioria das vezes, a tomada de decisão possui características multidisciplinares, multiobjetivo e envolve múltiplos critérios, sendo difícil de se obter uma solução isenta de preconceitos, alheia a forças de mercado e que seja comum ao interesse de todos os envolvidos (LIMA, 2007; MENDIRATTA; RAVIKUMAR, 1997). Com o objetivo de minimizar essas questões no processo decisório, surgiram no campo da Pesquisa Operacional metodologias capazes de sistematizarem problemas complexos através de recursos matemáticos e computacionais, conhecidas como *Multi-criteria Decision Analysis* (MCDA) ou Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MALCZEWSKI, 2006; MARDANI *et al.*, 2015).

De acordo com Malczewski (2006), a MCDA reúne um conjunto amplo de técnicas e procedimentos úteis para a estruturação de problemas de decisão, permitindo avaliar e priorizar alternativas. Para Girard e De Toro (2007), a análise multicritério representa uma abordagem bastante útil para a avaliação de diferentes opções de políticas, programas, planos ou projetos. Com ela é possível analisar impactos que podem ser expressos em termos monetários, não-monetários ou ainda adimensionais. Dessa forma, é possível agregar informações quantitativas e qualitativas na comparação de diferentes alternativas.

Para Dodgson *et al.* (2009), a MCDA é uma abordagem e também uma série de técnicas que permitem ordenar opções, das mais preferíveis às menos preferíveis. Nenhuma das opções será a melhor para a completa satisfação de todos os objetivos, nesse sentido, a MCDA auxilia

na atribuição de *trade-offs* entre elas. Vale mencionar ainda que o propósito da MCDA está em apoiar o pensamento e a tomada de decisão e não em tomar a decisão propriamente dita.

Através da metodologia multicritério é possível construir modelos para lidar com problemas que envolvem simultaneamente critérios técnicos, políticos, sociais, econômicos e ambientais, os quais muitas vezes possuem objetivos conflitantes entre si, além de considerar aspectos subjetivos do decisor ou conjunto de decisores (GUARNIERI *et al.*, 2015; MCHENRY; RINNER, 2016).

Um fator que contribui para que a tomada de decisão seja ainda mais complexa tanto do ponto de vista de órgãos públicos como privados é a componente espacial, comum a problemas de infraestrutura, uso e ocupação do solo, transportes, planejamento urbano, planejamento territorial e ambiental. A evolução dos sistemas de informação possibilitou desde a década de 1980 utilizar Sistemas de Informações Geográficas (SIG) nos processos decisórios, conferindo-lhes maior robustez ao combinar dados geográficos a julgamentos subjetivos (CERRETA; DE TORO, 2012; COUTINHO-RODRIGUES *et al.*, 2011; LIMA, 2007; MALCZEWSKI, 2006).

Entre as técnicas de análise multicritério mais difundidas é possível citar algumas técnicas da Escola Americana e da Escola Francesa. Entre as técnicas da primeira corrente estão a Teoria da Utilidade Multi-Atributo (*Multi-Attribute Utility Theory* - MAUT) e o Processo Hierárquico Analítico (*Analytic Hierarchy Process* - AHP). A segunda corrente, por sua vez, reúne métodos das famílias Electre (*elimination and choice expressing reality*), Promethee (*preference ranking organization method for enrichment evaluation*) e Macbeth (*measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique*) (GUARNIERI *et al.*, 2015; ZAVADSKAS; TURSKIS, 2011).

Normalmente, a construção dos modelos multicritério passa pelas etapas de: (i) definição dos objetivos; (ii) escolha dos critérios para mensuração dos objetivos; (iii) especificação das alternativas; (iv) ponderação dos critérios e; (v) aplicação de um algoritmo matemático apropriado para o ordenamento das alternativas. O AHP é uma das técnicas mais utilizadas na atribuição de pesos aos critérios, inclusive em estudos associados à utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) (ANANDA; HERATH, 2008; CHANG *et al.*, 2008; CHEN *et al.*, 2010; KORDI; BRANDT, 2012; MOSADEGHI *et al.*, 2015).

2.3.1. Processo Hierárquico Analítico (AHP)

Criado por Thomas L. Saaty (1980), o método de Processo Hierárquico Analítico (AHP) é uma metodologia que decompõe um problema em partes menores, permite realizar

julgamentos comparativos e sintetiza prioridades, além de tornar possível refletir sobre subsistemas (CALISKAN, 2006; LIMA, 2007; QUADROS, 2014).

De acordo com Saaty (2008), para gerar prioridades e tomar uma decisão de forma organizada é preciso decompor um problema da seguinte forma:

- Definir o problema;
- Construir uma hierarquia de decisão partindo do “alvo” que se deseja atingir, em seguida, elencar os objetivos importantes para o alcance desse alvo, passando por níveis intermediários até atingir o nível mais baixo, que geralmente é conjunto das alternativas;
- Construir uma série de matrizes de comparação par a par, onde cada nível é comparado a respeito do nível imediatamente superior;
- Utilizar as prioridades resultantes das comparações para ponderar as prioridades no nível imediatamente inferior, repetindo esse processo para todos os elementos. Depois, para cada elemento no nível inferior, adicionar seus valores ponderados a fim de obter o índice de prioridade global. Esse processo deve ser continuado até que as prioridades das alternativas sejam obtidas.

A comparação par a par entre n critérios é feita através de uma matriz quadrada $n \times n$, onde os critérios são dispostos igualmente em linhas e colunas. Essas matrizes são apresentadas a especialistas, indivíduos que farão os julgamentos de acordo com seu conhecimento e preferências, e cabe a eles atribuir a importância aos critérios das linhas em relação aos critérios das colunas, resultando no valor de a_{ij} conforme descrito na Equação 1.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad \text{para } i \neq j \quad \text{e} \quad a_{ii} = 1, \quad \text{para } i = j \quad (\text{Equação 1})$$

A Equação 1 pode ser melhor compreendida através da Figura 3, que traz um exemplo de uma matriz de comparação par a par. Os especialistas realizam julgamentos na metade triangular direita superior das matrizes. Trata-se de uma matriz recíproca, por exemplo, na comparação entre Critério A e Critério B, a importância atribuída é x , logo, a comparação de B com A será imediatamente o contrário, que é $1/x$; assim como se à comparação do Critério A com o Critério C for atribuída um grau de importância de $1/y$, a relação entre C e A será y .

	Critério A	Critério B	Critério C	Critério D
Critério A	1	x	1/y	
Critério B	1/x	1		
Critério C	y		1	
Critério D				1

Figura 3 - Exemplo de matriz de comparação par a par
Fonte: Adaptado de Lima (2007) e Felix (2017).

O grau de importância é definido de acordo com a escala desenvolvida por Saaty (1990, 2008), descrita no Quadro 3. A partir desta, é possível atribuir pesos, isto é, preencher as matrizes com os julgamentos para cada par de critérios, obtendo-se uma matriz $A = [a_{ij}]$.

Quadro 3 - Escala de comparação de Saaty

Valor	Definição	Descrição
1	Igual importância	Os dois critérios contribuem de uma forma idêntica para o objetivo
3	Pouco mais importante	Um critério é um pouco mais importante que o outro
5	Muito mais importante	Um critério é claramente mais importante que o outro
7	Bastante mais importante	Um dos critérios é predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante	Um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Também podem ser considerados

Fonte: adaptado de Lima (2007).

Definida a matriz $A = [a_{ij}]$, procede-se à etapa de avaliação dos julgamentos dos especialistas onde são calculados os pesos de cada critério. Nessa etapa é calculado o autovetor principal e o máximo autovalor. Para qualquer matriz A, o cálculo do vetor w_i é obtido pela resolução da Equação 2.

$$Aw = \lambda_{\max} \cdot w \quad (\text{Equação 2), onde}$$

- A é a matriz de comparação par a par;
- w é o vetor de pesos pretendidos; e
- λ é o máximo autovetor da matriz A.

O autovetor resultante do máximo autovalor revela a prioridade dos fatores e conserva o ordenamento das preferências entre as alternativas (LIMA, 2007). A obtenção de valores do vetor w é dada pela Equação 3, que pode ser entendida como a normalização da matriz de comparação par a par.

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n}}{\sum_{k=1}^n [(\prod_{j=1}^n a_{kj})^{1/n}]} \quad (\text{Equação 3})$$

A normalização é obtida a partir da divisão de cada elemento da matriz pela soma dos valores da coluna a que pertence. Em seguida cada linha de valores normalizados é somada e dividida pelo número de critérios avaliados na matriz. O máximo autovalor ($\lambda_{m\acute{a}x}$) e o vetor w' são obtidos a partir das Equações 4 e 5.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

$$w' = A \cdot w \quad (\text{Equação 5}), \text{ em que}$$

- A é a matriz de comparação par a par; e
- w é o vetor de pesos determinado previamente

Com esse método também é possível conhecer a consistência dos julgamentos, obtida a partir da razão entre os índices de consistência (*consistency index* – CI) e de aleatoriedade (*random index* – RI), nessa ordem (LIMA, 2007). Este último consiste em um valor tabelado proposto por Saaty. Já o índice de consistência é apresentado pela Equação 6.

$$CI = (\lambda_{m\acute{a}x} - n)/(n - 1), \quad (\text{Equação 6})$$

O valor de CI deve ser igual ou menor a 0,1 (ou 10%) para que os julgamentos realizados nas matrizes de comparação sejam considerados consistentes. Valores acima desse limite geralmente requerem que as matrizes sejam reavaliadas (LIMA, 2007; SAATY, 2008).

Obtidos os julgamentos dos especialistas, segue-se à fase de normalização dos critérios. É importante que os valores representativos de cada critério estejam em uma mesma escala a

fim de possibilitar a comparação entre eles. O processo de normalização é comparável ao processo de *fuzzification*, onde o conjunto de valores de uma escala é convertido em uma escala normalizada, geralmente variando entre 0 e 1. O resultado desse processo expressa a possibilidade de aquele valor pertencer a um conjunto (*fuzzy membership*) através do emprego de funções *fuzzy* (LIMA, 2007).

Através dessas funções, é possível estabelecer pontos de controle que permitem avaliar se os valores referentes a um critério contribuem ou não para o processo de decisão. A escolha adequada de uma função *fuzzy* varia de acordo com a natureza do critério. Assim, um critério pode ser normalizado através de uma função *fuzzy* linear, sigmoidal, *J-Shaped* ou complexa. Segundo Lima (2007), a função sigmoidal é a mais utilizada dentre elas. A Figura 4 traz alguns exemplos de funções *fuzzy* comumente utilizadas na normalização de critérios.

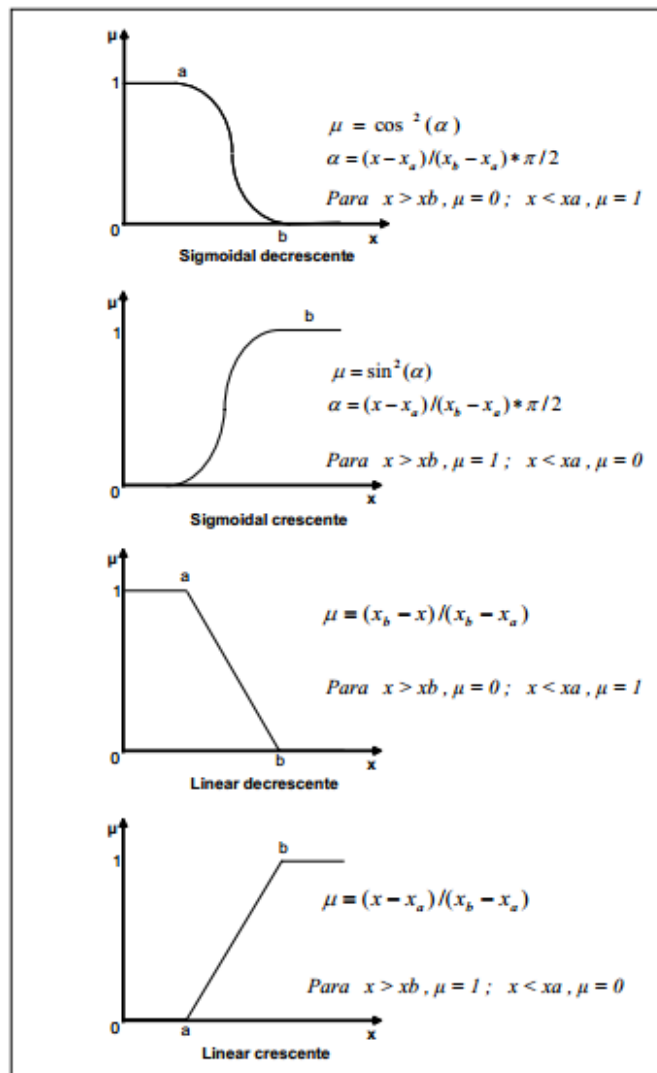


Figura 4 - Funções *fuzzy*
Fonte: Lima (2007).

Após a normalização, segue-se a etapa de combinação de critérios. Para os problemas de decisão espacial, isto é, para os casos em que há associação a um SIG, a combinação consiste na sobreposição de mapas individuais de critérios a fim de representar o desempenho de grupos de critérios e do modelo de forma global, auxiliando o processo de tomada de decisão. Na sobreposição entre os mapas é possível atribuir os pesos previamente calculados a cada critério, fazendo com que essas combinações sejam ponderadas. O método de combinação mais utilizado para problemas de decisão espacial é o *Weighted Linear Combination* (WLC) ou Combinação Linear Ponderada (LIMA, 2007; MALCZEWSKI, 2000; MCHENRY; RINNER, 2016).

O método da Combinação Linear Ponderada também é conhecido como *simple additive weighting* (SAW) ou método *scoring*, baseado no conceito de média ponderada (MCHENRY; RINNER, 2016), podendo ser visualizado na Equação 7. No ambiente SIG, o WLC é executado através do cálculo de tabelas na forma vetorial ou sobreposição de mapas no modelo *raster*.

$$WLC = \sum \text{Valor normalizado do critério} \times \text{Peso} \quad (\text{Equação 7})$$

3. Metodologia

Para Almeida (2011), métodos são procedimentos adotados em um estudo científico, que permitem sua replicação. Dessa forma, é importante caracterizar a pesquisa de acordo com seus objetivos, natureza e objeto.

O presente trabalho é uma pesquisa aplicada, pois busca compreender e solucionar um problema real. Possui caráter explicativo, com enfoque na identificação de fatores que se relacionam com um fenômeno, e apresenta uma abordagem quali-quantitativa. Além disso, tem por procedimentos a pesquisa bibliográfica na identificação de critérios relacionados ao valor do solo, e emprega o estudo de caso na aplicação do modelo, a qual tem por objeto as regiões de entorno das principais Instituições de Ensino Superior (IES) de Itajubá-MG.

Trata-se de uma pesquisa com utilização de modelagem, apoiando-se nas diretrizes da metodologia de apoio multicritério a decisão. Como visto, é comum que haja a associação de outras técnicas à essa metodologia a fim de conferir maior robustez ao processo de tomada de decisão. Assim, sua aplicação através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) se mostrou importante para o alcance dos objetivos do trabalho.

A seguir são identificadas as etapas do trabalho, a origem dos critérios, os procedimentos de coleta e análise de dados e a caracterização do objeto de estudo.

3.1. Etapas do trabalho

A metodologia da pesquisa seguiu o processo de construção de um modelo multicritério de apoio a decisão. Suas etapas, bem como as atividades desempenhadas em cada uma delas são esquematizadas na Figura 5.

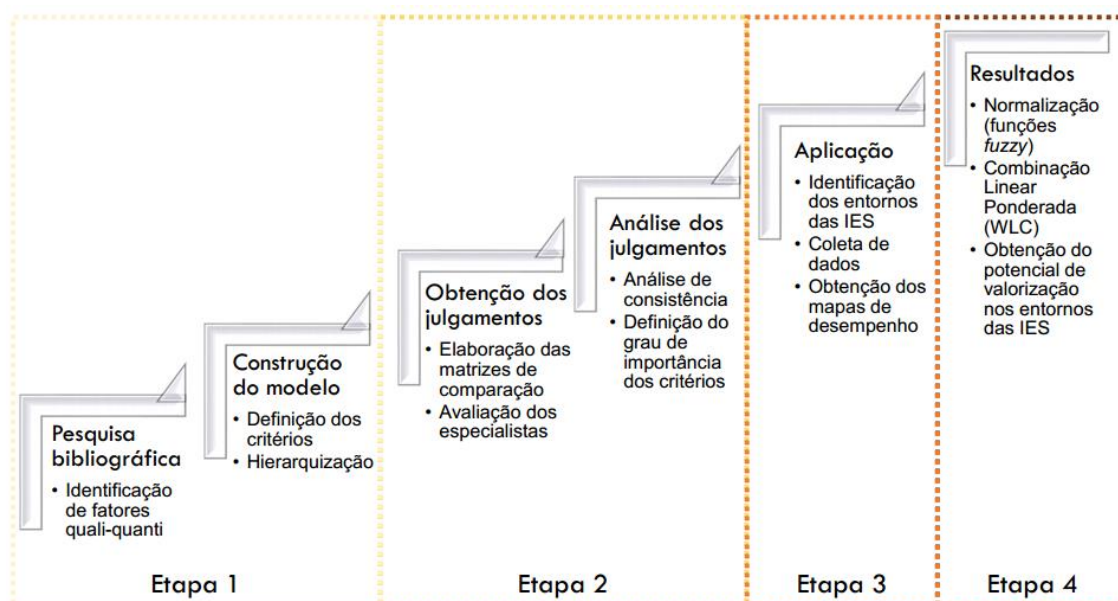


Figura 5 - Etapas do trabalho

Na Etapa 1 foi realizada uma pesquisa bibliográfica para identificação de fatores importantes para a determinação do valor do solo de uma região, indo de encontro ao objetivo específico proposto, que é o de “estudar fatores qualitativos e quantitativos relevantes para a estruturação do modelo proposto”.

Ainda na Etapa 1 partiu-se para a construção do modelo de decisão a partir da hierarquização dos critérios e também foi definido o sentido de avaliação de cada um, isto é, quais critérios deveriam ser maximizados e quais precisariam de minimização. Nessa etapa deu-se início ao segundo objetivo específico do trabalho, o qual se estendeu por toda a Etapa 2, que é “Estruturar o modelo e avaliar seu desempenho perante os julgamentos de especialistas na área”.

Primeiramente foram elaboradas matrizes de comparação par a par com auxílio do *Microsoft Office Excel*, em seguida os especialistas foram selecionados e estabeleceu-se contato para que eles pudessem responder às matrizes. Terminada a fase das avaliações, foi possível fazer os cálculos para obtenção dos pesos, isto é, a importância de cada critério e grupo de critérios frente ao objetivo proposto, bem como analisar a consistência dos julgamentos.

As etapas 3 e 4, por sua vez, correspondem ao terceiro objetivo específico deste trabalho, que é o de “Realizar um estudo de caso aplicando o modelo a áreas próximas de IES selecionadas para Itajubá-MG”. Na etapa 3 houve a identificação das áreas de interesse ou AOI (do inglês, *area of interest*), coleta de dados para os níveis mais inferiores da estrutura de

decisão e geração de mapas de desempenho com auxílio do *software* ArcGIS, versão 10.4.1, da ESRI.

Obtidos os mapas de desempenho, seguiu-se com a agregação dos critérios. Foram inicialmente utilizadas funções *fuzzy*, gerando mapas normalizados para cada critério. E, posteriormente, através de Combinação Linear Ponderada (*Weighted Linear Combination - WLC*), foi possível sobrepor esses mapas associando a eles os pesos obtidos na Etapa 2. Esse procedimento tornou possível a visualização da performance de cada grupo de critérios e subcritérios, resultando no potencial de valorização do entorno de cada IES.

3.2. Origem dos critérios

Na revisão da literatura foram explorados o comportamento do meio urbano através das relações entre uso do solo e transportes, as questões envolvidas na determinação do valor do solo e, ainda, verificou-se a importância da análise dos impactos derivados no entorno de PGVs, com destaque para as Instituições de Ensino Superior (IES).

Em um primeiro momento, foi possível reunir alguns determinantes do valor do solo e prosseguir com a construção do modelo. A Figura 6 apresenta os grupos de determinantes identificados na literatura seguidos das fontes consultadas. Esses determinantes posteriormente foram hierarquizados e se transformaram em critérios do modelo de avaliação.

Determinantes	Fontes consultadas
<i>Infraestrutura básica</i>	Abidoye e Chan (2016), ABNT (2011), Barbosa (2012), Brondino (1999), Möller (1995), Smolka (1979)
<i>Localização</i>	Anderson <i>et al.</i> (2010), Fujita (1989), Hermann e Haddad (2005), Ibeas <i>et al.</i> (2013), McDonald (2007), Nadalin (2011)
<i>Acessibilidade</i>	Ewing e Cervero (2010), Hamidi e Ewing (2014), Handy (2005), Kneib (2008), La Paix <i>et al.</i> (2013), Senna (2014), Thisse (2011)
<i>Poder aquisitivo da população</i>	Barbosa (2012), Leitão (1999)
<i>Uso e ocupação do solo</i>	Amrein (2010), Barbosa (2012), Gedal e Ellen (2018), Glaeser e Gyourko (2003), Hermann e Haddad (2005), Ribeiro (1997)
<i>Segurança</i>	Barbosa (2012), Gedal e Ellen (2018), Hermann e Haddad (2005), Reis Filho (2006)

Figura 6 - Grupos de determinantes relacionados ao valor do solo

É importante mencionar que na literatura muitas vezes as questões de localização e acessibilidade se confundem. No agrupamento apresentado, a localização assume seu ponto de vista físico, seja em relação à distância ao centro da cidade, seja em relação ao relevo da região, por exemplo. Já a acessibilidade incorpora a facilidade de acesso ao entorno das IES pelos usuários de diferentes modos de transporte; dessa forma, nesse grupo será avaliado, entre outras questões, o serviço de transporte coletivo e a existência de área de estacionamento dentro e/ou fora das IES. O modelo detalhado é apresentado na seção seguinte.

3.3. Procedimentos de coleta e análise de dados

Para a aplicação do estudo através do SIG, seguiu-se com a coleta de dados para o objeto de estudo e os critérios levantados. Foi realizada uma pesquisa documental tanto em âmbito virtual como através do contato com entidades locais competentes. Assim, foi feita a busca por leis, mapas georreferenciados e documentos que dessem suporte ao trabalho.

Ainda foram consultadas plataformas *online* que reúnem dados e informações espaciais, tais como as do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do *United States Geological Survey* (USGS). Já entre as entidades locais, foram contatadas a Prefeitura

Municipal de Itajubá, o 56º Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais (56º BPM-MG), o grupo de pesquisa em Logística, Transporte e Sustentabilidade (Logtrans) da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e a iniciativa estudantil “Pedala Itajubá”. O Quadro 4 apresenta os dados utilizados, bem como suas respectivas fontes.

Quadro 4 - Fontes de dados

Descrição	Fonte	Ano	SCG*	Formato
Divisão do município em setores censitários	IBGE	2010	SIRGAS 2000	Shapefile
Base de logradouros	IBGE	2010	SIRGAS 2000	Shapefile
Divisão do município em bairros	Prefeitura	-	-	Impresso
Mapa de zoneamento do município	Prefeitura	2003	-	DXF
Imagem de satélite resolução 0,5m	WorldView	2011	SIRGAS 2000	Raster
Inundação de 2000 atualizada	Prefeitura	2015	-	PDF
Modelo Digital de Elevação resolução 30m	USGS: NASA/METI	2016	WGS 1984	Raster
Ocorrências de acidentes viários	56º BPM-MG	2011	WGS 1984	Shapefile
Ocorrências de crimes	56º BPM-MG	2011	WGS 1984	Shapefile
Cadastro de Pessoas Jurídicas Ativas	Prefeitura	2017	-	PDF
Pontos de ônibus	Logtrans	2015	WGS 1984	Shapefile
Ciclovias/ciclofaixas	Pedala Itajubá	2016	-	DWG

*SCG: Sistema de Coordenadas Geográficas

Juntamente com a divisão do município em setores censitários, foram obtidas as tabelas do Censo de 2010 para Itajubá. Para a análise e geração dos mapas, foram selecionadas as variáveis pertinentes e a partir dos códigos dos setores, foi possível atribuir os dados ao arquivo em *Shapefile*.

3.4. Caracterização do objeto de estudo

Situada no sul do estado de Minas Gerais, Itajubá está a aproximadamente 270 km de São Paulo-SP, 310 km do Rio de Janeiro-RJ e 450 km de Belo Horizonte, capital mineira. De acordo com o IBGE¹⁰, a população estimada para o ano de 2017 foi de 97 mil habitantes, o que para o contexto mineiro a classifica como uma cidade de porte médio (AMORIM FILHO *et al.*,

¹⁰ <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itajuba/panorama>

2007). Sua dinâmica é bastante marcada pelo desenvolvimento industrial e pela atuação de IES, fazendo com que a cidade se projete como referência regional nos setores de Educação, Ciência e Tecnologia (MINEIRO, 2018).

As principais¹¹ IES de Itajubá foram criadas no século XX. Em 1913 foi fundado Instituto Eletrotécnico e Mecânico de Itajubá (IEMI), atual Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Já entre as décadas de 1950 e 1960 foram fundadas a Faculdade Wenceslau Braz (FWB, 1954), a Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas do Sul de Minas (Facesm, 1965), o Centro Universitário de Itajubá (Fepi, 1965) e a Faculdade de Medicina de Itajubá (FMIIt, 1968).

Essas instituições, com exceção da FWB, foram selecionadas para aplicação do modelo desenvolvido nesse trabalho. A FWB foi desconsiderada pois está localizada no Bairro Centro, enquanto as demais IES se encontram em bairros mais afastados. Desconsiderando essa IES, minimiza-se o risco de a análise tender a uma análise de PGVs múltiplos (GOLDNER *et al.*, 2010), uma vez que na região central está a maioria dos empreendimentos geradores de viagens do município.

Para as 04 IES do modelo foram criados *buffers* externos partindo das extremidades de cada instituição. Empiricamente, a delimitação de áreas externas para análise é conhecida como criação de áreas de interesse (*area of interest* ou “AOI”). Sendo assim, foi determinada uma área de 400m no entorno de cada IES, medida de *buffer* compatível com o contexto do trabalho e que leva em consideração a escala urbana de Itajubá. A Figura 7 apresenta a distribuição espacial das IES, a identificação do ponto central da cidade (CBD) e os *buffers*, de agora em diante tratados como AOI.

¹¹ Por ordem de citação: Universidade Federal de Itajubá (<https://unifei.edu.br/institucional/historia/>); Faculdade Wenceslau Braz (http://www.fwb.edu.br/nossa_historia.php); Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas do Sul de Minas (<http://www.facesm.br/facesm/>); Centro Universitário de Itajubá (<http://www.fepi.br/site/historia>); e Faculdade de Medicina de Itajubá (<http://www.hcitajuba.org.br/o-hospital/quem-somos/aisi>).

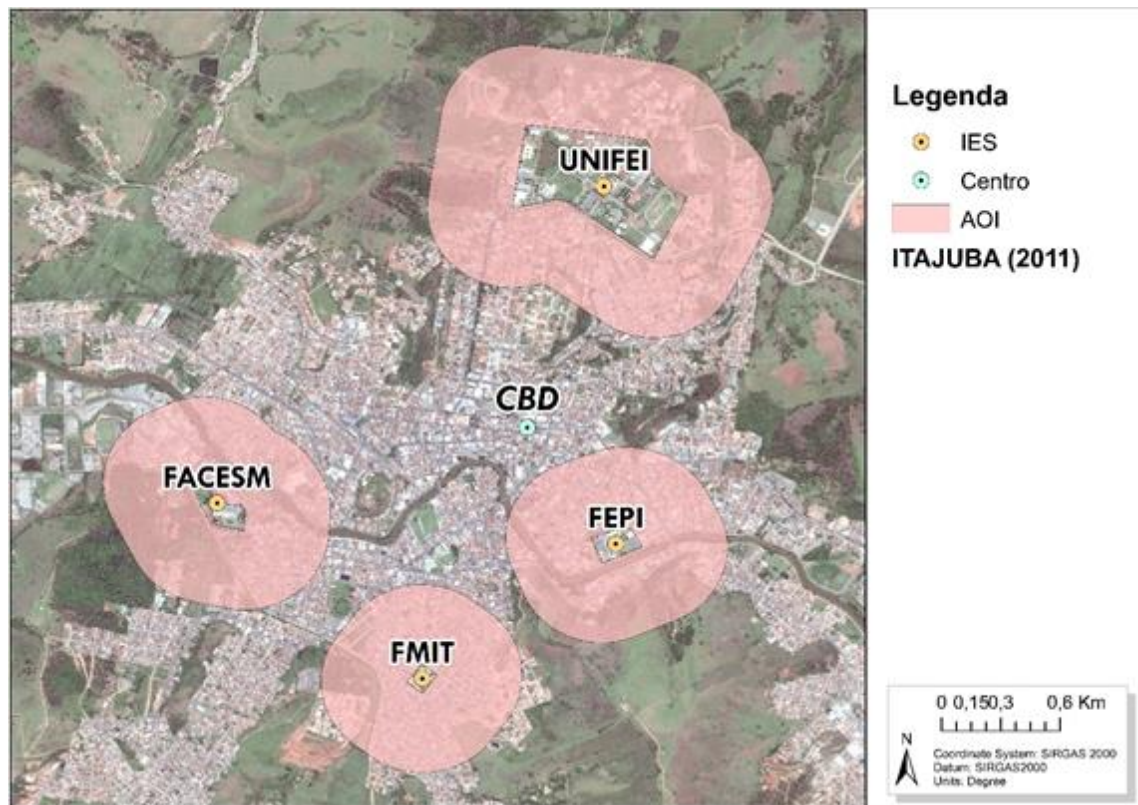


Figura 7 - Distribuição espacial dos principais itens do modelo

4. Modelo de avaliação do potencial de valorização do solo no entorno de IES

4.1. Estruturação do modelo de avaliação

Identificados os determinantes de valor do solo urbano, seguiu-se à etapa de estruturação do modelo de avaliação. Não foi encontrado na literatura nenhum consenso com relação a forma de hierarquização dos critérios, assim, os critérios foram ordenados da maneira que melhor representassem o problema.

A partir do objetivo do modelo, que é o de “Avaliar o potencial de valorização do entorno de IES”, a estrutura foi construída de seu nível mais alto até o nível mais baixo, passando por grupos de critérios, critérios e subcritérios, conforme recomendado por Saaty (2008).

Os determinantes identificados na literatura foram divididos em dois grandes grupos: o primeiro de **Aspectos físicos** e o segundo de **Aspectos socioeconômicos**. O grupo de Aspectos físicos engloba os critérios de Infraestrutura básica, Localização e Acessibilidade. Já entre os Aspectos socioeconômicos estão os critérios de Poder aquisitivo da população, Uso e ocupação do solo e Segurança. Cada critério apresenta indicadores, os quais compõem o nível mais baixo da estrutura. A estrutura completa é apresentada na Figura 8.

Grupo (Nível 1)			Critérios (Nível 2)		Indicadores (Nível 3)	
Avaliar o potencial de valorização no entorno de IES	Aspectos físicos	Infraestrutura básica			Iluminação pública	
					Abastecimento de água	
					Esgotamento sanitário	
					Pavimentação	
		Localização			Distância do centro da cidade	
					Área com risco de inundação	
					Declividade	
		Acessibilidade			Serviço de Transporte Coletivo	
					Área de estacionamento	
					Área de carga e descarga	
					Ciclovias	
					Calçadas	
	Aspectos socioeconômicos	Poder aquisitivo da população			Renda média da população	
					Valor médio do m ²	
		Uso e ocupação do solo			Disponibilidade de bens e serviços	
					Densidade demográfica	
					Praças e parques públicos	
					Áreas com potencial de ocupação	
		Segurança			Segurança pública	
					Segurança viária	

Figura 8 - Modelo de avaliação do potencial de valorização do solo no entorno de IES

O nível mais baixo da estrutura também é o nível de mensuração. Como se trata de um trabalho com associação a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), todos os critérios desse nível, chamados de indicadores, precisaram ser representados espacialmente para a posterior geração de mapas temáticos. O Quadro 5 apresenta a métrica que norteou a representação de cada um deles.

Quadro 5 - Mensuração dos indicadores

Critérios de último nível	Métrica
Iluminação pública	Percentual de iluminação pública no entorno
Abastecimento de água	Percentual de abastecimento de água via rede geral no entorno
Esgotamento sanitário	Percentual de esgotamento sanitário via rede geral no entorno
Pavimentação	Percentual de vias cobertas com asfalto, cimento, pedras e/ou paralelepípedos no entorno
Distância do centro da cidade	Posicionamento do entorno de acordo com a distância (m) do centro
Área com risco de inundação	Delimitação das áreas de entorno suscetíveis a inundações
Declividade	Percentual de inclinação do terreno no entorno
Serviço de Transporte Coletivo (ou TC)	Acessibilidade <i>percebida</i> de acordo com o cruzamento de dados de disponibilidade, frequência e número de pontos de ônibus no entorno
Área de estacionamento	Identificação da área de estacionamento dentro e/ou no entorno das IES
Área de carga e descarga	Identificação da área de carga e descarga dentro e/ou no entorno das IES
Ciclovias	Proximidade do entorno em relação às ciclovias
Calçadas	Percentual de calçadas no entorno
Renda média da população	Renda média (R\$) da população residente no entorno
Valor médio do m ²	Valor de m ² de terrenos no entorno
Disponibilidade de bens e serviços	Incidência de pontos de comércio e serviços no entorno
Densidade demográfica	Número de habitantes por Km ² no entorno
Praças e parques públicos	Proximidade do entorno em relação às praças e parques existentes
Áreas com potencial de ocupação	Delimitação de áreas próprias para expansão urbana de acordo com o Plano Diretor
Segurança pública	Incidência de crimes nos bairros que compõem as áreas de entorno
Segurança viária	Incidência de acidentes viários nos bairros que compõem as áreas de entorno

Antes da representação espacial dos critérios, no entanto, é importante definir a sua ordem de importância na composição geral do modelo, o que pelo AHP é possível através da aplicação de matrizes par a par a um grupo de especialistas. A seleção do grupo, a aplicação das matrizes e a obtenção dos julgamentos é detalhada no item a seguir.

4.2. Importância dos critérios com base em avaliações de especialistas selecionados

A fim de obter o grau de importância dos critérios foram aplicadas matrizes de comparação par a par a 10 (dez) especialistas, que foram divididos em: a) gestores (2), com abordagem mais aplicada, e b) docentes e pós-graduandos (8), os quais atuam nas atividades de ensino e pesquisa dos temas envolvidos nesta pesquisa.

Na categoria de gestores responderam às matrizes 2 (dois) especialistas da Secretaria de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Itajubá-MG. O primeiro atua em questões técnicas, tais como avaliação de áreas *aedificandi* e valoração de imóveis para fins de arrecadação tributária. Já o segundo trabalha com questões mais estratégicas da gestão territorial e do planejamento urbano do município.

Na categoria de docentes e pós-graduandos, por sua vez, os 8 (oito) especialistas apresentam diferentes formações, entretanto, trabalham direta ou indiretamente com questões abordadas pela pesquisa no desempenho de suas atividades, sejam elas de ensino, pesquisa ou ambas. A área de atuação principal de cada um é apresentada na Figura 9.

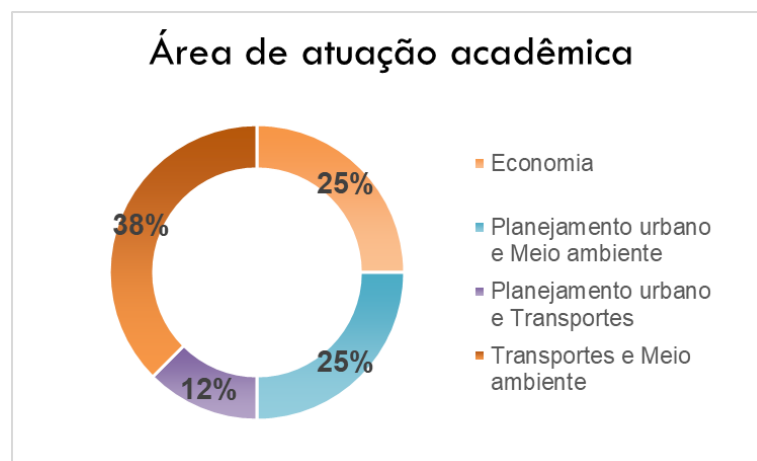


Figura 9 - Áreas de atuação dos especialistas “docentes e pós-graduandos”

Com auxílio do *Microsoft Office Excel*, foi possível construir um questionário onde os julgamentos de cada especialista foram inseridos nas matrizes de comparação de critérios, sempre visando o objetivo principal do modelo, o de avaliar o potencial de valorização no entorno de IES. A Figura 10 traz um exemplo de matriz preenchida, de acordo com a avaliação de um dos especialistas.

Qual a importância relativa dos critérios de localização para avaliar o potencial de valorização do entorno de IES?

Somente os campos em azul devem ser preenchidos.

	Distância do centro da cidade	Área com risco de inundação	Declividade
Distância do centro da cidade	1	3	7
Área com risco de inundação	1/3	1	3
Declividade	1/7	1/3	1

OBS: Inclinação do terreno, podendo variar entre plano, ondulado e montanhoso.

Grau de Inconsistência	0,006061	Julgamentos consistentes!
------------------------	----------	---------------------------

Escala numérica
1 - Igual importância

3 - Linha pouco mais importante que Coluna
5 - Linha muito mais importante que Coluna
7 - Linha bastante mais importante que Coluna
9 - Linha extremamente mais importante que Coluna

1/3 - Coluna pouco mais importante que Linha
1/5 - Coluna muito mais importante que Linha
1/7 - Coluna bastante mais importante que Linha
1/9 - Coluna extremamente mais importante que Linha

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extrema- mente	bastante	muito	pouco	igual	pouco	muito	bastante	extrema- mente
MENOS IMPORTANTE					MAIS IMPORTANTE			

Figura 10 - Exemplo da planilha de aplicação

Nessa figura, além da matriz, é possível observar a inserção da escala numérica de Saaty (1990), a fim de guiar os avaliadores na resposta das questões apresentadas. A orientação inicial foi para que fossem preenchidas somente as células em azul. Caso houvesse dúvidas, cada critério apresentava uma breve definição, em forma de comentário.

Em matrizes de comparação de mais de dois critérios (3x3 em diante), também foi explicitado o grau de inconsistência da avaliação, no sentido de adequar os julgamentos aos preceitos da metodologia do AHP. Quando as respostas se provavam inconsistentes, aos avaliadores era retornada uma mensagem de “Revise seus julgamentos”, o que os levava a reavaliar suas respostas. Após os devidos ajustes, todos os especialistas apresentaram respostas consistentes.

Depois de reunidos os dez questionários, prosseguiu-se com o cálculo das médias finais. Foi constatada uma heterogeneidade nos julgamentos, o que é comum quando os membros do grupo agem individualmente. Para esses casos, é possível agregar os resultados através do cálculo da média aritmética, porém, conforme Forman e Peniwati (1998), a utilização da média geométrica ainda é a mais indicada para a geração do *ranking* de prioridades.

A heterogeneidade dos julgamentos pode ser observada na Figura 11 e nas demais figuras com gráficos de barras (12 e 14). Esse resultado está relacionado à interdisciplinaridade do modelo e ao fato de que, embora seja um tema comum entre os especialistas, estes apresentam formações e trajetórias distintas.

