

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIAS E SOCIEDADE

AVALIAÇÃO DE ÁREAS URBANAS BASEADA NO
DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE
SUSTENTÁVEL (DOTS)

RAQUEL REGINA DE OLIVEIRA MARTINS FELIX

ITAJUBÁ, 2017

RAQUEL REGINA DE OLIVEIRA MARTINS FELIX

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS URBANAS BASEADA NO
DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE
SUSTENTÁVEL (DOTS)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Sociedade

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Josiane Palma Lima

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Daniela Rocha Teixeira Riondet-Costa

**ITAJUBÁ – MG
2017**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, minha sincera gratidão por estar aqui com saúde e diante de tantas alegrias e superar diferentes desafios todos os dias.

Aos meus Pais, Felix e Marcia, e ao meu irmão Renan por valorizarem tanto a educação e estarem presentes em todos os momentos, principalmente naqueles de superação, acreditando sempre no sucesso com muita paciência. Agradeço a toda a minha família, pois sem eles nada teria se iniciado.

Agradecimento especial à orientação e paciência da Prof^a Dr^a Josiane Palma Lima, por acreditar nesse trabalho e sempre contribuir de forma positiva em seu desenvolvimento. Também à Prof^a Dr^a Daniela Rocha Teixeira Riondet-Costa por aceitar o convite e colaborar na co-orientação.

Este trabalho jamais teria tal importância sem a contribuição em todos os aspectos da amiga arquiteta Viviane Alves, desde o início sempre muito solidária as minhas angústias. Assim também agradeço as contribuições de Juliana Abitante e Graziana Siqueira, que sempre com muita paciência compartilharam seus conhecimentos. Agradeço também ao grupo de pesquisa LOGTRANS, em especial Bruno Rocha pelo auxílio na coleta de dados.

À contribuição dos gestores públicos, entre eles os integrantes da Departamento de Trânsito, Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento, Batalhão de Polícia Militar e Vereadores.

Á todos os amiguxos, em especial Ana Brum e Mariana Abibi pela irmandade de todos os momentos de euforia e principalmente nas horas de desespero. Aos amigos do programa de pós-graduação do DTecS e da Produção pelas incontáveis horas de companhia.

À equipe de professores das disciplinas cursadas no DTecS, pelos ensinamentos transmitidos e ao convívio acadêmico, e a todas as pessoas que mesmo não mencionadas contribuíram para realização deste trabalho.

Agradeço ao suporte financeiro concedido pela CAPES e FAPEMIG, à bolsa de estudo e incentivo nas participações em eventos.

“You never change things by fighting the existing reality. To change something, build a new model that makes the existing model obsolete.”

Richard Buckminster Fuller

RESUMO

FELIX, R. R. O. M. (2017) Avaliação de áreas urbanas baseada no Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS). Dissertação (Mestrado) – Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG.

O crescimento desordenado das cidades tem acarretado, em muitos casos, uma série de problemas que implicam no uso e ocupação no meio urbano, afetando diretamente as necessidades de deslocamentos e geração de viagens da população. Os municípios brasileiros de médio porte carecem de estudos que tornam o planejamento urbano mais eficiente afim de nortear o poder público nas escolhas de prioridades, principalmente diante de recursos limitados. No contexto da integração do uso do solo e transportes, há carência no diagnóstico das áreas urbanas subutilizadas, que poderiam ser revitalizadas e utilizadas como alternativas para a melhoria da mobilidade voltada sempre para aumento da qualidade de vida. O objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo de priorização de áreas urbanas para projetos integrados de revitalização e mobilidade sustentável, baseado nos princípios do DOTS (Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável). Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória dos fatores que compõem a integração entre uso do solo e transportes para a elaboração do modelo de decisão com abordagem multicritério, seguindo as etapas do método AHP. O desenvolvimento do modelo de decisão se mostrou bastante complexo por envolver diversas áreas do conhecimento, tornando o problema interdisciplinar. O modelo foi estruturado a partir da definição e hierarquização dos critérios relevantes na identificação de áreas para receber melhorias, baseada nos princípios do DOTS. A ponderação dos critérios decorreu dos julgamentos de importância, avaliada através da matriz de comparação par a par dos critérios por uma equipe de especialistas e gestores municipais. O modelo abrange dois grupos de critérios “Questões Sócio-Estruturais” e “Questões Ambientais”. O primeiro grupo considerou as questões de adensamento, densidade populacional, diversidade de uso e ocupação do solo, segurança e o acesso aos transportes sustentáveis. Já o segundo grupo avaliou as condições do relevo e a qualidade do ar e ruído, condições que proporcionam conforto ambiental e interferem diretamente na opção dos usuários pelos transportes sustentáveis. O modelo foi aplicado e validado nas áreas limítrofes ao Rio Sapucaí em Itajubá-MG. A base de dados foi montada no SIG a partir da coleta de dados a campo e na literatura. Os critérios foram normalizados com a aplicação de Funções *Fuzzy* e agregados a partir da Combinação Linear Ponderada em ambiente SIG. Diante da agregação ponderada e hierarquizada dos critérios, gerou-se o Índice Global de Prioridades que apontou trechos contínuos na região central da área de estudo, como locais prioritários a receber projetos integrados de revitalização e mobilidade urbana. Constatou-se a coerência dos resultados, uma vez que se verificou em campo os princípios do DOTS, destacando a atribuição da maior relevância para as “Questões Sócio-Territoriais”. O desempenho dos critérios no ambiente SIG se apresentou satisfatória possibilitando, aos especialistas e gestores públicos, tanto a compreensão individual de cada critério que integra o modelo, quanto o entendimento das combinações dos critérios para priorização de áreas no entorno do rio. Com base nos resultados, observa-se a viabilidade de incorporar os conceitos de sustentabilidade na gestão e planejamento urbano, através de critérios que descrevem a realidade das médias cidades brasileiras, principalmente no que tange as atividades exercidas no uso do solo e a integração com os projetos para os transportes. O modelo pode servir como uma ferramenta auxiliando os tomadores de decisão à justificar investimentos em áreas prioritárias para receber projetos de revitalização e mobilidade sustentável diante a inconveniente limitação de recursos, visando sempre melhorias na qualidade de vida da população.

Palavras chave: Uso do solo; Transportes; Mobilidade Urbana Sustentável; Análise de Decisão Multicritério; Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

FELIX, R. R. O. M. (2017) Evaluation of urban areas based on Transit Oriented Development (TOD). Dissertation (Master Degree) – Development, Technologies e Society – Federal University of Itajubá, Itajubá – MG.

The disorderly growth of cities has in many cases led to a series of problems involving use and occupation in urban areas, directly affecting the population's travels. The medium-sized Brazilian municipalities lack studies that make urban planning more efficient in order to guide public power in the choice of priorities, especially in the face of limited resources. In the context of the integration of land use and transport, there is a lack of diagnosis in underutilized urban areas, which could be revitalized and used as alternatives for improving mobility always aimed at increasing the quality of life. The objective of this work is the development of a prioritization model of urban areas for integrated revitalization and sustainable mobility projects, based on the TOD (Transit Oriented Development) principles. For this, an exploratory research was carried out on the factors that make up the integration between land use and transport for the elaboration of the decision model with multicriteria approach, following the steps of the AHP method. The development of the decision model was very complex because it involved several areas of knowledge, making the problem interdisciplinary. The model was structured from the definition and hierarchy of the relevant criteria in the identification of areas to receive improvements, based on the DOTS principles. The weighting of the criteria was based on the judgments of importance, evaluated through the matrix of comparison along with the criteria by a team of specialists and municipal managers. The model covers two sets of criteria "Socio-Structural Questions" and "Environmental Questions". The first group considered the issues of density, population density, diversity of land use and occupation, security and access to sustainable transport. The second group evaluated the relief conditions and the air and noise quality, conditions that provide environmental comfort and directly interfere in the choice of users for sustainable transport. The model was applied and validated in the areas bordering Sapucaí River in Itajubá-MG. The database was assembled in the GIS from the data collection field and in the literature. The criteria were normalized with the application of Fuzzy Functions and aggregates from the Linear Combination Weighted in GIS environment. In view of the weighted and hierarchical aggregation of the criteria, the Global Priorities Index was generated, pointing to continuous stretches in the central region of the study area, as priority sites to receive integrated revitalization and urban mobility projects. It was verified the consistency of the results, since the TOD principles were verified in the field, highlighting the most important attribution for the "Socio-Territorial Questions". The performance of the criteria in the GIS environment was satisfactory, allowing to the specialists and public managers, both the individual understanding of each criterion that integrates the model, and the understanding of the combinations of the criteria for prioritization of areas around the river. Based on the results, it is possible to incorporate the concepts of sustainability in urban management and planning, through criteria that describe the reality of Brazilian medium-sized cities, mainly in relation to the activities carried out in land use and integration with the projects for transport. The model can serve as a tool to help decision makers justify investments in priority areas to receive revitalization and sustainable mobility projects in the face of an inconvenient resource constraint, always aiming to improve the quality of life of the population.

Key Words: Land Use; Transport; Sustainable Urban Mobility; Multicriteria Decision Analysis; Geographic Information System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Áreas revitalizadas	21
Figura 2 – Revitalização de Margens de Rios	22
Figura 3- Relação entre Uso do Solo e Transporte.....	24
Figura 4 – Funções Fuzzy.....	35
Figura 5 - Fluxograma das etapas da pesquisa	39
Figura 6 - Mapa de localização da região do município de Itajubá-MG.....	41
Figura 7 - Rio Sapucaí dentro dos limites do município de Itajubá – MG.....	43
Figura 8 – Delimitação da Área de Estudo.....	45
Figura 9 - Estrutura hierárquica do modelo de decisão	48
Figura 10 – Matriz de Comparação Par a Par.....	49
Figura 11 - Avaliação do Grau de Importância dos critérios do nível superior	50
Figura 12 - Avaliação do Grau de Importância para as “Questões Sócio Territoriais”.....	51
Figura 13 – Avaliação do Grau de Importância para as “Questões Ambientais”.....	52
Figura 14 – Modelo de Priorização	53
Figura 15 - Classificação do Uso do Solo da Região A	58
Figura 16 – Classificação do Uso do Solo da Região B.....	59
Figura 17 – Classificação do Uso do Solo da Região C.....	59
Figura 18 – Classificação do Uso do Solo da Região D.....	60
Figura 19 – Classificação do Uso do Solo da Região E.....	61
Figura 20 - Classificação do Uso do Solo da Região F.....	61
Figura 21 - Quantitativo de área (km ² e porcentagem) dos diversos usos do solo.....	62
Figura 22 – Diversidade do uso do solo	63
Figura 23 – Normalização dos valores da diversidade usos do solo	64
Figura 24 – Desempenho do Critério “Classe de Uso do Solo”	65
Figura 25 - Densidade Populacional.....	67
Figura 26 – Função Fuzzy para Densidade Populacional.....	67
Figura 27 – Desempenho do Critério ‘Densidade Populacional’.....	68
Figura 28 – Mapa Zoneamento Urbano de Itajubá – MG	69
Figura 29 – Desempenho do critério “Áreas Adensáveis”	70
Figura 30 –Distâncias em relação aos Pontos de Ônibus	72
Figura 31 – Desempenho do critério “Acesso ao Transporte Coletivo”	73
Figura 32 - Distâncias em relação as Calçadas.....	74
Figura 33 - Desempenho do “Acesso ao Transporte Ativo”	75
Figura 34 – Distribuição dos Crimes na região de estudo Fonte: 56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais (2016)	77
Figura 35 – Desempenho do critério “Segurança Pública”	78
Figura 36 –Densidade dos Acidentes Viários.....	79
Figura 37 – Desempenho do critério “Segurança Viária”	80
Figura 38 - Áreas Alagáveis no município.....	81
Figura 39 – Desempenho do critério “Áreas Alagáveis”	82
Figura 40 - Mapa das Áreas Arborizadas no município.....	83