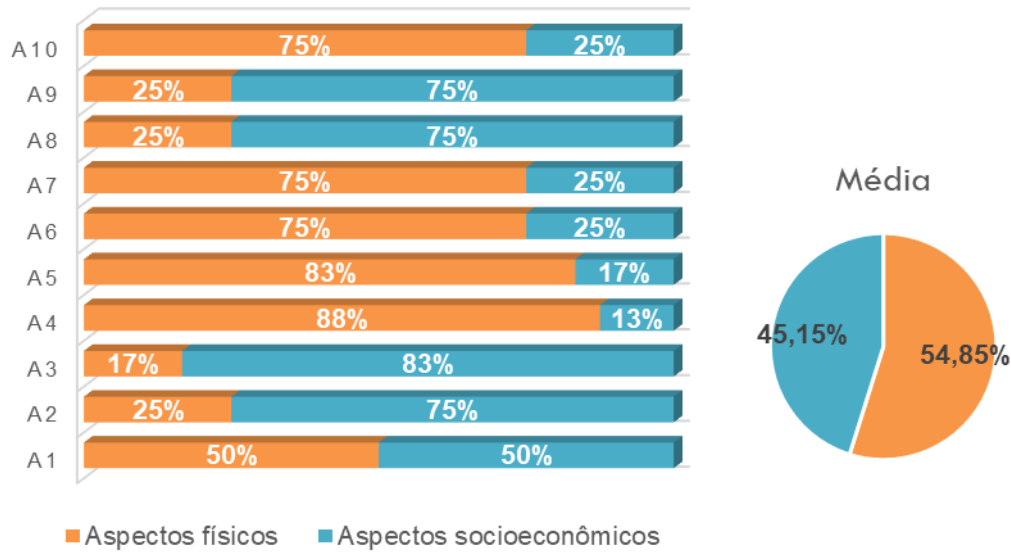


Figura 11 - Matriz principal com avaliação de cada especialista (esq.) e média geométrica das avaliações (dir.)

É possível verificar que no nível imediatamente superior do modelo (nível 1, descrito pelos grupos de Aspectos Físicos e Aspectos Socioeconômicos), os Aspectos Físicos receberam maior importância perante o objetivo principal. Em outras palavras, de acordo com os especialistas, os Aspectos físicos possuem uma importância de 54,85% contra 45,15% dos Aspectos socioeconômicos para a avaliação do potencial de valorização do solo no entorno de IES.

A Figura 12 mostra o desempenho dos critérios de nível 2, do grupo de Aspectos físicos, primeiro de acordo com a visão de cada especialista e depois com a média geométrica das avaliações.

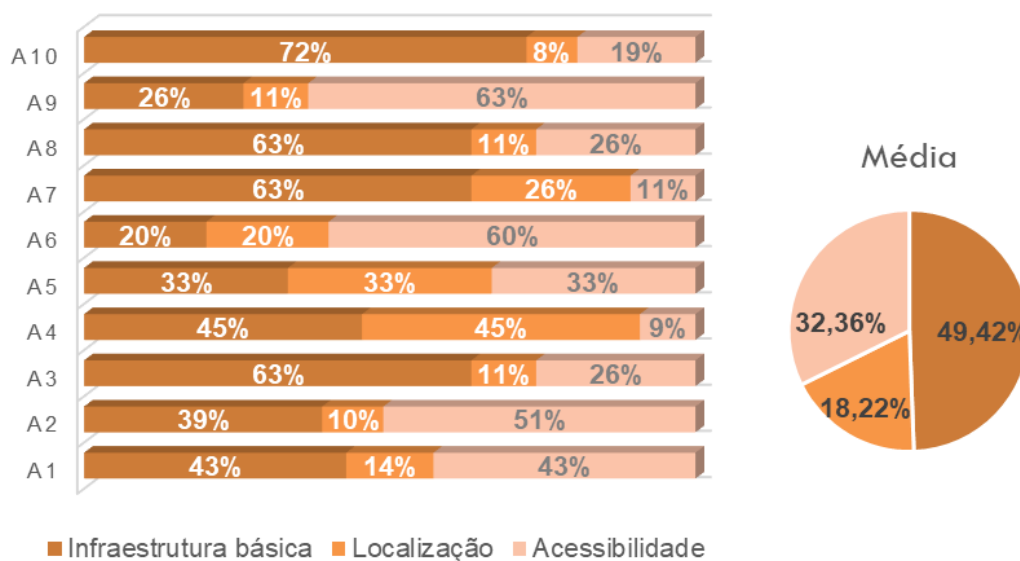


Figura 12 - Matriz “Aspectos físicos” com avaliação de cada especialista (esq.) e média geométrica das avaliações (dir.)

É possível notar que para os especialistas os critérios de infraestrutura básica (49,42%) possuem maior importância relativa que os de localização (18,22%) e acessibilidade (32,36%).

A Figura 13 apresenta os pesos obtidos para os indicadores do modelo. Dentro da infraestrutura básica, o indicador que mais viria a influenciar o potencial de valorização do entorno das IES segundo os especialistas é o abastecimento de água pela rede de abastecimento geral (37,46%). É fato que sem esse recurso seria muito difícil tornar o ambiente atrativo. E quando se trata de valor, esse é um recurso essencial quando comparado aos outros três do mesmo critério. Verifica-se a mesma lógica de raciocínio com relação a sequência de importância dada pelos especialistas, com o esgotamento sanitário também por rede geral (26,55%), seguido da iluminação pública (24,75%) e, por último, da pavimentação das vias (11,25%).

Entre os indicadores de localização, a localização em área com risco de inundação se mostrou mais representativa para o modelo (45,32%), enquanto que os indicadores de distância do centro da cidade e declividade praticamente possuem o mesmo grau de importância. Já dentre os indicadores de acessibilidade, foi dada bastante importância para a existência de calçadas (34,40%) e para a existência de serviço de transporte coletivo (24,61%), somente esses dois itens representaram cerca de 60% da questão da acessibilidade no modelo.

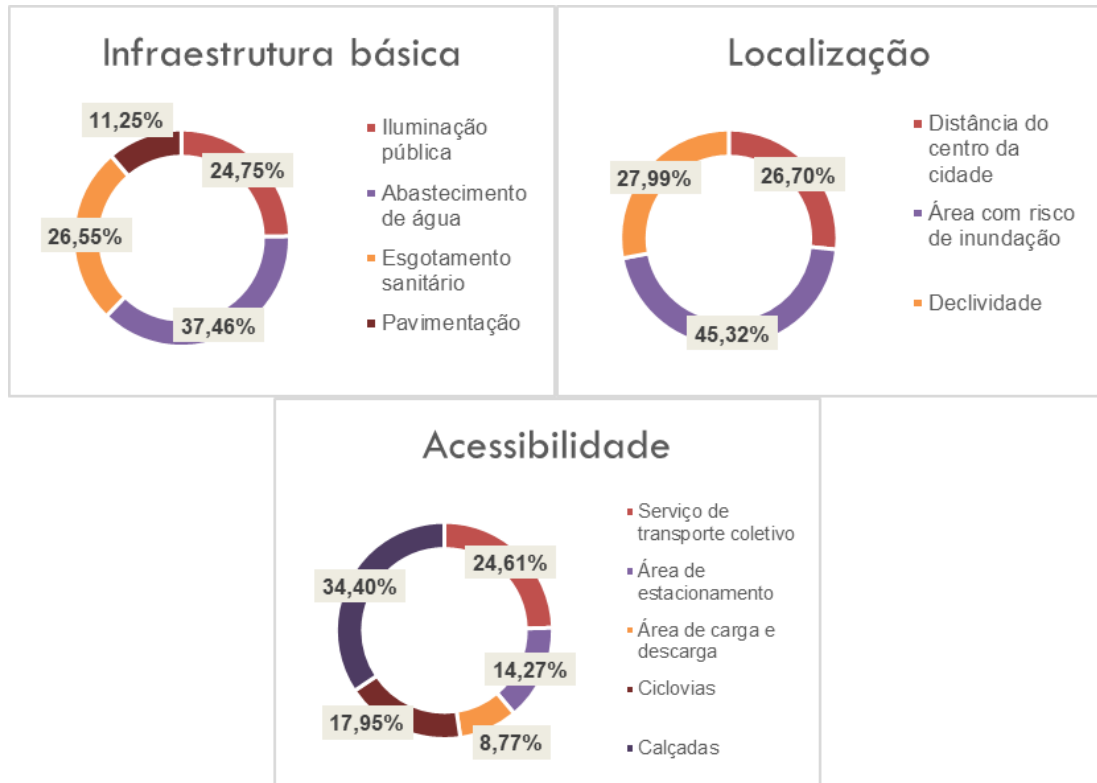


Figura 13 - Pesos dos indicadores de cada critério do grupo de Aspectos físicos

Já no segundo grupo de critérios, o de Aspectos Socioeconômicos, é possível perceber que grande parte dos especialistas consideraram a segurança como determinante do potencial de valorização do solo no entorno das IES, essa recebendo o peso de 46,99%. Os pesos de poder aquisitivo da população e uso e ocupação do solo obtiveram pesos de 31,20% e 21,81%, respectivamente.

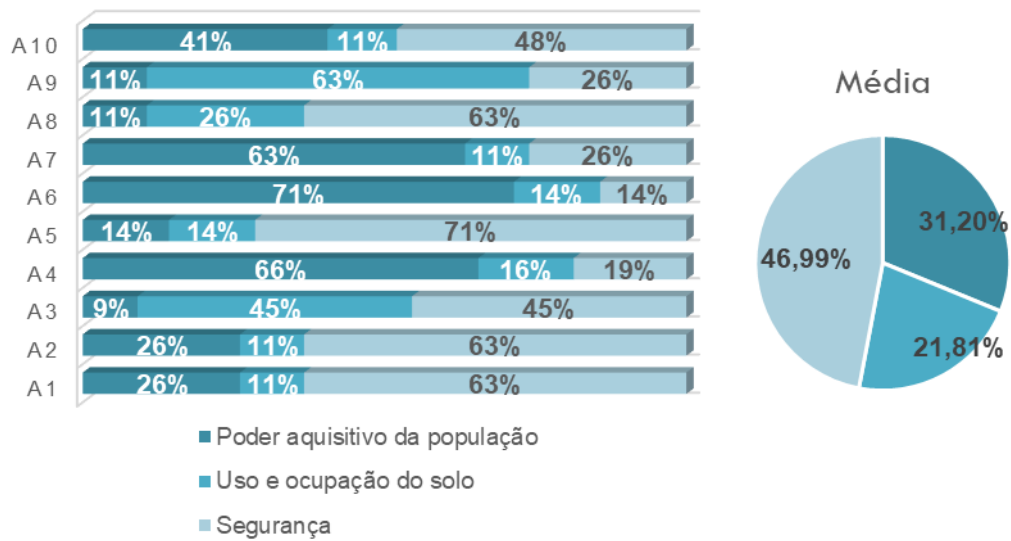


Figura 14 - Matriz “Aspectos socioeconômicos” com avaliação de cada especialista (esq.) e média geométrica das avaliações (dir.)

Os pesos dos indicadores no nível mais inferior do grupo de Aspectos socioeconômicos seguem representados na Figura 15.

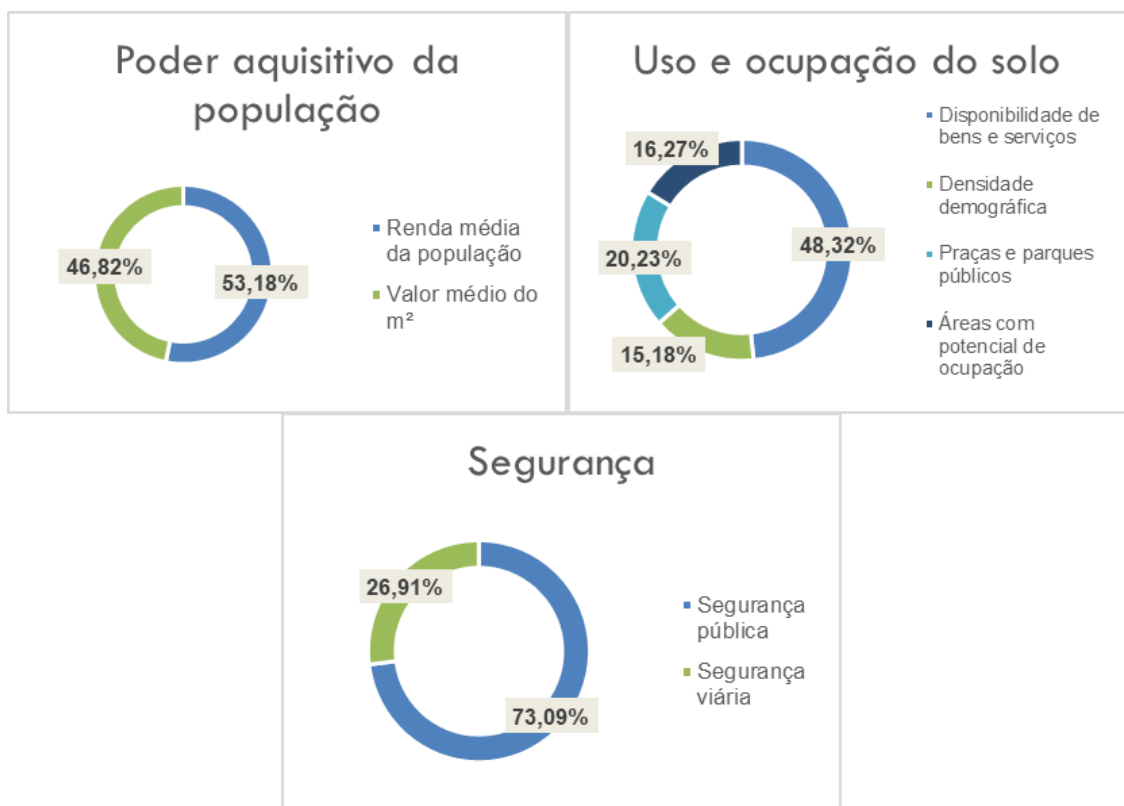


Figura 15 - Pesos dos indicadores de cada critério do grupo de Aspectos socioeconômicos

Com relação ao critério Poder aquisitivo da população, a renda média da população é mais representativa (53,18%) que o valor médio do metro quadrado (46,82%) para determinação do potencial de valorização do entorno das IES. Esse fato pode estar relacionado à importância da renda como indicador socioeconômico. No item de Uso e ocupação do solo, a disponibilidade de bens e serviços no entorno das IES é o critério mais representativo, com peso de 48,32%. E em relação a Segurança, a segurança pública recebe destaque frente à segurança viária. Problemas de segurança viária podem demandar soluções mais pontuais, impactando menos a valoração de determinada área quando comparada à segurança pública.

A Figura 16 traz uma síntese dos pesos obtidos para o modelo. De forma geral, esses pesos representam a importância relativa dos critérios em cada nível de análise e são fundamentais no modelo, pois representam a opinião sistematizada de especialistas na área, sem a qual a aplicação de um modelo multicritério de apoio à decisão estaria aquém de seu objetivo.

Avaliar o potencial de valorização no entorno de IES

Nível 1	Nível 2	Nível 3	
Aspectos físicos	Infraestrutura básica	Iluminação pública	24,75%
		Abastecimento de água	37,46%
		Esgotamento sanitário	26,55%
		Pavimentação	11,25%
	49,42%		
	Localização	Distância do centro da cidade	26,70%
		Área com risco de inundação	45,32%
		Declividade	27,99%
	18,22%		
	Acessibilidade	Serviço de Transporte Coletivo	24,61%
Área de estacionamento		14,27%	
Área de carga e descarga		8,77%	
Ciclovias		17,95%	
Calçadas		34,40%	
54,85%	32,36%		

Aspectos socioeconômicos	Poder aquisitivo da população	Renda média da população	53,18%
		Valor médio do m²	46,82%
	Uso e ocupação do solo	Disponibilidade de bens e serviços	48,32%
		Densidade demográfica	15,18%
		Praças e parques públicos	20,23%
		Áreas com potencial de ocupação	16,27%
	21,81%		
	Segurança	Segurança pública	73,09%
		Segurança viária	26,91%
	45,15%	46,99%	

Figura 16 - Pesos finais do modelo

4.3. Análise de desempenho dos critérios

Na análise de desempenho dos critérios, é importante destacar a importância de cada um frente ao objetivo que se deseja atingir. Assim como alguns critérios possuem uma relação positiva com o modelo, outros impactam-no negativamente.

Uma das vantagens dos modelos multicritério de apoio à decisão está justamente em tornar possível reunir critérios conflitantes, muitas vezes antagônicos, e confronta-los frente a um objetivo maior. A Figura 17 retoma o modelo de avaliação apresentado no item 4.1., dessa vez com o objetivo de avaliação para cada grupo de critérios, respeitando as evidências empíricas de cada um.

		Nível 1	Nível 2	Nível 3	
Avaliar o potencial de valorização no entorno de IES	Aspectos físicos		<i>Infraestrutura básica</i>	Iluminação pública	Maximizar
				Abastecimento de água	
				Esgotamento sanitário	
				Pavimentação	
			<i>Localização</i>	Distância do centro da cidade	Minimizar
				Área com risco de inundação	
				Declividade	
			<i>Acessibilidade</i>	Serviço de Transporte Coletivo	Maximizar
				Área de estacionamento	
				Área de carga e descarga	
				Ciclovias	
				Calçadas	
	Aspectos socioeconômicos		<i>Poder aquisitivo da população</i>	Renda média da população	Maximizar
				Valor médio do m ²	
			<i>Uso e ocupação do solo</i>	Disponibilidade de bens e serviços	Maximizar
				Densidade demográfica	
				Praças e parques públicos	
				Áreas com potencial de ocupação	
			<i>Segurança</i>	Segurança pública	Minimizar
				Segurança viária	

Figura 17 - Sentido de avaliação dos critérios do modelo

A título de exemplo, todos os dados de Infraestrutura básica são provenientes do Censo Demográfico do IBGE. No Censo, a cidade é dividida em setores censitários e para cada setor é levantado o percentual de domicílios que contam com iluminação pública, abastecimento de água, esgotamento sanitário e pavimentação. Assim, buscou-se maximizar essa questão, isto é, áreas com maior percentual desses critérios possuem um maior potencial de valorização, enquanto áreas com menos disponibilidade desses recursos apresentam um menor potencial de valorização.

A partir de uma análise mais detalhada, é possível observar algumas relações antagônicas entre os critérios, a exemplo do grupo de *Uso e ocupação do solo*. Nesse grupo, contribuem para a avaliação do potencial de valorização no entorno de IES, entre outros

critérios, os de “densidade demográfica” e de “áreas com potencial de ocupação”; ambos no sentido de maximização.

Porém, pela lógica, se a densidade demográfica deve ser máxima, em uma região em que isso acontece, as áreas com potencial de ocupação provavelmente serão mínimas. Por que então ambos os critérios precisam ser maximizados? Essa questão encontra resposta no processo de abstração iniciado na fase de modelagem.

Sem associação a uma área real específica, é importante que tanto a densidade demográfica como a existência de áreas a serem ocupadas sejam critérios maximizados. Áreas mais densamente habitadas demandam investimentos, seja por parte do ente público ou privado; e maiores investimentos em uma região *valorizam* aquela região. Já a existência de áreas com potencial de ocupação no entorno de IES, isto é, áreas *aedificandi* vazias, permite questionar se estas não estariam sendo “poupadas” em prol de tendências especulativas. Afinal, partindo da premissa de que uma IES localizada no contexto urbano de uma cidade valoriza sua região de entorno, as áreas ociosas *tendem a ser valorizadas* na expectativa de comercialização futura.

Essas e outras análises podem ser observadas nos itens a seguir, onde cada critério foi aplicado às regiões de entorno das IES que compõem o objeto de estudo. Por meio do *software* ArcGIS 10.4.1 (ESRI) foi possível representar o comportamento de todos os critérios de nível imediatamente inferior da estrutura, isto é, dos critérios de nível 3. Uma delimitação do trabalho está na utilização de dados mais próximos de 2010, uma vez que grande parte dos dados é proveniente do Censo, cuja última atualização foi feita no referido ano.

4.2.1. Aspectos físicos

A) Infraestrutura básica

a) Iluminação pública

A iluminação pública contribui para a sensação de segurança. Assim, além de consistir em um serviço prestado, ela também é avaliada como uma amenidade urbana, contribuindo direta e indiretamente para a composição do valor do solo urbano (PAIXÃO, 2015).

No contexto deste trabalho, foi possível mensurar a iluminação pública através de dados do Censo de 2010, que revelam o percentual de domicílios por setor censitário que contam com esse serviço. A partir desses dados foi possível gerar o mapa da Figura 18.

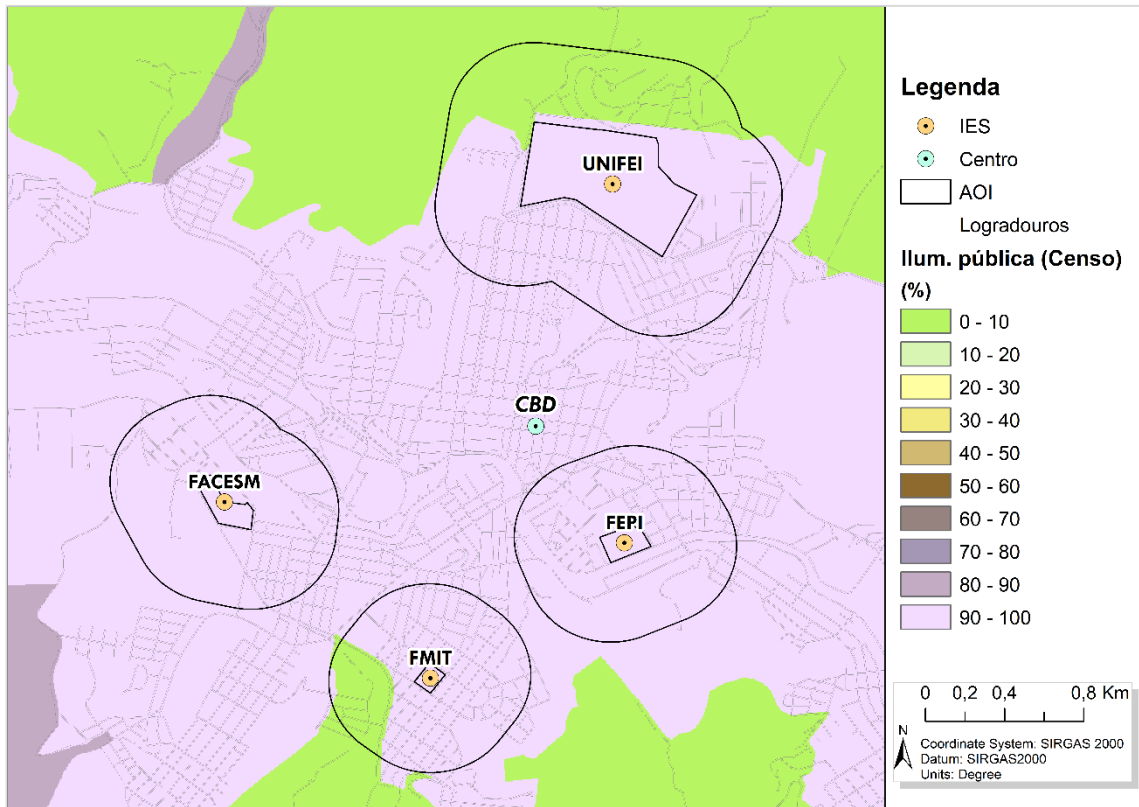


Figura 18 - Percentual de iluminação pública por setores censitários

Fonte: Censo 2010 (IBGE).

É possível perceber que grande parte das áreas estudadas possui de 90 a 100% dos domicílios atendidos pelo serviço de iluminação pública, com exceção de áreas no entorno da FMIT e da Unifei classificadas na faixa entre 0 a 10%. Esse resultado se deve ao fato dessas áreas apresentarem desenvolvimento recente no município.

A iluminação pública influencia positivamente as áreas urbanas onde é instalada, apresentando-se como um item que compõe a análise de valor do solo urbano. Dessa forma, é importante que esse critério seja maximizado, ou seja, quanto maior a abrangência de iluminação pública, maior seu impacto no valor do solo.

Para a obtenção do mapa normalizado foi empregada uma função *fuzzy* sigmoidal crescente. Maiores percentuais de cobertura do serviço receberam valores próximos de 1,0, enquanto percentuais menores receberam valores próximos de 0,0. O mapa contendo os scores normalizados de abrangência de iluminação pública pode ser visto na Figura 19.

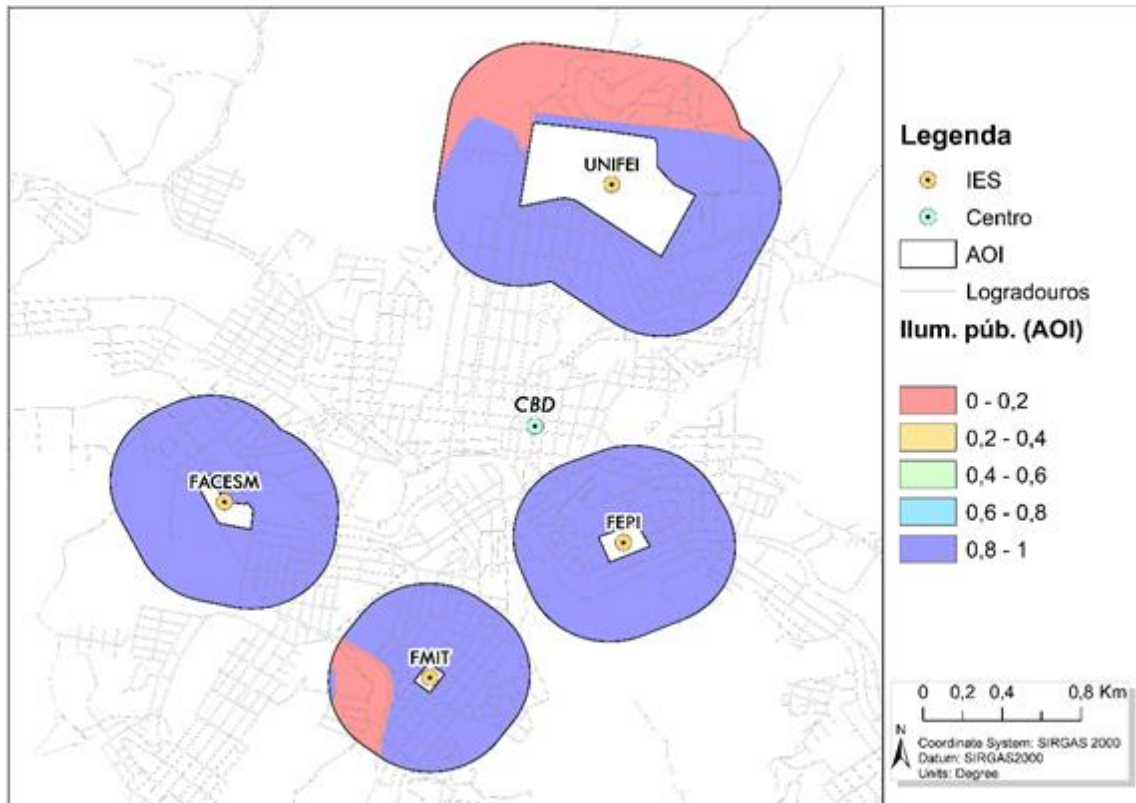


Figura 19 - Mapa normalizado do critério “Iluminação pública”

É possível notar que grande parte das áreas estudadas (AOI) apresenta *scores* altos para a questão da iluminação pública, entre 0,8 e 1,0, com exceção das áreas já mencionadas, que obtiveram *scores* entre 0,0 e 0,2.

b) Abastecimento de água

O abastecimento de água é um serviço de grande relevância de infraestrutura e determinante para a ocupação do solo pelos diferentes usos. Assim, para esse trabalho, também é importante a avaliação de sua existência ou não nas áreas estudadas. Entre os dados apurados pelo Censo de 2010 está o percentual de domicílios por setor censitário que contam com abastecimento de água pela rede de abastecimento geral. O tratamento desses dados permitiu gerar o mapa apresentado na Figura 20.

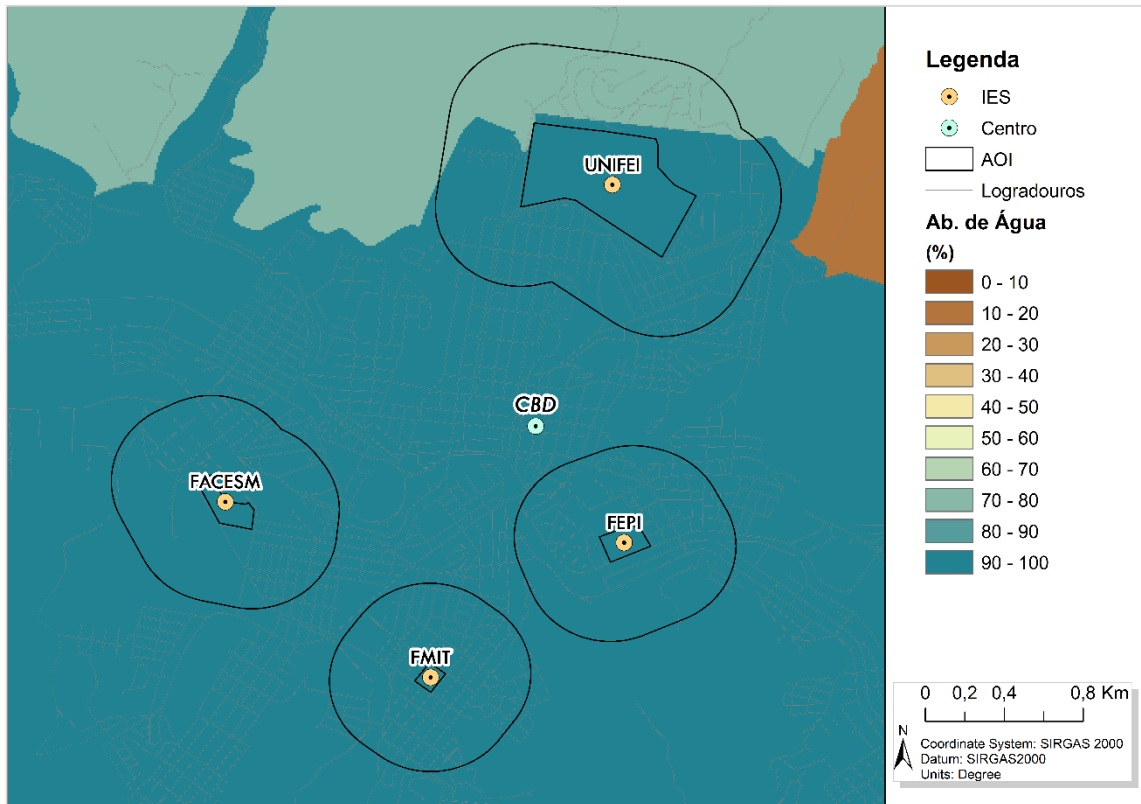


Figura 20 - Percentual de abastecimento de água via rede geral por setores censitários

Fonte: Censo 2010 (IBGE)

É possível perceber que a maioria dos entornos estudados (AOI) apresenta de 90 a 100% de abastecimento de água via rede geral. Para o entorno da Unifei, entretanto, há percentuais entre 70 e 80%, o que pode estar relacionado ao fato de ser uma área do município com desenvolvimento mais recente.

De acordo com as evidências encontradas, há impacto positivo no valor das áreas urbanas quando essas contam com itens de infraestrutura básica, assim, é importante que o critério “Abastecimento de Água” seja maximizado. Para a normalização do critério foi empregada uma função *fuzzy* sigmoidal crescente, com percentuais de abastecimento baixos tendendo a 0,0 e percentuais mais altos tendendo a 1,0, gerando a Figura 21.

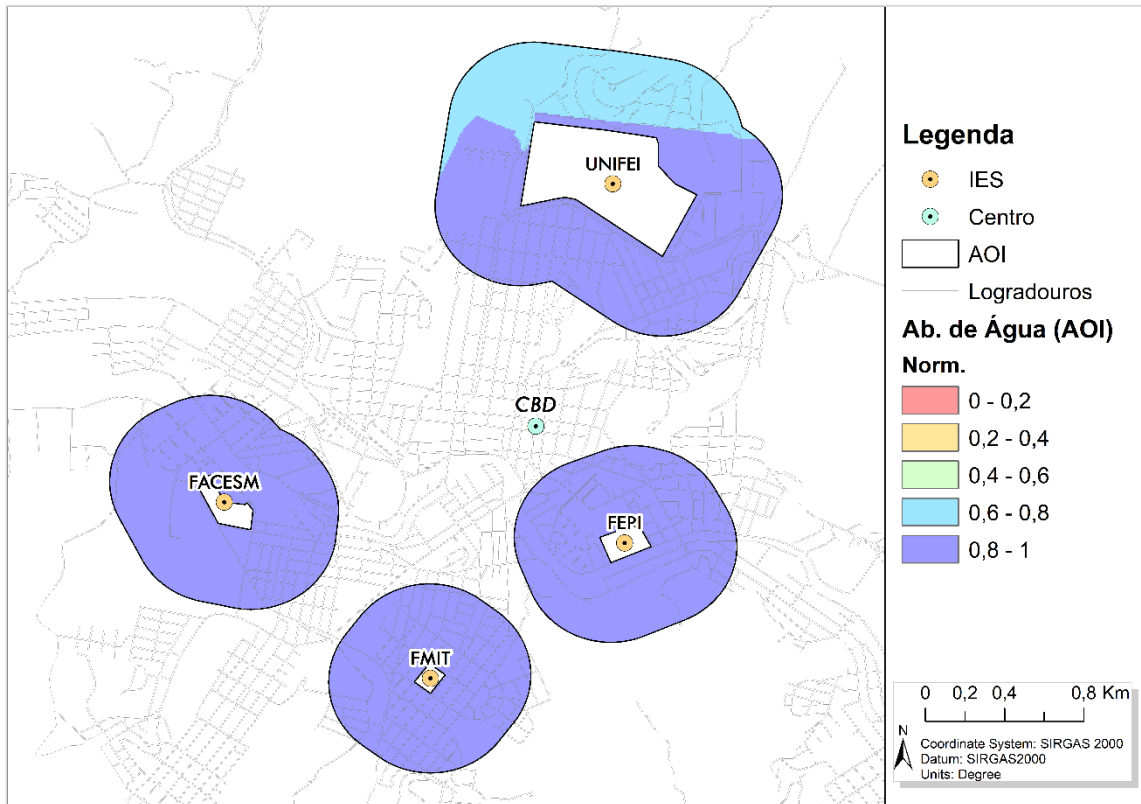


Figura 21 - Mapa normalizado do critério “Abastecimento de água”

Como esperado, o percentual de abastecimento mais baixo no entorno da Unifei lhe conferiu um *score* normalizado correspondente, entre 0,6 e 0,8, ao passo que para as outras áreas de entorno esse resultado se encontra entre 0,8 e 1,0.

c) Esgotamento sanitário

A existência de esgotamento sanitário é tão importante quanto a existência de abastecimento de água. Trata-se de um item indispensável de infraestrutura e de alto impacto para a saúde e qualidade de vida. Assim, é natural que a existência de esgotamento sanitário seja incorporada na valoração do solo urbano.

Dados do Censo 2010 permitiram obter o percentual de domicílios por setor censitário cujo esgotamento sanitário é feito via rede geral, os resultados do IBGE são apresentados na Figura 22.

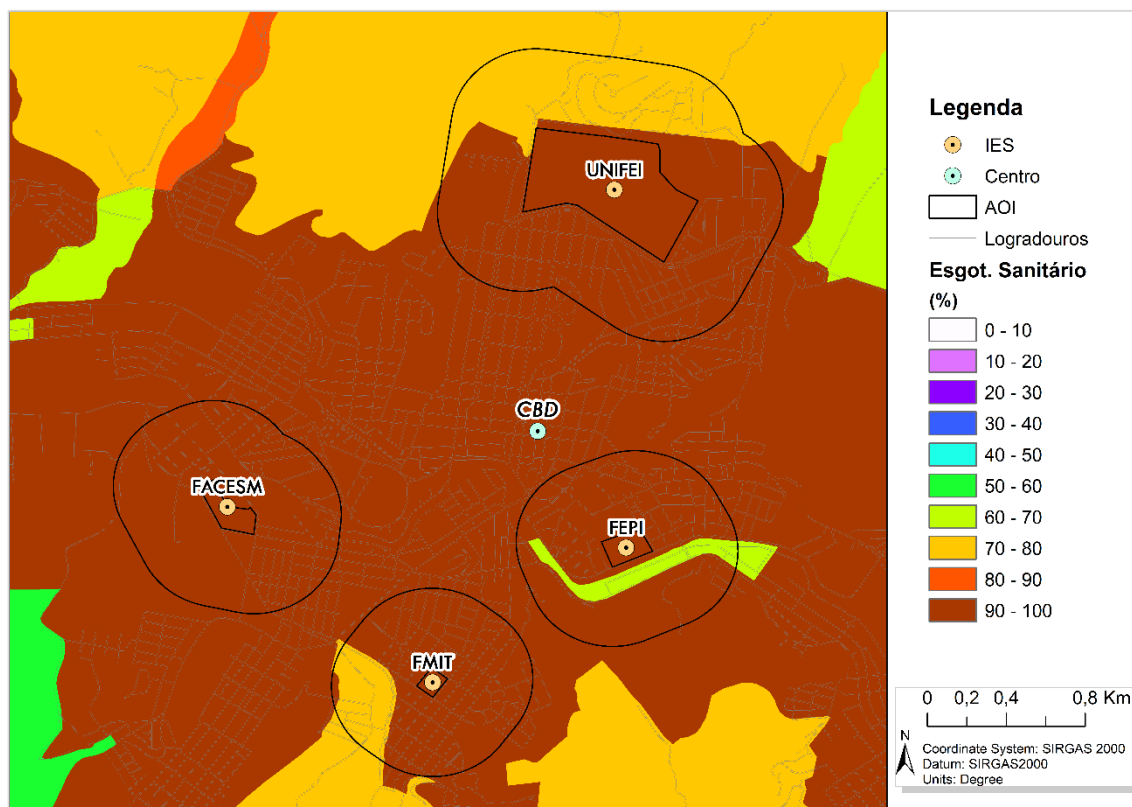


Figura 22 - Percentual de esgotamento sanitário via rede geral por setores censitários

Fonte: Censo 2010 (IBGE)

Grande parte das áreas estudadas apresentam níveis satisfatórios de esgotamento sanitário. Os entornos da Unifei e da FMIt para esse critério também apresentam áreas diferenciadas, entre 70 e 80%. Vale apontar que a Fepi apresenta uma faixa com percentual de esgotamento menor, localizada à margem do Rio Sapucaí.

Para a normalização do critério “Esgotamento sanitário” seguiram-se os mesmos passos adotados para os critérios anteriores. O emprego de uma função *fuzzy* sigmoidal crescente permitiu priorizar áreas de maior cobertura (valores tendendo a 1,0) em detrimento de áreas com baixa cobertura do serviço (valores tendendo a 0,0). Em outras palavras, locais atendidos pelo serviço de esgotamento sanitário via rede geral são mais valorizados que aqueles com baixo atendimento. O resultado da normalização é apresentado na Figura 23.