Figura 41 – Desempenho do critério “Áreas Arborizadas”	84
Figura 42 – Mapa de Declividade.....	85
Figura 43 –Desempenho do critério “Declividade”	86
Figura 44 – Distância Euclidiana das Vias de tráfego Intenso	88
Figura 45 – Desempenho do critério “Afastamento do Tráfego Intenso”	88
Figura 46 – Distâncias das Industrias à área de estudo	89
Figura 47 – Desempenho do critério “Afastamento das Industrias”	90
Figura 48 - Modelagem utilizada para a obtenção do mapa final de prioridades em ambiente SIG.....	91
Figura 49 – Índice de Prioridade para “Uso do Solo”	92
Figura 50 – Índice de Prioridade para “Transporte Sustentável”	93
Figura 51 – Índice de prioridades para “Segurança”	93
Figura 52 – Índices de Prioridades para “Condições de Relevô”	94
Figura 53 – Índice de Prioridades para “Qualidade do ar e Ruído”	95
Figura 54 – Índice de prioridades para “Questões Sócio Territoriais”	96
Figura 55 – Índices de Prioridades para “Questões Ambientais”	96
Figura 56 – Índice Geral de Priorização de Áreas	97
Figura 57 – Identificação dos princípios do DOTS nas áreas centrai	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de Comparação aos Pares.....	32
Tabela 2 - Escala de Comparação de Critérios.....	33
Tabela 3– Índice de Aleatoriedade (RI)	34
Tabela 4 – Descrição do levantamento de dados.....	40
Tabela 5 – Classificação do Relevo conforme a Declividade	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DOTS: Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável

SeMob -: Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana

TOD: Transit Oriented Development

UITP: International Association of Public Transport

SIG: Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT.....	II
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	III
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VI
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
2 PLANEJAMENTO URBANO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ...	4
2.1 PLANEJAMENTO URBANO.....	4
2.2 FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PLANEJAMENTO URBANO	8
2.3 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA OS TRANSPORTES	14
3 USO DO SOLO E TRANSPORTES	16
3.1 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	16
3.2 GESTÃO DO USO DO SOLO INTEGRADO AOS TRANSPORTES	23
3.2.1 Modelos integrados Uso do solo e Transportes.....	26
3.2.2 Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS)	28
4 ANÁLISE MULTICRITÉRIO ASSOCIADA AO SIG E FUNÇÕES FUZZY	31
4.1 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	31
4.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	35
5 METODOLOGIA.....	38
5.1 MÉTODO DE PESQUISA	38
5.2 ETAPAS DE TRABALHO	38
5.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	40
5.4 OBJETO DE ESTUDO.....	41
5.4.1 Itajubá e o Rio Sapucaí.....	41
5.4.2 Delimitação da área de estudo	44
6 MODELO DE PRIORIZAÇÃO.....	46
6.1 DEFINIÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS	46
6.2 GRAU DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS.....	49
7 APLICAÇÃO DO MODELO	54
7.1 ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS CRITÉRIOS.....	54

7.1.1	“Classes de uso do solo”	54
7.1.2	“Densidade Populacional”	65
7.1.3	“Áreas Adensáveis”	68
7.1.4	“Acesso ao Transporte Coletivo”	70
7.1.5	“Acesso ao Transporte Ativo”	73
7.1.6	“Segurança Pública”	76
7.1.7	“Segurança Viária”	78
7.1.8	“Áreas Alagáveis”	80
7.1.9	“Áreas Arborizadas”	82
7.1.10	“Declividade”	84
7.1.11	“Afastamento do Tráfego Intenso”	87
7.1.12	“Afastamento de Indústrias”	89
7.2	PRIORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	91
8	CONCLUSÕES	100
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

1 INTRODUÇÃO

A expansão das cidades se materializa com o crescimento de novas áreas em razão do natural envelhecimento das zonas mais antigas. Quando a expansão não ocorre de maneira ordenada, orientada por diretrizes de planejamento urbano, causam grandes transtornos ao ordenamento do espaço urbano (MANCINI, 2010; VASCONCELOS, 2013). Secchi (2003) afirma que os espaços de uso públicos são entendidos como lugares de experiência social, ou seja, locais de socialização. Contudo a realidade do planejamento urbano no Brasil, no geral, considera apenas características técnicas definidas nas legislações, sem analisar os aspectos qualitativos e suas possibilidades de interação social para aumento da qualidade de vida da sociedade.

Um dos principais desafios do desenvolvimento urbano é a integração e o convívio entre os vários elementos que compõem as cidades, como estrutura física, condições ambientais e diferenças sociais. Grande parte da estrutura física é historicamente destinada a sustentar os processos de desenvolvimento econômico que regem as atividades urbanas. Os espaços destinados as vagas de estacionamento comprometem boa parte das vias urbanas, exemplificam muito bem o padrão da influência do transporte individual motorizado na estrutura das cidades, interferindo na qualidade do espaço urbano. Entretanto, o meio urbano não é estático e está constantemente susceptível a receber diversos projetos de intervenção e readequação, conforme os diversos interesses envolvidos como econômicos, sociais, ambientais, culturais e políticos (ROLNIK, 2009; JACOBS, 2011; VASCONCELLOS, 2013).

O termo sustentabilidade apoia os novos processos de desenvolvimento urbano, que promovem o aprimoramento da cidadania contrapondo as políticas de desenvolvimento tradicional. O histórico da urbanização desordenada configurou uma profunda desigualdade e exclusão sócio espacial. Entretanto, as políticas públicas abrangem diretrizes em defesa do direito à cidade e aos demais serviços públicos de qualidade, a favor de uma gestão mais participativa e democrática (MARTINS, 2001; MACHADO e LIMA 2015; HICKMAN, 2013).

No Estatuto da Cidade constam diretrizes que reforçam o direito da população à infraestrutura urbana, de tal maneira que o planejamento deva ser efetivado para o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo. É ressaltada ainda a necessidade do equilíbrio

ambiental nos projetos, a fim de melhorar a qualidade de vida e o direito ao desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2004a).

A integração entre os diversos fatores que envolvem a sustentabilidade no meio urbano sempre foi exaltada nos discursos, sejam eles políticos, sejam acadêmicos, porém pouco se encontra sobre soluções viáveis e efetivas aplicadas na prática. As políticas públicas, em geral, refletem essa dificuldade em convergir os esforços para elaborar soluções, principalmente, diante dos interesses conflitantes dos atores que envolvem o meio urbano (ROLNIK, 2009; ROCHA, 2010; SILVA, 2012).

O crescimento desordenado das cidades é visto, certas vezes, como produto da ação de interesses privados e a displicência do poder público. Em muitas cidades uma característica marcante é a segregação sócio espacial, onde somente algumas áreas de interesses são abastecidas com infraestrutura que promovem o bem-estar social, coexistindo com áreas marcadas pela total carência dos subsídios básicos de planejamento de infraestrutura que promovam a cidadania, o conforto social e sustentabilidade (OLIVEIRA, 2011; PINTO, 2012).

A revitalização do meio urbano é importante para manter o conjunto das estruturas urbanas em condições que satisfaçam às exigências das atividades de habitação, trabalho, circulação e lazer da população. A localização dessas atividades no espaço urbano é entendida como uso e ocupação do solo, evidenciando as necessidades de deslocamento da população para realização dessas atividades, estabelecendo uma relação direta com os sistemas de transportes para suprir essa demanda de deslocamentos (MELO 2010; CERVERO, 2013).

No Estatuto da Cidade constam diretrizes que reforçam o direito da população à infraestrutura urbana, de tal maneira que o planejamento deva ser efetivado para o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo. O planejamento urbano, geralmente, se deu baseado apenas nos aspectos político e econômico, assim ampliando a interpretação desse contexto para outros aspectos como ambiental e social, é importante analisar o referencial teórico e para compreender os processos das questões de integração do uso do solo e transportes. Os novos conceitos de planejamento urbano que envolvem a questão da sustentabilidade, visam a integração dos diferentes usos do solo com os transportes a fim de reduzir a necessidade e as distâncias dos deslocamentos (JACOBI, 1989, RUBIM, 2013).

Diante dos novos conceitos de planejamento urbano e transportes sustentáveis, o ITDP (2014) identificou os princípios essenciais para orientar o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS, do inglês, *Transit Oriented Development* – TOD). Neste contexto, os transportes sustentáveis são definidos como modos de transportes ativos (não

motorizados) e coletivos, incentivados como alternativa ao transporte individual motorizado em prol do aumento da qualidade de vida da população (CARLTON, 2009; ZHANG e NARSI, 2014; LITMAN 2016).

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo de priorização de áreas urbanas para projetos integrados de revitalização e mobilidade sustentável, baseado nos princípios do DOTS (Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável).

Os objetivos específicos propostos são:

1. Investigação do ordenamento jurídico referente ao planejamento urbano e diagnóstico o uso do solo na área de estudo;
2. Definição e hierarquização dos critérios de avaliação de áreas candidatas a receber projetos baseados no DOTS;
3. Aplicação e validação do modelo de decisão no entorno do Rio Sapucaí em Itajubá – MG.

2 PLANEJAMENTO URBANO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Neste segundo capítulo é elaborado um estudo bibliográfico dos conceitos que envolvem o tema planejamento urbano para o desenvolvimento sustentável. Primeiramente é conceituado o termo urbano, em seguida, a importância do ordenamento do uso do solo para o planejamento e conseqüentemente sua interferência na qualidade de vida. São apresentadas as vertentes do desenvolvimento sustentável e a importância das políticas públicas referentes ao uso do solo e dos transportes, no contexto histórico brasileiro da formulação das políticas.

2.1 Planejamento urbano

A vida urbana compreende mediações originais entre a cidade, o campo e a natureza. A relação cidade-campo se transformou profundamente no decorrer do tempo, principalmente com a inserção da industrialização e as novas relações de trabalho e capitalismo. Impossível considerar a hipótese do retorno às condições das cidades antigas, pois as condições que se encontram as atuais relações da sociedade requerem novas formas de infraestrutura para dar suporte às suas necessidades de atividades da população (LEFEBVRE, 2008).

O termo urbano refere-se às características pertencentes aos espaços das cidades que se destinam aos locais de concentração de atividades: comerciais, de serviços, áreas industriais, residenciais e lazer, centralidades e aquelas destinadas à futura expansão (CORRÊA, 1995). Silva (2006) refere-se ao urbano como centro habitacional que contém características, tais como: densidade demográfica específica (quantitativo definido de acordo com a regionalidade), diversificação nos segmentos de comércio e manufaturas e suas profissões, local com direitos próprios, que produz e consome.

O direito à cidade só deve ser encarado e formulado como o direito à vida urbana, que se manifestam implicitamente nos direitos: à liberdade, à individualização na socialização, ao habitat e ao habitar. Lefebvre (2008) traz ainda que:

“Orientar o crescimento na direção do desenvolvimento, portanto na direção da sociedade urbana, isso quer dizer antes de mais nada: prospectar as novas necessidades...”