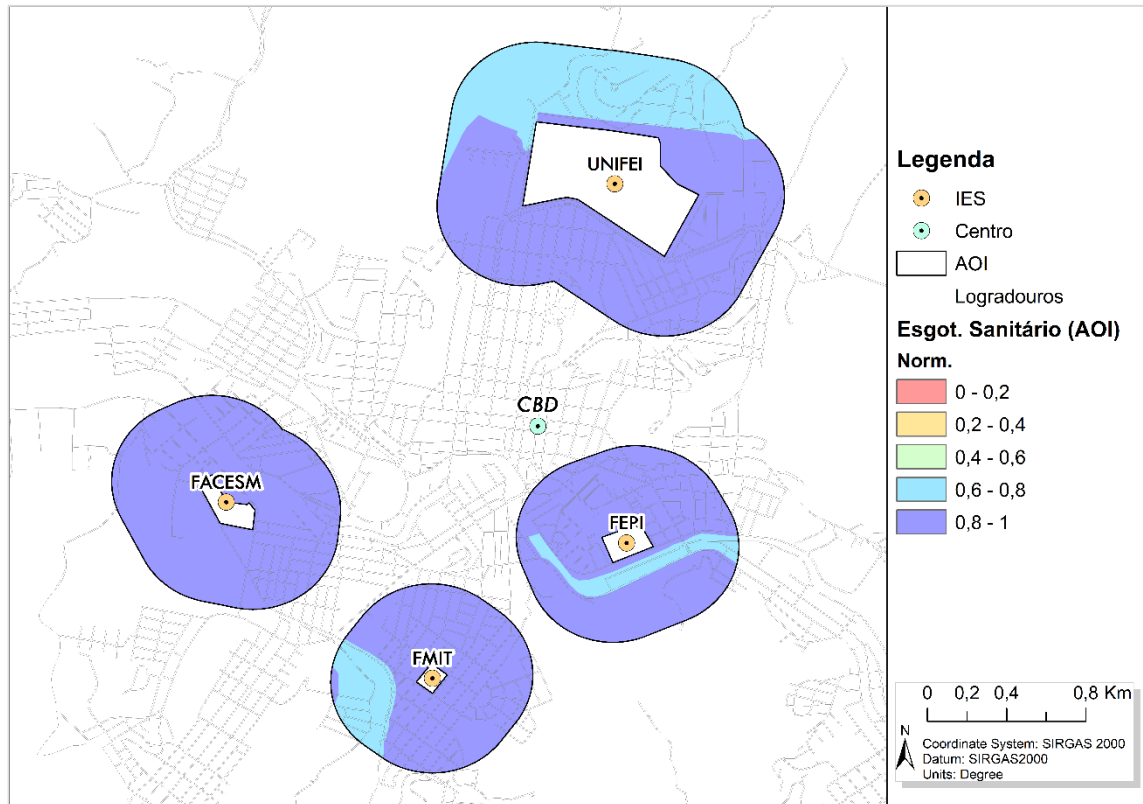


Figura 23 - Mapa normalizado do critério “Esgotamento sanitário”

É possível perceber que o desempenho do critério “Esgotamento sanitário” é alto, ficando entre 0,6 e 1,0, de forma geral. Merece destaque o entorno da Facesm, que em sua totalidade se classificou na faixa de scores mais altos.

d) Pavimentação

A existência de pavimentação é um dos fatores dentre aqueles de infraestrutura básica que contribuem para a classificação de uma área em urbanizada ou não urbanizada e, por isso, consiste em um aspecto avaliado na construção de Plantas Genéricas de Valores dos municípios (ABNT, 2011; BRONDINO, 1999).

O Censo 2010 disponibiliza o percentual de vias pavimentadas para os setores censitários do município, o que pode ser visualizado na Figura 24. As áreas em verde correspondem àquelas áreas com menos de 20% de vias pavimentadas. Para as áreas de interesse, é possível observar que a maior parte delas possui um percentual de mais de 90% de pavimentação.

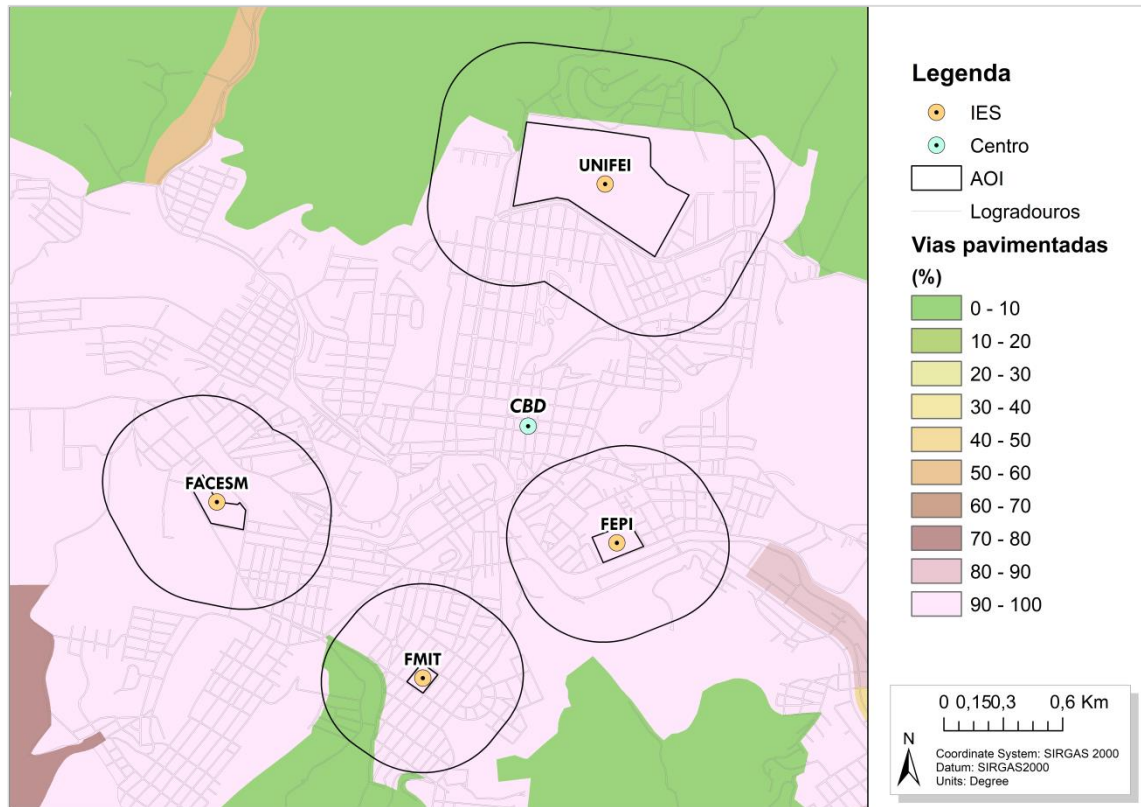


Figura 24 - Percentual de vias pavimentadas por setores censitários

Fonte: Censo 2010 (IBGE)

Como visto, para um impacto positivo no valor do solo, é importante que haja oferta de infraestrutura básica, nesse caso, de pavimentação. Para a normalização desse critério foi empregada uma função *fuzzy* sigmoidal crescente, onde áreas com maiores percentuais de pavimentação foram as mais preferíveis (valores próximos de 1,0) e áreas com menores percentuais, menos preferíveis (valores próximos de 0,0). Assim, obteve-se o resultado conforme a Figura 25.

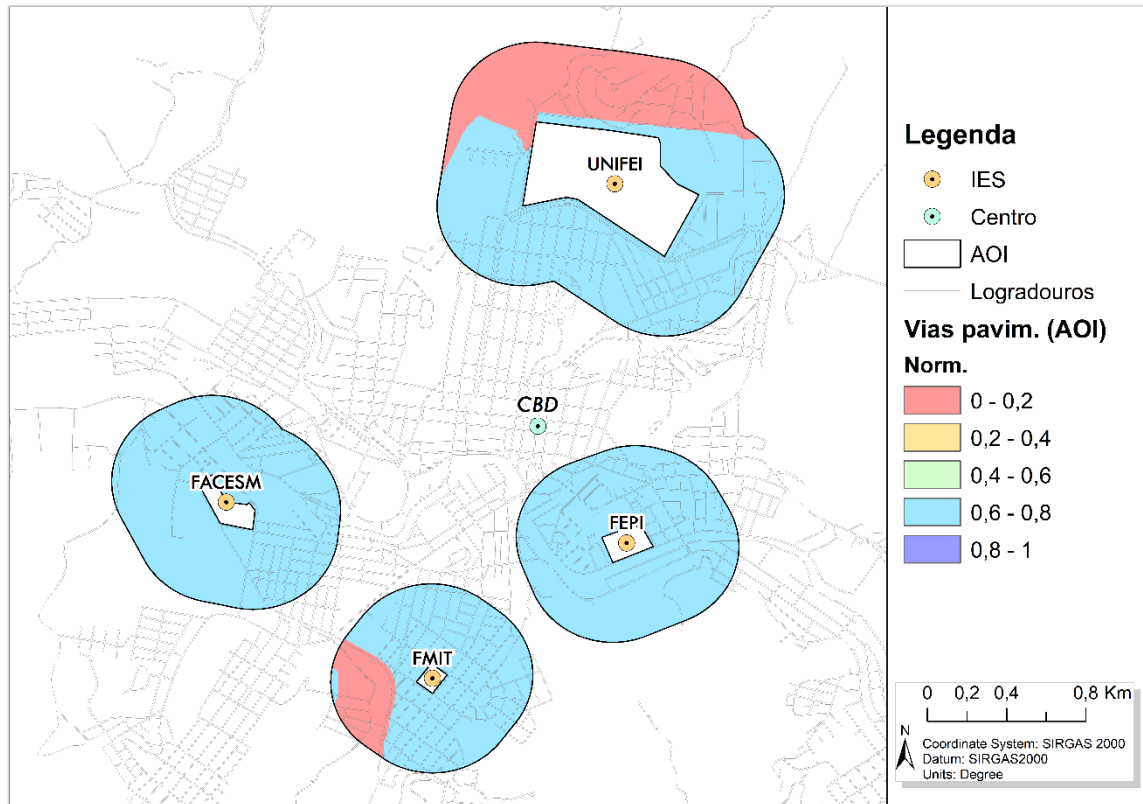


Figura 25 - Mapa normalizado do critério “Pavimentação”

Os entornos da Unifei e da FMIt possuem áreas com desenvolvimento mais recente, assim apresentaram scores mais baixos que os entornos da Facesm e da Fepi, com desenvolvimento mais antigo.

B) Localização

a) Distância do centro da cidade

A distância do centro da cidade é um dos principais fatores que contribuem para a valorização ou desvalorização de uma localidade. Na teoria econômica clássica, a decisão dos agentes parte basicamente de um *trade-off* entre custos de alugueis e custos de deslocamento (ou de transportes), onde um deles deve ser minimizado. Assim, o agente que maximiza seus custos de alugueis “opta” por se localizar mais próximo ao CBD, onde dispõe de ampla acessibilidade. Em contrapartida, o agente que busca minimizar esse custo aumenta seus custos de deslocamento em ordem inversa, necessitando de transporte para a realização de suas atividades diárias (FUJITA, 1989).

Embora em alguns momentos o trabalho trate da conformação de subcentros a partir de movimentos de dispersão intraurbanos (*urban sprawl*), para efeitos de modelagem foi considerada a distância do CBD (no caso de Itajubá, de seu principal centro de comércio) em

aneis concêntricos até as IES. Ainda não há estudos para o caso específico da cidade que revelem a existência nem de subcentros e nem de novos centroides, portanto, essa abordagem é a que possui maior respaldo da literatura.

A Figura 26 traz um recorte da área urbana de Itajubá com destaque para seu centro comercial (ou CBD), para as IES e suas respectivas áreas de interesse (AOI). O CBD é representado por um ponto associado à Praça Theodomiro Santiago. Para as áreas de interesse foram calculados seus centroides, destacando os pontos centrais das próprias IES. Através da ferramenta “*Multiple Ring Buffer*” foi possível representar os aneis concêntricos partindo de 0 a 2.500m.

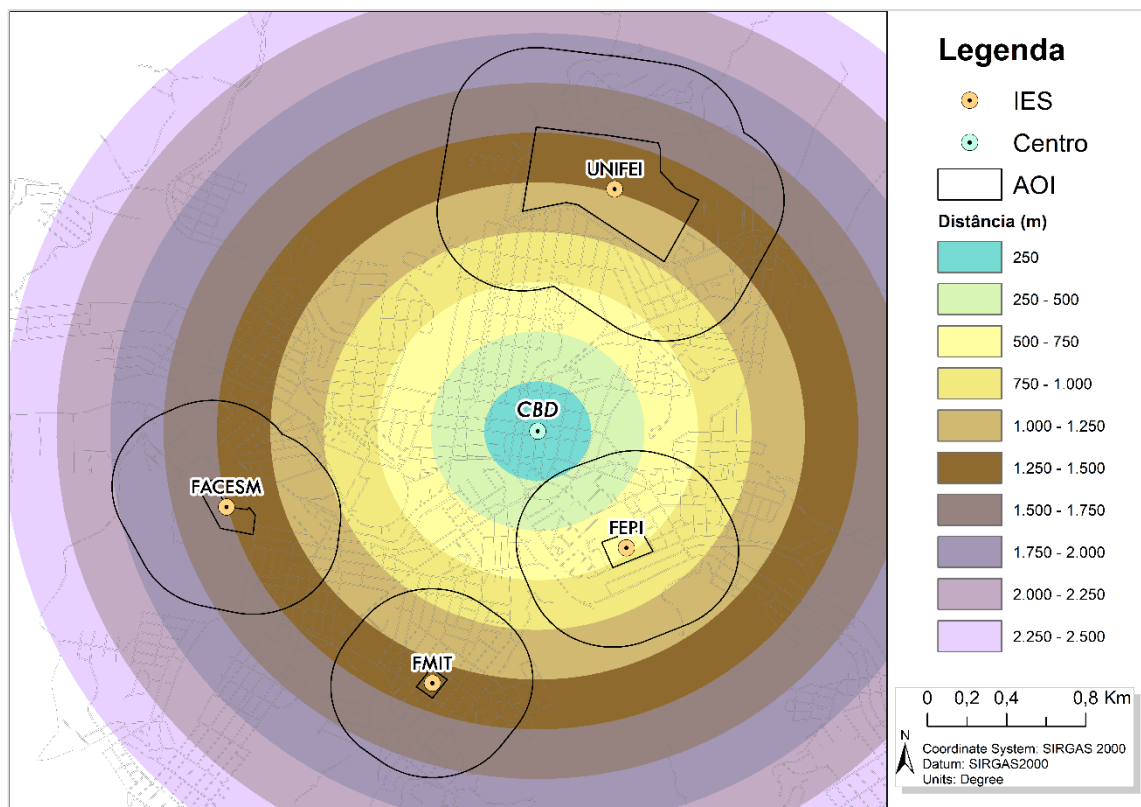


Figura 26 - Distância entre CBD e áreas de interesse através de anéis concêntricos

Para a normalização do critério “distância do centro da cidade” utilizou-se a função *fuzzy* linear decrescente. Assim, áreas mais distantes do CBD receberam valor próximos de 0,0 e áreas mais centrais, valores próximos de 1,0. O resultado dessa operação é apresentado na Figura 27.

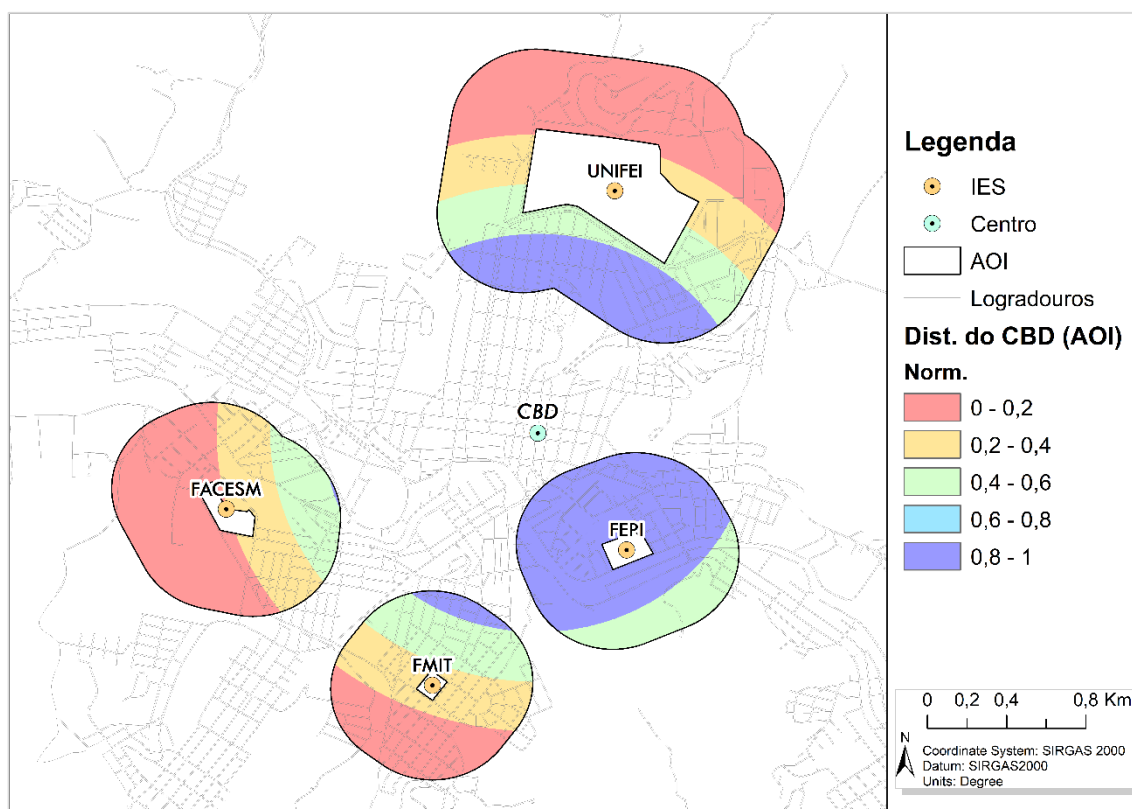


Figura 27 - Mapa normalizado do critério “Distância do centro da cidade”

Dessa representação, nota-se que as áreas de maior valor estão representadas por tons de azul e verde – com valores próximos a 1,0 – enquanto aquelas de menor valor estão em tons de amarelo tendendo a vermelho – valores próximos de zero. É possível perceber que a região de entorno da Fepi é a melhor localizada em relação ao centro de Itajubá. A região da Facesm, por sua vez, está em uma região menos valorizada de acordo com esse critério.

b) Área com risco de inundação

Um dos fatores analisados na avaliação do potencial de valorização do solo é a “segurança” frente aos desastres naturais, onerosos à vida e à realização de atividades humanas. Entre os fenômenos de maior incidência nos municípios brasileiros estão os deslizamentos de terra e as inundações, também chamados de *riscos geológicos*, ambos relacionados em maior ou menor grau ao aumento do nível de chuvas (precipitações).

Cabe fazer uma pequena diferenciação entre enchentes, inundações e, ainda, alagamentos, uma vez que esses conceitos podem influenciar a forma como são analisados e as medidas a serem tomadas. Enchentes ocorrem quando o leito de um rio atinge seu nível máximo, sem transbordamento. As inundações, quando a água avança para além das margens do rio, atingindo a planície de inundação. Já o conceito de alagamento está relacionado à

infraestrutura urbana, quando da deficiência do sistema de drenagem das águas pluviais (BRASIL, 2007).

Embora menos recorrentes, as inundações estão entre os riscos geológicos de maior repercussão na história das cidades brasileiras, muitas das quais continuam a se desenvolver ao longo das planícies de inundação dos rios. A proximidade de corpos d'água aliada a falhas no planejamento urbano expõe a população ao risco de inundações, essas, por sua vez, trazem prejuízos materiais e imateriais, muitas vezes irrecuperáveis. A Figura 28 apresenta a mancha da última grande inundação documentada em Itajubá, popularmente conhecida por “enchente de 2000”.

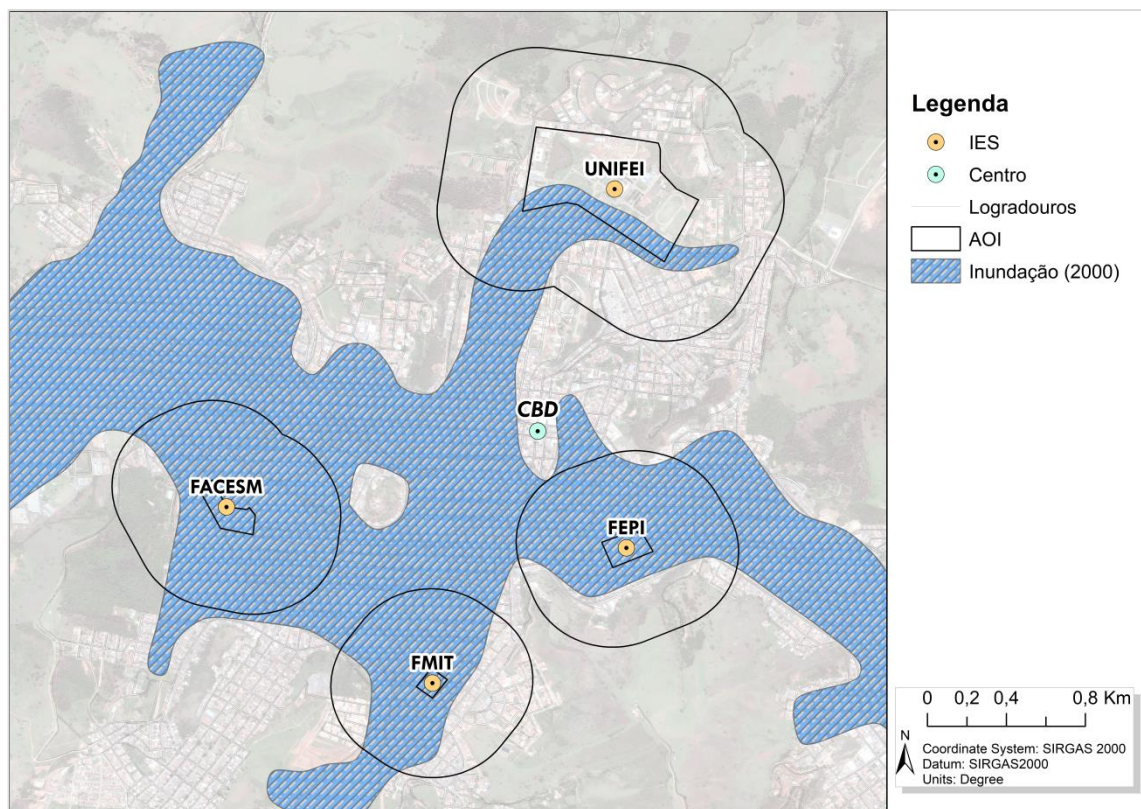


Figura 28 - Maior inundação recente no município de Itajubá, ano 2000

Fonte: Elaboração própria com base em imagens do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Fundação Israel Pinheiro (FIP)/Prefeitura Municipal de Itajubá.

Após a inundação de 2000 e até recentemente, algumas obras foram feitas a fim de conter uma recidiva nessas proporções. É importante mencionar que grande parte da área de inundação é urbana e habitada, inclusive áreas do centro da cidade encontram-se nesse meio, revelando o desenvolvimento do município às margens do rio.

Para a normalização do critério “área com risco de inundação” foram necessárias algumas etapas no *software* utilizado. Partiu-se de uma abordagem binária, onde a palavra

“Sim” foi atribuída ao polígono da inundação e “Não” atribuída ao polígono fora da área de inundação. Em seguida, as etapas de transformação dos polígonos em *raster* e reclassificação levaram a uma nova interpretação das informações.

Através de uma função *fuzzy* linear crescente as áreas sem risco de inundação, mais preferíveis, receberam valor 1,0, enquanto as áreas inundáveis, menos preferíveis (ou menos valorizadas) receberam o valor 0,0. A Figura 29 apresenta o desempenho do critério “área com risco de inundação” para as diferentes áreas de interesse.

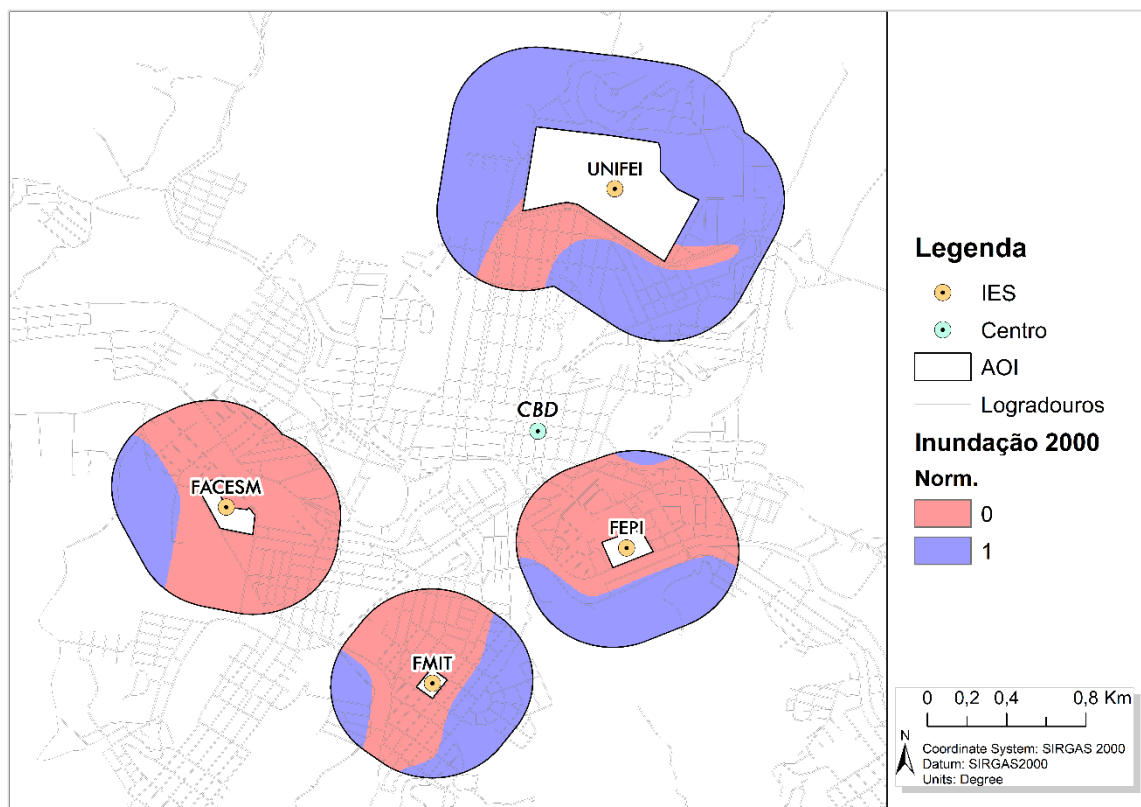


Figura 29 - Mapa normalizado do critério “Área com risco de inundação”

Todas as áreas de interesse apresentam em maior ou menor grau o risco de serem afetadas por uma eventual nova inundação, sendo que o entorno da Unifei apresenta uma área menor sob risco.

c) Declividade

A questão da declividade é bastante analisada quando se trata da valoração do solo urbano (ABNT, 2011, BRONDINO, 1999). Ela está entre os principais aspectos físicos considerados e influencia, sobretudo, as questões de zoneamento, uma vez que determina a facilidade – ou dificuldade – em se construir em determinado local.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979) apresenta uma classificação para a declividade de acordo com faixas percentuais para a inclinação do terreno. Essa classificação foi incorporada ao trabalho e é apresentada no Quadro 6.

Quadro 6 - Classes de declividade

Classe	Percentual de inclinação
Plano	0 – 3%
Suave Ondulado	3 – 8%
Ondulado	8 – 20%
Forte Ondulado	20 – 45%
Montanhoso	45 – 75%
Escarpado	> 75%

Fonte: Embrapa (1979).

Assim, para a mensuração do critério Declividade, foi obtido junto à plataforma *online* da *United States Geological Survey* (USGS) o Modelo Digital de Elevação ASTER GDEM¹² para a região em estudo. Após a projeção do arquivo raster e a utilização da ferramenta *Slope*, foi possível inserir as classes de declividade da Embrapa (1979), resultando no mapa apresentado na Figura 30.

¹² ASTER GDEM é um produto da NASA (*United States National Aeronautics and Space Administration*) em conjunto com o METI (*Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan*).

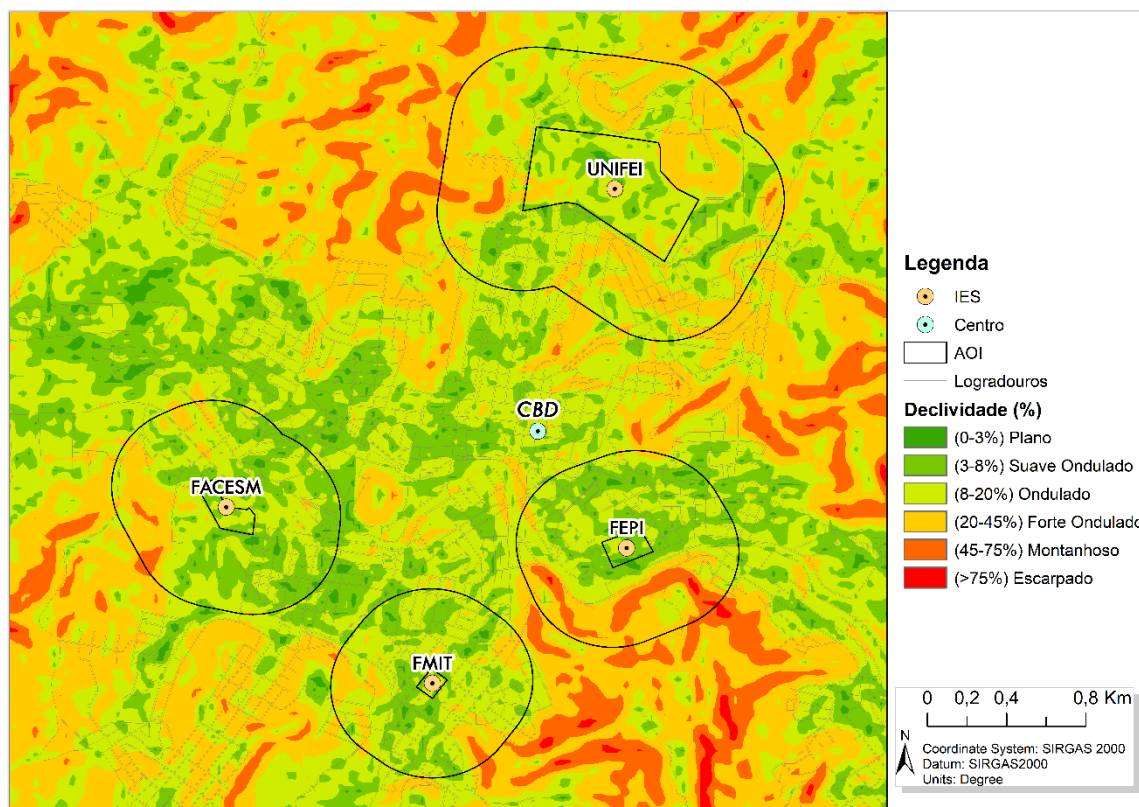


Figura 30 - Declividade de acordo com a classificação da Embrapa

Pode-se observar a alta variabilidade na declividade para o município de forma geral. Já nas áreas de interesse, as classes de declividade predominantes são suave-ondulado, ondulado e forte-ondulado (Unifei).

A última proposta de revisão da legislação urbanística de Itajubá (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBÁ, 2015) classifica as áreas do município em *aedificandi* e *non aedificandi*. Nas áreas *aedificandi* podem haver construções em lotes ou conjunto de lotes desde que estes estejam registrados no Cartório de Registro de Imóveis e façam parte do parcelamento aprovado. Já entre as disposições sobre as áreas *non aedificandi*, o documento cita, entre outras questões, a impossibilidade de se construir em terrenos com percentual de declividade acima de 45%.

Frente ao objetivo do modelo, áreas com declividade entre 0% e 45% são, assim, mais preferíveis devido ao seu potencial de utilização, seja para implantação de um novo uso, seja para reserva de valor. Através de uma função *fuzzy* linear decrescente, áreas com declividade inferior a 45% receberam valores próximos de 1,0, enquanto áreas acima desse limite receberam valores próximos de 0,0 (Figura 31).

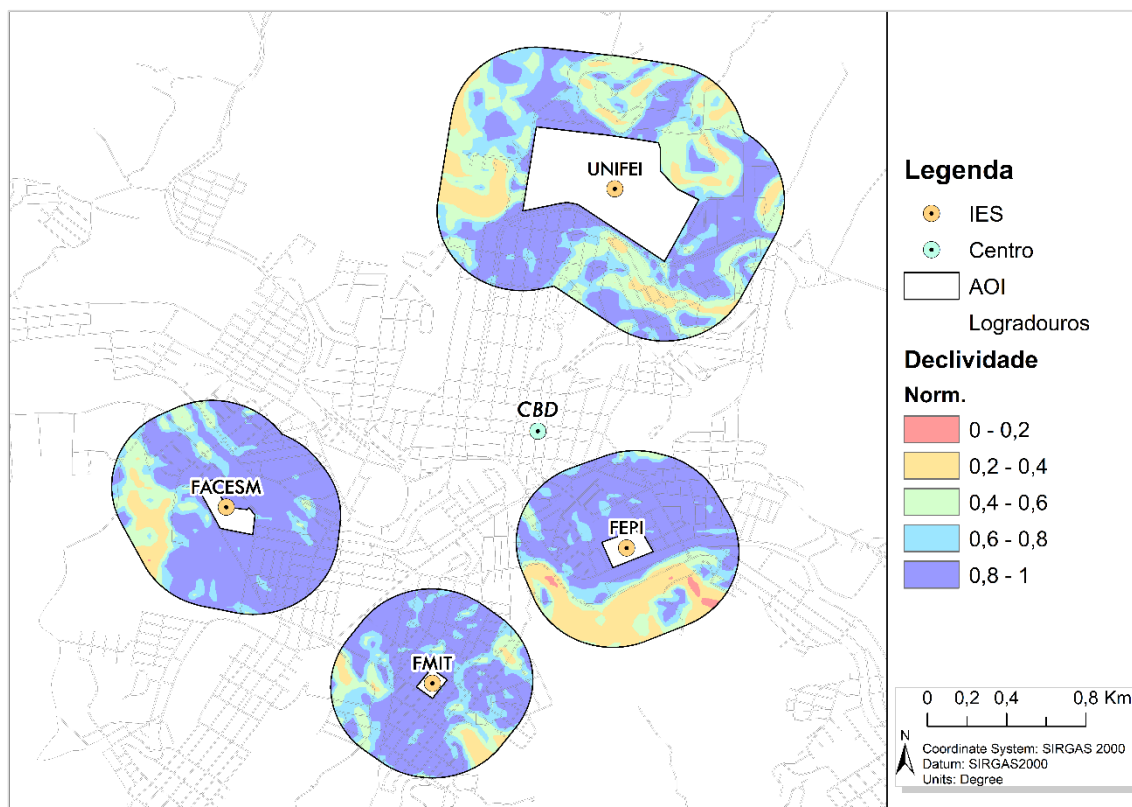


Figura 31 - Mapa normalizado do critério “Declividade”

De acordo com o mapa da Figura 31, é possível observar que os entornos da FMIt e Facesm apresentam um bom desempenho para o critério Declividade. As outras duas áreas de estudo, no entanto, são mais heterogêneas, possuindo faixas em scores mais baixos, entre 0,2–0,4 e 0,4–0,6.

C) Acessibilidade

a) Serviço de transporte coletivo (TC)

O transporte conecta pessoas a diversos lugares e é intrínseco à realização de movimentos pendulares, isto é, deslocamentos diários comumente distribuídos entre trabalho, estudo e tarefas rotineiras (STAMM *et al.*, 2013; STEIN; SILVA, 2014). Não obstante, é possível perceber a existência de problemas estruturais de investimentos em transportes e como eles afetam a sociedade e seu cotidiano, sendo a adoção do transporte coletivo uma opção real de deslocamento.

No trabalho buscou-se caracterizar o Serviço de Transporte Coletivo (TC), porém, foge ao objetivo: (i) encontrar o nível de serviço adequado; e (ii) tratar da qualidade e/ou da diferenciação desse serviço. O escopo do trabalho nesse critério consiste em obter um nível de acesso ao transporte coletivo em cada área de interesse. Para tanto, obtiveram-se dados junto à

empresa de ônibus licitada no município, ao LogTranS e com auxílio do Google Maps foram traçados os itinerários, observadas as informações dos horários de ônibus, como pode se observar na Figura 32.

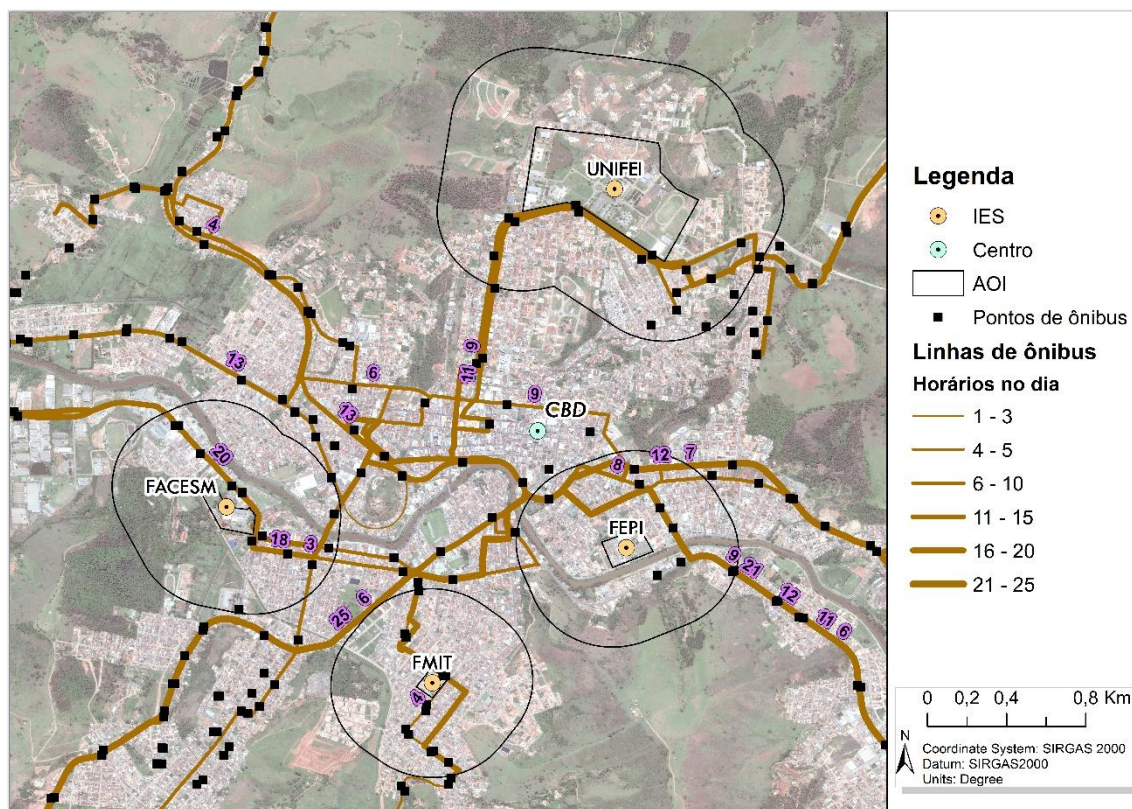


Figura 32 - Serviço de Transporte Coletivo em Itajubá-MG
Fonte: LogTranS, Google Maps.

Para geração do mapa que mede “acesso”, partiu-se do princípio que o serviço congrega paradas (pontos), itinerários (linhas) e número de horários de cada itinerário (frequência). Com auxílio do *ArcGIS* foram capturados os pontos e as linhas (com suas frequências) para cada AOI e com auxílio do *Microsoft Office Excel* foram computados os cálculos. Os dados seguem detalhados nas figuras a seguir.