Em resposta aos problemas urbanos, as técnicas do urbanismo são designadas para intermediar o ordenamento do uso do solo de maneira que as diversas atividades necessárias à sociedade (transporte, educação, saúde, lazer) não interfiram negativamente umas nas outras.

Para instrumentalizar o urbanismo, criam-se as políticas urbanas que busca estabelecer normativas para harmonização da convivência dos interesses distintos (PINTO, 2012).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) informa que a qualidade de vida está intimamente ligada às condições de alimentação, educação, renda, trabalho, emprego, liberdade, saneamento, habitação, meio ambiente, transporte, lazer, acesso à terra e à saúde. Desta maneira as políticas públicas que regulam cada um desses pilares do meio urbano influenciam os indicadores de qualidade de vida. O poder público é responsável pela gestão dos serviços a serem considerados, ou seja, há relação entre a eficácia da gestão pública e a qualidade de vida dos habitantes de uma cidade (DI SARNO, 2004).

O desejável seria unir todas as demandas da sociedade em uma única política pública, porém inviável na realidade. A política urbana limita-se a demarcação dos equipamentos urbanos necessários para se efetivar os serviços de uma determinada área, entretanto o recurso alocado é o espaço urbano. Então, para se efetivar um planejamento equilibrado são destinados os espaços necessários para suprir a demanda da população sob aquela política pública específica (PINTO, 2012).

Porém é importante a visão de que o planejamento é processo que também precisa ser planejado, pois o planejamento é um sistema organizado de trabalho, implicando em alterações no sistema de organização de informações, reforço da capacidade administrativa e um amplo trabalho de formação, segundo um esforço da administração municipal sobre si mesma (DOWBOR, 1987).

Melo (2004), traz como definição de planejamento urbano as alternativas para o padrão de assentamento; o uso racional dos recursos para aliviar os problemas urbanos e a provisão da estrutura física e social da cidade, assim como transportes, áreas comunitárias e serviços. Afirma que para a concretização do planejamento é importante a definição dos objetivos desenvolvimentistas e os meios de como o atingir.

Para realizar um planejamento deve-se ter sempre exaltado que se trata de um processo repetitivo e interativo. A formulação de metas sociais que podem ser transformadas em objetivos políticos, por sua vez, requer ser detalhadas em programas e projetos específicos. Ainda que metas sociais tendam ser preferencialmente de longo prazo, suas transformações em programas tendem a serem reflexos imediatos de objetivos políticos. O planejamento é um processo dinâmico que envolvem também fatores externos como movimentos populares, flutuações econômicas, inovações tecnológicas (MELO, 2004).

O planejamento urbano é tido como a grande solução dos problemas que envolvem todos os fatores interligados de uma cidade. Entretanto, a falta desse planejamento é o argumento utilizado para definir a dificuldade de se resolver vários problemas nos municípios pelo mundo. Porém, a mensagem implícita seria caso houvesse o planejamento e a efetivação dos projetos os problemas seriam simplesmente resolvidos? O debate deveria ser focado no receptor desses projetos, neste caso a população para quem o planejamento urbano é desenvolvido e responder questões como será que são discutidas as verdadeiras raízes dos problemas que envolvem a qualidade de vida da sociedade (SOUZA, 2004).

Muitos são os problemas que ainda afetam as cidades: poluição ambiental, segregação econômica e social. A urbanização desenfreada e a displicência dos governos em ampliar suas responsabilidades tradicionais levaram a uma ocupação do solo de maneira desordenada, como a mescla de indústrias pesadas com habitações e o aumento desenfreado da densidade nos arredores das fábricas. Comprometendo o acesso a vários recursos como: ao abastecimento de água, ao sistema de esgotamento sanitário e ao sistema de transportes (SOUZA, 2004).

Historicamente, houve a tentativa de se atender às necessidades da população das áreas residenciais levando, então, serviços públicos. Porém as áreas de menor importância econômica, desde sempre, são excluídas desse desenvolvimento. Estas extensões da cidade foram parceladas e ocupadas sem considerar padrões de qualidade ambiental, regulamentações urbanísticas ou quaisquer outras regras que garantissem ao proprietário o direito legal à propriedade. O modelo de ocupação do solo desordenado comprometia a qualidade de vida da cidade (MELO, 2004).

Com o intuito de construir cidades sustentáveis, o foco de vários estudos consiste em desenvolver esse novo conceito que mantenham o olhar na melhoria das condições e acessibilidade da população aos setores que elas necessitam, visando aumentar a qualidade de vida e a sustentabilidade (RODRIGUES DA SILVA, 2008).

A constante inquietação com a definição do termo desenvolvimento sustentável tem incentivado o estudo, em diferentes setores, de medidas e procedimentos que contraponham com os métodos tradicionais de planejamento em áreas urbanas (CAMPOS, 2006)

A discussão sobre desenvolvimento sustentável tem a sua história iniciada junto aos movimentos ambientalistas a partir de meados da década de 60, nos países centrais. Discutia-se a respeito do crescimento da população mundial, industrialização, contaminação e os limites dos recursos finitos. A fim de se inserir as questões ambientais e sociais nas agendas políticas nos diferentes níveis de governo, pois sempre se vinculou desenvolvimento à economia. Porém,

a medida que a temática passou a ser discutida de forma mais ampla surgiram outras questões a respeito do verdadeiro significado da sustentabilidade e as concepções conceituais elementares do pra quem, do que e as custas de que o crescimento deviam ser sustentado (MARTINS, 2001)

A *World Commission on Environment and Development* (WCED) ao publicar o relatório *Our Common Future* apresenta as estratégias para os problemas em relação ao desenvolvimento e ao meio ambiente. O Relatório de *Brundtland*¹, publicado pelas Nações Unidas, em 1987, define como desenvolvimento sustentável aquele que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas próprias necessidades. É um processo que associa as três importantes dimensões: ambiental, econômica e social, estabelecendo uma correlação entre esses três polos, garantindo a eficácia econômica e a proteção ao meio ambiente, sem perder de vista as finalidades sociais que são a luta contra a pobreza, as desigualdades, a exclusão e a busca da equidade (WCED, 1987).

Existem outras várias definições para o conceito de sustentabilidade, o qual é difundido frequentemente em todo o mundo sem que, no entanto, exista um consenso numa definição concreta do termo. A falta de elucidação combinada com a sua grande exploração e vulgarização podem parecer contraditórias, mas pode-se fazer um paralelo entre o termo sustentabilidade com a verdade e justiça, pois são conceitos abstratos não imediatamente definíveis de forma concisa (ONU BR, 2015).

Entre as definições de sustentabilidade e a maneira da articulação dos conceitos são largamente criticados, como: as relações entre crescimento, pobreza, sustentabilidade e participação. Justamente por serem debatidas de maneira superficial e a necessidade de um consenso para superar os diferentes interesses. O desenvolvimento e a sustentabilidade não deveriam ser excludentes, porém da forma como é tratado não responde as questões fundamentais sobre como que o primeiro favoreça o segundo (MACHADO, 2010).

A sustentabilidade, seja qual for o seu enfoque, não coexiste com desequilíbrios significativos, enquanto persistirem desigualdades entre territórios, em quaisquer dos aspectos conceituais. É fundamental considerar a contextualização de cada realidade que está sendo

¹ Relatório Brundtland é o documento intitulado Nosso Futuro Comum (Our Common Future), publicado em 1987. O Relatório, elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, faz parte de uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21, as quais reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes.

tratada. Nos países de terceiro mundo, por exemplo, o desenvolvimento sustentável refere-se diretamente ao incremento do padrão de vida material da população de baixa renda. Assim, não se podem menosprezar as graves divergências existentes entre os grupos de interesses dos países centrais sobre o mercado dos subdesenvolvidos (FREY, 2001).

O surgimento de uma abordagem mais urbana da sustentabilidade deve-se a uma série de iniciativas realizadas a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio-92. Entre elas, está a criação da Agenda 21 Local que incluiu a gestão das cidades como orientadora das políticas de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MACHADO, 2010).

Ramos (2000) aponta que na perspectiva integrada dos pilares da sustentabilidade, o estudo do ordenamento do território demonstra espacialmente a capacidade de articulação entre as esferas econômicas, políticas, sociais, culturais e ecológicas da sociedade. A análise do uso do território pode subsidiar a nova configuração do planejamento urbano, pois permite a readequação do que já se encontra consolidado, ou até mesmo sugere novos projetos para atender às diferentes necessidades entre as atividades exercidas no município.

2.2 Formulação de políticas públicas para planejamento urbano

As políticas públicas são definidas de diversas maneiras, não se constata na literatura uma única, ou melhor, interpretação. A definição mais encontrada seria o conjunto de ações, metas e planos que os governos (Nacionais, Estaduais ou Municipais) traçam a fim de produzir efeitos específicos, geralmente, em prol do bem-estar da sociedade. Assim sendo, as políticas públicas têm relações estreitas compreendidas entre as conexões de poderes entre grupos, categorias e classes. Contudo, as ações definidas entre governantes e tomadores de decisões jogam ser as demandas ou expectativas da sociedade, entretanto, na maioria das vezes, a população não participa diretamente dessa priorização de ideias (SOUZA, 2006).

As teorias para política pública, na maioria das ocasiões, assumem uma visão holística em campos multidisciplinares, pois instiga o diálogo entre Estado, política, economia, ambiente e sociedade. Nos governos democráticos a formulação das políticas deve traduzir os propósitos e plataformas eleitorais em programas e ações que produzam resultados ou mudanças reais, no amplo acesso aos direitos constitucionais. Assim sendo, nesse processo de formulação há de se considerar a pluralidade dos grupos de interesse e movimentos sociais de maneira regionalizada, ou seja, considerando as características específicas de cada localidade (TEIXEIRA, 2002).

A partir da Constituição Federal de 1988, dispositivos constitucionais estabeleceram como fundamentos do sistema de governo nacional: soberania e a cidadania. Exercidas como poder por meio da representação e da participação direta, sobre esses avanços da democracia representativa. A expansão do espaço de decisão local representa uma ampliação do poder decisório dos membros da sociedade. Instrumento adequado para o uso e redistribuição mais efetiva dos escassos recursos públicos e para tendências globalizantes dos projetos (JACOBI, 1989).

A formulação de políticas públicas é composta nos seguintes estágios: definição de agenda, identificação de alternativas, avaliação das opções, seleção das opções, implementação e avaliação (SOUZA, 2006). Aos governos e gestores (atores governamentais) cabem o papel de definição e implementação das diretrizes e princípios norteadores, que contam com a descentralização do poder. Principalmente, ao reforço do papel dos governos municipais e mecanismo de redistribuição eficiente do escasso orçamento público. Descentralizar o poder do Estado é também uma maneira de se fragmentar o poder através das diversas esferas sociais, também a ampliação da autonomia da gestão municipal, possibilita a desburocratização administrativa e a equidade na definição da agenda (JACOBI, 1989).

Entretanto, as políticas públicas são resultadas da competição entre os poderes dos diversos grupos ou segmentos da sociedade, que buscam defender e garantir seus interesses individualmente. Nos países recém-democratizados a situação se agrava, uma vez as coalizões políticas formadas ainda não são capazes de equacionar, minimamente, questões norteadoras capazes de impulsionar o desenvolvimento econômico e ao mesmo tempo promover a inclusão social. Ao atuar na direção do interesse público, o governo busca minimizar os conflitos sociais. Porém, historicamente, o que se observa é o embate junto aos diferentes interesses particulares, com a priorização dos interesses das elites econômicas (SOUZA, 2006).

Com vistas ao desenvolvimento das cidades sustentáveis os gestores públicos se esforçam na construção de políticas públicas com diretrizes que permeiam a integração do social, econômico e ambiental (AMAZONAS, 2002). Porém, essas políticas de planejamento que visam a sustentabilidade do desenvolvimento carecem de investigações que tangem a dimensão político-democrática. Nesse contexto, observa-se que houve, na década de 50, um êxodo rural altíssimo e o crescimento das cidades brasileiras, mas elas estavam desprovidas do mínimo de infraestrutura. Portanto é pertinente recapitular brevemente alguns fatos históricos que contribuíram até o quadro do desenvolvimento atual (FREY, 2001).

Nos anos 60, no Brasil inicia-se o movimento da Reforma Urbana que consiste em uma política de planejamento social elaborada a fim de democratizar o direito à cidade e as questões fundiárias. Essa proposta parte da construção de críticas que acusam o atual sistema capitalista de transformar o espaço em mercadoria e, por isso, tornar injusto, excludente e espoliativo. Porém o golpe militar (1964) e seu regime político autoritário inviabilizaram essas reformas estruturais (UZZO, 2009).

O planejamento urbano fica marcado por uma acentuada ineficácia, multiplicou-se a geração dos planos diretores que não garantiam o rumo adequado de crescimento das cidades. Como consequência ocorre a segregação espacial dos bairros, abandonados e iniciados sob qualquer planejamento junto a convivência do poder público (favelização). Nesse contexto, observa-se a mudança na imagem das cidades, pois paralelamente ao descaso com classes menos favorecidas, houve um incentivo financeiro habitacional e das grandes construtoras para construção de casas e edifícios destinados principalmente à classe média e alta (UZZO, 2009).

Somente no final da década de 80, com a Constituinte de 1988, retomou-se as reivindicações e os movimentos sociais, contestantes dessas políticas ineficazes. Formado por um grupo heterogêneo, cujos participantes atuavam em diferentes e complementares temáticas do campo urbano. Reuniu-se uma série de organizações da sociedade civil, movimentos, entidades de profissionais, organizações não governamentais, sindicatos. Que passaram a incorporar a crítica e a denúncia do quadro de desigualdade social e a condenar a exclusão aos equipamentos urbanos e serviços públicos em geral (ROLNIK, 2009).

Ao longo do processo de redemocratização brasileiro, é inegável, que a tensão e a crítica à rigidez do planejamento urbano modernista, sempre estiveram presentes. Com o objetivo imediato de pressionar o Congresso Nacional para regulamentar o Capítulo da política urbana, da Constituição Federal de 1988. Experimentações sócias políticas concretas ocorreram nesta direção através da criação de espaços de participação social como o orçamento participativo, conselhos e conferências, entre outros (DOWBOR, 1999). Porém estes processos não se deram de maneira hegemônica no país e não foi suficiente para impor uma ruptura com os processos tradicionais de tomada de decisão sobre as políticas urbanas. Essas tensões não ocorreram apenas ao longo dos anos de debate do Estatuto da Cidade como também na última década quando, em tese, este deveria ser implementado, mas pouco se viu desta implementação (UZZO, 2009).

É nesse contexto, onde os espaços tornaram-se globalizados, no qual emergem novas tecnologias e há uma crescente urbanização, que as políticas públicas têm como desafio

alcançar a sustentabilidade urbana para o pleno exercício da cidadania, assegurando uma vida harmônica do homem em seu meio ambiente. O Estado Democrático de Direito Ambiental pressupõem a interação dos indivíduos na concretização de políticas públicas que visem resguardar os bens naturais, e, dentro desta concepção, a Declaração do Rio e a Agenda 21 traçaram objetivos de criação de políticas públicas que incentivam a promoção de um desenvolvimento sustentável, as quais partem de uma participação ativa da sociedade não só no âmbito de informações como também de processos decisórios; bem como aborda a questão das diferenças sociais como uma das causas de danos ambientais, buscando a implantação de políticas de erradicação à pobreza (SILVA, 2003).

O Estatuto da Cidade foi resultado de um amplo movimento nacional que mobilizou diferentes segmentos representativos da sociedade a partir de questões voltadas às carências sociais no meio urbano, a questão ambiental está presente em seus dispositivos, na medida em que o patrimônio natural se tornou mais vulnerável diante dos processos de crescimento urbano, principalmente nas últimas décadas (SILVA, 2010).

Neste período, os conflitos socioambientais que envolvem carências sociais e riscos ambientais têm focado, majoritariamente, os problemas decorrentes do descontrole de uso e ocupação do solo e da segregação e exclusão social. Embora tais condições sejam potencializadas pelos processos de ocupações espontâneas, clandestinas e irregulares, os impactos ambientais não se restringem apenas aos bolsões carentes das periferias urbanas. Os problemas com enchentes, erosões, impermeabilização do solo, contaminação de mananciais, remoção de cobertura vegetal, não são efeitos apenas da ocupação desordenada desprovida dos meios legais de assentamento (SILVA, 2010).

Assim em 2003, foi criado o Ministério das Cidades, que se constituiu como um fato inovador nas políticas urbanas, na medida em que superou o recorte setorial da habitação, do saneamento e dos transportes (mobilidade) e trânsito para integrá-los levando em consideração o uso e a ocupação do solo. Outro aspecto fundamental de sua criação está na busca da definição de uma política nacional de desenvolvimento urbano em consonância com os demais entes federativos (município e estado), demais poderes do Estado (legislativo e judiciário). Visando a coordenação e a integração dos investimentos e ações nas cidades do Brasil dirigidas à diminuição da desigualdade social e à sustentabilidade ambiental (BRASIL, 2015).

O capítulo II, art. 4º, do Estatuto da Cidade, na 2ª edição, refere-se aos instrumentos da política urbana para o planejamento municipal, como o Plano Diretor e o Zoneamento Ambiental. Traz como iniciativa o suporte a ordenação do crescimento e a urbanização nas

idades. Porém, só em 2005, o Ministério das Cidades liderou uma campanha pela elaboração de Planos Diretores participativos em todo o país. A urbanização e as políticas urbanas no Brasil são marcadas por uma visão setorial. No sentido de transformar esse paradigma é que foi criado o Ministério das Cidades, para tentar um trabalho de integração das políticas urbanas através da realidade territorial (BRASIL, 2009).

O Estatuto da Cidade reafirma os princípios básicos estabelecidos pela Constituição da União, preservando o caráter municipalista, a centralidade do plano diretor como instrumento básico da política urbana e a ênfase na gestão democrática. Mantém a divisão de competências entre os três níveis de governo, concentrando na esfera municipal as atribuições de legislar em matéria urbana. Além disso, a elaboração de planos diretores é uma atividade que exige o concurso de profissionais de diferentes áreas do conhecimento atuando em processo de trabalho interdisciplinar (CARVALHO, 2001).

Os planos diretores atenderão sempre mais diretamente aos seus objetivos, quanto mais forem abertos à inovação e à criatividade, e quanto mais estimulam a participação popular habilitada e a produção coletiva. Democratizar as decisões é fundamental para transformar o planejamento da ação municipal em trabalho compartilhado e assumido pelos cidadãos, bem como para assegurar que todos se comprometam e sintam-se responsáveis e responsabilizados, no processo de construção e implementação (BRASIL, 2004b).

O plano diretor tem como objetivo geral promover a ordenação dos espaços habitáveis do município e sistematizar o desenvolvimento físico, econômico, ambiental e social do território local, visando sempre o bem-estar da comunidade possui também a função de dispor sobre as vias, o zoneamento e os espaços verdes, dando-lhes as diretrizes. Em outras palavras, o plano diretor deve fixar as linhas gerais para que lei de uso e ocupação do solo detalhe com precisão a ordenação do solo (SANTANA, 2006).

O Estatuto da Cidade amplia a obrigatoriedade do plano diretor, aos municípios com população superior a 20 mil habitantes. Assim, o plano diretor é também obrigatório aos municípios integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, às áreas de especial interesse turístico e às áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional (CARVALHO, 2001)

Segundo Monteiro (1990), o Cepam – Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, voltado à assessoria aos municípios, define o plano diretor como um plano de desenvolvimento municipal, devendo abranger todos os aspectos da administração pública.

Aprovado por Lei Complementar deve ser regulamentado por leis ordinárias que terão que atender as diretrizes:

- Traçado do sistema viário principal;
- Localização dos terminais dos sistemas de transportes;
- Densidades máximas e mínimas permitidas;
- Sistemas principais de drenagem de águas de esgoto e pluviais;
- Elementos do meio ambiente natural e cultural a serem preservados;
- Localização preferencial das atividades econômicas;
- Padrões de utilização dos recursos naturais;
- Áreas preferenciais para ocupação e expansão urbana de parcelamento ou edificações.

Uma melhor organização das cidades pode alterar significativamente a qualidade de vida no interior de uma mesma faixa de renda. Cidades mais eficientes podem reduzir os custos de infraestrutura e dos serviços públicos. Muito se debate a respeito da efetividade de implantação das diretrizes previstas nos planos diretores, porém é de domínio público todas as forças de interesses que permeiam as discussões sobre os rumos da expansão das cidades e os conflitos já existentes. A administração pública é responsabilizada por intermediar essas situações de conflito social (PINTO, 2012).

O Plano Diretor deve reservar espaços para todas as atividades econômicas necessárias ao desenvolvimento da cidade, assim como prever a localização dos equipamentos públicos e comunitários que servirão de suporte para as políticas setoriais, como: escolas, hospitais, praças, delegacias, etc. Esta demanda decorre de estudos que indiquem os espaços necessários e recursos necessários para atendê-la. Assim estará levando em consideração as dimensões econômicas e sociais, sem se transformar em um plano de desenvolvimento econômico (PINTO, 2012).

Diante todos os aspectos que engloba o plano diretor, um dos instrumentos técnico de materialização se faz com o Zoneamento, no qual fica vinculada a ideia de que a ordenação do uso e ocupação do solo é um dos aspectos primordiais do planejamento urbanístico (PAIXÃO, 2013). Antes deles, porém, serão analisados os recortes territoriais representados pelo Zoneamento e pelas Áreas de Especial Interesse, que configuram a base territorial de aplicação dos demais instrumentos.

2.3 Políticas públicas para os transportes

A partir da Constituição de 1934, no Brasil, há o desenvolvimento de políticas públicas que propunham apoio aos veículos automotores e ao transporte rodoviário, com o incentivo da construção de ampliação da malha rodoviária. Em 1956, o governo brasileiro dá estímulos e subsídios à indústria automobilística, em especial ao carro e à motocicleta. A proposta do governo de 1956-1961 foi estruturada e baseada em estradas para carros e caminhões, o começo do fim para os trilhos para os trens e bondes. Com essas políticas abriram-se as portas para que os principais fabricantes de automóveis se instalassem no Brasil (FERREIRA, 2011).

O padrão de deslocamento da população brasileira passa então por uma transformação na década de 50, em decorrência desse forte processo de industrialização. Em um curto período de tempo, o Brasil deixou de ser rural para tornar-se predominantemente urbano. A falta de planejamento induziu a um desenho urbano excludente, gerando a segregação espacial entre os locais de moradia, lazer e trabalho, que demandam maiores necessidades de deslocamentos da população. Concomitantemente, nesse período os investimentos em mobilidade urbana privilegiaram o transporte individual com obras de ampliação do sistema viário, construção de pontes, túneis e viadutos (BRASIL, 2007).