Nas Figuras 33 e 34, é possível perceber que embora a AOI da Fepi possua menos pontos de ônibus, ela é a que apresenta maior número de linhas e frequência de horários. A AOI da Unifei possui o maior número de pontos entre as AOI analisadas, mas números baixos de linhas e frequência. O entorno da Facesm está em segundo lugar em número de linhas e isso faz com que o acesso a ele seja bom, consideradas também suas linhas. Já a AOI da FMIT apresenta um bom número de pontos, porém um número de linhas baixo e com frequências baixas.

Serviço de Transporte Coletivo			
AOI	Pontos	Linhas	Descrição
Unifei	16	3	Linhas 02, 07, 17
Fepi	9	13	Linhas 01, 02, 03, 04, 05, 06, 10-B, 11-A, 11-B, 11-C, 12, 14, 15
Facesm	12	8	Linhas 01, 05, 06, 07, 07-B, 08, 15, 17
FMIIt	12	2	Linhas 08, 13

Figura 33 - Relação dos pontos de ônibus e itinerários nas AOI

Linhas	Horários	Linhas	Horários
Linha 01	9		
Linha 02	11	Linha 10-B	8
Linha 03	21	Linha 11-A	12
Linha 04	25	Linha 11-B	9
Linha 05	12	Linha 11-C	13
Linha 06	9	Linha 12	11
Linha 07	20	Linha 13	4
Linha 07-B	3	Linha 14	7
Linha 08	18	Linha 15	6
Linha 09	13	Linha 16	4
Linha 09-B	6	Linha 17	9
Linha 10	6	Linha 18	3

Figura 34 - Linhas de ônibus e número de horários

Por “horários” entende-se o número de horários de cada itinerário em um dia, denotando, assim, a frequência dos ônibus. Para o cálculo do acesso ao TC em cada AOI foi feito o somatório de horários de cada linha, multiplicado ao número de linhas e novamente multiplicado ao número de pontos, resultando em número dos quais se extraiu o percentual de “acesso”, sendo os resultados expostos na Figura 35.

Acesso ao Transporte Coletivo (TC)		
AOI	Coef.	%
Unifei	1920	6,71%
Fepi	17901	62,58%
Facesm	8256	28,86%
FMIIt	528	1,85%
<i>Total</i>	28605	100,00%

Figura 35 - Coeficiente de "acesso" ao TC

Para apresentação desses resultados em SIG, foi criada uma camada contendo as áreas de interesse de cada IES e a elas foram associados os coeficientes, conforme Figura 36. É uma

representação próxima à realidade, pois leva em consideração componentes fundamentais do serviço de transporte coletivo, que são as dimensões física (pontos e rotas) e temporal (horários).

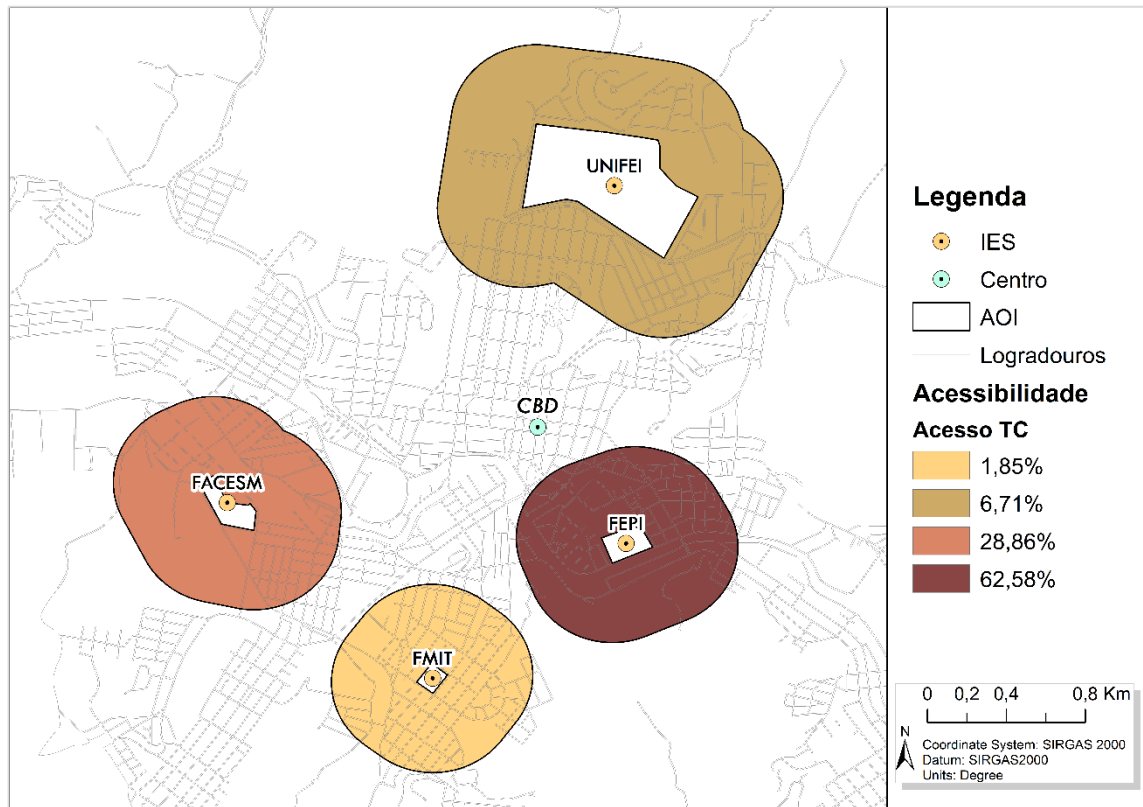


Figura 36 - Mapa do critério "Serviço de Transporte Coletivo"

Para a normalização do critério Serviço de Transporte Coletivo foi aplicada a função *fuzzy* linear crescente, considerando que áreas com maior *score* são mais valorizadas. Nesse sentido, foram priorizadas as áreas de interesse com maior coeficiente de acesso ao transporte coletivo, resultando na Figura 37.

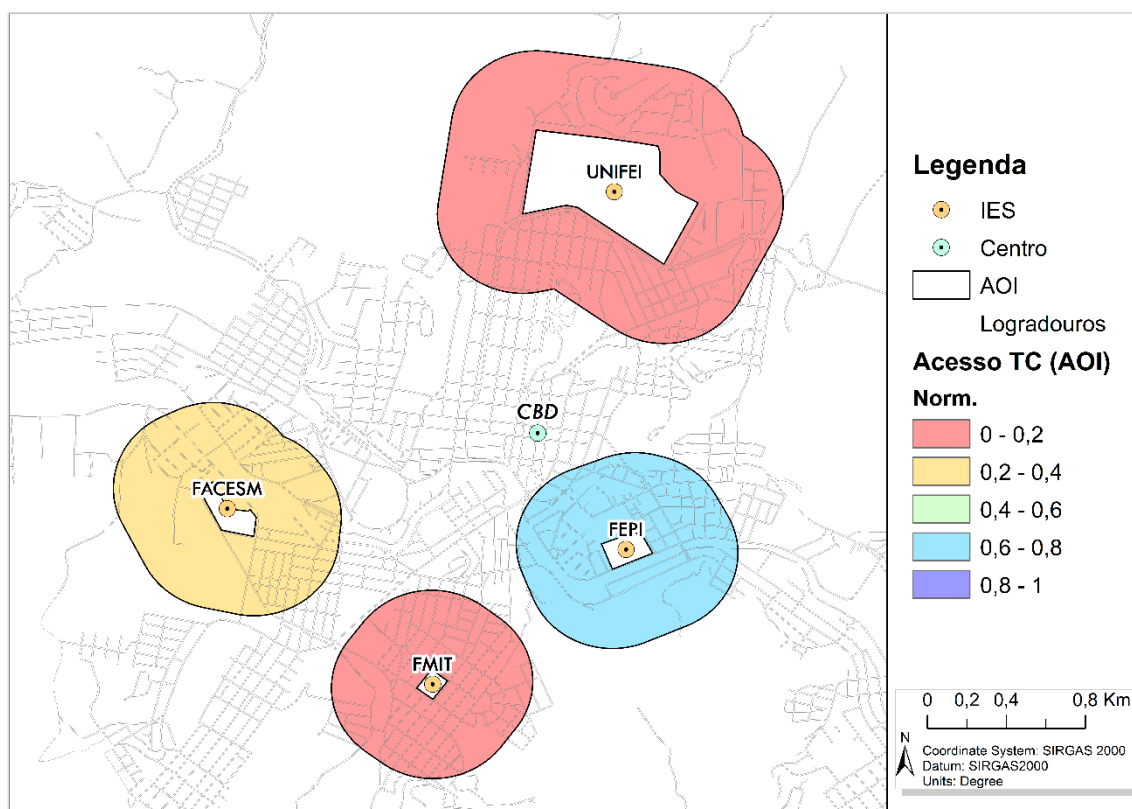


Figura 37 - Mapa normalizado de "Serviço de Transporte Coletivo"

Os *scores* normalizados reforçam a discussão acerca do acesso ao serviço de transporte coletivo nos entornos das IES. As AOI da Unifei e da FMIT apresentaram baixo desempenho, Facesm, desempenho mediano e Fepi, o melhor desempenho, não atingindo, contudo, a faixa de *scores* mais elevados (0,8–1,0).

b) Área de estacionamento

A existência de área de estacionamento em um PGV¹³ é importante para minimizar os impactos que ele traz à circulação e ao sistema viário diariamente. Esses impactos são chamados de impactos diretos, de curto prazo. No médio e longo prazo, no entanto, os efeitos da atração e produção de viagens passam a ser sentidos no nível da acessibilidade e no uso, ocupação e valorização do solo (KNEIB, 2004; PORTUGAL, 2012).

Nesse sentido, faz-se importante analisar a existência de área de estacionamento dentro das IES. Observa-se que no entorno da Fepi e da FMIT é possível estacionar também do lado de fora, permitindo o uso de vias adjacentes por alunos e funcionários. Para a construção do mapa desse critério, foi criada uma camada onde pôde-se atribuir uma escala a cada AOI, que pode ser observada na Figura 38. Foram adotados os valores 0,0, 0,5 e 1,0 indicando IES com área

¹³ Na legislação do município, os PGVs são chamados de “empreendimentos de impacto”.

de estacionamento somente no seu entorno; IES com estacionamento interno e no entorno; e IES com estacionamento exclusivo na área interna à instituição. As métricas possibilitam mensurar um dos impactos da produção de viagens por automóvel pelas IES na vida de quem mora nas regiões analisadas.

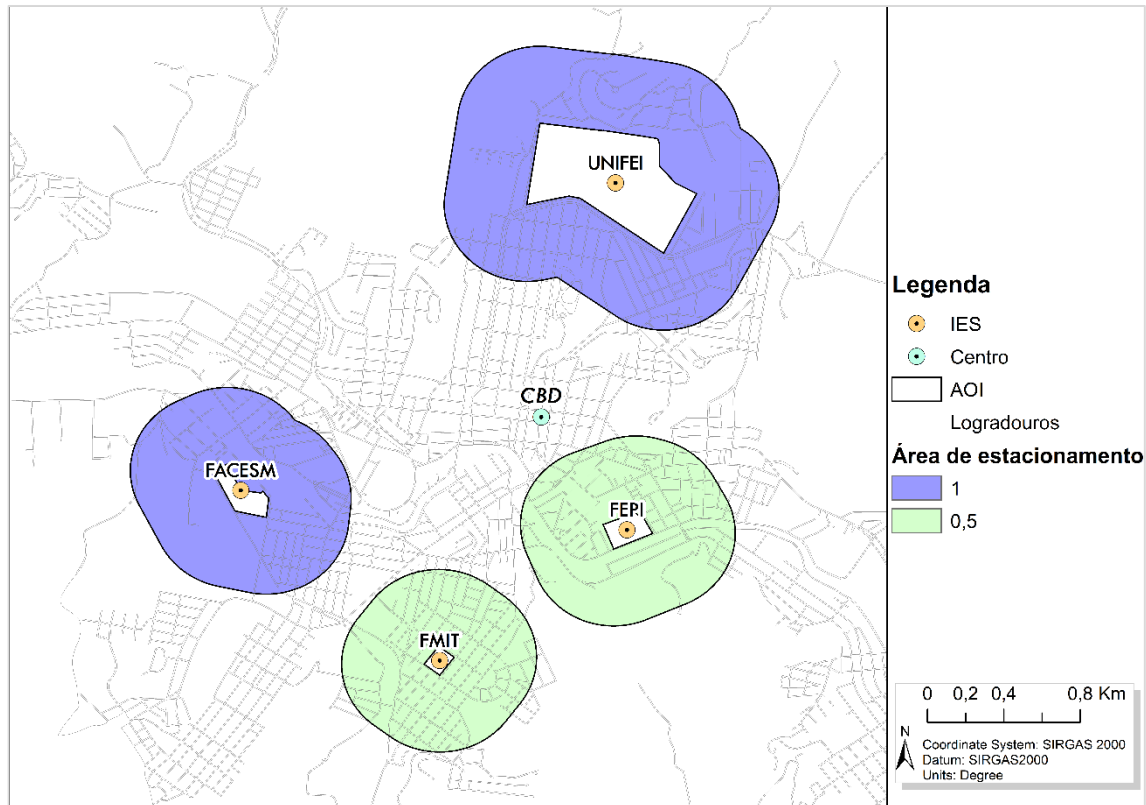


Figura 38 - Mapa do critério "Área de estacionamento"

No contexto do modelo, quando a IES não consegue absorver toda a demanda de viagens gerada por carro, são utilizadas vagas de estacionamento no entorno da instituição, acarretando em impactos negativos para a população local, tais como insegurança viária, poluição sonora e ruídos. A Figura 38 mostra que Fepi e FMIT possuem estacionamentos que estão sendo utilizados na sua capacidade máxima, fazendo com que motoristas utilizem as vagas nas proximidades e, conseqüentemente, podendo ocasionar a perda do valor do solo.

c) Área de carga e descarga

Esse critério foi elencado com base nas diretrizes de política urbana quando da existência de empreendimentos de impacto e é importante, assim como o critério anterior, para mitigar os efeitos negativos das viagens produzidas pelas IES. Nesse caso, atenção especial é dada à existência de área para carga e descarga de bens e prestação de serviços de transporte para usuários das instituições.

Para apresentação desse critério foi importante observar o número de portarias, pois denota uma preocupação das IES em tornar o fluxo de veículos mais natural e evitar problemas dentro de seus próprios campi em horários de pico. Também foi adotada uma escala para avaliação de áreas de carga e descarga, onde 0,5 reflete a existência de uma (1) portaria para veículos e 1 reflete a existência de duas (2) portarias, como visto na Figura 39.

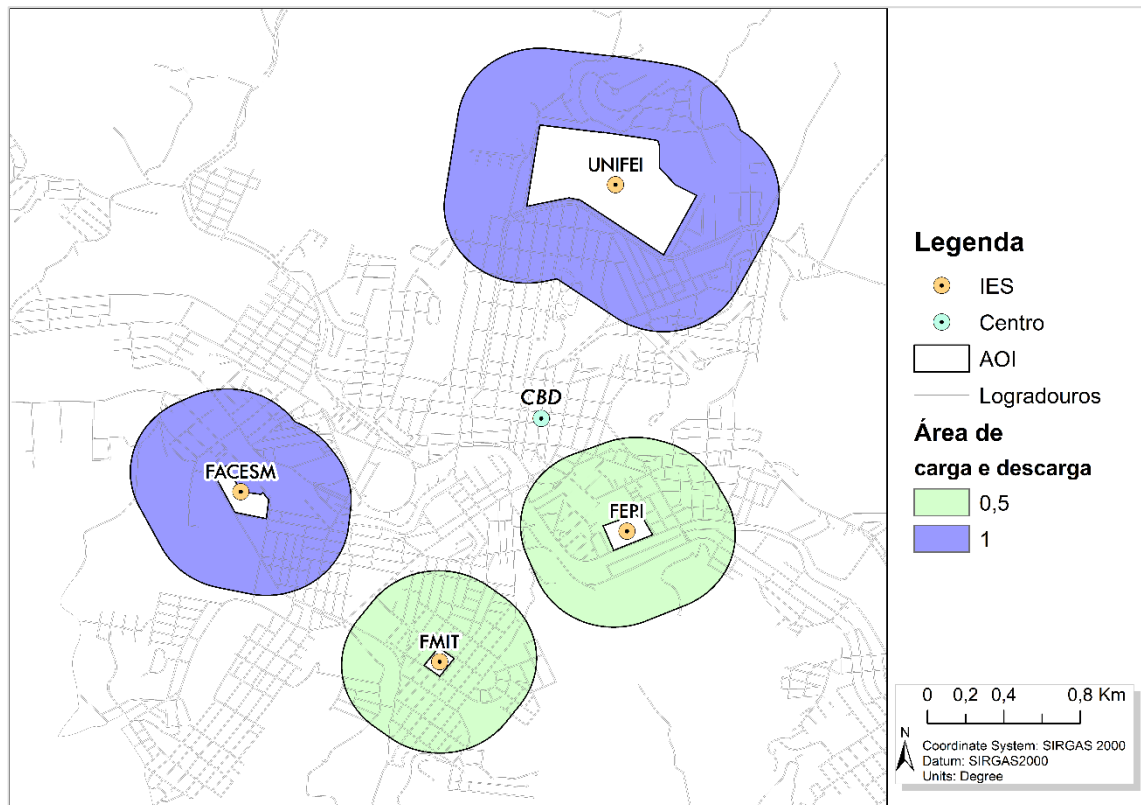


Figura 39 - Mapa do critério "Área de carga e descarga"

A escala decimal adotada foi construída de modo semelhante ao critério anterior. Essa escala expressa que: (i) as IES Unifei e Facesm possuem duas portarias de veículos usualmente utilizadas; (ii) a Fepi possui uma portaria e uma entrada e saída de veículos em seu pavilhão de eventos (esta última no contexto do trabalho não se configura em portaria); e (iii) a FMIt possui somente uma portaria exclusiva para veículos.

A existência de mais de uma portaria para veículos nas IES é importante para diluir o volume de veículos em horários de pico. Assim, essas IES diminuem o impacto viário de sua atuação cotidiana, uma vez que sua infraestrutura interna está interligada ao sistema viário (infraestrutura externa) de forma mais harmônica, preservando a segurança de pedestres, motoristas e habitantes locais e melhorando a mobilidade urbana nas AOI.

d) Ciclovias

As ciclovias, juntamente com o transporte coletivo e quaisquer sistemas de compartilhamento de veículos e caronas, permitem que as pessoas se locomovam de forma mais ativa e consciente. Através de bicicletas é possível mudar o padrão do sistema de transportes de um bairro e até de uma cidade de pequeno porte, tal como pequenas cidades universitárias (DELMELLE; DELMELLE, 2012). É importante conhecer a distribuição espacial das ciclovias em uma cidade, mas, sobretudo, faz-se importante conhecer em quais vias elas estão presentes, isto é, a integração da ciclovias (ou ciclofaixa) a vias de tráfego intenso.

Lima (2007) afirma que as vias são classificadas de acordo com sua importância econômica ou hierarquia viária. Pela hierarquia, há três tipos de vias de tráfego urbano, a saber: (i) via arterial, cujo fluxo de veículos é alto e rápido; (ii) via coletora, fluxo médio de veículos, conecta vias locais a regiões centrais ou direciona o tráfego para as vias arteriais; e (iii) via local, de fluxo mais baixo e lento de veículos, geralmente fazem parte de bairros mais afastados.

O embasamento técnico-empírico permite verificar que poucas cidades priorizam o investimento em ciclovias e sinalização de ciclofaixas de forma geral. Esse tipo de investimento é mais comum quando há um PGV (ou uma região de polos múltiplos), cuja geração de viagens supere a capacidade das vias de entorno nos horários de pico.

O caso de Itajubá não é diferente. Na cidade, é notável a presença de bicicletas e, independente da hierarquia da via, isto é, sejam elas rodovias, avenidas, ruas ou alamedas, cidadãos utilizam esse modo de transporte para realizar parte de suas atividades diárias. A Figura 40 permite a identificação do sistema ciclovitário (ciclofaixas) na área de estudo e relação com áreas de interesse.

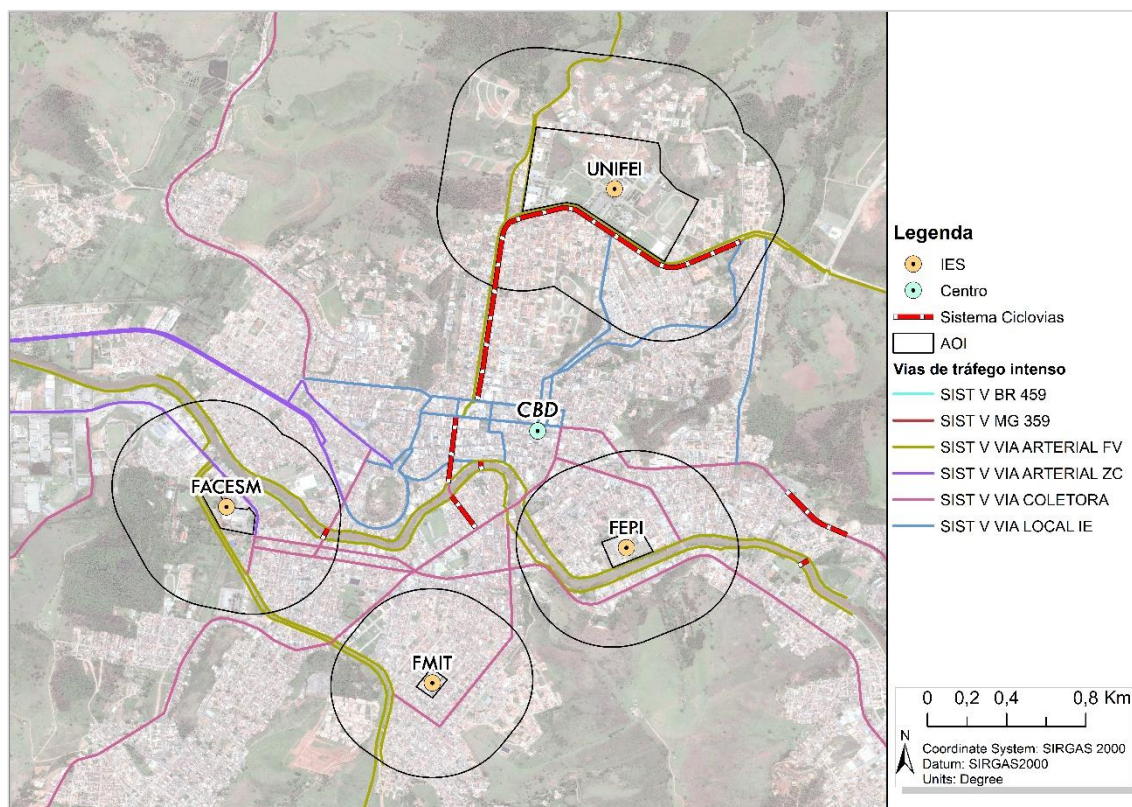


Figura 40 - Vias de tráfego intenso do município e Sistema Ciclovitário existente

Fonte: FÉLIX (Vias de tráfego intenso, 2017) | Pedala Itajubá (2017).

É possível perceber que o sistema ciclovitário de Itajubá não é interconectado, mas que os ciclistas utilizam o sistema viário comum para se locomoverem, o que revela pouco planejamento dos órgãos competentes voltado para os usuários desse modo de transporte. No modelo proposto nesse trabalho, o investimento em ciclovias e ciclofaixas faz parte das iniciativas tratadas na literatura como *smart growth*, ou seja, as ciclovias contribuem para uma circulação segura nas áreas centrais e para a manutenção da acessibilidade nas mesmas (KNEIB, 2004), valorizando o ambiente construído.

Para a representação do critério “Ciclovias”, foi necessário redesenhar as ciclovias e ciclofaixas existentes no município atribuindo-lhes o Sistema de Coordenadas Geográficas do arquivo de trabalho (SIRGAS 2000 UTM 23S). Depois desse primeiro passo, foram criados buffers múltiplos no entorno das ciclovias com distâncias de 250, 500, 750, 1.000 e 1.250 metros, conforme Figura 41, sendo a imagem resultante transformada em *raster* para posterior normalização.

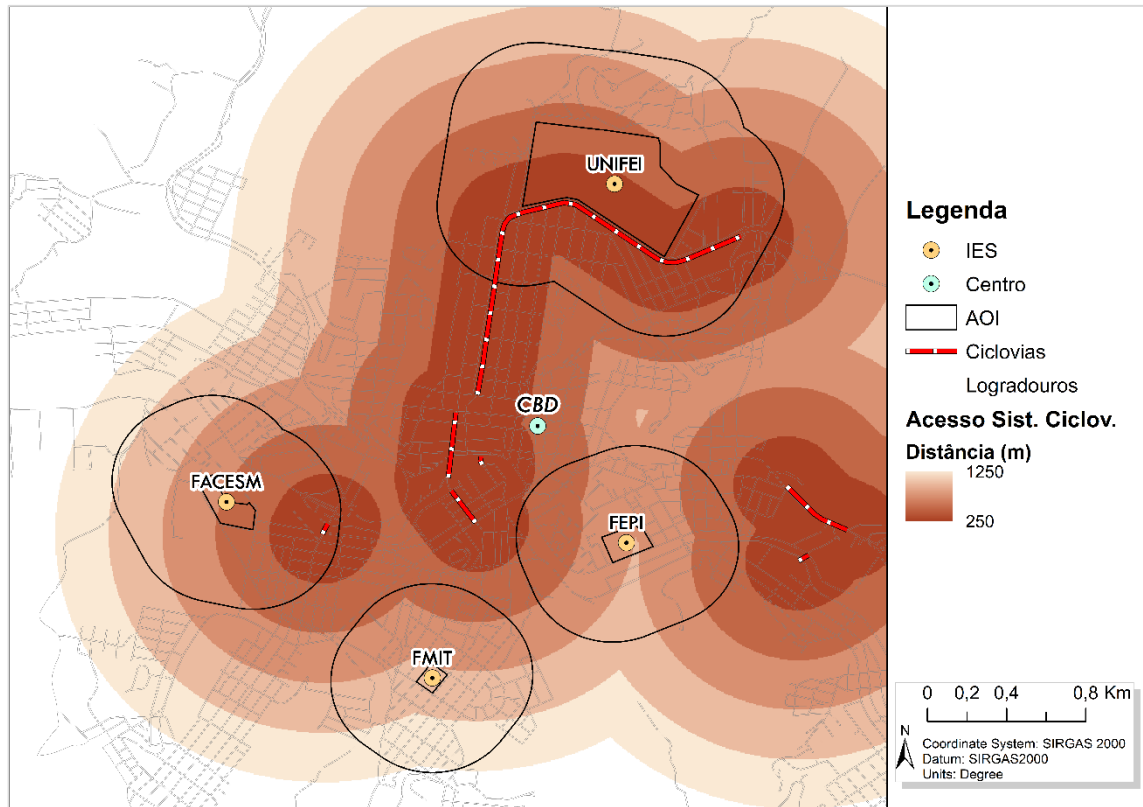


Figura 41 - AOI de acordo com a distância de ciclovias e ciclofaixas existentes

Fonte: Pedala Itajubá (2017).

É possível observar que a região central de Itajubá ainda possui uma pequena extensão de ciclovias e ciclofaixas. O maior trecho de ciclovia/ciclofaixa fica visível quando se traça uma rota do centro a um grande PGV municipal: a Unifei. Os pequenos trechos isolados são geralmente pontes com ciclofaixas, cujo tráfego costuma ser alto e muito diversificado, ou passarelas acima do Rio Sapucaí, onde o espaço é dividido com pedestres. Já o trecho maior à direita da Fepi encontra-se em uma das principais vias do Bairro Varginha, que interliga outros bairros ao CBD.

Para a normalização do critério “Ciclovias” fez-se uso de uma função *fuzzy* sigmoidal decrescente, isto é, em que distâncias menores das IES às ciclofaixas são as mais preferíveis. À medida em que a função decresce, as maiores distâncias – menos preferíveis – recebem valores menores. O mapa normalizado está na Figura 42.

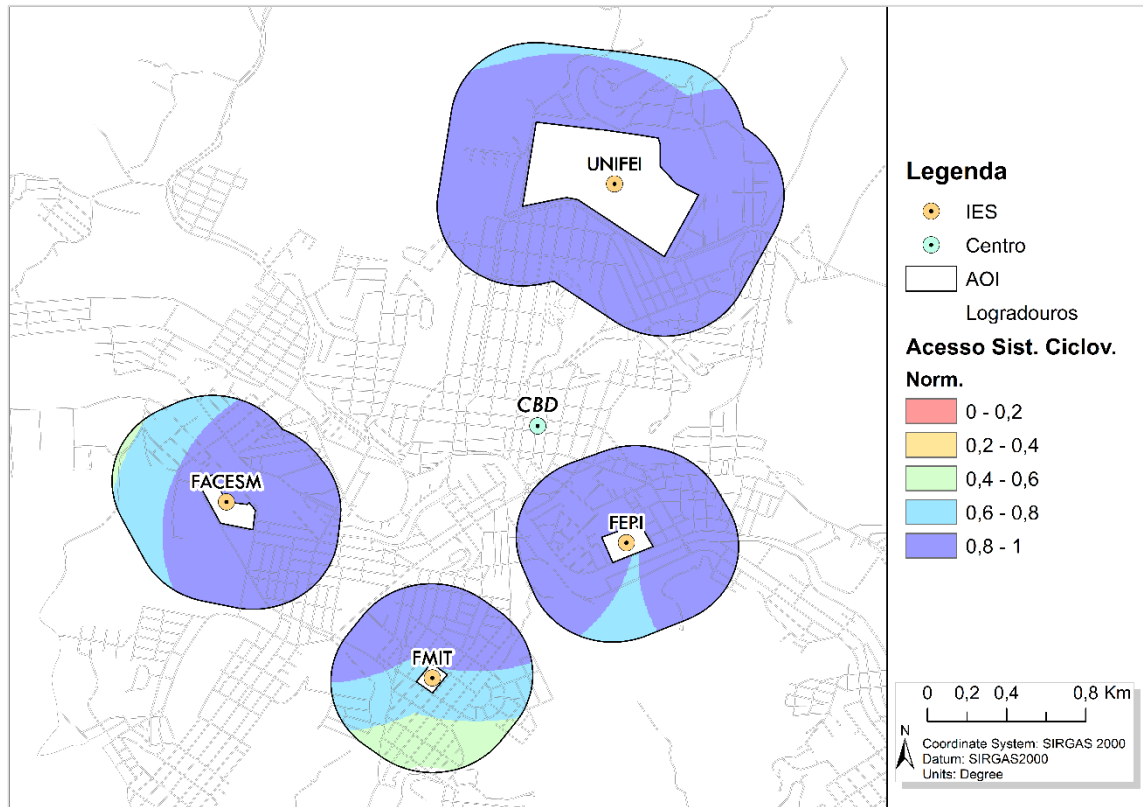


Figura 42 - Mapa normalizado do critério “Ciclovias”

É possível notar que todas as AOI têm áreas consideráveis nas proximidades de ciclovias e ciclofaixas, sendo a Unifei a única IES que possui acesso direto ao sistema ciclovitário. A região da Fepi é mais próxima à região central e em um bairro vizinho também há esse tipo de diferenciação nas vias. A Facesm, por sua vez, está próxima ao sistema, mas os scores normalizados já são visualmente divididos, assim como no caso da FMIT, a AOI com maior área entre a faixa 0,4–0,6.

e) Calçadas

A integração de uma região por meio das calçadas é importante para o cotidiano das pessoas que ali habitam e circulam. Embora sejam vistas como um item de infraestrutura urbana, as calçadas permitem a utilização de ruas e avenidas por pedestres e estão ligadas à promoção da caminhabilidade. A caminhabilidade (do inglês *walkability*) é um fator bastante estudado nos últimos anos e muitos autores têm buscado compreender sua relação com o valor do solo urbano (BOYLE *et al.*, 2014; GILDERBLOOM *et al.*, 2015).

Dessa forma, a existência de calçadas é uma condição básica para que uma vizinhança seja “caminhável” e é um dos critérios medidos nesse trabalho. Para representação do critério foram reunidos dados do Censo 2010, que apura o percentual de calçadas para cada setor censitário. O resultado para as áreas de estudo pode ser observado na Figura 43.

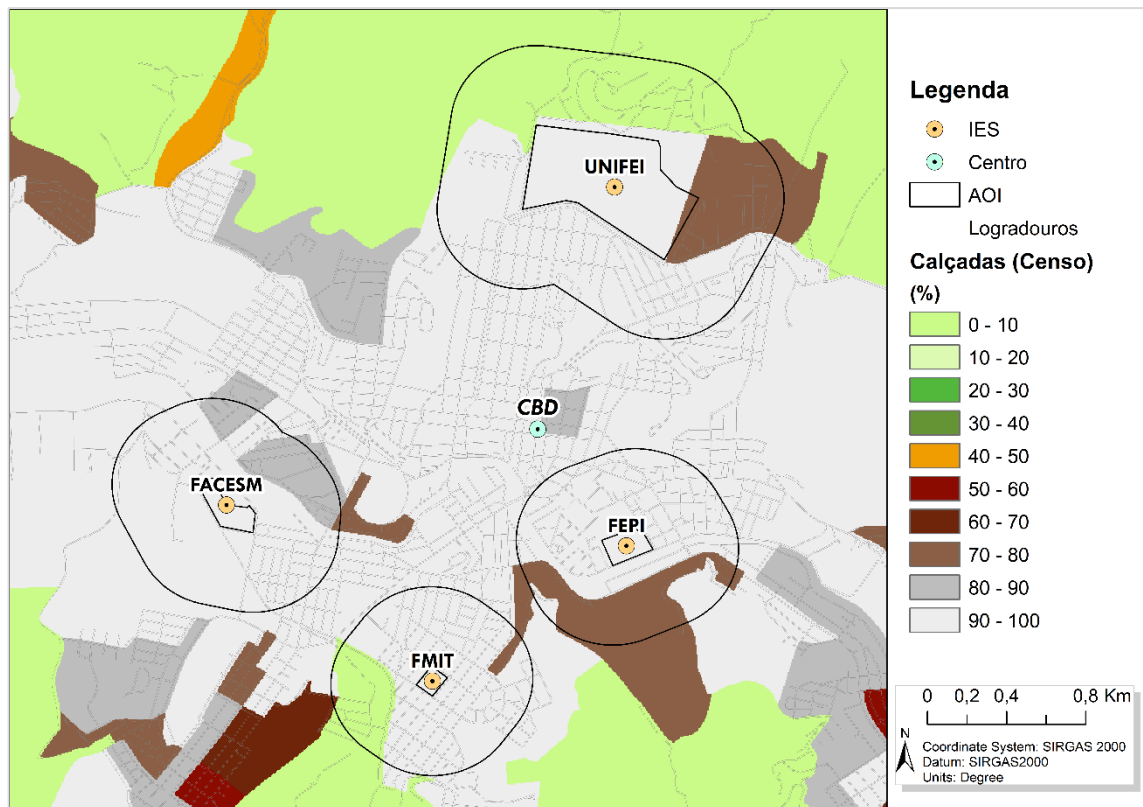


Figura 43 - Percentual de calçadas por setores censitários
Fonte: Censo 2010 (IBGE)

Nota-se que de forma geral as áreas de interesse contam com um percentual elevado de calçadas. Setores classificados na faixa entre 0-10% correspondem em grande parte a áreas rurais e áreas urbanas pouco habitadas e/ou com desenvolvimento recente, como aquelas localizadas nos entornos da FMIT e Unifei.

Para um impacto positivo no valor do solo, é importante que uma região possua calçadas. Assim, para a normalização desse critério empregou-se uma função *fuzzy* sigmoidal crescente, onde percentuais mais elevados de calçadas receberam valores próximos de 1,0 e percentuais mais baixos, valores (ou *scores*) próximos de 0,0. O mapa normalizado pode ser visualizado na Figura 44.

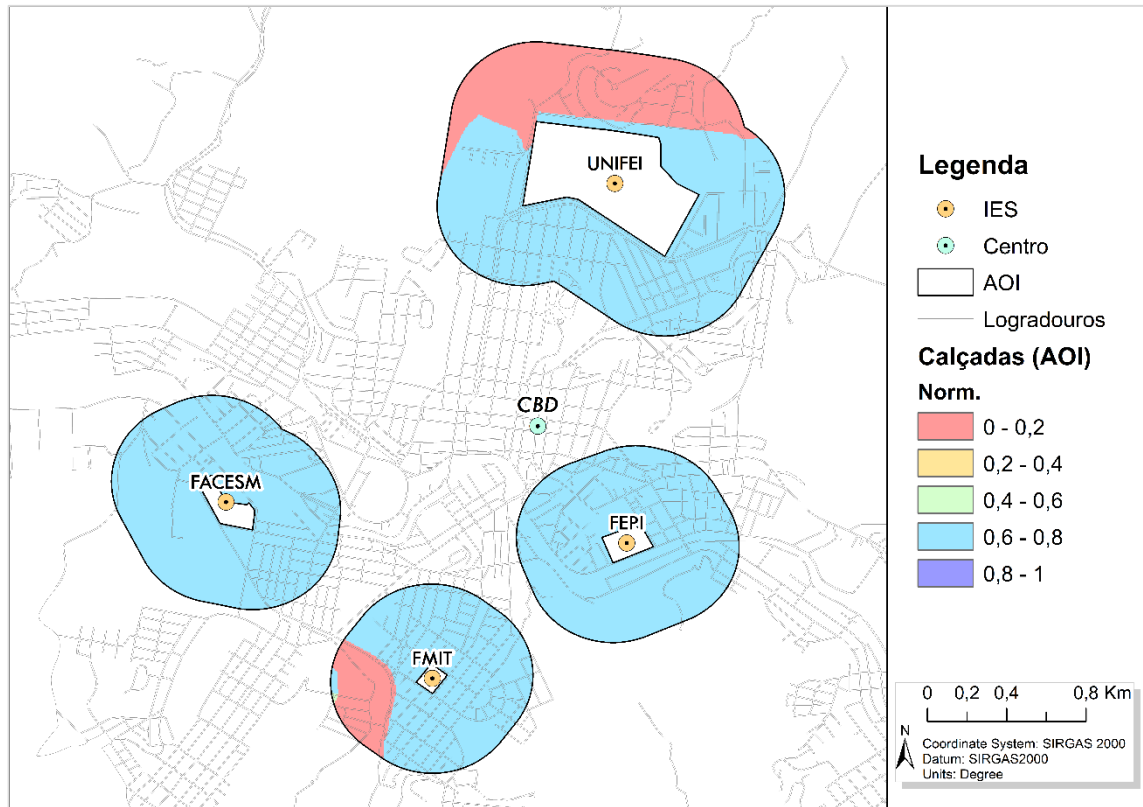


Figura 44 - Mapa normalizado do critério “Calçadas”

Aplicada a função *fuzzy*, observa-se um desempenho semelhante dos entornos da Facesm e da Fepi, enquanto os entornos da FMIt e Unifei possuem áreas representativas na faixa de *scores* mais baixos (0,0-0,2).

4.2.2. Aspectos socioeconômicos

A) Poder aquisitivo da população

a) Renda média da população

Leitão (1999 *apud* BARBOSA; GOMES, 2016) afirma que o valor do solo pode variar de acordo com o estrato social ou a renda da população que ocupa determinado local. Assim, a análise da renda dos habitantes do entorno das IES é bastante relevante para o modelo proposto.

Para a representação do critério “Renda média da população” foram obtidos dados de renda média de responsáveis por domicílios de cada setor censitário do Censo de 2010, o resultado para o município pode ser observado na Figura 45.

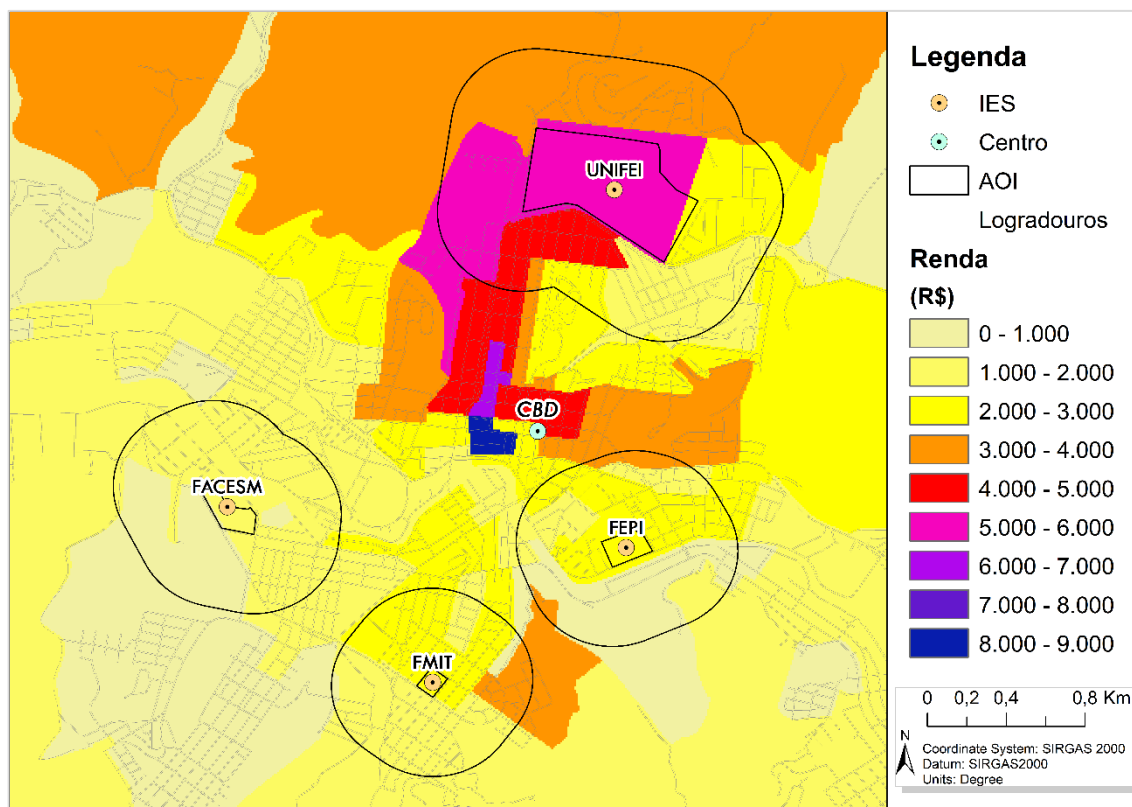


Figura 45 - Renda nominal média mensal dos domicílios por setores censitários

Fonte: Censo de 2010 (IBGE)

É possível notar que os grupos de renda mais elevada se concentram próximos ao centro da cidade e seguem em direção à região da Unifei. A população do entorno da Unifei possui renda mensal variando de R\$1000,00 a R\$6000,00. A renda da população nos entornos da Fepi e FMIt varia entre R\$0 e R\$4000,00. Já o entorno da Facesm é o que possui o nível de renda mais baixo entre os demais, não passando de R\$2000,00 por domicílio no ano de 2010.

Para contribuir para o potencial de valorização no entorno das IES, é importante que o critério “Renda média da população” seja maximizado. Assim, para a etapa de normalização foi empregada uma função *fuzzy* sigmoideal crescente, onde faixas de renda mais alta receberam *scores* próximos de 1,0 e faixas de renda mais baixa receberam *scores* próximos de 0,0. O resultado pode ser visualizado na Figura 46.

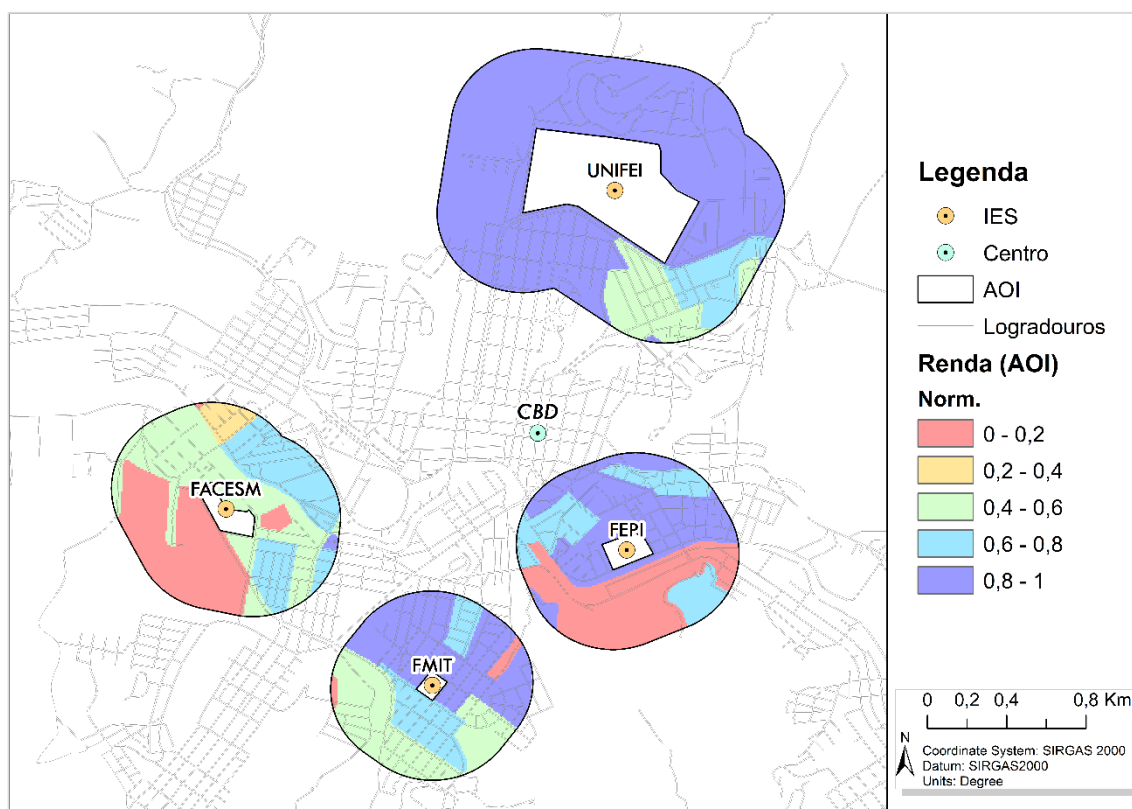


Figura 46 - Mapa normalizado do critério “Renda média da população”

É possível perceber que o entorno com melhor desempenho para o critério de renda média é o da Unifei. Boa parte do entorno da Fepi está classificado entre faixas de renda com scores altos, de 0,6 a 1,0, entretanto, o fato de haver uma área considerável na faixa entre 0,0 e 0,2, faz com que seu desempenho seja inferior ao da FMIT. Já o entorno da Facesm é o que apresenta desempenho inferior aos demais nesse quesito.

b) Valor médio do metro quadrado (m^2)

Para a representação do critério “Valor médio do metro quadrado (m^2)” foram obtidos valores de m^2 de terrenos por bairros do município. Esses dados foram apurados a partir de pesquisa de mercado e constam na Metodologia de Avaliação de Imóveis para fins de Imposto de Transmissão de Bens Imóveis e de Direitos a eles relativos (ITBI), da Prefeitura de Itajubá (2011). Partindo do mapa da divisão da cidade por bairros foi possível associar a eles seus respectivos valores de m^2 , conforme a Figura 47.

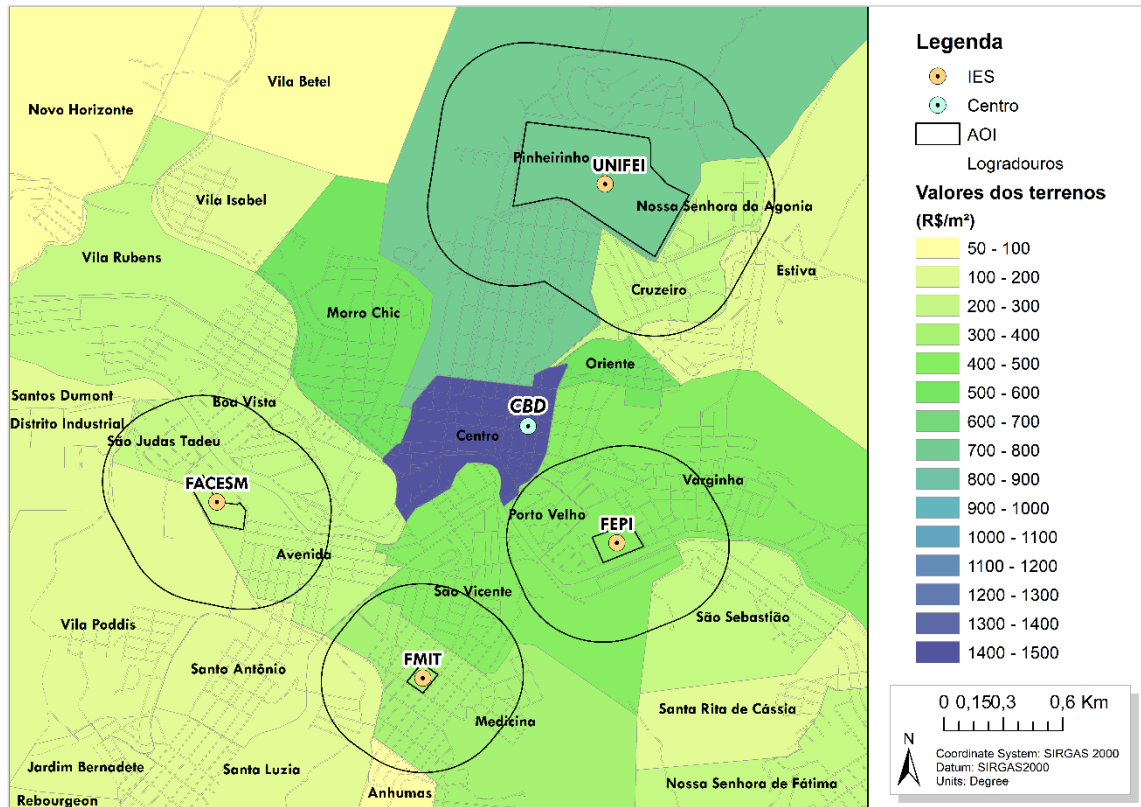


Figura 47 - Valor de m² dos terrenos por bairros

A partir da Figura é possível perceber que o bairro Centro possui maior valor de m² entre todos os bairros da cidade, o que permite retomar a literatura sobre valor do solo urbano nas proximidades do CBD. Já os bairros Pinheirinho, Morro Chic, Oriente, Varginha, Porto Velho e São Vicente, respectivamente, são os que apresentam maiores valores de m² entre os demais.

Para o objetivo do modelo, é importante que quanto maior o valor médio do metro quadrado, maior será a contribuição ao potencial de valorização no entorno das IES. Assim, para a normalização desse critério foi empregada uma função *fuzzy* sigmoideal crescente, onde valores de m² mais altos são mais preferíveis e valores mais baixos, menos preferíveis. O mapa normalizado é apresentado na Figura 48.

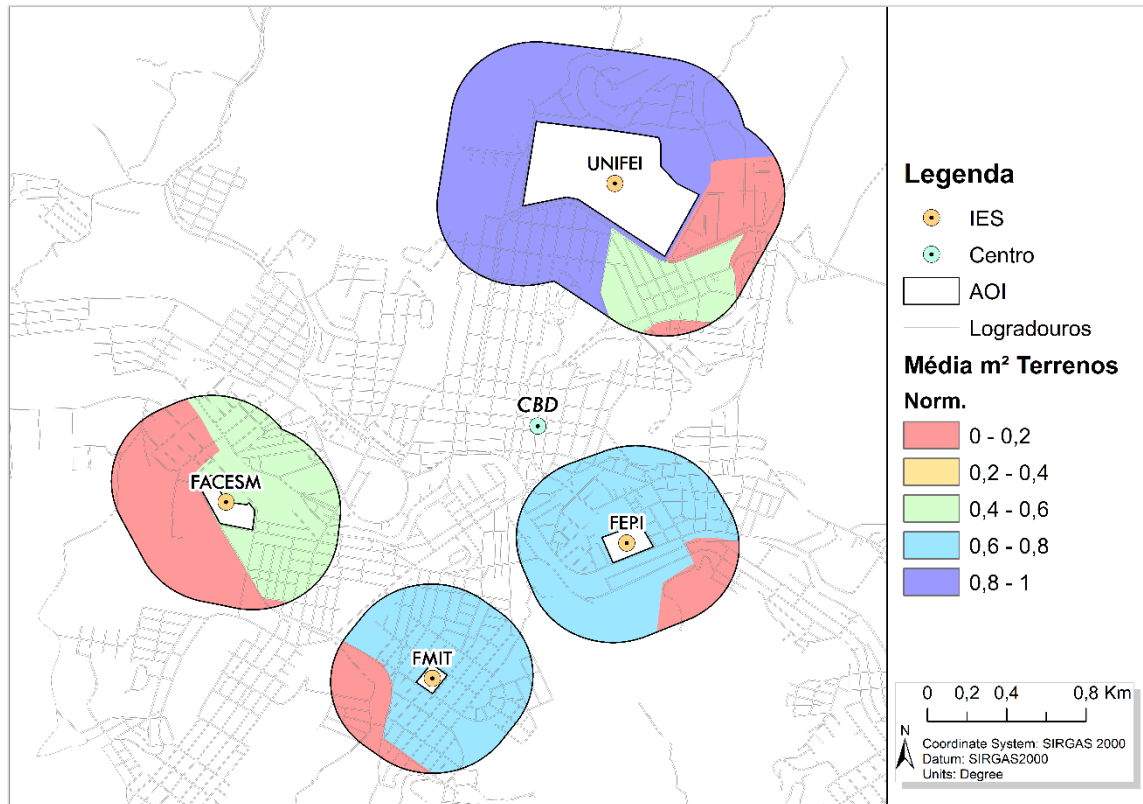


Figura 48 - Mapa normalizado de “Valor médio do metro quadrado”

É interessante observar que todas as IES apresentam scores baixos (0,0–0,2) para o critério “Valor médio do metro quadrado” em seus entornos. Merece destaque o entorno da Unifei, com maior parte de sua área classificada entre 0,8 e 1,0, isto é, com valores altos de terrenos. Pode-se afirmar que as áreas de entorno da Fepi e FMIt são semelhantes de acordo com esse critério, enquanto a área de entorno da Facesm apresenta terrenos com valores mais baixos.

B) Uso e ocupação do solo

a) Disponibilidade de bens e serviços

O fácil acesso a bens e serviços é um dos fatores que mais impactam o valor do solo urbano. Como visto, é por esse motivo que a localidade mais valorizada do contexto urbano é o centro da cidade (CBD). A tendência de dispersão das atividades, no entanto, tem se pronunciado também nas cidades médias e de pequeno porte, contribuindo para a criação de polos de valorização (BRONDINO, 1999; MARIANO DE SOUZA, 2009).

Nesse sentido, para o modelo proposto fez-se importante conhecer a dispersão de atividades nos bairros localizados nas áreas de interesse, a fim de avaliá-las de acordo com a disponibilidade de bens e serviços. Os dados referentes a pontos de comércio e serviços foram

obtidos junto à Prefeitura Municipal de Itajubá com base no cadastro de pessoas jurídicas ativas (CNPJs). A incidência desses pontos pode ser observada na Figura 49.

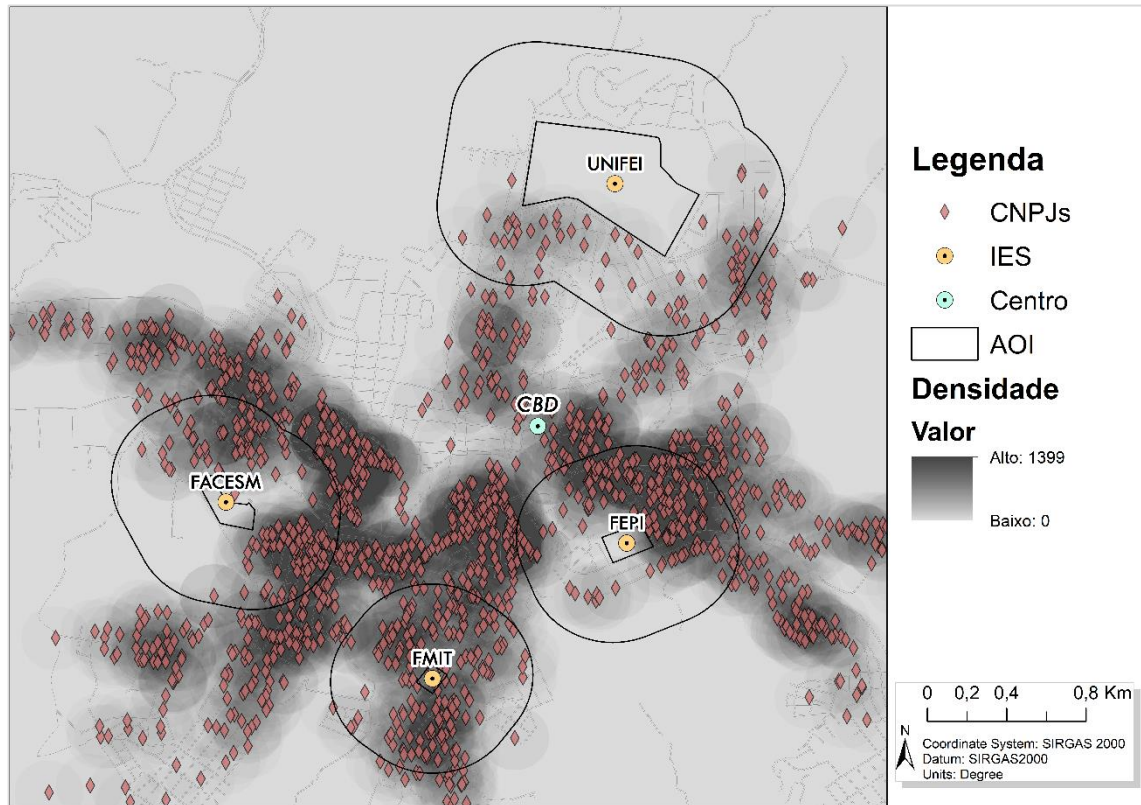


Figura 49 - Representação do critério “Disponibilidade de bens e serviços”

Com base na Figura é possível verificar que a incidência de pontos de comércio e serviços é mais intensa próxima aos entornos da Facesm e da Fepi. O entorno da FMIT também conta com um número considerável de atividades comerciais, porém ela é mais dispersa espacialmente. O entorno da Unifei possui uma incidência menos representativa desses pontos, revelando uma baixa vocação comercial.

O fácil acesso a bens e serviços é uma das questões mais importantes na avaliação do valor do solo urbano, conferindo aos imóveis vantagens de localização (ABNT, 2011; BRONDINO, 1999). Assim, a normalização do critério “Disponibilidade de bens e serviços” foi feita através de uma função *fuzzy* sigmoidal crescente, onde localidades com maior incidência de pontos de comércio e serviços (CNPJs) receberam valores próximos a 1,0 e localidades com pouca incidência receberam valores próximos a 0,0. O mapa resultante pode ser observado na Figura 50.

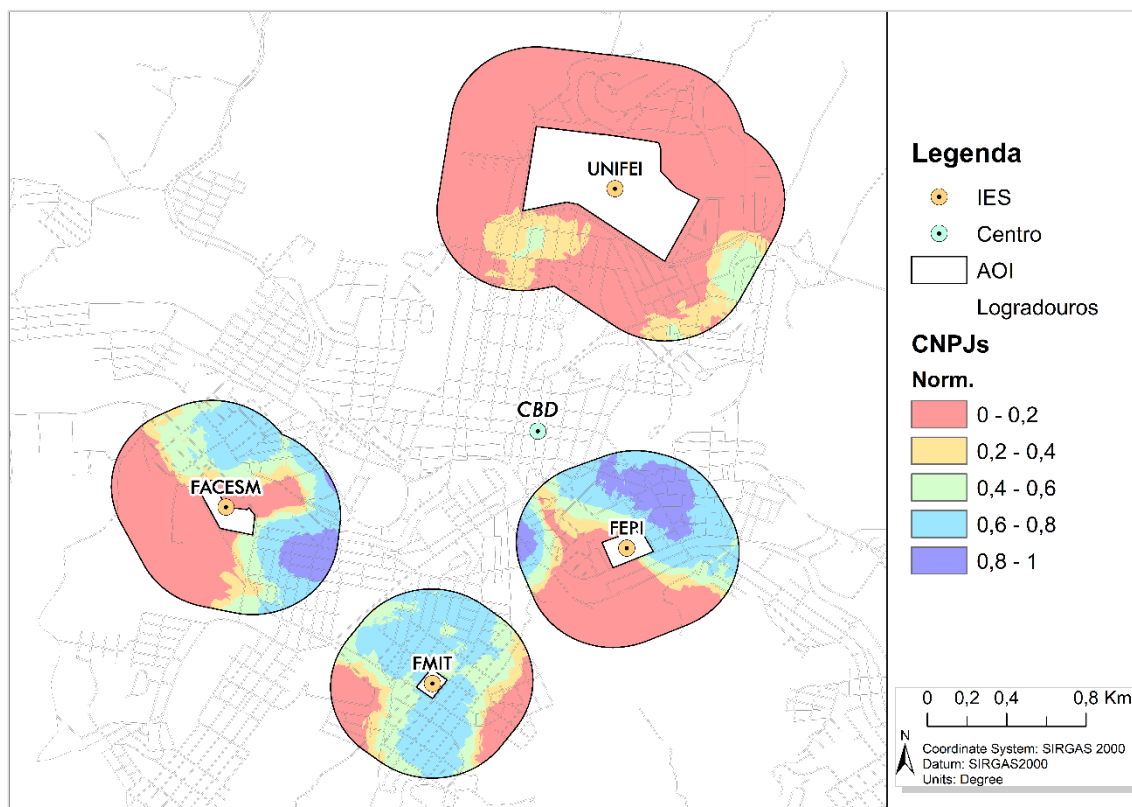


Figura 50 - Mapa normalizado de “Disponibilidade de bens e serviços”

Pode-se observar que o potencial de valorização de acordo com a disponibilidade de bens e serviços é mais homogêneo no entorno da FMIT. Os entornos da FACESM e da FEPI foram os únicos com presença de áreas com *scores* mais elevados, mas também há áreas representativas classificadas com *scores* baixos. O entorno da Unifei apresentou um desempenho inferior aos demais, com *scores* variando entre 0 e 0,6, além de possuir uma grande área sem qualquer influência de atividades comerciais e de serviços.

b) Densidade demográfica

A densidade demográfica é um critério bastante observado pela gestão municipal, seja na condução de suas atividades cotidianas ligadas à provisão de bens e serviços públicos, seja na sua gestão estratégica, influenciando políticas de uso e ocupação do solo integrantes de planos de desenvolvimento urbano e territorial. A existência de um grande número de pessoas em determinado local também revela uma alta competição por espaços de habitação, trazendo um incremento ao valor do solo (GRIMES; LIANG, 2007; LAVEE, 2015).

Nesse sentido, para efeitos do modelo proposto, interessa saber a distribuição espacial da população, em termos de densidade demográfica. Os dados utilizados correspondem à variável V-002 do Censo 2010 do IBGE, que representa o número de habitantes de domicílios particulares permanentes por setor censitário.

Para a obtenção da densidade demográfica foram calculadas as áreas em quilômetros quadrados (Km²) de cada setor censitário, pelas quais se dividiram os valores de V-002. O resultado, similar ao apresentado pelo IBGE na Sinopse por setores¹⁴, pode ser observado na Figura 51.

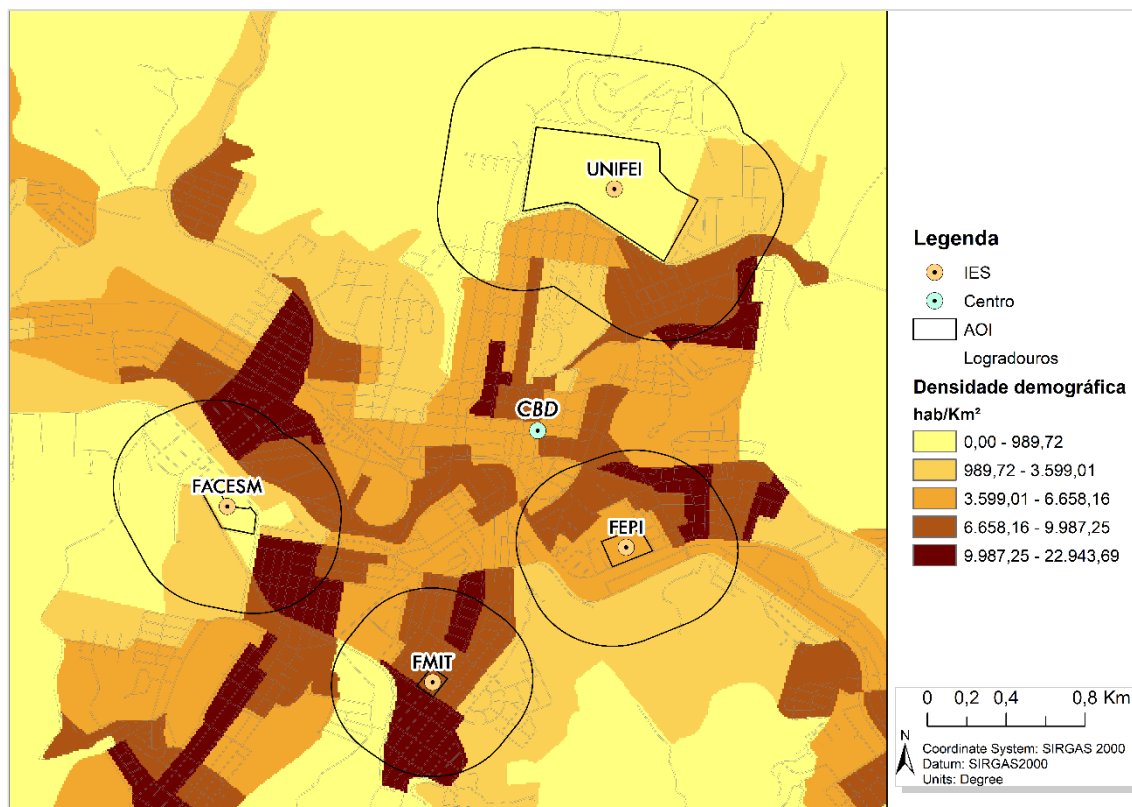


Figura 51 - Representação do critério “Densidade populacional”

É possível observar que todas as áreas estudadas contemplam setores censitários de alta densidade demográfica. O entorno da Unifei, entretanto, se destaca por apresentar uma área representativa de baixa aglomeração populacional (0,00 – 989,72 hab./Km²).

Para a normalização do critério “Densidade populacional” foi empregada uma função *fuzzy* sigmoidal crescente, onde locais com maior densidade receberam *scores* próximos de 1,0 e locais com menor densidade receberam *scores* próximos de 0,0. O resultado pode ser observado na Figura 52.

¹⁴ <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>

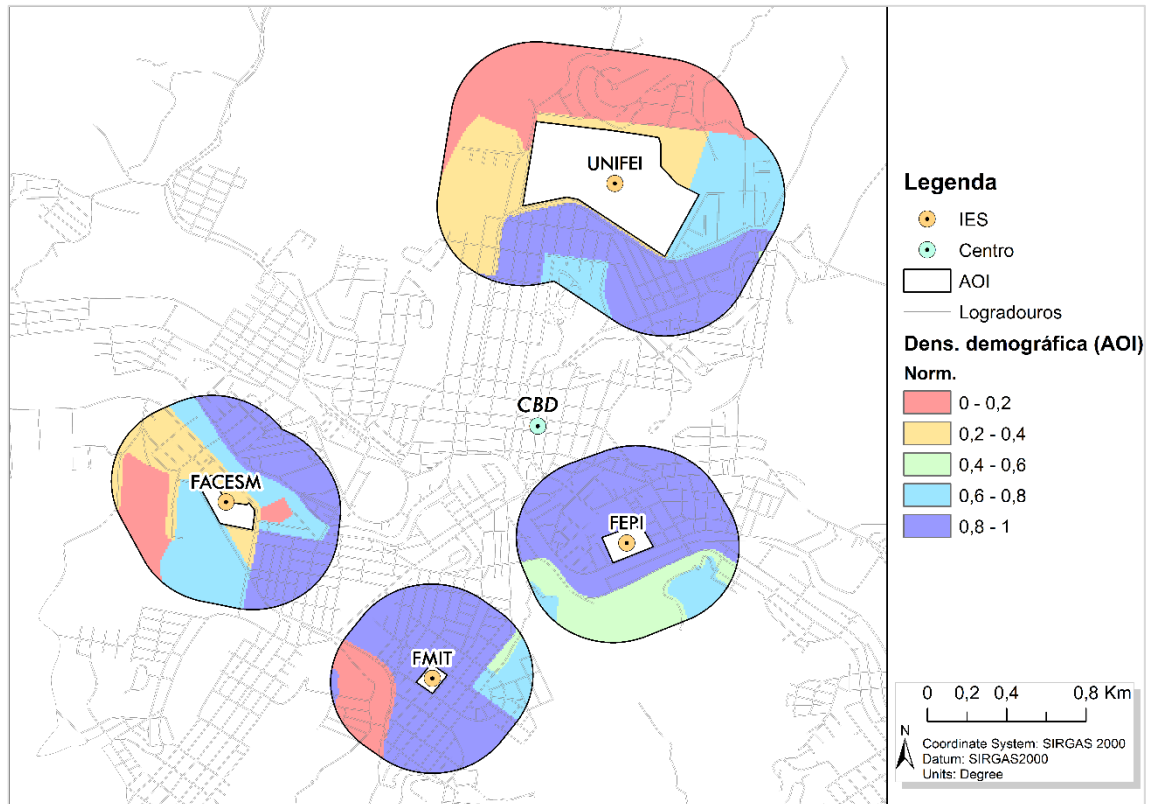


Figura 52 - Mapa normalizado de “Densidade demográfica”

Pela normalização do critério, é possível perceber que o desempenho do entorno da Fepi é superior ao da FMIT, que possui parte de seu entorno na faixa de *scores* mais baixos. De maneira geral, os dois possuem um bom desempenho para a questão da densidade populacional, apresentando mais da metade de suas áreas classificada entre 0,8 e 1,0. De acordo com o critério, o entorno da Facesm e da Unifei apresentam desempenho semelhante.

c) *Existência de praças e parques públicos*

A formação do valor do solo urbano possui diversas componentes e uma delas está nas “amenidades urbanas”. Essas amenidades são elementos que impactam a qualidade de vida dos moradores locais e podem ser expressas a partir da existência de praças e/ou áreas verdes até fatores socioculturais relacionados a níveis mais altos de renda (BARBOSA, 2012; HERMANN; HADDAD, 2005). Entretanto, buscou-se identificar somente as praças como um indicativo da existência de amenidades urbanas, como visto na Figura 53.

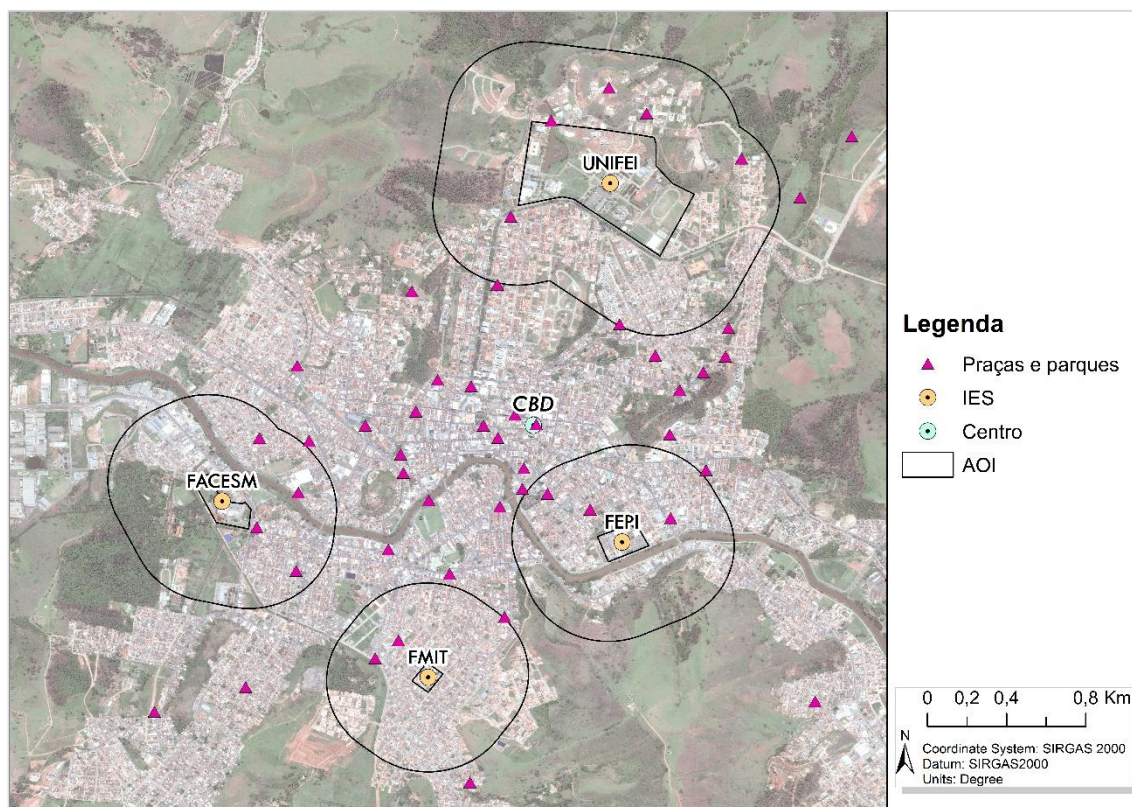


Figura 53 - Mapa das praças públicas em Itajubá

Fonte: Secretaria Municipal de Esportes e Lazer | Prefeitura Municipal de Itajubá

Trata-se de áreas parcialmente arborizadas, integradas a pontos importantes a nível municipal e local e muitas delas contam com projetos como “academia ao ar livre”. Essas características associadas a um bom nível de segurança promovem a interação social entre a vizinhança, criando uma percepção positiva em seu entorno.

Para a normalização desse critério foram criados, inicialmente, múltiplos *buffers* em volta dos pontos de praças, a fim de verificar como as AOI se classificariam de acordo com esse critério. Com *buffers* de 250m em 250m, buscou-se priorizar a proximidade às praças, isto é, as menores distâncias, portanto, foi utilizada uma função *fuzzy* sigmoidal decrescente, o resultado pode ser visto na Figura 54.

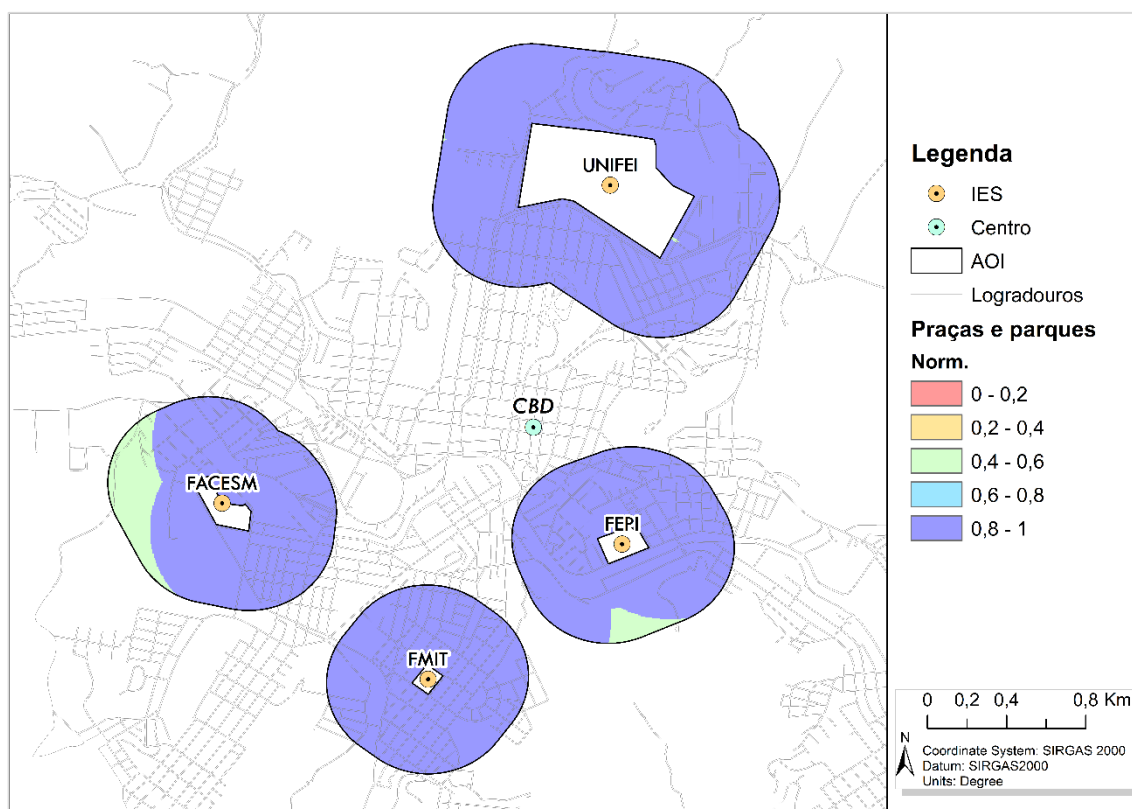


Figura 54 - Mapa normalizado do critério "Praças e parques públicos"

Pode-se observar que, de forma geral, as AOI apresentam uma boa localização em relação às praças e parques públicos da cidade. As pequenas zonas em destaque nas AOI da Facesm e da Fepi revelam um menor investimento em patrimônios públicos desse tipo.

d) Áreas com potencial de ocupação

A implantação de empreendimentos de impacto é capaz de modificar seu entorno imediato. Da mesma forma que a implantação de um novo uso do solo atrai novos usos, é possível que áreas em seu entorno sejam reservadas com expectativas de valorização futura (GRIGOLON, 2007; SMOLKA, 1979). Assim se justifica a importância do critério “Áreas com potencial de ocupação” para o modelo proposto, como forma de identificar áreas retidas possivelmente como reserva de valor.

A identificação de áreas com potencial de ocupação foi feita com base no mapa de zoneamento urbano de Itajubá. Nele foram identificadas as Zonas de Expansão Urbana (ZEUs), que, de acordo com Plano Diretor do município (2003), correspondem a áreas não parceladas que pertencem ao perímetro urbano e são adequadas para ocupação urbana, permitindo uso residencial uni e multifamiliar e usos compatíveis, tais como comércio, serviços e indústrias não poluentes, inclusive indústrias de alta tecnologia. As ZEUs podem ser observadas na Figura 55.