Os impactos negativos trazidos pelo incentivo da industrialização e o uso do modo individual motorizado, inviabilizou a progressão dos sistemas de transportes públicos que suprissem as necessidades da sociedade. Esse fato também levou à marginalização e ao sucateamento dos outros modais como trens e bondes. A priorização dos modais particulares cria um ciclo interminável de deterioração das cidades e utilização injusta e antidemocrática do espaço urbano, que merece atenção para ser corrigida (RUBIM, 2013).

Durante os anos 90, as políticas de habitação e saneamento foram transferidas para o Ministério da Ação Social, até serem inseridas no Ministério do Planejamento. As questões dos transportes que foram transferidas para o Ministério dos Transportes e somente em 2001, o Estatuto das Cidades (Lei n.10.257/01), instituiu a obrigatoriedade do Plano Diretor e o Plano de Transportes, para todas as cidades com mais de 500 mil habitantes (RUBIM, 2013).

A criação do Ministério das Cidades (2003), significou um novo contexto institucional para a questão dos transportes urbanos. Articulados com a Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana – SeMob, trocaram o termo transportes para mobilidade. O enfrentamento dos problemas da mobilidade vinculados à questão de desenvolvimento urbano favoreceu o desenvolvimento dos argumentos da política em prol da sustentabilidade ambiental e socioeconômica das cidades (GOMIDE, 2008).

Na reunião do Conselho das Cidades, em junho de 2004, foram apresentados ao Comitê Técnico de Trânsito, Transportes e Mobilidade Urbana os documentos com os princípios e diretrizes para a Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável e a Política Nacional de Trânsito. A partir de então, a Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana e o Departamento Nacional de Trânsito – Denatran promoveram reuniões nas capitais brasileiras para apresentar esses documentos, num processo que se revelou importante pelas contribuições agregadas e, sobretudo, por demonstrar claramente a complementaridade dos temas (RUBIM, 2013).

Após anos de tramitação no Congresso Nacional, o Brasil passou a ter uma Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), Instituída pela Lei n.12.587/2012, a política define as diretrizes que devem orientar a regulamentação e o planejamento da mobilidade urbana nas cidades brasileiras. As diretrizes são claras e podem ser bem resumidas em uma frase: é preciso incentivar os deslocamentos por meios de transporte não motorizados e os coletivos e desestimular os individuais motorizados, responsáveis por 27,4% dos deslocamentos realizados nas cidades brasileiras com mais de 20 mil habitantes (RUBIM, 2013).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana tem, deste modo, objeto mais amplo que os serviços de transportes urbanos: trata-se, na verdade, da relação dos deslocamentos de pessoas e bens coma própria cidade e de seu planejamento para o desenvolvimento de suas funções sociais, proporcionando o acesso universal dos cidadãos às oportunidades disponibilizadas no meio urbano (GOMIDE, 2008; SEABRA, 2013).

A Lei de Mobilidade Urbana brasileira é considerada uma evolução em termos legislativos, pois propõe objetivos e diretrizes em conformidade com uma mobilidade urbana sustentável, inclusiva e acessível. Porém entende-se que apenas a existência da legislação não implica em mudanças práticas de melhoria, assim espera-se o engajamento político para que sejam cumpridas as políticas públicas. Não se pode contestar a evolução conceitual dos termos referentes a sustentabilidade e a criação de mecanismos e políticas em prol de uma mobilidade urbana. Contudo, com resultados ainda pouco práticos necessitando, assim, de maior aplicação dos princípios e diretrizes contidos na Lei, claro que respeitando a particularidade e as reais necessidades de cada localidade (ALVES, 2014).

3 USO DO SOLO E TRANSPORTES

No terceiro capítulo é apresentada os principais conceitos que relacionam o uso do solo aos transportes. Primeiramente, são apresentadas as definições de mobilidade urbana, junto às novas características do enfoque sustentabilidade e exemplos de projetos integrados de revitalização e mobilidade urbana. Também são abordados os impactos gerados entre uso do solo e os sistemas de transportes e pontuados alguns exemplos de estudos que abordam essa inter-relação.

3.1 Mobilidade urbana sustentável

O termo mobilidade urbana refere-se aos deslocamentos que ocorrem no meio urbano, realizados por modos de transportes diversos, como modo a pé, veículos motorizados ou não motorizados. A escolha do modo para realizar o deslocamento é dependente de várias interferências, como infraestrutura disponível, consumo de tempo, espaço, energia e recursos financeiros. Então, a movimentação de pessoas e mercadorias dentro do espaço urbano é fator que interfere diretamente na qualidade de vida da população e requer planejamento para redução dos problemas (VASCONCELOS, 2013; SEABRA, 2013).

O planejamento da mobilidade urbana não é apenas um conceito para melhorar a qualidade de vida nas cidades, mas obrigação imposta pela recente “Lei da Mobilidade Urbana”, denominada “Política Nacional da Mobilidade Urbana Sustentável” (Lei Federal n. 12.587/2012). Essa lei traz a definição do termo mobilidade urbana associado às pessoas e bens, que se relacionam e geram a necessidade dos deslocamentos no espaço urbano para exercer suas funções e atividades de maneira inclusiva e democrática a todos (ALVES, 2014).

Entre as questões relacionadas a sustentabilidade na mobilidade, a redução no uso do veículo privado é incorporada com a pretensão de diminuir os congestionamentos e consequentemente os custos e tempos de viagem. Também espera-se reduzir as fontes de poluição sonora e atmosférica, principalmente nas grandes cidades, influenciando assim os aspectos sociais, econômicos e ambientais para aumento da qualidade de vida nesses locais (VASCONCELOS, 2013; CAMPOS, 2007; MANCINI, 2010).

Desde os anos 50, nos Estados Unidos já se estudam os deslocamentos da população com o objetivo de entender melhor os processos para adequação da oferta à demanda de maneira a utilizar a infraestrutura de maneira mais eficiente. No Brasil nas décadas de 70 e 80 houve maior preocupação com o estudo do transporte urbano devido ao grande aumento na frota de veículos

automotores, disseminados com a abertura ao desenvolvimento econômico e interesses políticos (LIBARDI, 2014).

Com a implantação histórica e crescente de políticas públicas que priorizavam os modos individuais motorizados a questão torna-se insustentável, além de gerar sérios danos ambientais, são dependentes de insumos finitos e limitados. A influência dos modos de transportes no planejamento urbano traz impactos negativos na feição das cidades, onde os investimentos dão suporte as infraestruturas exaltando os modos motorizados. Nos centros urbanos ainda se deparam com outros impactos negativos como os congestionamentos, poluição sonora, visual e atmosférica, acidentes no trânsito (MELO, 2004).

Tradicionalmente a mobilidade urbana é estudada de maneira quantitativa, sendo definida em razão do número de deslocamentos, tomando como referência um local de origem e outro de destino e muitas vezes referem-se, somente, às viagens motorizadas. No entanto, a complexidade que envolve os deslocamentos requer uma análise que incorpore dados qualitativos para melhor compreensão dos diferentes fenômenos, como os que ocorrem na sociedade, no ambiente e na política que influenciam a qualidade da mobilidade urbana (BANISTER, 2008; ALVES, 2009).

Para compreender as complexidade da mobilidade urbana, é interessante analisa-la tanto no campo político, quanto no campo prático (técnico), de maneira conjunta com as diretrizes de expansão urbana para atender as necessidades reais de deslocamentos da população. De maneira análoga a *International Association of Public Transport* (UITP, do francês *L'Union internationale des transports publics*), define que os pilares do planejamento da mobilidade estão relacionados com os componentes da sustentabilidade (economia, sociedade e meio ambiente) (RICHARDSON, 2005).

O ponto em comum entre as muitas definições de sustentabilidade é a busca de um crescimento econômico mais equilibrado, com inclusão social e a proteção ambiental. Principalmente nos municípios dos países em desenvolvimento a mobilidade urbana sofre com a dependência do transporte individual, devido à ineficiência do transporte público e a falta de infraestrutura que atenda a pedestres e ciclistas. As necessidades de deslocamento cada vez maior, geram congestionamentos, entre outros aspectos que prejudicam a qualidade de vida da sociedade urbana, dificultando o acesso às atividades, que devia ser mais democrático e inclusivo (CAMPOS, 2007, BANISTER, 2008)

Para Boareto (2003), o conceito sustentabilidade para a mobilidade urbana é entendida como uma extensão da mobilidade para a área ambiental, onde são definidas como viagens

sustentáveis aquelas realizadas com menos gastos de energia, reduzindo os impactos negativos ao meio ambiente. Os modos não motorizados, também denominados de transporte ativo por alguns autores e principalmente pelo Ministério das Cidades, como o uso de bicicletas e andar a pé são vistos como alternativas viáveis de se deslocar de maneira sustentável.

A mobilidade possibilitada pelo uso da bicicleta no meio urbano é referência para busca da sustentabilidade, à medida que colabora com a consciência sobre aspectos ambientais atrelada à economicidade da locomoção, com perfil não poluente, e, também, por cooperar com a difusão de práticas saudáveis por potencializar hábitos de locomoção que exigem o movimento dos sujeitos nas cidades (CASTRO *et al.*, 2013; MAGALHÃES *et al.*, 2015).

Macário (2012) descreve que a mobilidade urbana, estruturada e organizada, pode proporcionar fluidez e segurança nos deslocamentos e acesso às atividades humanas, proporcionando melhor qualidade de uso e possibilidades oferecidas pelo sistema de transportes. Para tanto requer um equilíbrio entre os diversos elementos de demanda e oferta, com a finalidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável das cidades.

Para Vasconcellos (2012), a mobilidade urbana possui alguns fatores que podem induzir, restringir ou até mesmo serem condicionantes das melhorias na qualidade dos deslocamentos. Os fatores relacionados a percepção do usuário são dependentes do próprio indivíduo, como sexo, idade, ocupação, escolaridade, renda, habilidade motora, relações sociais. Também podem se referir a fatores externos, como a infraestrutura urbana, disponibilidade dos modos de transportes, possibilidade de acesso ao sistema viário, que afetam diretamente na opção do usuário pelo modo de transporte.

Autores ressaltam a importância da existência de um serviço de transporte coletivo eficiente e de qualidade, uma vez que boa parte da população é dependente desse modo de transporte para acessar serviços sociais básicos e às oportunidades de trabalho. Neste sentido, fica evidente a relação das estratégias de exclusão social quando atreladas ao amplo acesso ao transporte coletivo eficiente (GOMIDE, 2011; CASTRO *et al.*, 2013).

Oliveira (2011) afirma que a distribuição desigual ou ineficiente dos sistemas de transportes no meio urbano, agrava a exclusão de alguns grupos da sociedade. A desigualdade proveniente da baixa oferta de infraestrutura, dificulta o acesso às atividades do meio urbano e consequentemente afeta o desenvolvimento econômico e social. Outro fator apontado refere-se à necessidade de empoderamento dos grupos com acessibilidade reduzida, para que sejam incluídos efetivamente desenvolvimento socioeconômico.

No estudo da mobilidade urbana é interessante apontar que as abordagens tradicionais do planejamento que focam na movimentação dos carros para expandir a infraestrutura. No entanto atualmente a ênfase colocada na mobilidade e acessibilidade de todos os grupos populacionais vislumbra a interação entre os diversos modos de transporte, priorizando os modos não motorizados. O Quadro 1 faz um paralelo comparativo entre o planejamento tradicional de transporte com o planejamento da mobilidade sustentável (KOST, 2014).