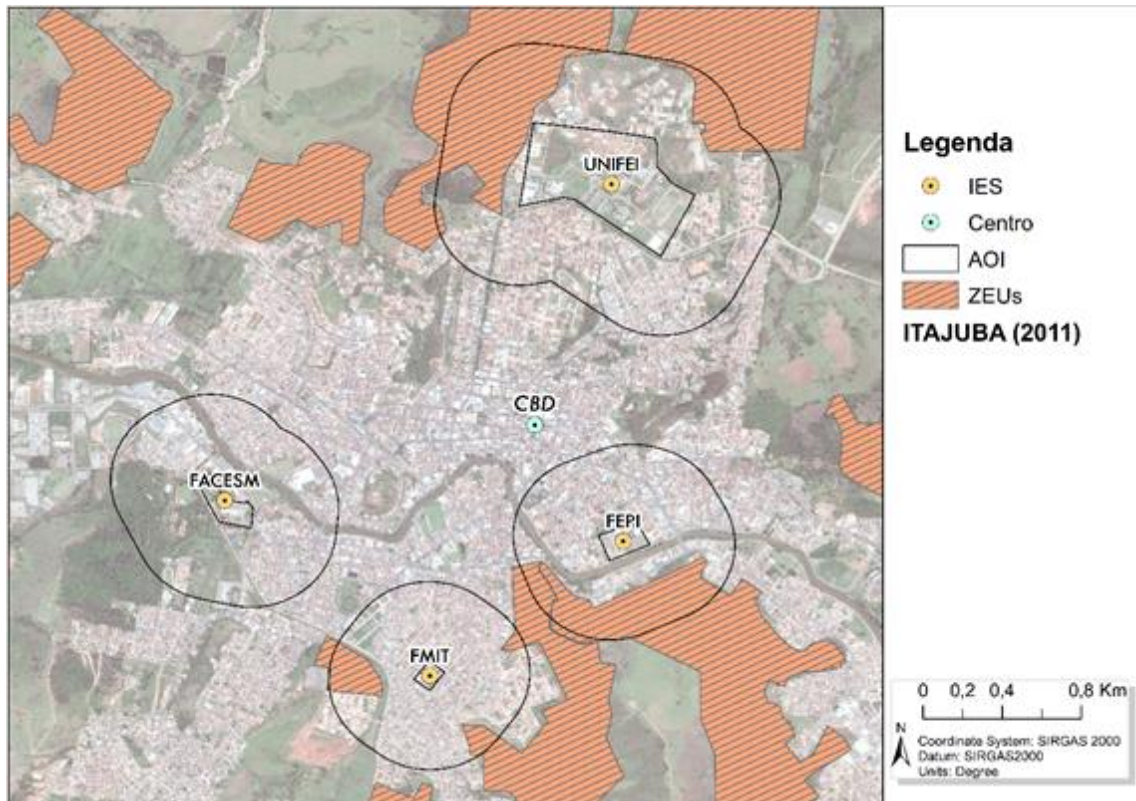


Figura 55 - Zonas de Expansão Urbana (ZEU)
Fonte: Plano Diretor de Itajubá

As áreas com potencial de ocupação são importantes para o conhecimento das áreas mais sujeitas às forças do mercado imobiliário, tais como demanda e oferta por terrenos e até quando os terrenos são mantidos ociosos e como ativos, isto é, sem uso específico. Informações contidas no Plano Diretor da cidade permitiram identificar as áreas “novas” da cidade que apresentam urbanização recente.

Nesse sentido, a partir do mapa da Figura 55 foi atribuída uma escala normalizada onde o valor 1,0 representou as áreas com potencial de ocupação, importantes para o modelo, e o valor 0,0 representou outras áreas do município.

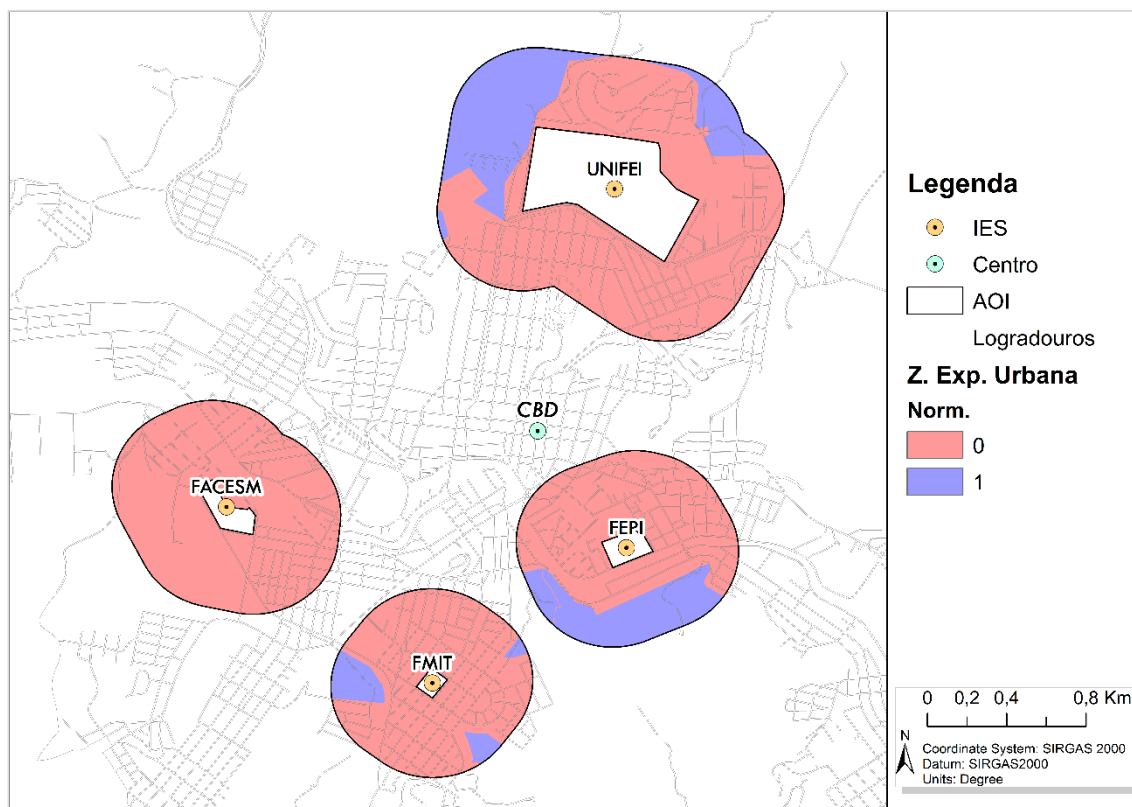


Figura 56 - Mapa normalizado do critério “Áreas com potencial de ocupação”

É possível perceber que a área no entorno da Facesm sofre menos interferência que as demais áreas de entorno. Com base nos mapas obtidos a partir do Censo é possível verificar que há coincidência das áreas classificadas com 1,0 com aquelas de baixa infraestrutura básica. O mapa com as Zonas de Expansão Urbana é de 2003 ao passo que o Censo é de 2010. Os dados apontam para uma utilização da terra para reserva de valor, isto é, essas áreas podem ter sido mantidas na expectativa de valorização e posterior comercialização futura.

C) Segurança

a) Segurança pública

Na análise da qualidade de uma vizinhança, é muito comum que a segurança pública seja um dos critérios mais avaliados. Nesse sentido, a existência de altos índices de criminalidade traz externalidades negativas a um local, o que tende a ser capturado pelo mercado imobiliário, afetando o valor daquela região.

Para o estudo fez-se importante conhecer a incidência de crimes registrada em 2011 para os bairros contemplados pelas áreas estudadas. Os dados foram obtidos junto ao 56º Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais (56º BPM-MG) e podem ser visualizados na Figura 57. O mapa de densidade foi construído a partir da ferramenta “Point Density” do software utilizado.

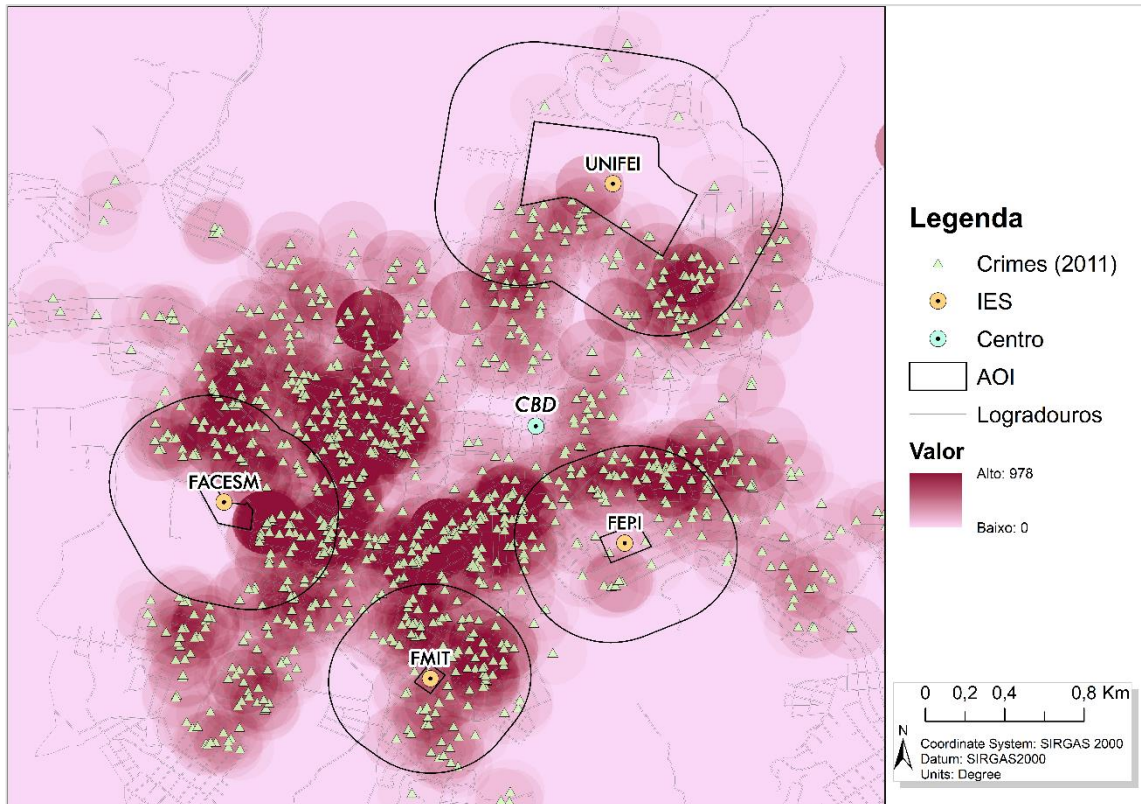


Figura 57 - Mapa de criminalidade, representativo do critério “Segurança pública”
Fonte: 56º BPM-MG

No mapa, os pontos com coloração mais intensa indicam uma incidência maior de crimes naqueles locais. Dos 1300 crimes registrados em 2011, 56% foram de furto, 27% de lesão corporal e agressão, 6% de tráfico e associação ao tráfico, 4% de consumo de drogas e 7% dividiram-se entre crimes violentos como roubo (5%), estupro e estupro de vulnerável (1%) e homicídio (1%). É possível perceber que a maior parte dos crimes se encontra nos bairros situados entre as áreas de interesse da Facesm, FMIT e Fepi.

Na análise de valor do solo, é importante que a criminalidade seja um aspecto minimizado. Assim, para a normalização do critério “Segurança pública” foi empregada uma função *fuzzy* sigmoidal decrescente, com priorização de áreas do mapa de densidade com baixa incidência de crimes, o que pode ser visualizado na Figura 58.

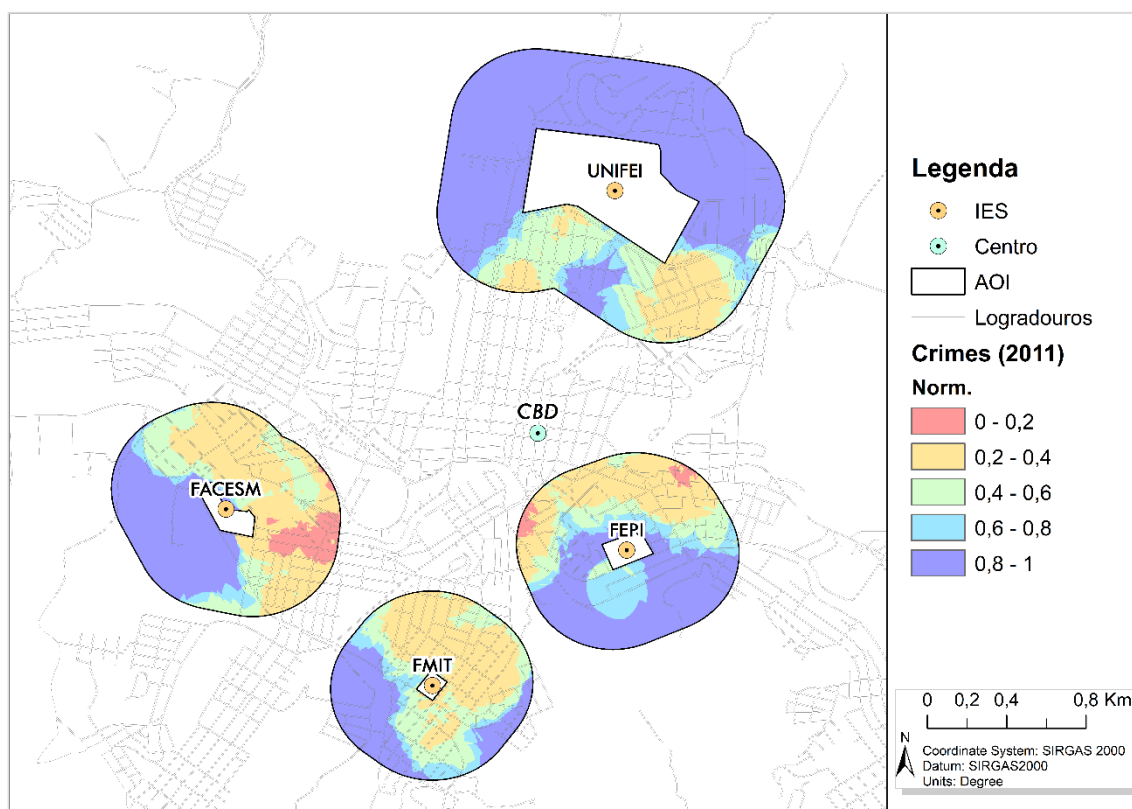


Figura 58 - Mapa normalizado de “Segurança pública”

O resultado se revelou bastante heterogêneo para todas as áreas de interesse. Contudo, cabe observar que nos entornos da Unifei e FMIt não há áreas críticas, isto é, com *scores* normalizados na faixa de incidência menos preferível, de 0,0 a 0,2, ao contrário de Facesm e Fepi. Se considerada a classificação em áreas de menor incidência de crimes (0,6 – 1,0) merecem destaque os entornos da Unifei e da Fepi.

b) Segurança viária

A segurança viária também se revela em uma externalidade capturada pelo mercado imobiliário, no sentido de que em locais com alto índice de acidentes há desconforto e sensação de insegurança impactando a qualidade de vida de transeuntes e, sobretudo, moradores.

Os dados para mensuração do critério também foram coletados junto ao 56º BPM-MG para bairros situados nas áreas de interesse para o ano de 2011. Através da ferramenta “*Point Density*” foi possível obter a incidência de acidentes para essas áreas, o que pode ser visualizado na Figura 59.

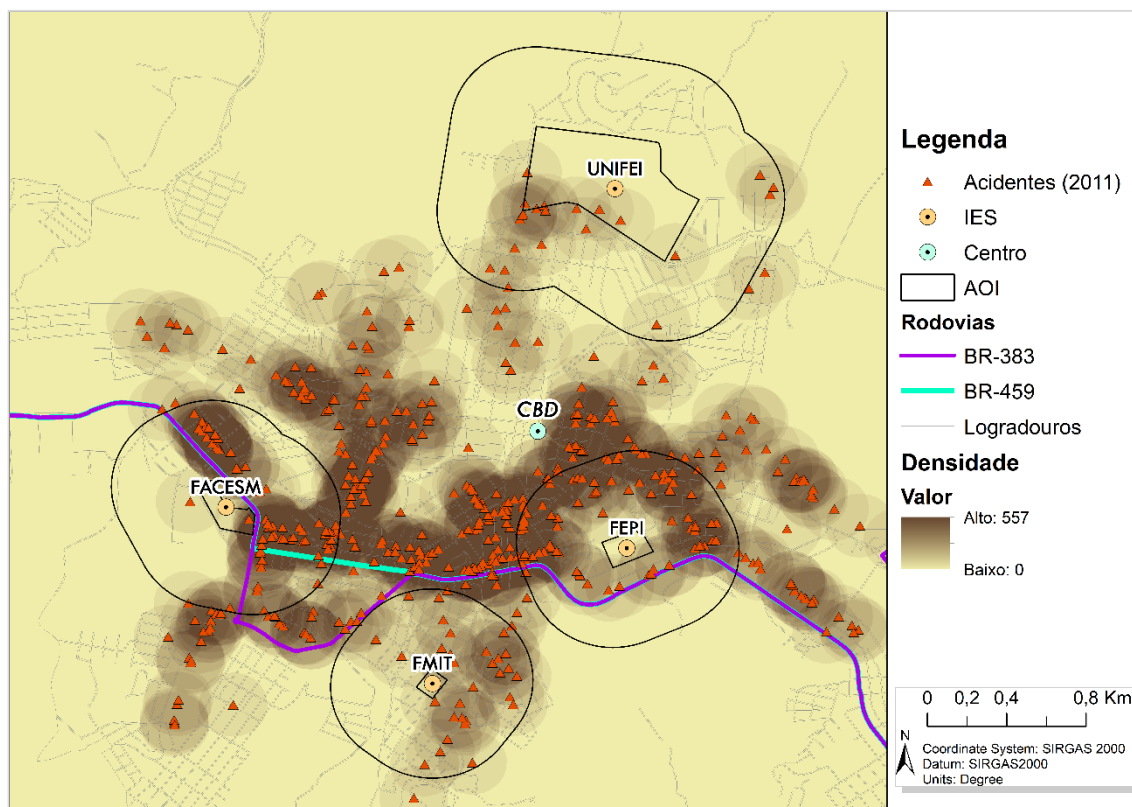


Figura 59 - Mapa de acidentes, representativo do critério “Segurança viária”
Fonte: 56º BPM-MG

É possível observar que os entornos da Facesm e da Fepi são os que apresentam um maior número de acidentes. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de que em seus entornos estão localizadas as duas rodovias que cruzam o município de Itajubá (BR-383 e a BR-459), as quais se unem em grande parte do trecho na área urbana, bem como suas principais vias de acesso.

De forma a contribuir para o potencial de valorização dos entornos das IES, é importante que haja segurança viária. Nesse sentido, áreas com menor número de acidentes são mais preferíveis. No *software* essa preferência foi traduzida no emprego de uma função *fuzzy* sigmoidal decrescente, onde áreas mais seguras receberam valores próximos de 1,0 e áreas mais inseguras, valores próximos de 0,0. O mapa normalizado é apresentado na Figura 60.

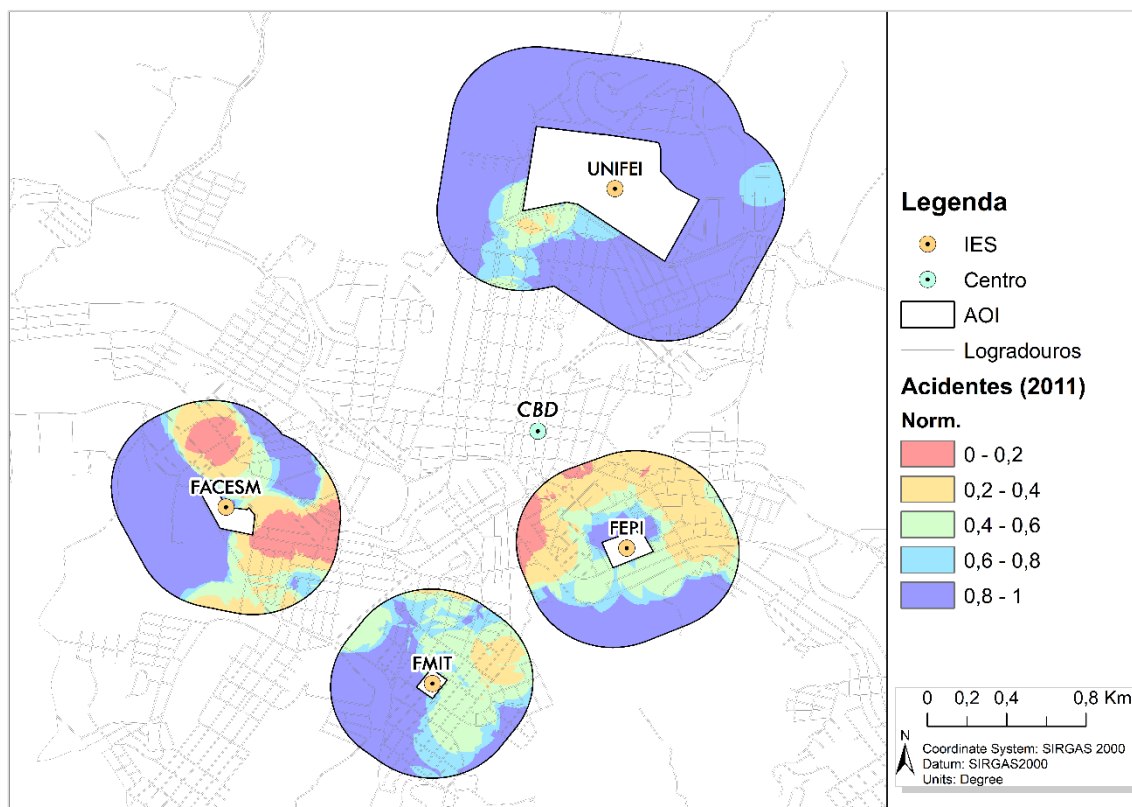


Figura 60 - Mapa normalizado de “Segurança viária”

Pode-se perceber que o entorno da Facesm possui mais áreas críticas segundo o número de acidentes, impacto direto do principal acesso da cidade. Já o entorno da Fepi possui uma maior extensão de área afetada. O entorno da FMIt, embora seja próximo às rodovias, não sofre o mesmo impacto que as áreas de interesse vizinhas, apresentando um desempenho pouco inferior ao do entorno da Unifei, o menos afetado entre todos eles.

5. Resultados e discussão

A fase de agrupamento dos critérios também é feita no SIG e através da ferramenta *Weighted Sum* é possível aplicar os pesos gerados por meio da avaliação de especialistas e pelo AHP para cada nível de critérios, resultando na sobreposição de mapas de acordo com o propósito do modelo de avaliação. São sobrepostos mapas partindo dos níveis mais baixos para os níveis mais altos da hierarquia, até a obtenção dos mapas finais. A Figura 61 apresenta as etapas de agregação de critérios realizadas em ambiente SIG.

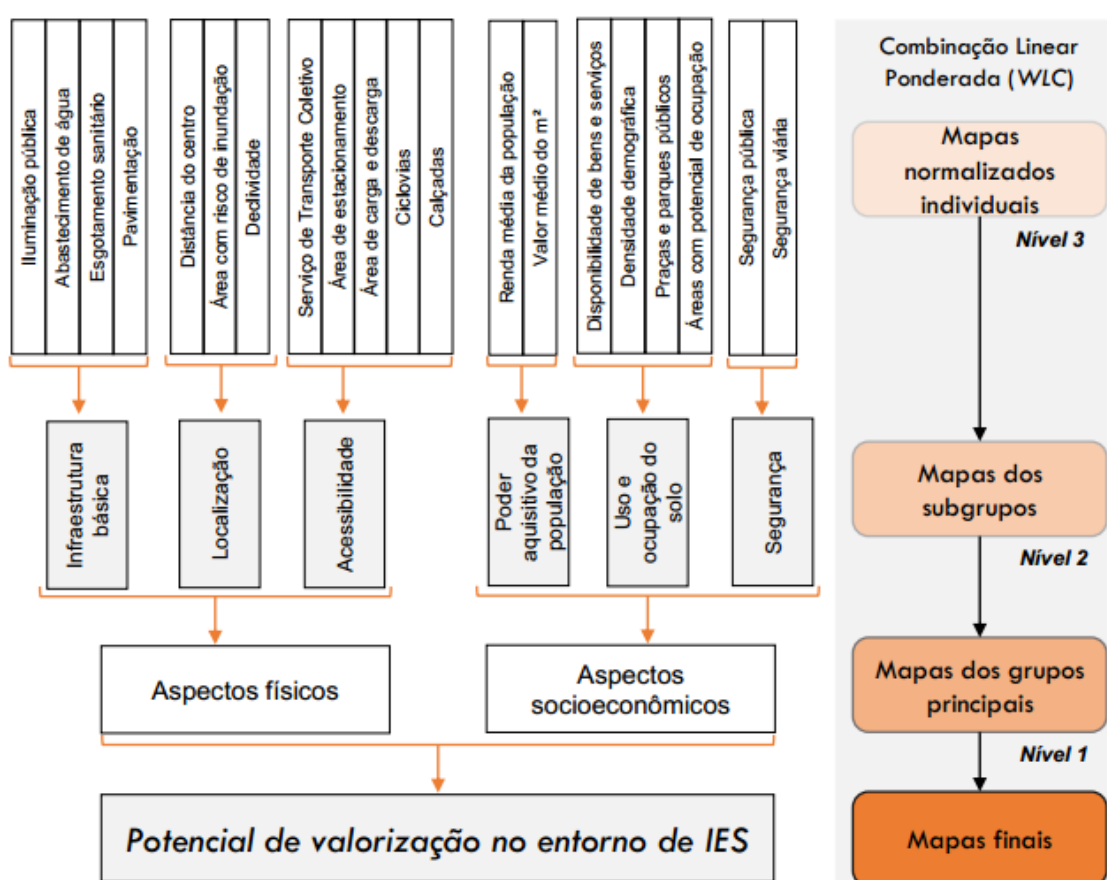


Figura 61 - Esquema para obtenção do potencial de valorização no entorno de IES

A Combinação Linear Ponderada (WLC) foi realizada com os valores dos mapas individuais normalizados (nível 3), gerando mapas com índices do potencial de valorização para cada subgrupo de critérios (nível 2), considerando os pesos apresentados na Figura 16. A combinação entre os subgrupos de Infraestrutura básica, Localização e Acessibilidade permitiu obter um resultado para os Aspectos físicos (nível 1). Já a combinação entre Poder aquisitivo da população, Uso e ocupação do solo e Segurança revelou o desempenho geral dos Aspectos socioeconômicos (nível 1).

A combinação entre Aspectos físicos e Aspectos socioeconômicos no nível 1 da estrutura hierárquica, por sua vez, representa o desempenho geral do modelo para as áreas estudadas, isto é o potencial de valorização no entorno das IES. A seguir são apresentadas as combinações e a análise para cada uma delas.

5.1. Agrupamento de critérios do nível 3 - grupo “Aspectos físicos”

O grupo de Aspectos físicos apresenta doze (12) critérios distribuídos entre os subgrupos de Infraestrutura básica, Localização e Acessibilidade. Nesse sentido, as áreas de entorno das IES foram analisadas de acordo com todos esses critérios, retornando mapas individuais. Esse item apresenta a interação entre os mapas individuais na construção dos mapas para os subgrupos mencionados.

A combinação dos desempenhos (scores normalizados) de “Iluminação pública” (Figura 19), “Abastecimento de água” (Figura 21), “Esgotamento sanitário” (Figura 23) e “Pavimentação” (Figura 25) teve por objetivo representar o subgrupo de “Infraestrutura básica” nas áreas estudadas. Os mapas individuais e a combinação obtida a partir da ferramenta *Weighted Sum* – pela qual foi aplicado o WLC – podem ser observados nas Figuras 62 e 63, respectivamente. De forma geral, os entornos de todas as IES contam com um bom acesso à infraestrutura básica. Vale lembrar que as áreas com *score* menor no entorno da Unifei e FMIt correspondem a áreas de desenvolvimento recente no município, isto é, com baixa cobertura de infraestrutura básica na época em que os dados foram coletados.

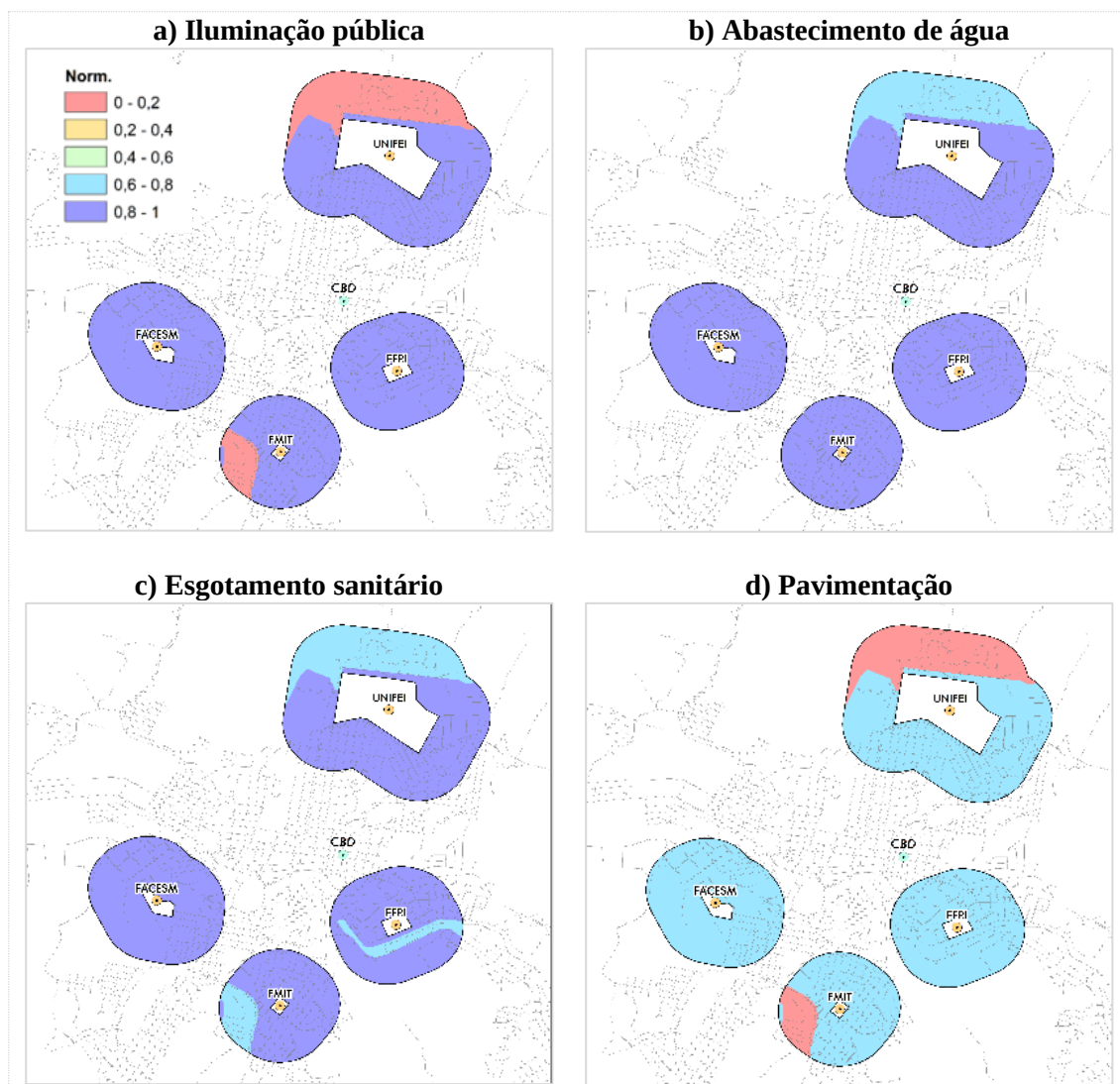


Figura 62 - Mapas individuais do subgrupo de “Infraestrutura básica”

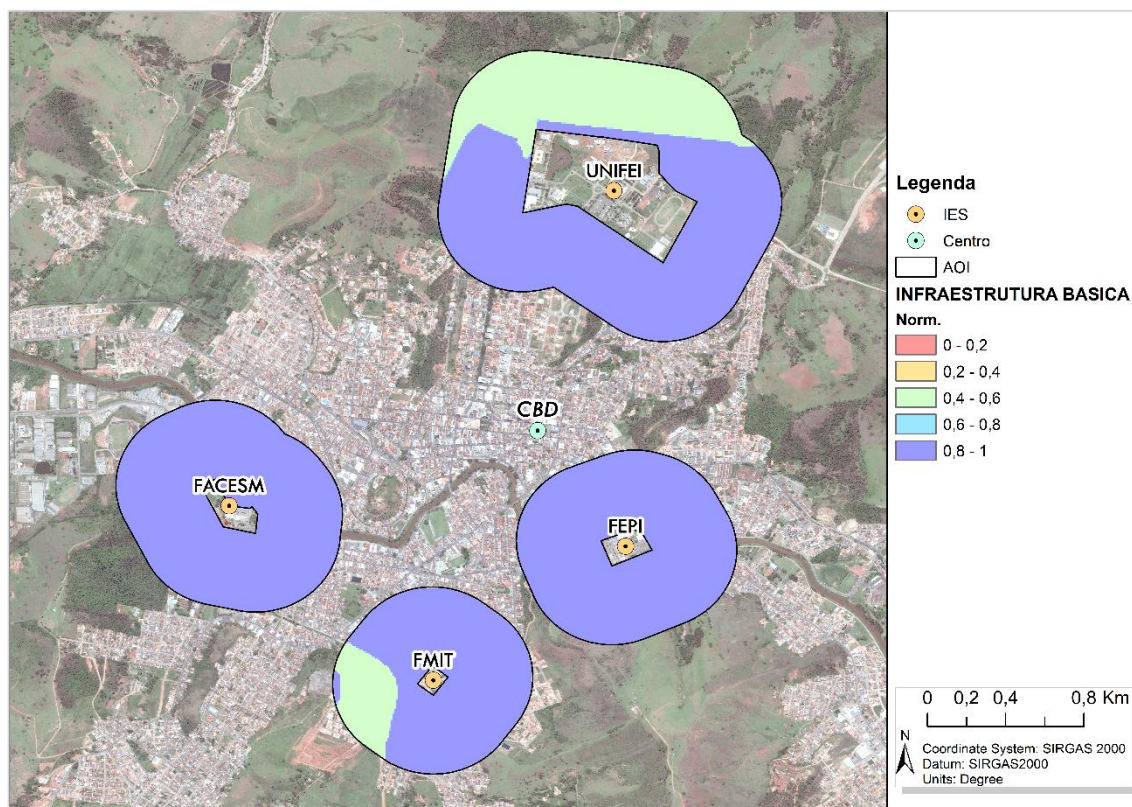


Figura 63 - Combinação ponderada dos critérios de “Infraestrutura básica”

O subgrupo de “Localização” trata do posicionamento físico das áreas estudadas com relação à “Distância do centro da cidade” (Figura 27), à localização em “Áreas com risco de inundação” (Figura 29) e em relação ao relevo, expressa pela “Declividade” (Figura 31). Assim, a combinação ponderada dos mapas individuais de scores normalizados desses critérios (Figura 64) resultou na Figura 65.

Com auxílio da escala ponderada, é possível perceber que as áreas mais valorizadas estão fora das áreas com risco de inundação. Esse critério é o mais representativo do grupo de acordo com os especialistas, assim, seu peso de 45,32% influenciou fortemente a combinação ponderada.

Isso pode ser observado para o entorno da Fepi, onde os *scores* altos observados em distância do centro da cidade e declividade não se mantiveram. No geral, o potencial de valorização de acordo com a Localização é maior no entorno da Unifei, seguido pelo entorno da Fepi, FMIT e Facesm, esse não apresentando nenhuma ocorrência da faixa de índices mais altos (0,8-1,0).

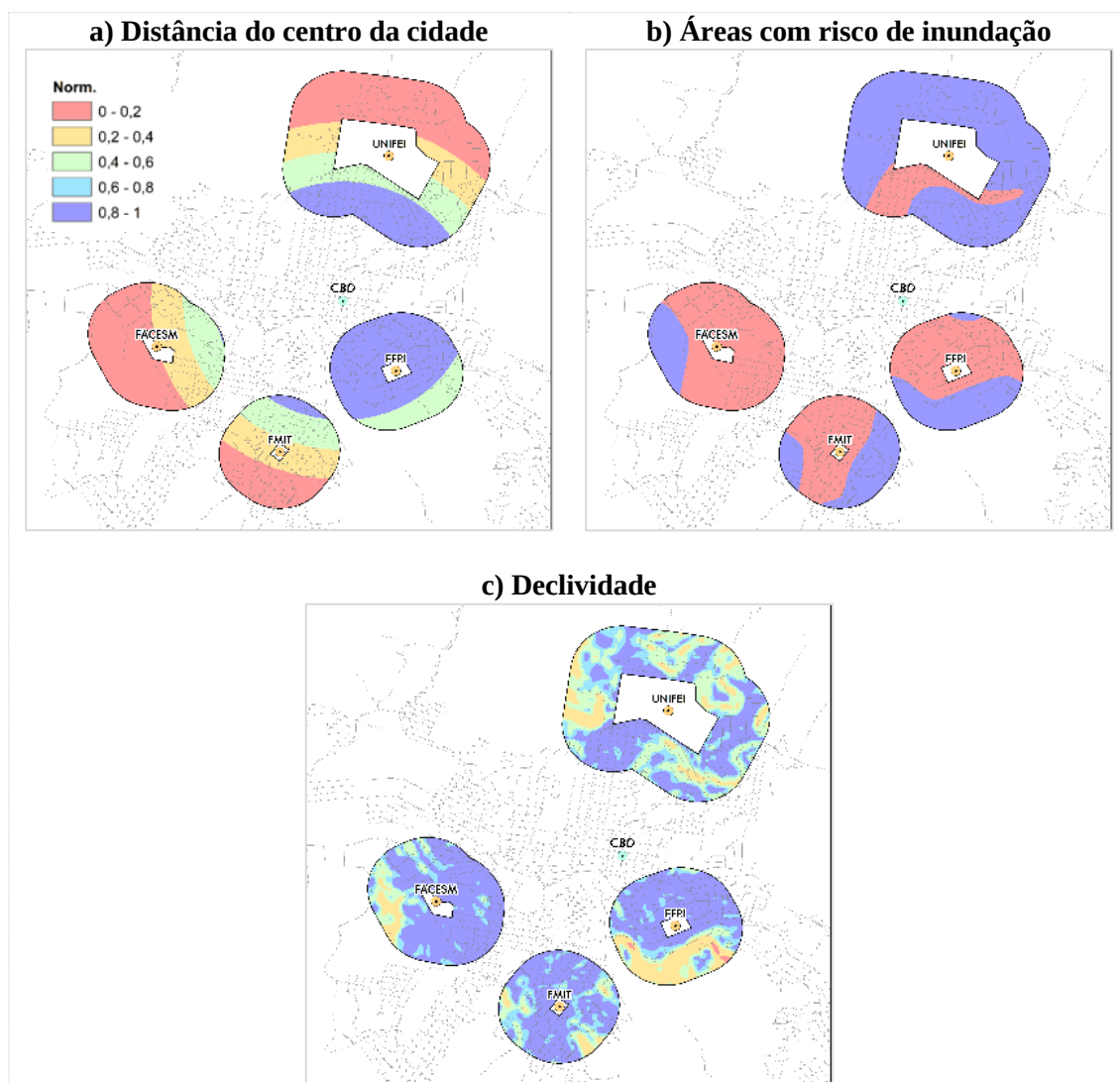


Figura 64 - Mapas individuais do subgrupo de “Localização”

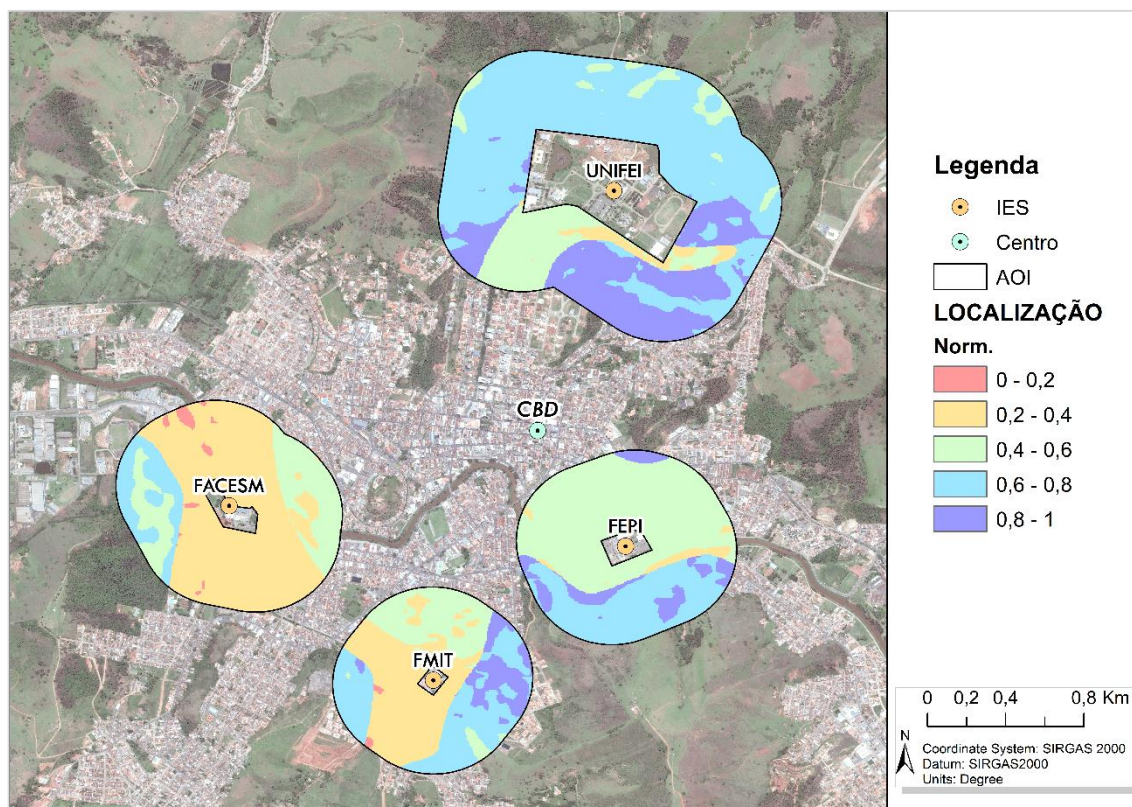


Figura 65 - Combinação ponderada dos critérios de “Localização”

Já o subgrupo de Acessibilidade é resultado da combinação ponderada dos critérios de “Serviço de Transporte Coletivo” (Figura 37), “Área de estacionamento” (Figura 38), “Área de carga e descarga” (Figura 39), “Ciclovias” (Figura 42) e “Calçadas” (Figura 44). Esse subgrupo busca avaliar as condições da infraestrutura viária geral para usuários de diferentes modos de transporte. Um resumo dos mapas obtidos pode ser observado na Figura 66.

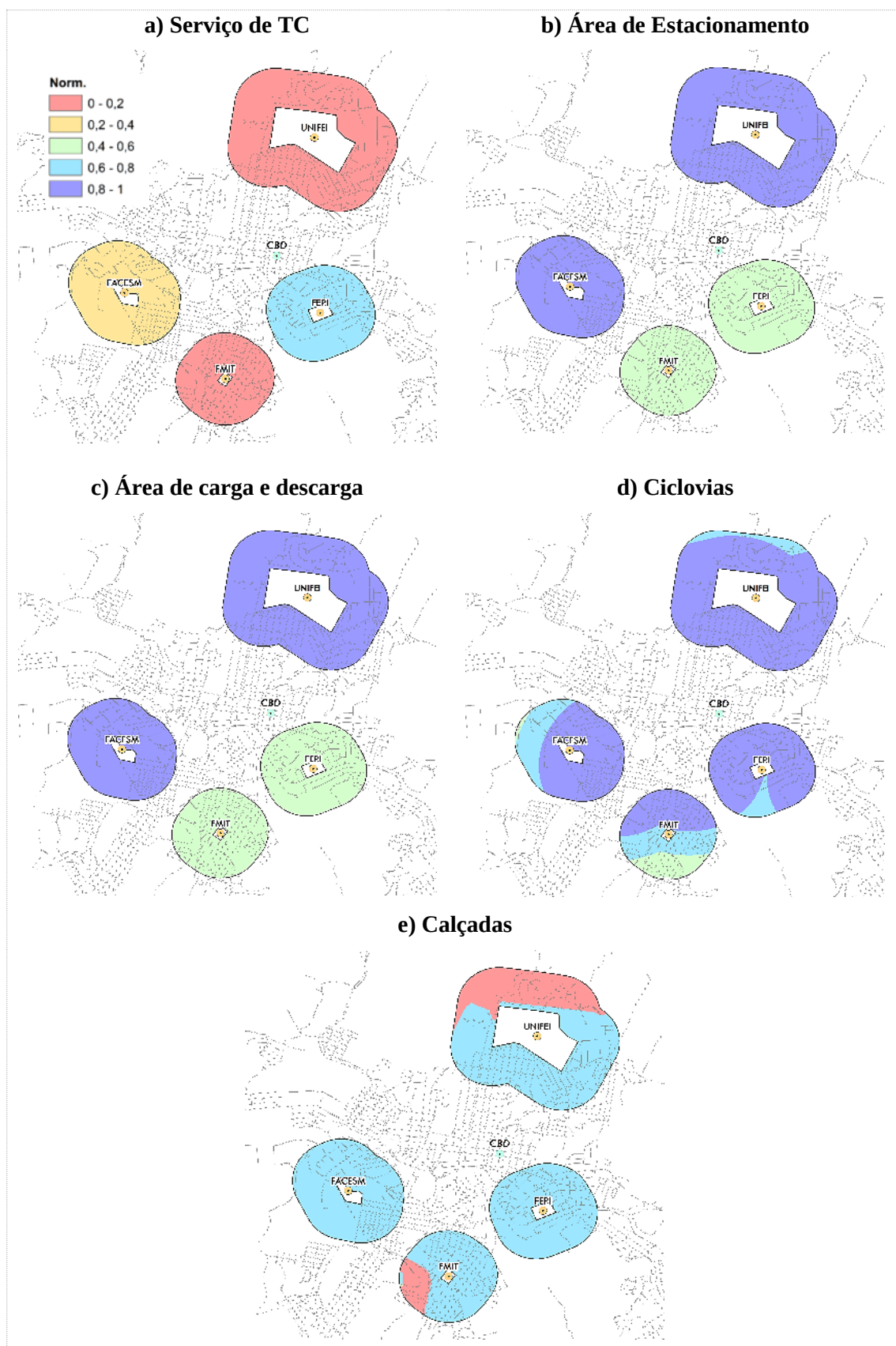


Figura 66 - Mapas individuais do subgrupo Acessibilidade

A partir dos mapas individuais, foi feita a combinação dos valores normalizados, atribuindo os pesos de cada critério. De acordo com a Figura 67, pode-se observar que nenhuma AOI obteve índices máximos para Acessibilidade. O entorno da Facesm é o mais homogêneo, seguido pelo da Fepi, mas nenhum atinge a faixa de 0,8–1,0. As AOI da Unifei e da FMIT apresentam mais heterogeneidade, porém a da Unifei ainda possui melhor desempenho perante a da FMIT, que obteve os piores valores de forma geral.

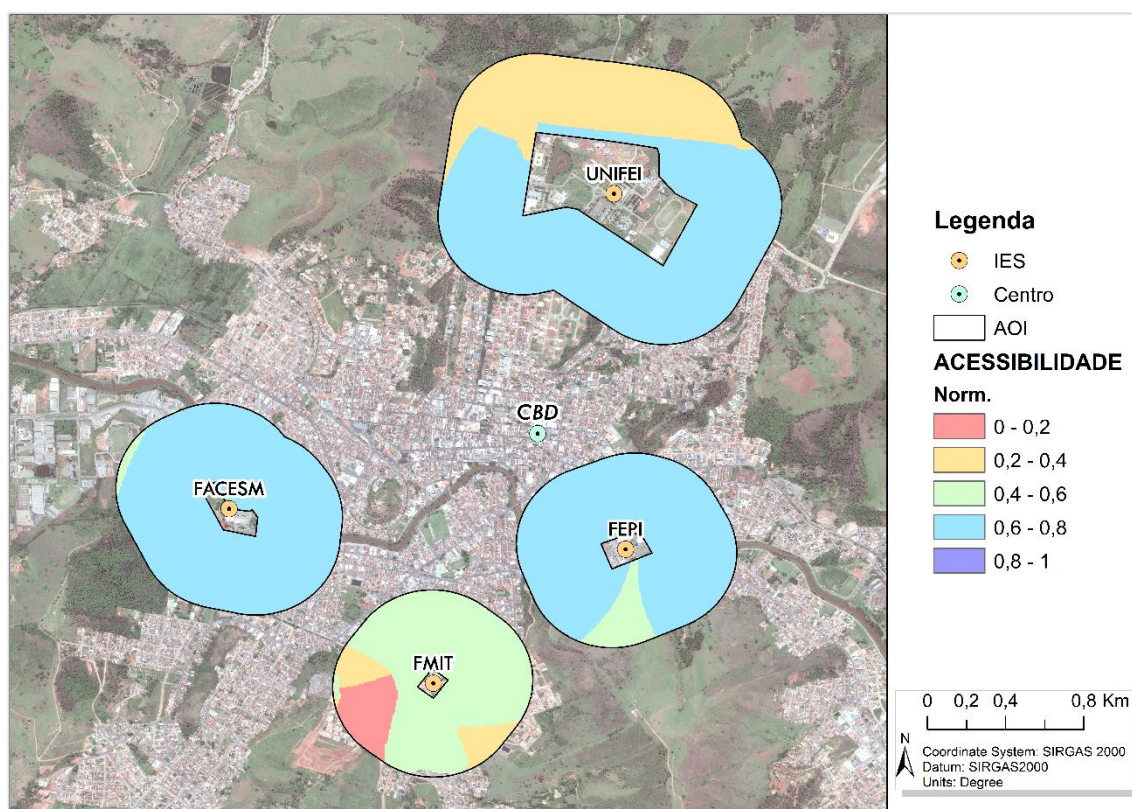


Figura 67 - Combinação ponderada dos critérios de "Acessibilidade"

5.2. Agrupamento de critérios do nível 3 - grupo “Aspectos socioeconômicos”

O grupo de Aspectos socioeconômicos é formado pelos subgrupos de Poder aquisitivo da população, Uso e ocupação do solo e Segurança, ao todo com oito (08) critérios. De forma semelhante ao item anterior, aqui se apresenta a interação entre os critérios individualizados na formação do mapa para cada subgrupo analisado.

O subgrupo de “Poder aquisitivo da população” teve por objetivo incorporar dados econômicos ao modelo, através dos scores normalizados da “Renda média da população”

(Figura 46) e do “Valor médio do m²” (Figura 48) para as áreas estudadas (Figura 71). Esses dados são importantes para o desempenho geral do modelo pois caracterizam essas áreas de acordo com subcritérios com impacto direto no valor do solo urbano. A combinação ponderada desses mapas pode ser observada a Figura 72.

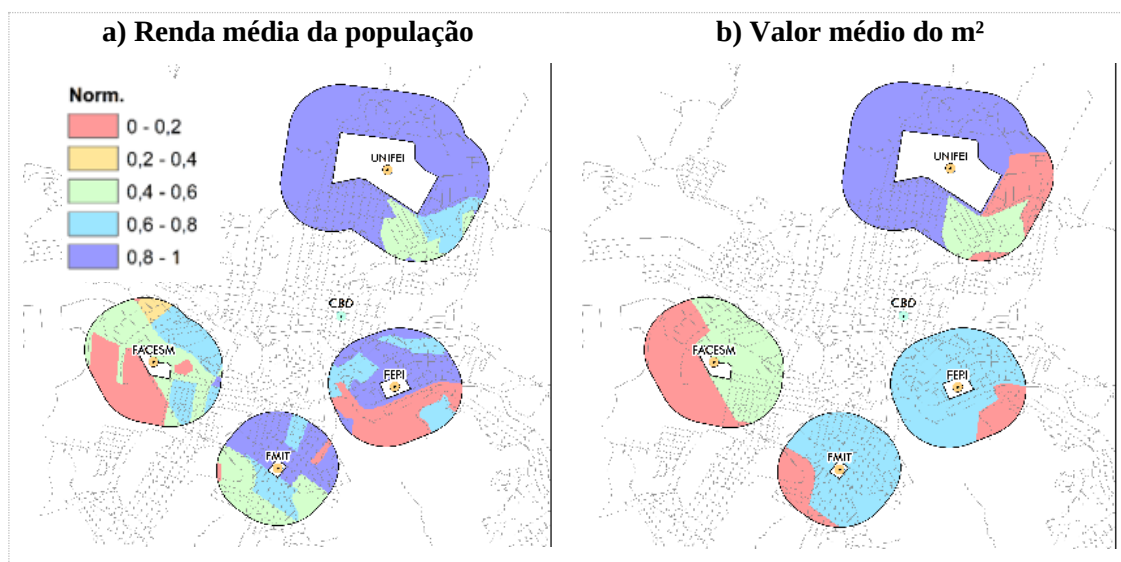


Figura 68 - Mapas individuais do subgrupo "Poder aquisitivo da população"

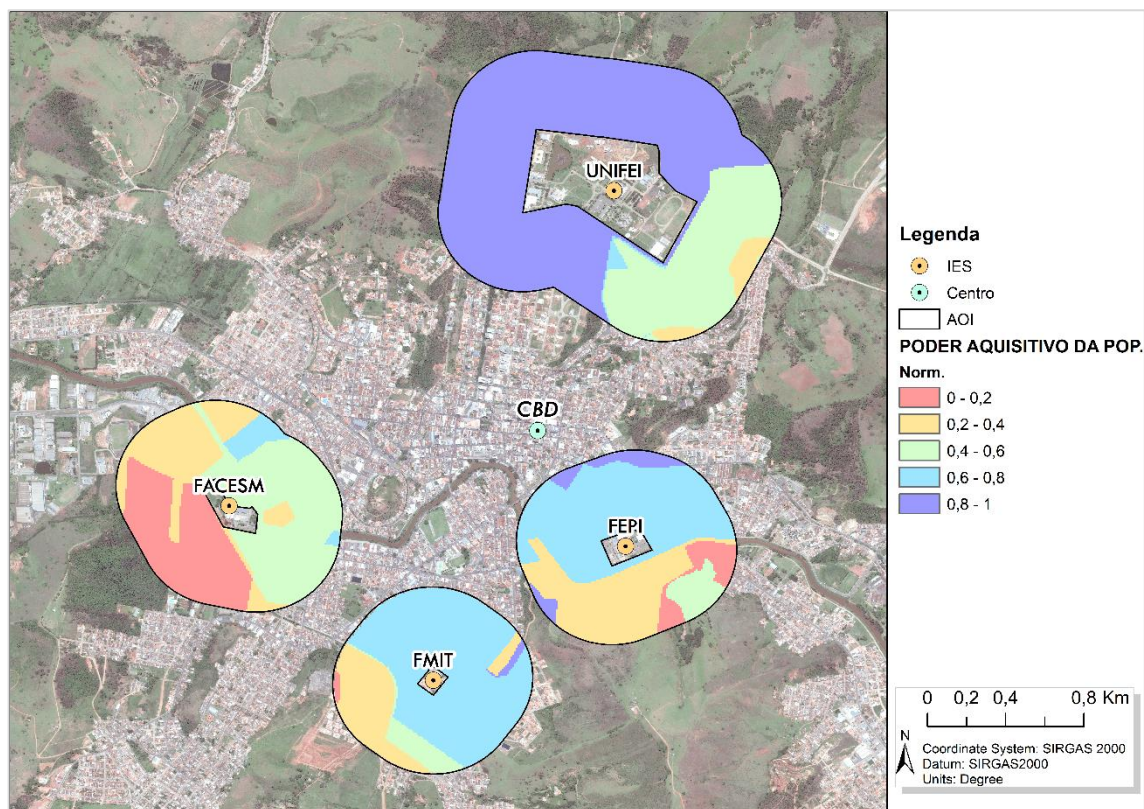


Figura 69 - Combinação ponderada dos critérios de “Poder aquisitivo da população”

Analisando a Figura 69, percebe-se a interação entre os mapas de Renda média e de Valor médio de m^2 . No primeiro (Figura 68 a), se observa a presença de habitantes com diferentes níveis de renda em todos os entornos, com destaque para o entorno da Unifei que apresentou faixas de renda mais elevadas. No último (Figura 68 b) os valores médios de m^2 também trouxeram destaque para a área da Unifei, mas permitiram verificar a semelhança entre os valores de m^2 para os entornos da Fepi e da FMIt. Já no mapa combinado (Figura 69) essa semelhança entre Fepi e FMIt é menos pronunciada e o entorno da Facesm também fica mais heterogêneo.

O potencial de valorização do solo de acordo com o Poder aquisitivo da população é maior para o entorno da Unifei, seguido do entorno da FMIt, da Fepi e, por último, da Facesm. Menos da metade do entorno da Fepi se mostrou composto de áreas mais valorizadas, fazendo com que o desempenho geral da FMIt fosse melhor. O entorno da Facesm apresentou menor desempenho entre todos os entornos para esse critério, com mais da metade de sua área obtendo índice máximo de 0,4.

“Uso e ocupação do solo”, por sua vez, é um subgrupo formado pelos critérios “Disponibilidade de bens e serviços” (Figura 50), “Densidade demográfica” (Figura 52), “Praças e parques públicos” (Figura 54) e “Áreas com potencial de ocupação” (Figura 56). A combinação ponderada dos quatro critérios (Figura 70) possibilitou a geração de um mapa que indica o potencial de valorização do solo em função de seu uso e ocupação, conforme apresentado na Figura 71.

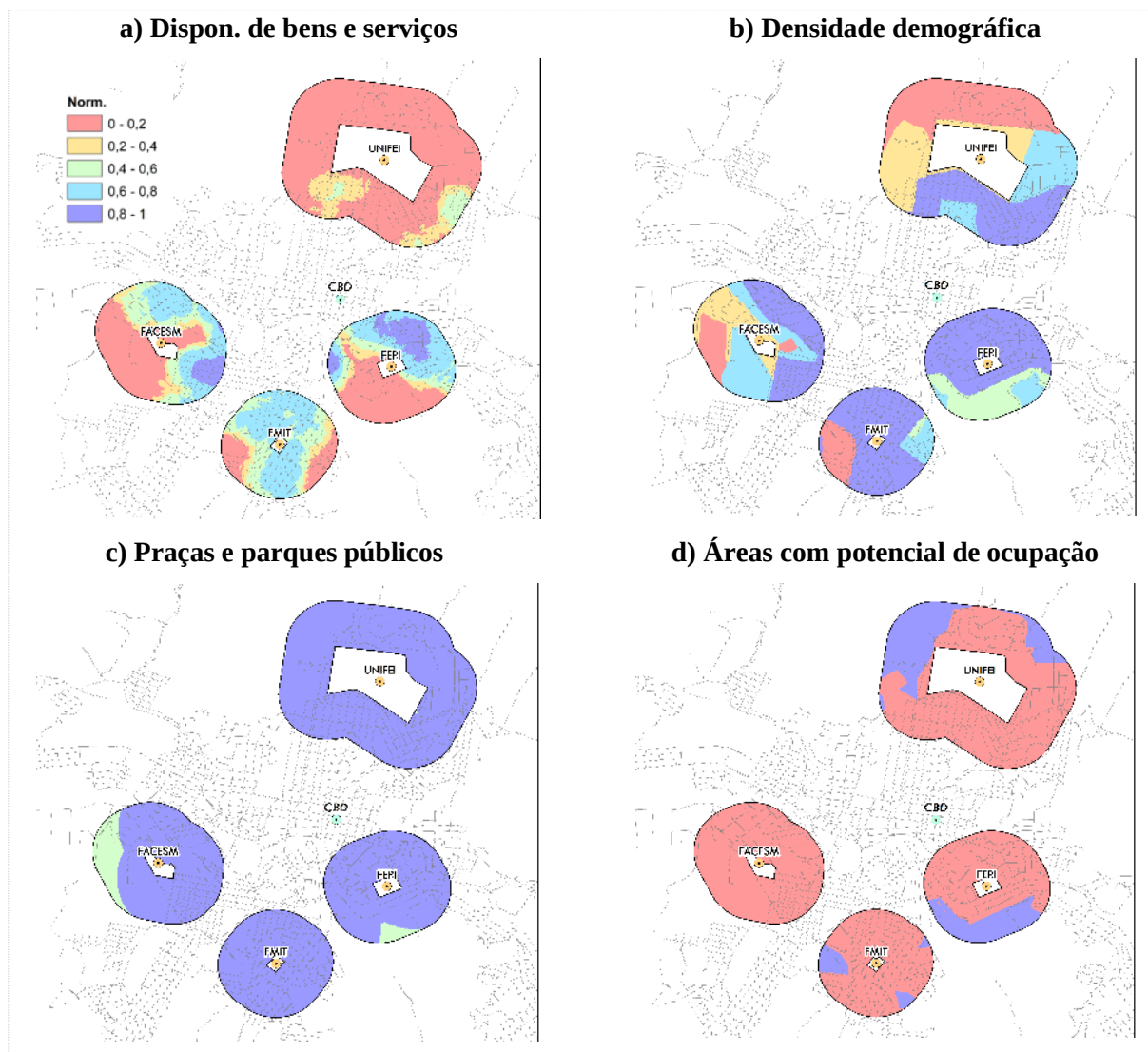


Figura 70 - Mapas individuais do subgrupo "Uso e ocupação do solo"

Na Figura 70, é possível perceber que os mapas de Densidade demográfica e de Áreas com potencial de ocupação apresentam semelhanças, isto é, parte dos locais com baixos scores de densidade demográfica coincidem com as zonas de expansão urbana, com exceção do entorno da FACESM. As AOI são praticamente semelhantes no critério Praças e parques públicos e demandam atenção na análise da Disponibilidade de bens e serviços. Isto porque esse último critério, em ordem de importância, é o que mais contribui como característica de Uso e ocupação do solo para avaliar o potencial de valorização no entorno de IES, com um peso de 48,32%.

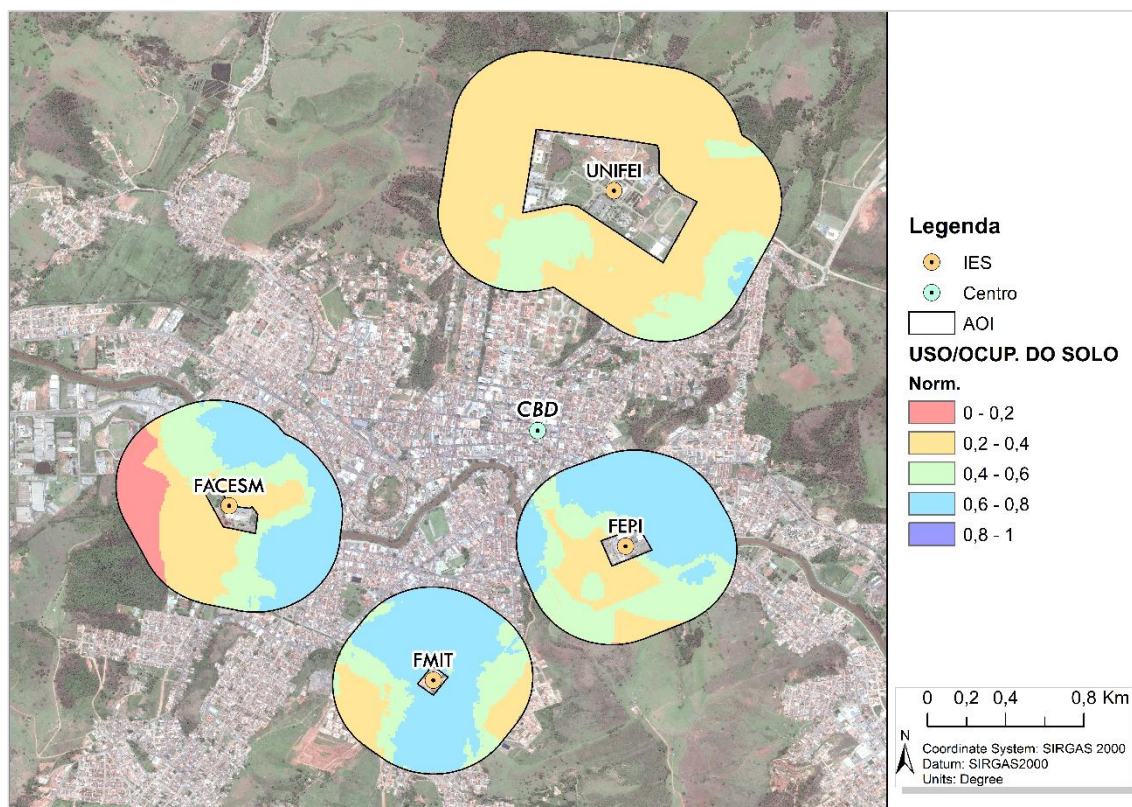


Figura 71 - Combinação ponderada dos critérios de "Uso e ocupação do solo"

Na Figura 71, é possível perceber que as AOI com maior potencial de valorização do seu entorno são a Fepi e a FMIT, apresentando maior extensão de áreas com índices entre 0,6 e 0,8. A ausência de índices maiores pode ter sido ocasionada pelo critério Área com potencial de ocupação, pois foram priorizadas áreas que vêm recebendo novos investimentos imobiliários. Outro critério preponderante é o de Disponibilidade de bens e serviços, assim, áreas com baixa disponibilidade apresentaram grandes manchas com índices menores, como se observa na AOI da Unifei, que apresenta bairros estritamente residenciais.

O subgrupo de “Segurança” buscou caracterizar as áreas de interesse de acordo com os critérios de Segurança viária (Figura 58) e Segurança pública (Figura 60), permitindo analisá-las a partir da incidência de acidentes e crimes, respectivamente. A sensação de segurança e de tranquilidade é um dos principais recursos da propaganda imobiliária, fazendo com que locais sem essas qualidades apresentem uma tendência de desvalorização (JORDÃO, 2014). A combinação ponderada dos mapas de Segurança viária e Segurança pública (Figura 72) gerou o mapa para o subgrupo Segurança, expresso pela Figura 73.

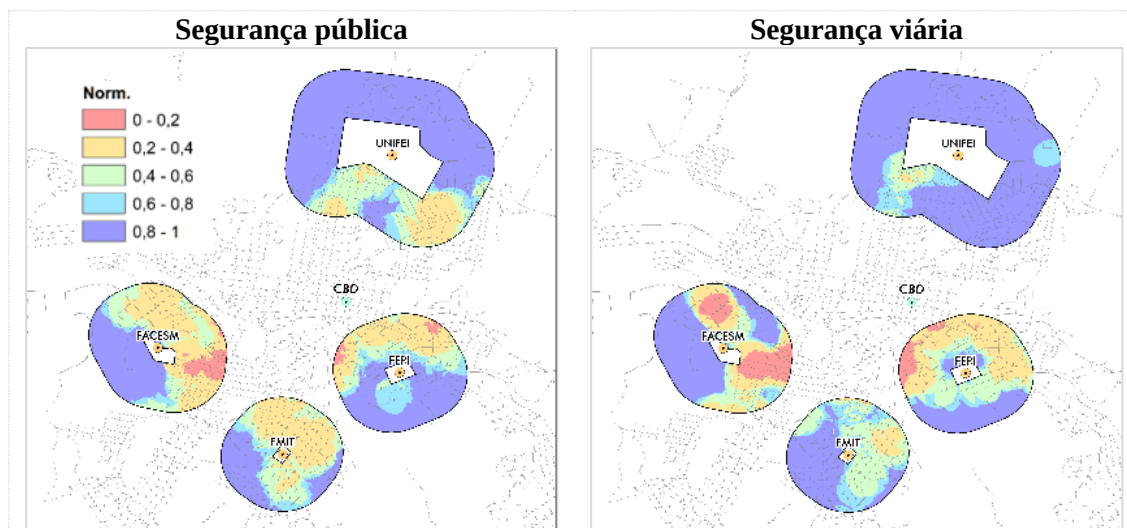


Figura 72 – Mapas individuais do subgrupo de “Segurança”

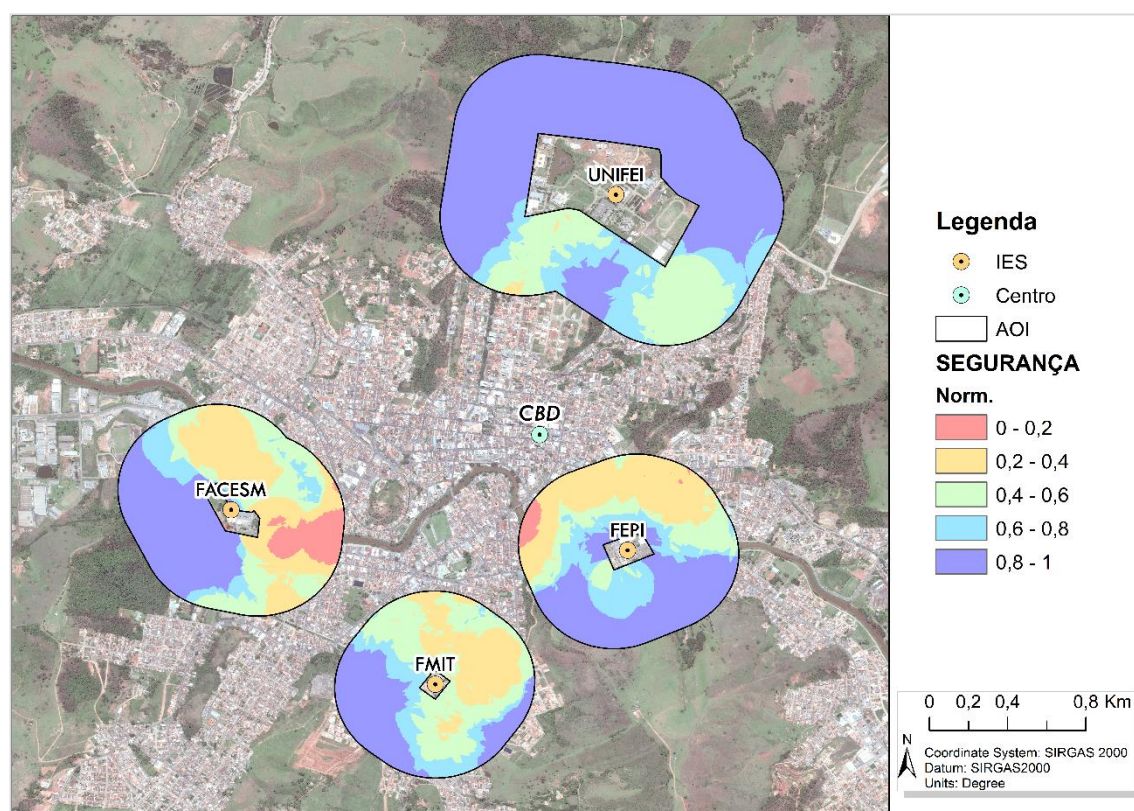


Figura 73 - Combinação ponderada dos critérios de “Segurança”

A partir da escala ponderada, é possível verificar um desempenho superior do entorno da Unifei, seguido pelo da FMIT. Já os entornos da Fepi e da Facesm possuem áreas representativas assinaladas com índices menores (abaixo de 0,4). Ainda assim, apresentaram um desempenho satisfatório, contrabalanceando maiores extensões de áreas seguras com áreas de menor segurança.

5.3. Obtenção do potencial de valorização do solo – agrupamento dos níveis 2 e 1

Esse item apresenta os mapas finais de Aspectos físicos, Aspectos socioeconômicos e, por último, o mapa do Potencial de valorização no entorno de IES, resultante da combinação dos dois primeiros.

Primeiramente, para obtenção do mapa de Aspectos físicos, foram combinados os mapas dos subgrupos Infraestrutura básica (Figura 63), Localização (Figura 65) e Acessibilidade (Figura 67). A Figura 74 apresenta os três mapas individuais e a Figura 75 apresenta o mapa resultante da combinação ponderada pelos pesos de cada subgrupo de critérios (Figura 16).

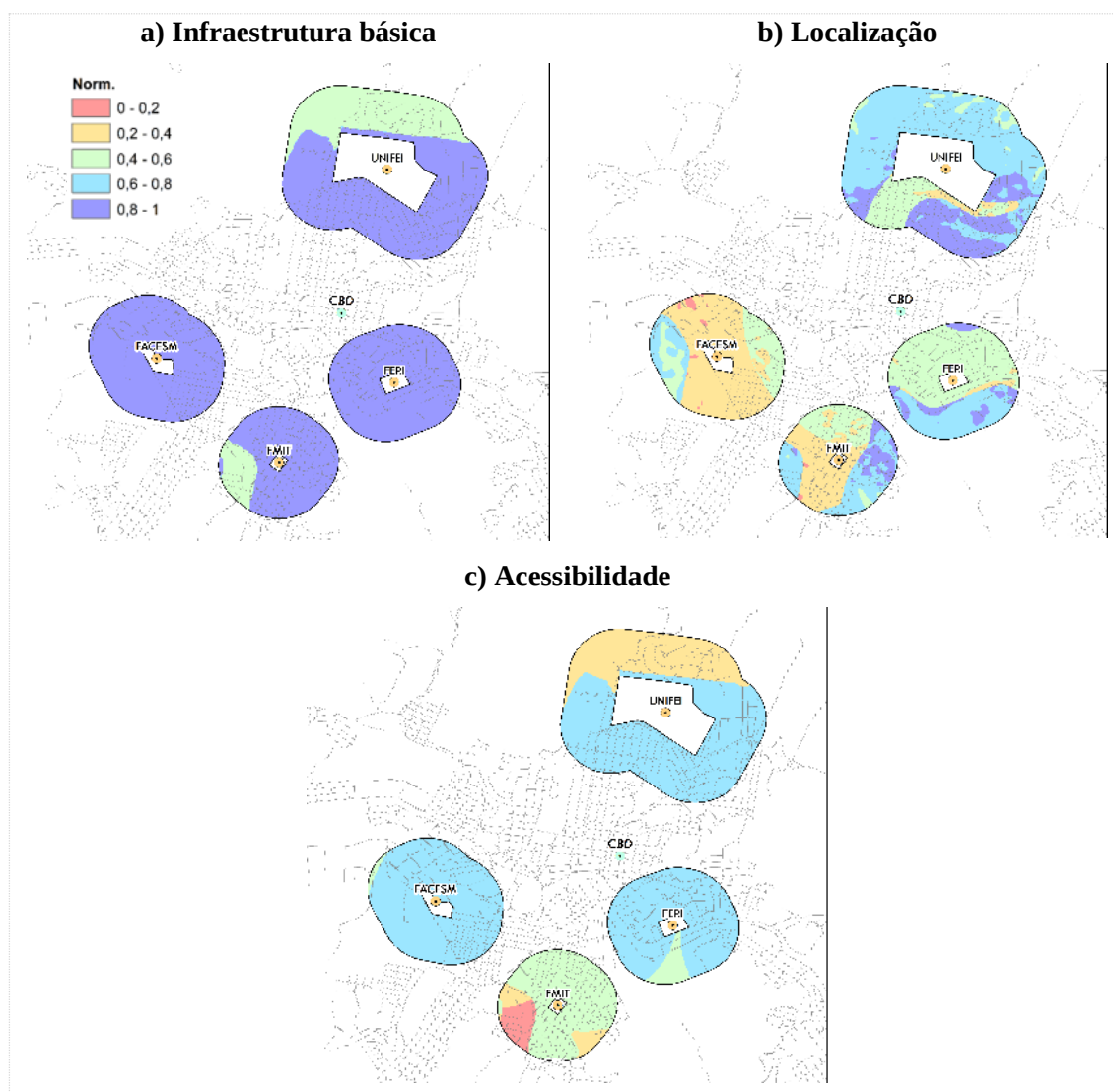


Figura 74 – Critérios (subgrupos) de "Aspectos físicos"

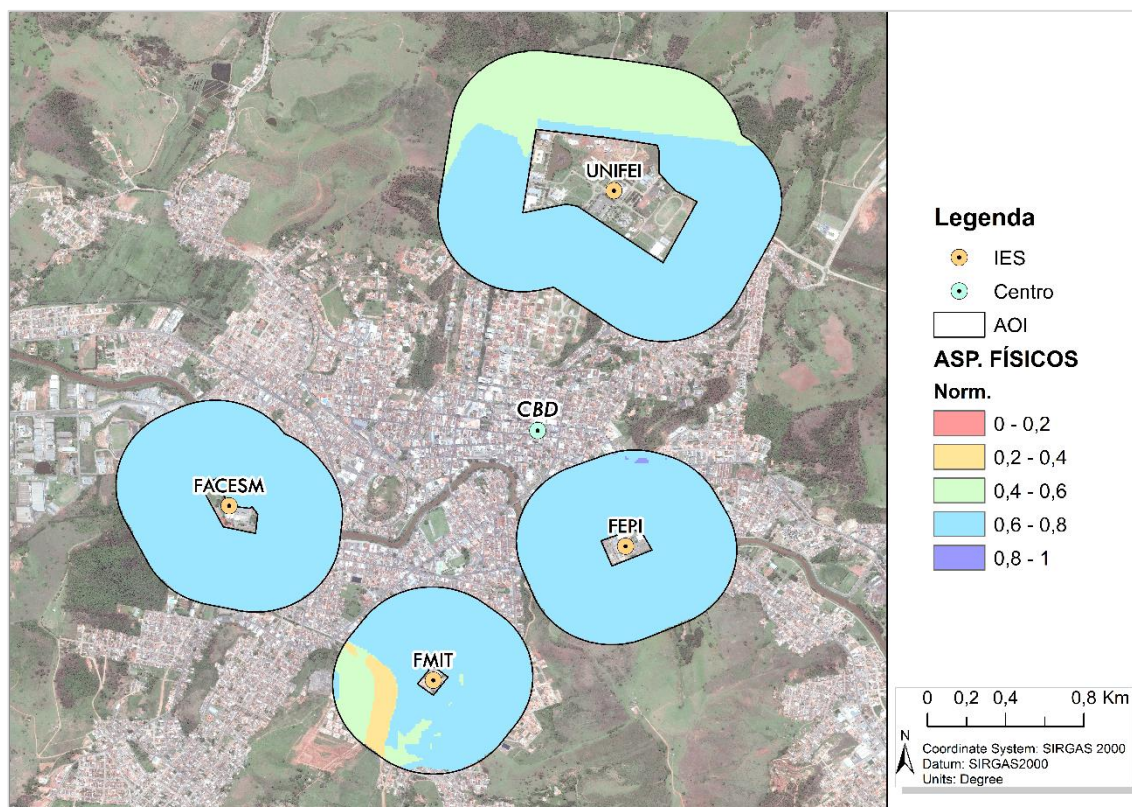


Figura 75 - Mapa do grupo "Aspectos físicos"

Percebe-se que as AOI com índices mais altos de valorização do solo relacionado aos Aspectos físicos são as da Facesm e da Fepi, sendo a distribuição de valores bastante semelhante ao observado em Infraestrutura básica. De fato, esse é o subgrupo de maior representatividade (com peso de 49,42%) na análise dos especialistas. No entanto, a Figura 75 resultou da interação desse mapa com os de Acessibilidade (peso de 32,36%) e Localização (peso de 18,22%). Assim, os outros valores observados nas AOI da Unifei e da FMIt são uma resposta geral dos baixos índices de Acessibilidade e Localização naquelas faixas específicas.