Quadro 1 - Comparativo entre diferentes tipos de planejamento de mobilidade urbana

Planejamento Tradicional de Transportes	Planejamento de Mobilidade Urbana Sustentável
Foco no tráfego	Foco nas pessoas
Objetivos principais: capacidade de fluxo e velocidade de tráfego	Objetivos principais: acessibilidade, qualidade de vida, sustentabilidade, equidade social e qualidade da saúde
Foco nos modais particulares	Conjunto integrado de ações para alcançar soluções rentáveis
Planejamento desvinculado dos outros setores	Planejamento que pode complementar outras políticas relacionadas entre si (ordenamento do solo, fiscalização saúde e etc)
Domínio de engenheiros de tráfego	Equipes interdisciplinares de planejamento
Avaliação limitada dos impactos	Acompanhamento e avaliação regular dos impactos propondo melhorias contínuas

Fonte: Adaptado de (KOST, 2014)

As metodologias que apoiam o planejamento da mobilidade têm propostas que apresentam uma nova visão da sustentabilidade para as cidades. Os novos métodos abordam ferramentas que buscam agrupar e consolidar indicadores de mobilidade sustentável, permitindo assim reflexões para o desenvolvimento de políticas públicas e projetos de melhoria da mobilidade e a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

Vários estudos realizados pela comunidade latino-americana têm contribuído para melhorar os padrões de transportes visando à sustentabilidade nos países em desenvolvimento como Brasil, Chile e Colômbia. Villada (2015) aponta estudos que avaliam por meio de indicadores e permitem integrar várias estruturas que compõe a mobilidade. Entre esses estudos apontamos como boas referências os trabalhos de Campos e Ramos (2005), Costa (2008) e Machado (2010).

Um desses métodos é o IMUS, Índice de Mobilidade Urbana Sustentável, desenvolvido por Costa (2008) que propõe o diagnóstico e a monitoramento dos principais aspectos que tangem a mobilidade urbana. Além disso, incorpora domínios tradicionais (infraestrutura de transportes, tráfego e circulação urbana e sistemas de transporte urbano) e domínios relacionados ao novo paradigma que trata das questões de mobilidade urbana (aspectos sociais,

políticos e ambientais, acessibilidade, modos não motorizados e planejamento integrado) contribuindo para análise das dimensões social, econômica e ambiental (COSTA, 2008).

Porém, é pertinente ressaltar que para efetiva concretização dos planos e projetos de mobilidade tradicionais (quantitativos) já é encontrado bastante resistência. Agora são inseridos alguns fatores (quantitativos) que envolvem diversos atores com interesses divergentes, o que aumenta a dificuldade de se efetivar na prática. A transposição entre políticas públicas até sua efetividade representa um grande desafio, uma das principais dificuldades encontradas nessa mudança de paradigma está em obter recursos para transformações de espaços urbanos com infraestrutura consolidada (RODRIGUES DA SILVA, 2015).

Hickman *et al.* (2013) afirma que a sustentabilidade deve partir da conscientização das pessoas de modo a interferir nos padrões de viagens. Porém, para que isso ocorra há necessidade de mudanças no comportamento já incorporado pelo estilo de vida e essa é uma questão complicada de ser entendida e aceita. Interessante ressaltar que a mobilidade urbana sustentável se torna possível, diante do incentivo da humanização dos espaços públicos.

Gatti (2013) afirma que observar as potencialidades dos espaços urbanos para implementação de projetos que viabilizem as interações sociais tem se tornado uma prática nos países desenvolvidos, onde são valorizados os espaços de convivência, com áreas verdes, parques, praças e ruas atrativas que também propiciam o uso dos modos de transporte ativos.

O mapeamento de problemas e potencialidades no meio urbano ou área específica permite a visualização das relações entre os usos existentes da cidade e a qualidade do espaço urbano. Esta relação possibilita a identificação de novas possibilidades de projetos, baseados no uso cotidiano que mereça uma infraestrutura adequada, ou mesmo na requalificação de áreas de conflito. Também permite que sejam elencadas prioridades de investimento público com base na relevância dos problemas identificados e nas demandas existentes no município (Hickman *et al.*, 2013; GATTI, 2013).

Em vista de promover a mobilidade urbana sustentável, a criação de parques e praças com áreas verdes, ou até mesmo o aproveitamento de canteiros e rotatórias, onde o simples plantio de espécies arbóreas e forrações pode revitalizar os locais possibilitando a interação social. Na ausência de áreas para a criação de novos espaços verdes, um bom programa de arborização urbana pode contribuir muito para a melhoria do conforto térmico, da paisagem e da qualidade de vida do meio urbano (Loughran, 2014; GATTI, 2013).

As áreas onde a circulação de modos de transportes ativos é intensa requerem investimentos na infraestrutura de seus espaços públicos, a fim de possibilitar maior conforto e

segurança para pedestres e ciclistas. Ruas de intensa atividade comercial, por exemplo, necessitam de calçadas largas e acessíveis. Rotas de ciclistas precisam ser compatibilizadas com o tráfego local, seja introduzindo sistemas de traffic calming ou criando ciclofaixas e ciclovias segregadas da circulação de veículos. Pontos específicos do espaço urbano onde ocorrem acidentes e atropelamentos também podem ser revitalizados pela inserção de elementos como sinalização adequada ou passarelas para pedestres (LOUGHRAM, 2014).

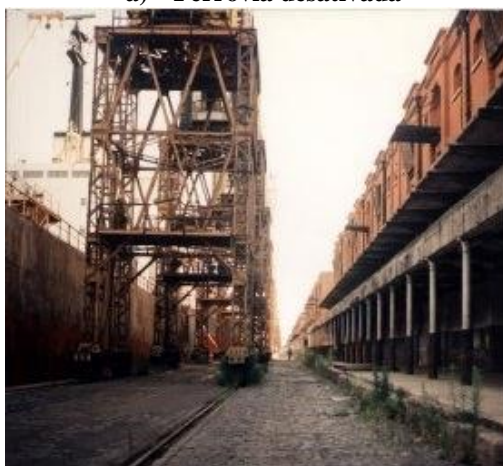
Loughran (2014) e Levy (2014) constataam que as áreas desativadas ou subutilizadas, podem ser reinseridas na dinâmica da cidade e atrair novos investimentos através da revitalização dos espaços públicos, como em Nova York, uma ferrovia desativa foi transformada em um parque suspenso (Figura 1a e b), chamado *High Line Park* e (Figura 1c e d) as antigas áreas industriais no Puerto Madero em Buenos Aires.



a) Ferrovia desativada



b) "High Line Park"



c) Área Industrial desativada



d) Revitalização do Puerto Madero

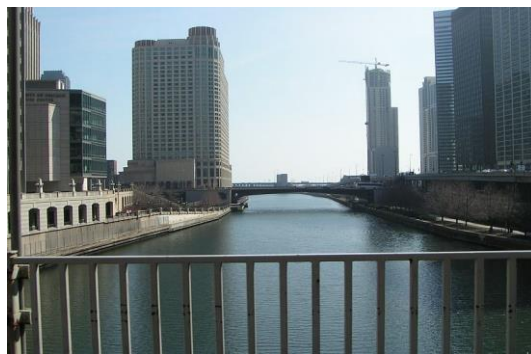
Figura 1 – Áreas revitalizadas

As áreas que margeiam rios, córregos, oceanos e represas, apresentam altíssimo potencial para a criação de espaços para melhoria da qualidade de vida. Essas áreas muitas

vezes são acessíveis somente aos lotes privados e que precisam ser resgatadas para o uso coletivo, a fim de ampliar interação social não somente dos moradores de suas margens, mas de toda a cidade (BARATTO, 2013; GATTI, 2013).

Baratto (2013) relata que por mais de um século, o principal rio de Chicago permaneceu contaminado por resíduos que, desde a Revolução Industrial, vinham sendo nele despejados. No entanto, um trecho do rio, que ocupa um espaço de seis quarteirões entre as ruas Lake e State, contempla uma paisagem completamente transformada, pelo projeto intitulado “*Chicago Riverwalk*” (Figura 2a e Figura 2b). A revitalização favorece a ocupação do espaço público, com diferentes atividades, que vão desde a construção de restaurantes na beira do rio até a prática de esportes aquáticos e terrestres em suas margens.

Segundo Lucchese (2008) a revitalização do Rio *Cheonggyecheon* (Figura 2c e Figura 2d) em Seul na Coreia do Sul ocorreu em apenas 4 anos, onde se evidencia as melhorias ambientais, uma vez que a temperatura em Seul diminuiu 3,6°C, além de haver melhorias econômicas para a cidade. O governo optou em demolir um viaduto localizado sobre o rio e começou, em paralelo, um grande projeto de nova política de transporte público. Também construiu diversos parques lineares, ampliando a quantidade de áreas verdes nas ruas em favor de uma cidade mais sustentável.



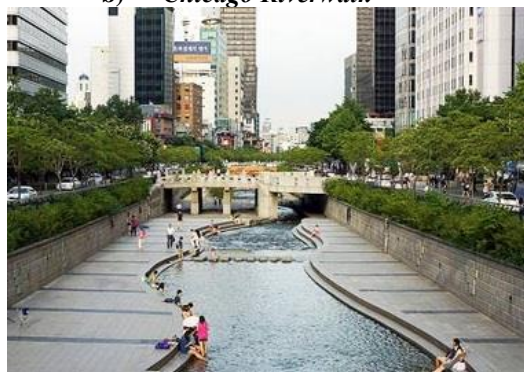
a) Principal Rio de Chicago



b) “Chicago Riverwalk”



c) Viaduto sobre o Rio Cheonggyecheon



d) Rio Cheonggyecheon Revitalizado

Figura 2 – Revitalização de Margens de Rios
Fonte: Lucchese (2008) e Baratto (2013)

3.2 Gestão do Uso do Solo integrado aos Transportes

Primeiramente, define-se uso do solo como a distribuição das diferentes ocupações existentes no meio urbano, como residencial, industrial e comercial, determina a localização decorrentes das atividades exercidas pela população, como moradia, trabalho, compras, educação e lazer. Constatam-se então, as necessidades de deslocamento da população para realização dessas atividades, estabelecendo uma relação direta com os sistemas de transportes para suprir essa demanda (CAMPOS, 2005; MELO, 2010; CERVERO, 2013).

A abordagem do planejamento do espaço urbano dos países em desenvolvimento passou por uma completa revisão nos últimos anos e reconhece a importância de se introduzir o conceito de integração dos fenômenos que ocorrem nos pilares do meio urbano. Entre os primeiros estudos nesta direção o trabalho clássico de Lowry (1964), que representa uma fundamentação dos modelos integrados. O conceito exige mais do que abordar as problemáticas como únicas e paralelas e necessitando ser encaradas em múltiplas dimensões, principalmente quando uma tomada de decisão influencia em outros pilares do planejamento. O escopo dessa pesquisa tem como foco a integração apenas da modelagem dos fenômenos do transporte e do uso do solo, limitando-se diante todas as questões do meio urbano (PIETRANTONIO *et al.* 1996, LEMOS, 2015).