Em um segundo momento, foi gerado o mapa de Aspectos socioeconômicos que agrupou os mapas de Poder aquisitivo da população (Figura 69), Uso e ocupação do solo (Figura 71) e Segurança (Figura 73). A Figura 76 apresenta os três mapas individuais e a Figura 77 apresenta o mapa resultado da combinação ponderada pelos pesos de cada subgrupo de critérios (Figura 16).

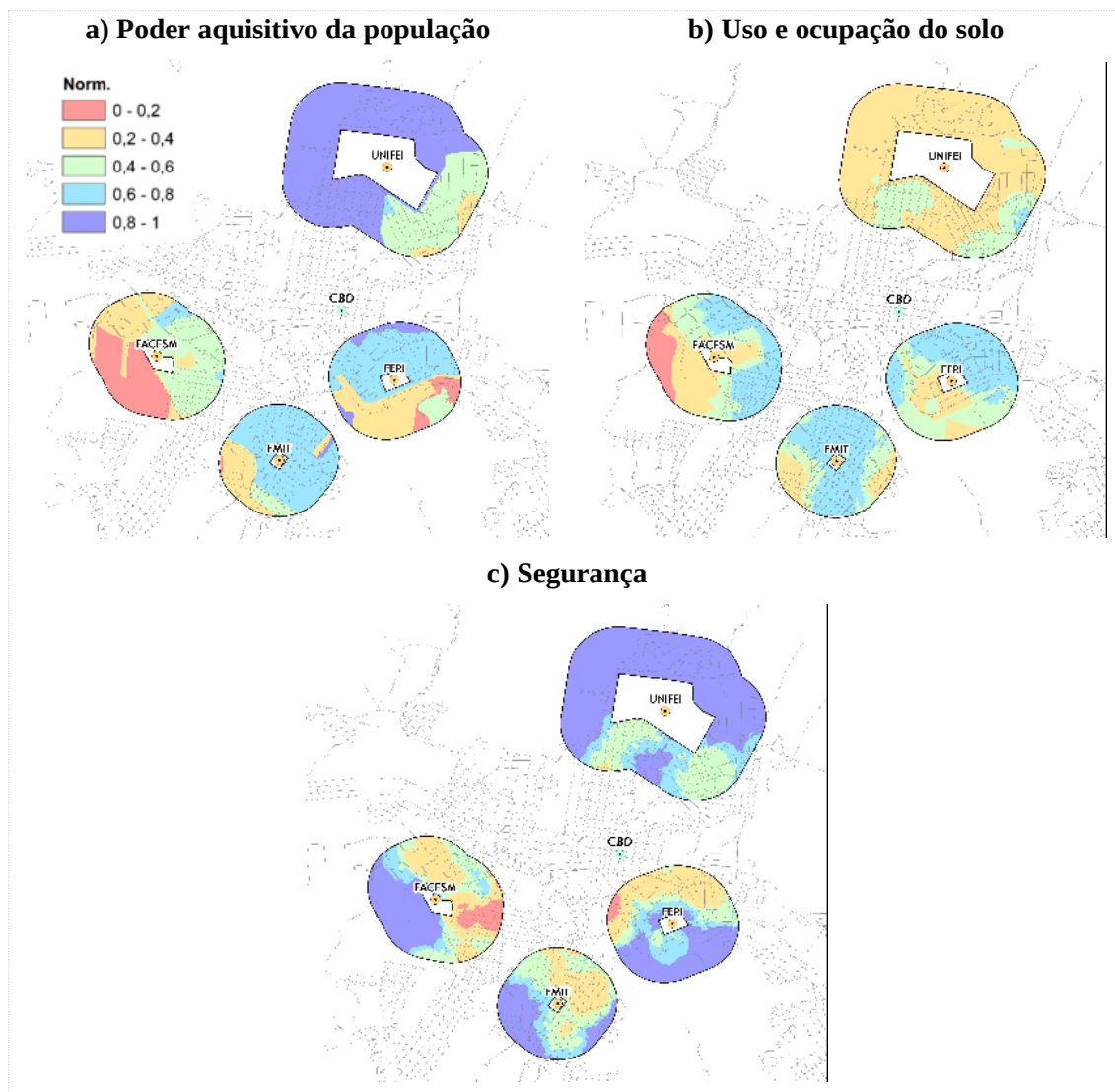


Figura 76 – Critérios (subgrupos) de "Aspectos socioeconômicos"

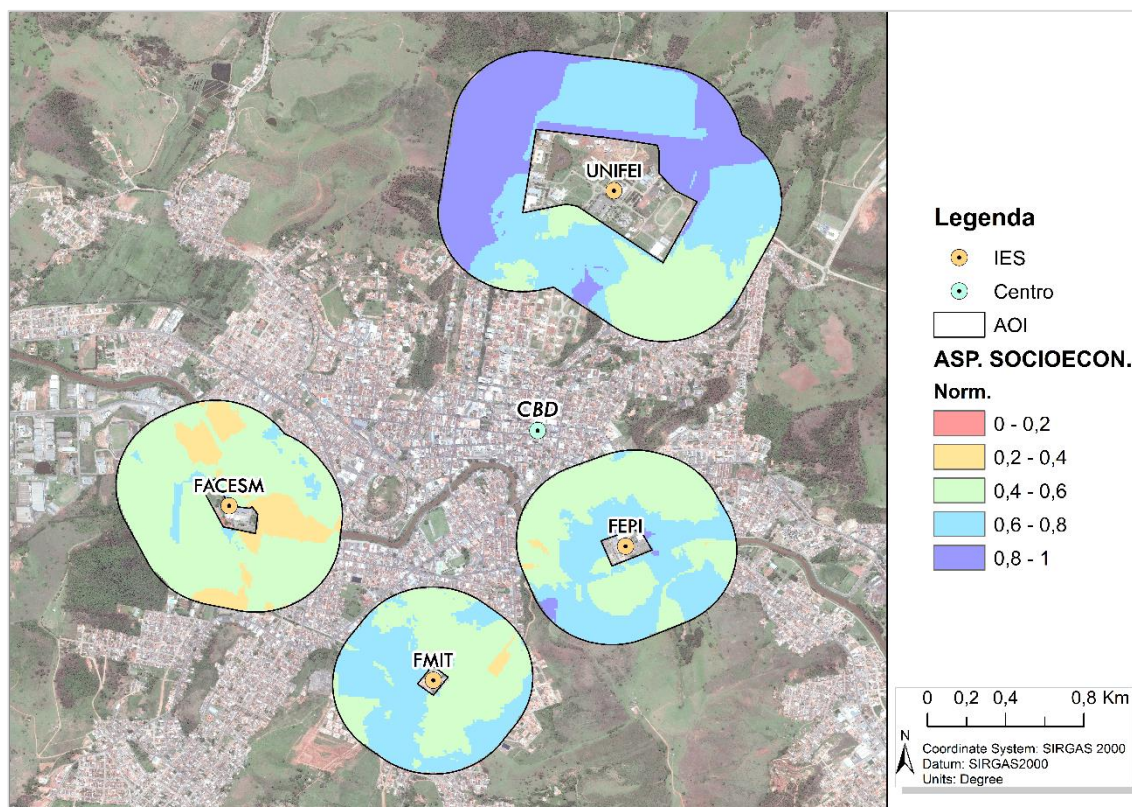


Figura 77 - Mapa do grupo "Aspectos socioeconômicos"

Na Figura 77 também se observa a influência dos subgrupos na distribuição dos índices de valorização. O subgrupo de Segurança (peso de 46,99%) influenciou as manchas classificadas entre 0,4 e 0,6 nas AOI da Unifei, Fepi e FMIt e as manchas entre 0,2 e 0,4 na AOI da Facesm. Nota-se grande influência dos scores dos mapas de Poder aquisitivo da população (peso de 31,20%) e de Uso e ocupação do solo (peso de 21,81%) sobre as AOI de forma geral.

Depois de realizar a combinação dos critérios de nível 2 passou-se à combinação dos mapas resultantes (Aspectos físicos e Aspectos socioeconômicos) para obtenção do mapa final, que pode ser observado na Figura 78. Vale comentar que, de acordo com os especialistas, os Aspectos físicos são pouco mais importantes que os Aspectos socioeconômicos, com pesos de 54,85% e 45,15%, respectivamente.

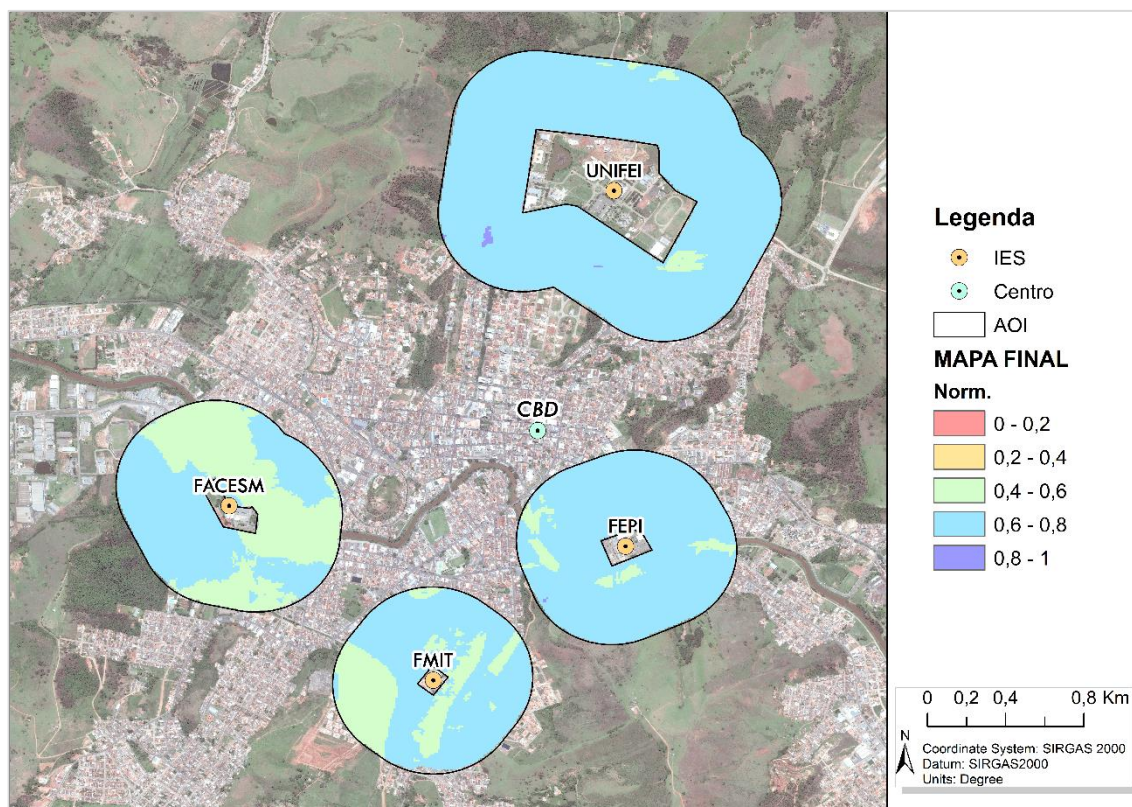


Figura 78 - Mapa do potencial de valorização no entorno de IES

O mapa da Figura 78 mostra que, com exceção da pequena mancha na faixa de índices mais altos (0,8–1,0) observada na AOI da Unifei, as quatro AOI obtiveram classificação entre 0,4 e 0,8. No entanto, é importante observar a distribuição espacial dessas manchas em proximidade às IES e em quantidade na AOI como um todo. Todas as IES possuem pequenas faixas com índices entre 0,4 e 0,6 (menores, nessa análise) no seu entorno imediato, porém as maiores quantidades do mesmo são observadas nas AOI da Facesm e da FMIt. A Facesm se diferencia das demais por apresentar uma área maior com valores intermediários de valorização. Isso pode ter ocorrido devido a maior proximidade dessa AOI à zona industrial da cidade.

As manchas maiores, na faixa entre 0,6 e 0,8, são determinantes para a análise final do potencial de valorização, pois permitem classificar as AOI. A AOI (ou entorno) com maior potencial de valorização é a da Unifei, seguida pelas AOI da Fepi, FMIt e Facesm. Nos últimos anos a região da Unifei passou por várias mudanças, entre elas a construção de novos prédios residenciais e loteamentos.

6. Conclusão

A política urbana nacional possui como uma de suas diretrizes gerais a ordenação e o controle do uso do solo, de modo a evitar, entre outras coisas: (i) a utilização inadequada dos imóveis urbanos; (ii) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; (iii) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão de infraestrutura correspondente; e (iv) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização (BRASIL, 2001).

É possível verificar nesses quatro itens que na área urbana o solo não pode se omitir de um uso e que este por si só não deve oferecer impacto aos demais. Quando esse uso, seja um shopping, seja um hipermercado ou uma Instituição de Ensino Superior (IES), impacta o sistema de transportes, ele se transforma em um Polo Gerador de Viagens (PGV), trazendo efeitos em diferentes dimensões, sendo uma delas a questão do valor do solo urbano.

Este trabalho teve por objetivo estudar o potencial de valorização no entorno de IES utilizando análise multicritério espacial. A partir da revisão da literatura verificou-se que a valorização do solo está relacionada à existência de aspectos físicos e aspectos socioeconômicos. Entre os aspectos físicos estão itens de infraestrutura básica, localização e acessibilidade e entre os aspectos socioeconômicos características de poder aquisitivo da população, uso e ocupação do solo e segurança.

Identificados os critérios, estes foram hierarquizados a fim de integrar um modelo multicritério de apoio à decisão. Os critérios se subdividiram em indicadores, a saber: abastecimento de água, esgotamento sanitário, iluminação pública e pavimentação representaram o critério “infraestrutura básica”; distância do centro da cidade, área com risco de inundação e declividade representaram o critério “localização”; serviço de transporte coletivo, área de estacionamento, área de carga e descarga, ciclovias e calçadas, o critério “acessibilidade”; renda média da população e valor médio do metro quadrado representaram o critério “poder aquisitivo da população”; disponibilidade de bens e serviços, densidade demográfica, existência de praças e parques públicos, áreas com potencial de ocupação representaram o critério “uso e ocupação do solo”; por fim, segurança pública e segurança viária representaram o critério “segurança”.

Com auxílio do Processo Hierárquico Analítico (AHP) foram construídas matrizes de comparação par a par para todos os níveis hierárquicos. Essas matrizes foram enviadas a especialistas acadêmicos e de órgãos competentes. Foi possível perceber a divergência de pensamento entre os dois grupos de pessoas de acordo com os fatores que vêm a influenciar o

valor do solo no entorno de IES, mas os procedimentos do AHP permitiram obter o comportamento médio das respostas, bem como os pesos para cada nível.

Frente ao objetivo do modelo, que foi o de “Avaliar o potencial de valorização no entorno de IES”, o grupo de aspectos físicos se mostrou mais relevante (54,85%) que o grupo de aspectos socioeconômicos (45,15%). No primeiro, a infraestrutura básica é o critério mais importante de acordo com os especialistas (49,42%), seguido de acessibilidade (32,36%) e localização (18,22%). No segundo merece destaque o critério de segurança (46,99%), seguido pelo poder aquisitivo da população (31,20%) e uso e ocupação do solo (21,81%).

O questionário não contemplava as regiões que viriam a ser analisadas no trabalho, a fim de tornar as respostas o mais transparentes possível. Dessa forma, na etapa de construção do modelo na plataforma do ArcGIS é que foram destacadas as quatro *areas of interest* (AOI): os entornos da Facesm, Fepi, FMIt e Unifei. Esses entornos, foram, portanto, os objetos do estudo de caso.

Os indicadores foram representados em mapas a partir dos dados obtidos para as AOI, totalizando 20 mapas individuais. Através de funções *fuzzy*, os mapas foram normalizados de acordo com a necessidade de maximização ou minimização daquele indicador para o objetivo geral do modelo e a cada novo mapa foi possível perceber as diferenças entre as quatro áreas analisadas. Ora uma região possuía um valor alto, ora, para outro indicador (ou critério), esse valor era baixo.

Após o emprego das funções *fuzzy*, todos os mapas foram agrupados seguindo o ordenamento hierárquico, isto é, o agrupamento ocorreu desde o nível dos indicadores, passando pelos critérios até chegar aos dois grandes grupos e, assim, ao mapa final. Os mapas foram colocados em uma mesma escala de cor a fim de permitir a observação de padrões e diferenças entre as AOI. De acordo com os aspectos físicos, as AOI da Facesm e da Fepi são mais valorizadas, seguidas das AOI da Unifei e da FMIt. De acordo com os aspectos socioeconômicos, a AOI da Unifei é mais valorizada, seguida das AOI da Fepi, FMIt e Facesm. Da combinação entre aspectos físicos e aspectos socioeconômicos obteve-se um *ranking* em que as AOI com maior potencial de valorização são as da Unifei, Fepi, FMIt e Facesm, respectivamente.

Vale mencionar algumas limitações desse trabalho. Houve dificuldades na aplicação do AHP a especialistas sem familiaridade com o método, gerando a necessidade de explicações prévias. Grande parte dos dados é proveniente do Censo 2010, assim, sugere-se a atualização

dos dados para comparação com uma situação mais atual, o que possibilitará verificar áreas que sofreram urbanização e uma possível valorização do solo.

O modelo se apresenta como uma contribuição à literatura de impactos derivados de PGVs, analisando um tipo diferenciado, que é o das IES. As IES estão intimamente ligadas a história dos municípios e das regiões onde estão inseridas e o caso de Itajubá não é diferente. O modelo se constitui em um subsídio à elaboração de políticas públicas de planejamento urbano e de transportes, podendo ser aplicado a outras cidades com características semelhantes a Itajubá. Com poucas modificações, ele também pode ser utilizado para outros tipos de PGVs, uma vez que as variáveis não dependem do tipo de PGV analisado.

Referências

- ABIDOYE, R B; CHAN, A P C. Critical determinants of residential property value: professionals' perspective. *Journal of Facilities Management*, v. 14, n. 3, p. 283–300, 2016.
- ABNT. NBR 14653-2: *Avaliação de bens Parte 2: Imóveis Urbanos*. . Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. , 2011
- ALMEIDA, Mário de Souza. *Elaboração de projeto, TCC, dissertação e tese: uma abordagem simples, prática e objetiva*. São Paulo: Atlas, 2011.
- ALTIERI, Linda *et al.* Urban sprawl scatterplots for Urban Morphological Zones data. *Ecological Indicators*, v. 36, p. 315–323, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.011>>.
- AMORIM FILHO, O B; RIGOTTI, J I R; CAMPOS, J. Os níveis hierárquicos das cidades médias de Minas Gerais. *RA'EGA*, n. 13, p. 7–18, 2007.
- AMREIN, C. J. *Capital humano e capital urbano: o impacto das escolas nos preços dos imóveis no município de São Paulo*. 2010. 78 f. Universidade de São Paulo, 2010.
- ANANDA, J.; HERATH, G. Multi-attribute preference modelling and regional land-use planning. *Ecological Economics*, v. 65, n. 2, p. 325–335, 2008.
- ANDERSON, M. G. *et al.* The efficacy of a programme of landslide risk reduction in areas of unplanned housing in the Eastern Caribbean. *Environmental Management*, v. 45, n. 4, p. 807–821, 2010.
- ANDRADE, E. P.; PORTUGAL, L. S. *Geração de viagens: introdução teórica e recomendações práticas. Polos geradores de viagens orientados à qualidade de vida e ambiental*. [S.l.]: Cadernos da Rede Ibero-americana de estudos em polos geradores de viagens - REDPGV. , 2009
- ANDRADE, E. P.; PORTUGAL, L. S. *Geração de viagens em PGVs. Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. p. 748.
- AZEVEDO, S. Desafios da habitação popular no Brasil: políticas recentes e tendências. In: CARDOSO, A. L. (Org.). . *Habitação social nas metrópoles brasileiras: uma avaliação das políticas habitacionais em Belém, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo no final do século XX*. Porto Alegre: Coleção Habitare ANTAC, 2007. .
- BARBOSA, A. G; GOMES, E. T. A. Reflexão sobre o papel do setor imobiliário na acumulação urbana. *Sociedade e Natureza*, v. 28, n. 3, p. 333–346, 2016.
- BARBOSA, Eunice. *Infraestrutura urbana e valorização imobiliária no município de São Paulo 1958-2008*. 2012. 226 f. Universidade de São Paulo, 2012.
- BATTY, M; BESUSSI, E; CHIN, N. *Traffic, urban growth and suburban sprawl*. , CASA Working Papers., nº 70. London, UK: [s.n.], 2003.
- BAUMGARTNER, W. H. Universidades públicas como agentes de desenvolvimento urbano e regional de cidades médias e pequenas: uma discussão teórica, metodológica e empírica. *GeoTextos*, v. 11, n. 1, p. 91–111, 2015.
- BOYLE, Austin; BARRILLEAUX, Charles; SCHELLER, Daniel. Does walkability influence housing prices? *Social Science Quarterly*, v. 95, n. 3, p. 852–867, 2014.

BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. . Brasil: [s.n.], 1988

BRASIL. *Estatuto da Cidade*. . Brasil: [s.n.], 2001

BRASIL. *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios*. Brasília: Ministério das Cidades, 2007. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/acessibilidade-e-programas-urbanos/acoes-e-programas-snapu/prevencao-de-riscos/136-secretaria-nacional-de-programas-urbanos/prevencao-e-erradicacao-de-riscos/1855-material-basico-para-o-mapeamento-e-gerenciamento-de-areas-de-risc>>.

BRITO, L. C. *A expansão urbana de Goiânia e instrumentos de gestão: um enfoque sobre a região sudeste*. 2015. 161 f. Universidade Federal de Goiás, 2015.

BRONDINO, N C M. *Estudo da influência da acessibilidade no valor de lotes urbanos através do uso de redes neurais*. 1999. 158 f. Universidade de São Paulo, 1999.

BRUTON, M. J. *Introdução ao planejamento de transportes*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

CALISKAN, Nurbanu. A decision support approach for the evaluation of transport investment alternatives. *European Journal of Operational Research*, v. 175, n. 3, p. 1696–1704, 2006.

CASTRO PAULA, A. F. F. *Taxas de geração de viagens para instituições privadas de ensino superior de Uberlândia, MG*. 2013. 101 f. Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

CERRETA, M.; DE TORO, P. Urbanization suitability maps: A dynamic spatial decision support system for sustainable land use. *Earth System Dynamics*, v. 3, n. 2, p. 157–171, 2012.

CET. *Polos Geradores de Tráfego*. , Boletim Técnico. São Paulo: Prefeitura de São Paulo. , 1983

CHANG, N. B.; PARVATHINATHAN, G.; BREEDEN, J. B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management*, v. 87, n. 1, p. 139–153, 2008.

CHEN, Y.; YU, J.; KHAN, S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environmental Modelling & Software*, v. 25, n. 12, p. 1582–1591, 2010.

CLIFTON, Kelly J.; CURRANS, Kristina M.; MUHS, Christopher D. Adjusting ITE's Trip Generation Handbook for urban context. *Journal of Transport and Land Use*, v. 8, n. 1, p. 5–29, 2015. Disponível em: <<https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/378>>.

COE-SUFS. *Initiative 47: Relocation of Large Traffic Generators*. Disponível em: <https://coe-sufs.org/wordpress/ncfrp33/psi/demand_land_use/rltg/>. Acesso em: 20 fev. 2017.

COSTA, G. O.; FARIA, T. C. A.; FARIA, M. C. C. Particularidades da expansão urbana de Viçosa, MG: uma cidade universitária. *Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia*, v. 9, n. 1, p. 129–143, 2017.

COUTINHO-RODRIGUES, João; SIMÃO, Ana; ANTUNES, Carlos Henggeler. A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures. *Decision Support Systems*, v. 51, n. 3, p. 720–726, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2011.02.010>>.

CROLS, Tomas *et al.* DOWDATING high-resolution population density maps using sealed surface cover time series. *Landscape and Urban Planning*, v. 160, p. 96–106, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.12.009>>.

CURRANS, Kristina M; CLIFTON, Kelly J. Using household travel surveys to adjust ITE trip

generation rates. *the Journal of Transport and Land Use*, v. 1, p. 85–119, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2015.470>>.

DELMELLE, EC. Five decades of neighborhood classifications and their transitions: a comparison of four US cities, 1970-2010. *Applied Geography*, v. 57, p. 1–11, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.12.002>>.

DELMELLE, Eric M.; DELMELLE, Elizabeth Cahill. Exploring spatio-temporal commuting patterns in a university environment. *Transport Policy*, v. 21, p. 1–9, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.007>>.

DENATRAN. *Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego*. Brasília: Departamento Nacional de Trânsito, 2001.

DODGSON, J S *et al.* *Multi-criteria analysis: a manual*. London: Department for Communities and Local Government, 2009. v. 11. Disponível em: <http://eprints.lse.ac.uk/12761/1/Multi-criteria_Analysis.pdf>.

ECHENIQUE, Marcial. Land use/transport models and economic assessment. *Research in Transportation Economics*, v. 31, n. 1, p. 45–54, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2010.11.007>>.

EMBRAPA. *Classes de declividade*. . Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979

EWING, Reid *et al.* Varying influences of the built environment on household travel in 15 diverse regions of the United States. *Urban Studies*, v. 52, n. 13, p. 2330–2348, 2015. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0042098014560991>>.

EWING, Reid; CERVERO, Robert. Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, v. 76, n. 3, p. 265–294, 2010. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944361003766766>>.

FELIX, R. R. O. M. *Avaliação de áreas urbanas baseada no desenvolvimento orientado ao transporte sustentável (DOTS)*. 2017. 127 f. Universidade Federal de Itajubá, 2017.

FERRARI, C. *Curso de planejamento municipal integrado*. 2. ed. São Paulo: Livraria Pioneira, 1979.

FORMAN, E; PENIWATI, K. Aggregating Individual Judgements and Priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, v. 108, p. 165–169, 1998.

FUJITA, M. *Urban economic theory: land use and city size*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1989.

FUSCO GIRARD, Luigi; DE TORO, Pasquale. Integrated spatial assessment: A multicriteria approach to sustainable development of cultural and environmental heritage in San Marco dei Cavoti, Italy. *Central European Journal of Operations Research*, v. 15, n. 3, p. 281–299, 2007.

GEDAL, Michael; ELLEN, Ingrid Gould. Valuing urban land: comparing the use of teardown and vacant land sales. *Regional Science and Urban Economics*, v. 70, p. 190–203, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2018.03.006>>.

GILDERBLOOM, J. I.; RIGGS, W. W.; MEARES, W. L. Does walkability matter? An examination of walkability's impact on housing values, foreclosures and crime. *Cities*, v. 42, p. 13–24, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2014.08.001>>.

GLAESER, E. L.; GYOURKO, J. E. The impact of zoning on housing affordability. *FRBNY*

Economic Policy Review, p. 21–39, 2003. Disponível em: <<http://www.ssrn.com/abstract=302388>>.

GLAESER, E. L. *Cities, agglomeration and spatial equilibrium*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press, 2008.

GOLDNER, L. G. *et al.* Estudo de polos múltiplos geradores de viagens: o caso do parque Montigalá em Barcelona. *Transportes*, v. 18, p. 113–121, 2010.

GONÇALVES, F. S. *et al.* Caracterização dos polos geradores de viagens. *Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*2. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. p. 748.

GONÇALVES, F. S. *Classificação dos PGVs e sua relação com as técnicas de análise de impactos*. 2012. 120 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

GRANDO, L. *A interferência dos polos geradores de tráfego no sistema viário: análise e contribuição metodológica para shoppings centers*. 1986. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1986.

GRIGOLON, A. B. *Impactos dos padrões de crescimento espacial e de transportes no entorno de pólos geradores de viagens*. 2007. 110 f. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, 2007.

GRIGOLON, A. B.; SILVA, A. N. R. Impactos dos padrões de ocupação do solo no entorno de pólos geradores de viagens. 2005, Recife: [s.n.], 2005. p. 617–628.

GRIMES, A.; LIANG, Y. *Spatial determinants of land prices in Auckland: Does the metropolitan urban limit have an effect?*, n° 7–9. [S.l.: s.n.], 2007.

GUARNIERI, Patricia *et al.* The challenge of selecting and evaluating third-party reverse logistics providers in a multicriteria perspective: A Brazilian case. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 209–219, 2015.

HAMIDI, Shima; EWING, Reid. A longitudinal study of changes in urban sprawl between 2000 and 2010 in the United States. *Landscape and Urban Planning*, v. 128, p. 72–82, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.021>>.

HANDY, Susan. Smart growth and the transportation-land use connection: what does the research tell us? *International Regional Science Review*, v. 28, n. 2, p. 146–167, 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0160017604273626>>.

HERMANN, Bruno M; HADDAD, Eduardo A. Mercado imobiliário e amenidades urbanas: a view through the window. *Estudos Econômicos*, v. 36, n. 2, p. 237–269, 2005.

HERZ, M.; GALARRAGA, J.; PASTOR, G. Características de generación y distribución modal de viajes en centros educativos universitarios. 2009, Buenos Aires: [s.n.], 2009.

HERZ, M.; GALARRAGA, J.; PASTOR, G. Centros universitarios como polos generadores de viajes. 2007, Rio de Janeiro: [s.n.], 2007.

IBEAS, Ángel *et al.* Modelling the spatial interactions between workplace and residential location. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 49, p. 110–122, 2013.

ITE. *Trip generation*. 8. ed. Washington: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2008.

JALLER, Miguel; WANG, Xiaokun (Cara); HOLGUIN-VERAS, Jose. Large urban freight traffic generators: Opportunities for city logistics initiatives. *Journal of Transport and Land Use*, v. 8, n. 1, p. 51, 2015. Disponível em: <<https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/406>>.

JORDÃO, L. C. S. [Sub]urbanização: a expansão urbana de São Carlos por meio dos condomínios. 2014. 185 f. Universidade de Brasília, 2014.

KNEIB, Erika Cristine. *Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano*. 2004. 168 f. Universidade de Brasília, 2004.

KNEIB, Erika Cristine. *Subcentros urbanos: contribuição conceitual e metodológica à sua definição e identificação para planejamento de transportes*. 2008. 1-207 f. 2008. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/1765/1/2008_ErikaCristineKneib.pdf%5Cnhttp://repositorio.unb.br/handle/10482/1765?mode=full>.

KNOFLACHER, Hermann. Success and failures in urban transport planning in Europe—understanding the transport system. *Sādhanā*, v. 32, n. 4, p. 293–307, 2007.

KORDI, M.; BRANDT, S. A. Effects of increasing fuzzyness on analytic hierarchy process for spatial multicriteria decision analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 36, n. 1, p. 43–53, 2012.

LA PAIX, L; MONZÓN, A; CHERCHI, E. Modelling the relationship between urban environment and travel behavior: policy and indicators. In: WULFHORST, G; BÜTTNER, B (Org.). *Transportation demand management: insights from the mobil.TUM 2012 International Scientific Conference on Mobility and Transport*. München, Germany: Technische Universität München, 2013. p. 191–214.

LAVEE, Doron. Land use for transport projects: estimating land value. *Land Use Policy*, v. 42, p. 594–601, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.020>>.

LEITÃO, G. *A construção do eldorado urbano: o plano piloto da Barra da Tijuca e Baixada do Jacarepaguá 1970/1988*. Niterói, RJ: Eduff, 1999.

LIMA, Josiane Palma. *Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos*. 2007. 234 f. Universidade de São Paulo, 2007.

MACHADO, Cláudia Aparecida Soares. *Técnicas de sensoriamento remoto para identificação de áreas de concentração de polos geradores de viagens*. 2013. 190 f. Universidade de São Paulo - Escola Politécnica, 2013.

MAIA, J. A. *A influência do Campus do Vale da UFRGS na urbanização do seu entorno a partir da perspectiva dos moradores do bairro Santa Isabel, Viamão/RS*. 2015. 223 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/134395>>.

MAIA, Maria Leonor Alves *et al.* Licenciamento de pólos geradores de viagens no Brasil. *Transportes*, v. 18, n. 1, p. 17–26, 2010. Disponível em: <<http://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/380>>.

MALCZEWSKI, J. On the use of weighted liner combination method in raster GIS: common and best practice approaches. *Transaction in GIS*, v. 1, n. 4, p. 5–22, 2000.

MALCZEWSKI, Jacek. GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 20, n. 7, p. 703–726, 2006.

MARDANI, Abbas *et al.* Multiple criteria decision-making techniques and their applications - A review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, v. 28, n. 1, p. 516–571, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>>.

- MARIANO DE SOUZA, M. V. *Cidades médias e novas centralidades: análise dos subcentros e eixos comerciais em Uberlândia (MG)*. 2009. 1-248 f. Universidade Federal de Uberlândia, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/1173>>.
- MCDM. *Traffic impact analysis requirements*. . Missouri, Texas: Missouri City Design Manual. , 2004
- MCDONALD, J. F. William Alonso, Richard Muth, Resources for the Future, and the Founding of Urban Economics. *Journal of the History of Economic Thought*, v. 29, n. 01, p. 67–84, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10427710601178310>>.
- MCHENRY, Meghan; RINNER, Claus. The Impact of Multi-Criteria Decision Analysis Parameters on an Urban Deprivation Index. *Cartographica*, v. 51, n. 4, p. 179–197, 2016.
- MEDINA, Rachel; DAN TARLOCK, A. Addressing climate change at the state and local level: using land use controls to reduce automobile emissions. *Sustainability*, v. 2, n. 6, p. 1742–1764, 2010.
- MENDES, C. M. A indústria do solo, o capital e a verticalização. *Geosul*, v. 8, n. 16, p. 37–45, 1993.
- MENDIRATTA, P.; RAVIKUMAR, K. V. R. K. GIS as a decision support system in urban planning: case study of regional park development in New Bombay. 1997, Mumbai, India: Indian Institute of Technology, 1997. p. 794–801.
- MINEIRO, A. *Itajubá e sua vocação tecnológica*. . Itajubá: [s.n.], 2018.
- MOSADEGHI, Razieh *et al.* Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 49, p. 54–65, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.10.001>>.
- MOTA, A. A. Da; MENDES, C. M. Considerações sobre as estratégias e ações dos promotores imobiliários na produção do espaço urbano. *Sociedade e Natureza*, v. 18, n. 35, p. 123–130, 2006.
- NADALIN, V. G. Economia urbana e mercado de habitação. In: CRUZ, B. DE O *et al.* (Org.). *Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2011. p. 221–258.
- NUNES, J. L. *Estudo da demanda por estacionamento em Instituições de Ensino Superior*. 2005. 167 f. Universidade de Brasília, 2005.
- ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. *Modelling transport*. 4. ed. Reino Unido: John Wiley & Sons, 2011.
- PAIXÃO, L A R. Índice de preços hedônicos para imóveis: uma análise para o município de Belo Horizonte. *Economia Aplicada*, v. 19, n. 1, p. 5–29, 2015.
- PARK, Yunmi; HUANG, Shih-Kai; NEWMAN, Galen D. A statistical meta-analysis of the design components of new urbanism on housing prices. *Journal of Planning Literature*, v. 31, n. 4, p. 1–17, 2016.
- PORTUGAL, L. S. *Polos geradores de viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJUBÁ. *Revisão da legislação urbanística: propostas de conteúdo da lei de parcelamento, uso e ocupação do solo*. . Itajubá-MG: [s.n.], 2015.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Decreto 32.329 de 23 de setembro de 1992*. .

São Paulo: [s.n.], 1992

QUADROS, S G R. *Contribuição ao processo de priorização de investimentos em infraestrutura de transportes pelo uso do método de análise hierárquica*. 2014. 320 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

RASOULI, S.; TIMMERMANS, H. Activity-based models of travel demand: promises, progress and prospects. *International Journal of Urban Sciences*, v. 18, n. 1, p. 31–60, 2014.

REIS FILHO, N. G. *Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano*. São Paulo: Via das Artes, 2006.

RIBEIRO, L. C. Q. *Dos cortiços aos condomínios fechados: as formas de produção da moradia na cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IPPUR/FASE, 1997.

RICHARDSON, H; W. Economies and diseconomies of agglomeration. In: GIERSCHE, H (Org.). *Urban agglomeration and economic growth*. Berlim, Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995. p. 123–155.

ROTARIS, Lucia; DANIELIS, Romeo. Commuting to college: The effectiveness and social efficiency of transportation demand management policies. *Transport Policy*, v. 44, p. 158–168, 2015.

ROTARIS, Lucia; DANIELIS, Romeo. The impact of transportation demand management policies on commuting to college facilities: A case study at the University of Trieste, Italy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 67, p. 127–140, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2014.06.011>>.

SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83, 2008. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/link.php?id=17590>>.

SAATY, Thomas L. *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.ida.liu.se/~TDDD06/literature/saaty.pdf>>. , 1990

SANCHES, O. M. Estratégias para a implantação e gerência de sistemas de informação de apoio à tomada de decisões. *Revista de Administração Pública*, v. 31, n. 4, p. 68–100, 1997.

SENNA, L. A. dos S. *Economia e planejamento dos transportes*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SILVEIRA, I. T. *Análise de polos geradores de tráfego segundo sua classificação, área de influência e padrões de viagem*. 1991. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1991.

SMOLKA, M. O. *Preço da terra e valorização imobiliária urbana: esboço para o enquadramento conceitual da questão*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 1979. (Textos para discussão interna).

SOARES, E. C. M. *Centralidades e transformações na Avenida Rio Verde em Aparecida de Goiânia*. 2016. 211 f. Universidade Federal de Goiás, 2016.

SOUZA, S. C. F. *Modelos para estimativa de viagens geradas por Instituições de Ensino Superior*. 2007. 181 f. Universidade de Brasília, 2007.

SPERANDELLI, Daniel Iozzi; DUPAS, Francisco Antônio; DIAS PONS, Nívea Adriana. Dynamics of urban sprawl, vacant land, and green spaces on the metropolitan fringe of São Paulo, Brazil. *Journal of Urban Planning and Development*, v. 139, n. 4, p. 274–279, 2013. Disponível em: <[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000154](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000154)>.

STAMM, C *et al.* A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. *Interações*, v. 14, n. 2, p. 251–265, 2013.

STEIN, P. P.; SILVA, A. N. R. Influência de perfis e localizações dos usuários nas taxas de geração de viagens de estabelecimentos de ensino superior. *Journal of Transport Literature*, v. 8, n. 3, p. 89–106, 2014.

TECTRAN. *Estudo de circulação e estacionamento - Unidade Arcos - PUC Minas*. . Belo Horizonte: [s.n.], 2003a.

TECTRAN. *Relatório de impacto na circulação da Escola de Engenharia e da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais*. . Belo Horizonte: [s.n.], 2003b.

TECTRAN. *Relatório de impacto na circulação da Faculdade Estácio de Sá de Belo Horizonte - Campus Prado*. . Belo Horizonte: [s.n.], 2004.

THISSE, J. F. Geografia econômica. In: CRUZ, B. DE O *et al.* (Org.). . *Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2011. p. 17–42.

ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; TURSKIS, Zenonas. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 17, n. 2, p. 397–427, 2011.