A dificuldade em tratar da problemática urbana consiste no fato de que soluções para diferentes problemas podem ser contraditórias ou incompatíveis entre si. Considerar tal dificuldade é parte dos objetivos dos estudos da integração desses sistemas, onde cada ator reconhece problemas específicos que requerem soluções nem sempre convergentes. Mesmo assim, depois de décadas de esforço neste sentido, ainda nos deparamos com esforços de modelagens com imensas dificuldades em associar e/ou relacionar padrões de comportamento e movimento, que possam ser traduzidos em medidas de densidade, ou que incorporem os custos energéticos envolvidos. (MELO, 2010; VILLADA, 2015; LEMOS, 2015).

López-Lambas *et al.* (2013) ressaltam que são necessárias estratégias integradas no que diz respeito às políticas de uso do solo e aos movimentos de oferta e demanda dos diferentes modos de transporte. Os autores constatam que idade das áreas urbanas influencia diretamente a queda de competitividade econômica, em vista das dificuldades encontradas para integração entre o ordenamento do território e as estratégias de transporte.

A interpretação do contexto urbano a partir de uma proposta de planejamento integrado entre uso do solo e transporte, atualmente denominado de sistema LUTI (do inglês, “*Land Use and Transport Interaction*”), requer a colaboração de profissionais multidisciplinares para

compreensão e desenvolvimento de sistemas de apoio a decisão (ACHEAMPONG, 2015). A premissa de que a separação espacial das atividades urbanas cria a necessidade de viagens de pessoas e mercadorias constitui princípio fundamental da análise de demanda por transporte. O reconhecimento desta inter-relação (Figura 3) levou à noção sobre o “ciclo básico dos transportes” (ou land-use transport feedback cycle):

- Distribuição dos usos do solo (residencial, industrial, comercial e outros) no espaço determina a localização das atividades urbanas, tais como habitação, trabalho, educação, compras ou lazer;
- Distribuição das atividades urbanas no espaço requer viagens (interações espaciais) no sistema de transporte para superar a distância entre os locais onde se realizam as atividades;
- Distribuição da infraestrutura do sistema de transporte cria oportunidades para interações espaciais e pode ser medida como acessibilidade
- Distribuição da acessibilidade no espaço determina decisões de localização, resultando assim em mudanças no sistema de uso e ocupação do solo

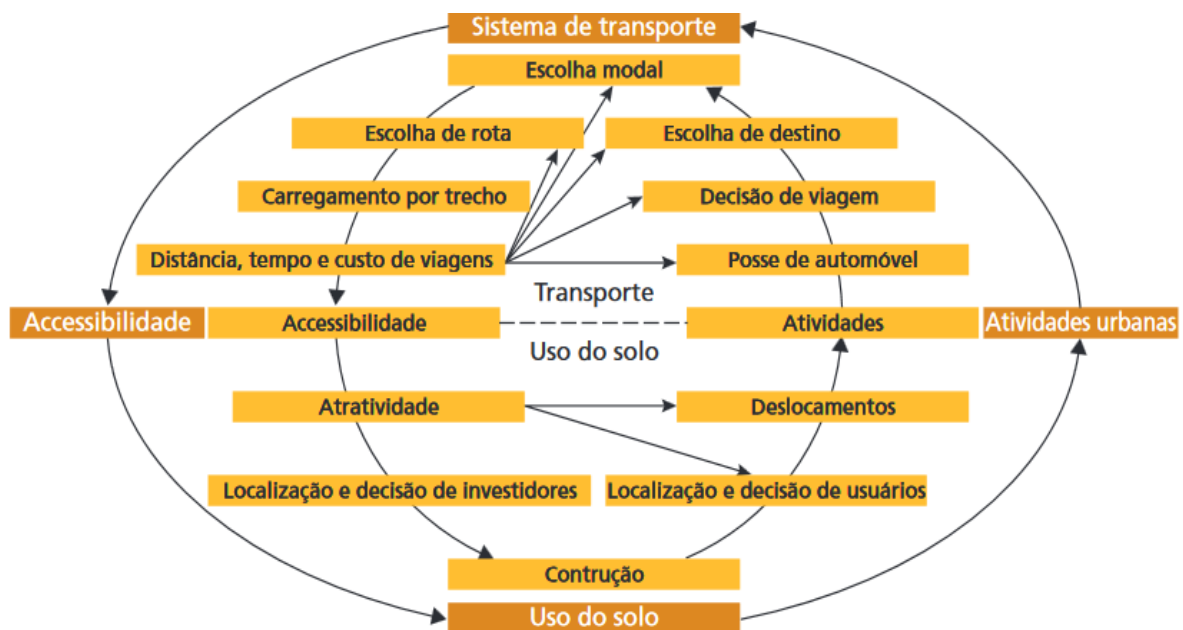


Figura 3- Relação entre Uso do Solo e Transporte
Fonte: Paulley e Pedler (2000)

Macário (2012) define que o sistema de mobilidade urbana integrado as políticas públicas de planejamento urbano, permitem aos usuários melhorias nos acessos às suas atividades diárias. Isso é alcançado com maior eficácia, quando o uso do solo e suas interações dinâmicas

com o sistema de transportes são considerados no processo de planejamento principalmente nas fases iniciais de concepção (MEYER e MILLER, 2001).

A integração dessas questões urbanas, consideram os grupos sociais que agem no espaço, consolidando as questões dos agentes imobiliários como um fator de peso no mercado de solo urbano. O mercado influenciará ou será influenciado pela política de transporte, mantendo com ela uma estreita relação. No sistema capitalista essa relação ocorre fundamentalmente em virtude do caráter de complementaridade existentes entre os diversos tipos de uso do solo instituídos, os quais, isoladamente, significam muito pouco no processo de reprodução do espaço urbano, advindo daí a geração de movimentos e sua realização pelo sistema de transportes (SILVA, 2015).

O uso do solo, então, impõe restrições e oferecem oportunidades para a realização de atividades, resultando em determinados padrões de viagens, mantidos pela tendência de movimento e pela demanda dos transportes oferecida a população. A oferta dos modos de deslocamentos (transportes) é mantida muitas vezes por parcerias públicas privadas e coordenam o acesso da população a esses meios. Entretanto, mudanças tecnológicas podem proporcionar melhora nas condições de acessibilidade, em que quanto maior o acesso da população em determinados locais aos transportes, melhor valorizada vai ser essa área, aumentando seu valor de mercado (LOPES, 2015).

Os padrões de viagens são moldados de acordo com o comportamento dos atores sociais e a demanda tanto de atividades quanto pela oferta de modos diferenciados de deslocamentos (LEMOS, 2015). A acessibilidade de uma localidade tem impacto sobre o valor do solo e está diretamente relacionada com a especulação imobiliária. Portanto, da mesma forma que a localização da área dentro da rede de transporte determina sua acessibilidade. Assim, o sistema de transporte molda o padrão de uso do solo a longo prazo, enquanto em curto prazo o uso do solo auxilia a moldar os padrões de viagem (SILVA, 2015).

Miranda (2010), trata das questões do planejamento dos transportes considerando os diferentes usos do solo, buscando soluções para a mobilidade urbana adaptando o crescimento dos deslocamentos à racionalização do espaço urbano. Seguindo este princípio, é facilmente entendido que o aparecimento dos subúrbios e a expansão das cidades estão relacionados com o aumento da divisão espacial do trabalho e, conseqüentemente, com todo o aumento da mobilidade (MARICATO, 2012).

3.2.1 Modelos integrados Uso do solo e Transportes

Os modelos são utilizados nos processos de tomada de decisão com o intuito de prever e interpretar esquematizando os fenômenos reais, geralmente utilizados para facilitar os estudos de planejamento. Visto que a discussão acerca do planejamento urbano leva em considerações vários elementos como saúde, educação, lazer (LOPES, 2015).

Os estudos dos problemas instalados no meio urbano são melhor estruturados em modelos que simulam através de estruturas lógicas os vários elementos, que relacionados constituem a sua complexibilidade. Entretanto, a validação das respostas obtidas dos modelos necessita de um alto grau de confiança das suas premissas e suposições (SOARES, 2014; RAMOS, 2000).

Os problemas urbanos apresentam mudanças constantes, principalmente quando se tratam dos movimentos para o acesso às atividades e seus impactos sociais. Portanto, a relação entre os fenômenos que ocorrem nas cidades são fatores importantes a serem estudados para sugestão dos modelos (REYNOLDS JR, 2009).

O papel da modelagem consiste na capacidade de representar situações e suas inter-relações permitindo apresentar os possíveis cenários futuros, a longo e curto prazo. Entretanto, é necessário reconhecer as fragilidades e falhas existentes, pois outros fatores externos não considerados podem interferir nas respostas fornecidas pelo modelo (ARRUDA, 2005; CERVERO, 2013).

Segundo Rodrigues da Silva *et al.* (2008), alguns países europeus são pioneiros no que diz respeito à busca por novos conceitos de criação de modelos que integram elementos do meio urbano. Um dos focos desses novos conceitos é a integração entre os elementos do uso do solo e da mobilidade, visto que o desenvolvimento e aplicação de indicadores como ferramentas de monitoramento de implementação de estratégias possibilitam contribuições na evolução das políticas públicas.

Apesar da explícita relação entre esses fatores que integram o uso do solo e os transportes e a interferência entre eles, os modelos integrados não são tão populares entre os planejadores das cidades brasileiras. No exterior são observados com maior frequência estudos que retratam essa realidade, principalmente os que inserem os pilares da sustentabilidade (LOPES, 2015; ARRUDA, 2005).

Wegener (2003) selecionou alguns dos modelos mais relevantes da integração dos sistemas de uso do solo e transporte, apresentados no Quadro:

Quadro 2- Modelos referencia de integração uso do solo e transportes

ITLUP	Integrated Transportation and Land Use Package, desenvolvido por Putman (1983)
DELTA	Integração do modelo de uso do solo DELTA, de Davis Simmond Consultancy, Cambridge, Inglaterra, com o modelo de transportes START desenvolvido por MVA Consultants e o Institute of Transport Studies (ITS) da Universidade de Leeds (Simmond e Still, 1998; Simmond, 1990)
POLIS	Projective Optimization Land Use Informations System, desenvolvido por Prastacos para Association of Bay Area Governments (Prastacos, 1986; Caindec e Prastacos, 1995)
URBANSIM	Modelo de escolha de localização domiciliar e de firmas, desenvolvido por Waddell, 1998)
TLUMIP	Modelo de transportes e uso do solo do Estado do Oregon, Estados Unidos – ODOT, 2002
ABSOLUTE	Modelo integrado desenvolvido por Arentze e Timmermans (2004)

Fonte: WEGNER (2003)

Lopes (2015) e ARRUDA (2005) evidenciam a variedade de características que afetam o comportamento da população em relação à oferta e demanda de transportes e as diferentes localizações das atividades. Neste contexto são apresentados alguns dos fatores que mais demonstram direta ou indiretamente esses comportamentos.

- Densidade residencial: regiões compactadas apresentam maior proximidade especial entre locais de realização de atividades, com maior propensão ao uso dos modos não motorizados.
- Densidade de atividades: há relações positivas entre densidade de atividades e menor utilização do automóvel, o que evidencia a influencia na escolha modal.
- Acessibilidade: conceito chave na análise entre relação de uso do solo e transporte, pois locais que apresentam alta acessibilidade são mais desenvolvidas e são evidenciadas na escolha de moradia.
- Fatores socioeconômicos: o comportamento da viagem ocorre em função do estilo de vida de determinada região, a densidade populacional e a acessibilidade aos sistemas de transporte vão influenciar os padrões de viagem. A disponibilidade do automóvel está relacionada ao conforto e na maneira de deslocamento para distancias curtas ou longas.

Estudos recentes apontam o planejamento dos sistemas urbanos reduzindo viagens com o intuito de redução dos congestionamentos, de maneira análoga o incentivo da diversidade do uso do solo serve para encurtar distâncias (VAN WEE, 2015). Com base nos trabalhos apontados, foi observada a tendência em destacar as variáveis relacionadas à densidade residencial e as atividades exercidas, bem como os fatores comportamentais referentes à cultura

dos modos motorizados. A integração dessas variáveis é vista no fato do adensamento populacional reduzir as distâncias entre as atividades, diminuindo o número de viagens (CERVERO, 2013; LOPES, 2015; WEGNER, 2003).

No entanto, os países em desenvolvimento demonstram grande interesse nos modelos de planejamento articulados entre uso misto do solo e a mobilidade urbana. Cervero (2013), considera evidente o grande interesse político na utilização dessas ferramentas que contribuem para o crescimento inteligente das cidades sustentáveis principalmente no que tange a alocações dos recursos. Entre os vários modelos de desenvolvimento urbano, o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (do inglês, “*Transit Oriented Development*”) tem se destacado como o conceito que melhor articula as relações entre o uso do solo e modos de transporte sustentáveis.

3.2.2 Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS)

O DOTS - Desenvolvimento orientado para o transporte sustentável (do inglês, *Transit Oriented Development* – TOD), se apresenta como um conceito para o planejamento urbano incentivando os transportes sustentáveis. O DOTS tem como princípios básicos compactar regiões, adensar a população, conectar vias, uso do transporte público, estimular o uso misto do solo, priorizar modos ativos de deslocamento e incentivar a mudança de hábito, detalhados no Quadro 3 (NARSI, 2014; THOMAS, 2008, HESS, 2004).

O objetivo do DOTS é promover uma vida urbana com acesso adequado a toda cidade as condições de: moradia de qualidade, mobilidade segura e agradável, suprimento das necessidades básicas, baixas emissões de carbono, integração social e geração de emprego e cultura. Independentemente do seu tamanho, esses objetivos contribuem com o desenvolvimento de uma cidade conectada, competitiva, eficiente, segura e com uma visão comum que aponta para o desenvolvimento urbano sustentável (ITDP, 2014; VILLADA, 2015).

A integração entre o crescimento ordenado das cidades junto ao suporte dos sistemas de transportes serve para compor planos estratégicos que garantam eficiência e qualidade na mobilidade urbana como incremento na qualidade de vida (AMARAL, 2015; LITMAN, 2016; FILION, 2007). O DOTS enfatiza a priorização do transporte coletivo, porém para abranger os modos de transportes não motorizados, como bicicletas e o andar a pé, foi conceituado no Brasil o termo “Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável” (DOTS), justificando o uso do termo traduzido nesse trabalho (VILLADA, 2015).

Quadro 3 – Princípios relacionados ao DOTS

PRINCÍPIOS	DESCRIÇÃO
CAMINHAR	Modo de deslocamento mais natural, econômico, saudável e limpo para trajetos curtos, além de ser um componente necessário para a grande maioria das viagens por transporte coletivo, desde que as vias e ruas estejam ocupadas por outras pessoas e os serviços e recursos desejados estejam convenientemente localizados.
PEDALAR	A bicicleta é uma opção de transporte sem emissões, saudável e econômica. Combina a conveniência da viagem porta a porta, a mesma flexibilidade de rota e horário dos trajetos a pé.
CONECTAR	As rotas curtas e diretas de pedestres e ciclistas exigem uma rede altamente conectada de ruas e vias em torno de quadras pequenas e permeáveis. Isto é particularmente importante para os trajetos a pé e para um melhor acesso às estações de transporte público, o qual poderia ser desencorajado por excessivos desvios
TRANSPORTE COLETIVO	Conecta e integra partes distantes da cidade para os pedestres. O acesso e a proximidade a um serviço de transporte de alta capacidade, como estações de sistema de transporte de alta capacidade (incluindo ferroviários, metroviários, hidroviários ou rodoviários).
MISTURAR	A combinação equilibrada de usos e atividades complementares no interior de uma área local (por exemplo, uma mistura de residências, locais de trabalho e comércio local), muitas viagens diárias podem permanecer curtas e serem feitas a pé.
ADENSAR	Para absorver o crescimento urbano em formas compactas e densas, as áreas urbanas têm de crescer verticalmente (adensamento ou desenvolvimento centrípeto), ao invés de horizontalmente (dispersão ou desenvolvimento centrífugo).
COMPACTAR	Bairros compactos, as várias atividades e os usos são localizados convenientemente juntos, minimizando o tempo e a energia necessários para alcançá-los e maximizando o potencial de interação.
MUDAR	Quando as cidades são moldadas segundo os sete princípios antes citados, o transporte individual motorizado se torna em grande parte desnecessário à vida cotidiana. As viagens a pé, de bicicleta e pelo transporte de alta capacidade ficam mais fáceis e convenientes. Grande parte do recurso escasso e valioso que é o espaço urbano pode ser retomado das vias e dos estacionamentos que já não serão mais necessários e ser realocado a usos mais produtivos social e economicamente.

Fonte: ITDP (2014)

Os princípios apresentados no DOTS colaboram com a tendência internacional, por parte do setor público e da iniciativa privada, de transformar o padrão de planejamento e desenho urbano vigentes. A mudança de modelo de desenho e de localização das novas

comunidades urbanas, somada a um entendimento integral do problema urbano atual, à promoção de políticas públicas para o uso adequado do solo e à mobilidade sustentável, podem contribuir com a mudança de paradigmas no desenvolvimento urbano brasileiro (EMBARQ BRASIL, 2015; CARLTON, 2009).

Lemos (2011) afirma que a relação entre a distribuição espacial desigual da acessibilidade, proveniente tanto da oferta do sistema de transportes quanto da facilidade de acesso às atividades do uso do solo, é capaz de agravar a exclusão social dos grupos com baixa mobilidade, reforçando a necessidade de se relacionar a acessibilidade ao desenvolvimento socioeconômico das cidades, identificando as relações de causa e efeito desta problemática.

Um dos princípios do DOTS é oferecer um transporte público de alta qualidade e incrementar o número de viagens de transporte coletivo, mediante conexões adequadas e serviço cômodo, eficiente e acessível. O transporte coletivo está intrinsecamente vinculado ao desenvolvimento urbano e a viabilidade dos sistemas de transporte depende de bairros densos e conectados, que permitam viagens mais convenientes entre os pontos de origem e destino da cidade (CARLTON, 2009; ZHANG E NARSI, 2014).

Zhang e Nasri (2014) afirmam que zonas aptas ao desenho do DOTS são aquelas contidas no raio de 800 metros das estações de transporte coletivo, definido como tempo razoável de caminhada, confortável para usuário completar em aproximadamente 10 minutos. Jacobs (2011) afirma que prover espaços destinados aos pedestres e ciclistas contribui com a acessibilidade dos equipamentos do entorno, a funcionalidade dos espaços públicos e a segurança pública da comunidade urbana sustentável, pelo fato de ter mais pessoas “vigiando nas ruas”.

4 ANÁLISE MULTICRITÉRIO ASSOCIADA AO SIG E FUNÇÕES FUZZY

No quarto capítulo é destacado o uso em conjunto das ferramentas de trabalho: ADMC (Análise de Decisão Multicritério), SIG (Sistema de Informação Geográfica). Primeiramente é abordada a importância da associação da análise multicritério ao SIG e as Funções *Fuzzy* para avaliar cenários complexos, principalmente no auxílio à tomada de decisão.

4.1 Análise de Decisão Multicritério

Na literatura, a decisão é compreendida como a escolha diante várias alternativas apresentadas para solucionar um problema. Para isso é necessário compreender bem o problema para propor as soluções. As questões relacionadas ao uso do solo e os transportes podem ser consideradas complexas, uma vez que a análise do problema é baseada em diversos critérios. Os critérios são julgados por um conjunto de decisores, que muitas vezes possuem pontos de vistas conflitantes dificultando o consenso da decisão (SARTORI, 2014; ROMANO, 2015).

No contexto deste trabalho, um dos problemas recorrentes para a tomada de decisão pelos gestores da administração pública é da alocação de recursos, pois se têm vários projetos disputando recursos limitados, tornando a decisão mais complexa. No entanto, existem as metodologias de decisão que envolvem múltiplos critérios para estruturar o problema de maneira sistemática que facilitam a tomada de decisão. As metodologias derivam de duas correntes principais, a americana, denominada *Multicriteria Decision Making* (MCDM) e a francesa *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) (RODRIGUES DA SILVA, 2001; LIMA, 2007).

A escola francesa tem como os principais métodos o PROMÉTHÉE, ELECTRE e CONDORCET. Esses métodos permitem uma modelagem mais flexível do problema uma vez que não tem a necessidade de comparar todos os critérios. Já na escola americana os problemas de decisão são estruturados de maneira hierárquica, que permite a agregação dos diferentes critérios para facilitar a compreensão e avaliação dos problemas. Os métodos mais representativos dessa escola são Processo Hierárquico Analítico (AHP) e a Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT) (LIMA, 2009).

As metodologias de apoio à decisão são fundamentadas com a finalidade de orientar objetivamente políticas organizacionais, em função das características técnicas, a fim de melhorar as tomadas de decisões dos problemas decorrentes de cada contexto. O interesse

prático por modelos multicritérios se dá quando os tomadores de decisão deixam de abordar o problema sob um único aspecto característico e passa a níveis mais complexos de entendimento do contexto (COSTA, 2008; ROMANO, 2015).

Segundo Machado (2010), o procedimento básico de Análise Multicritério geralmente compreende as seguintes etapas:

- a) Definição de critérios de avaliação ou indicadores;
- b) Normalização dos valores dos critérios;
- c) Definição dos pesos de cada critério;
- d) Combinação dos critérios para avaliação dos cenários.

A análise multicritério visa identificar e estruturar problemas em termos de um número de critérios individualizados, cada um representando um eixo de avaliação, conduzindo a um processo de tomada de decisão mais robusto. A abordagem facilita ainda a aprendizagem sobre os vários fatores de uso do solo e transportes (COSTA, 2008; ROMANO, 2015).

O método AHP, desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty no final da década de 70, permite que uma equipe de decisores analisem a importância relativa a cada critério através da matriz de comparação aos pares. Essa avaliação é interessante, pois cada decisor julga individualmente os critérios, onde suas preferências de acordo com a especialidade ou vivência são captadas (MALCZEWSKI, 1999; RAMOS, 2000).

A comparação aos pares consiste na atribuição dos julgamentos realizada por meio de uma matriz quadrada $n \times n$, na qual os critérios estão distribuídos na mesma ordem nas linhas e nas colunas e são comparados para a par. O valor a_{ij} se refere à importância do critério da linha i em relação ao critério da coluna j , como apresenta a Equação (1) (SAATY, 1990; LIMA, 2007).

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

Essa matriz é recíproca, o que significa que apenas a metade triangular superior direita é avaliada, e a outra metade resulta desta metade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de Comparação aos Pares

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

Fonte: Adaptado de Lima (2007)

Para atribuição dos julgamentos há a necessidade da adoção de uma escala que expresse o valor dos julgamentos efetuados, adotando-se, portanto, a escala de Saaty (2008), dividida em nove níveis numéricos e expressa pela Tabela 2 - Escala de Comparação de Critérios

Tabela 2 - Escala de Comparação de Critérios

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente

MENOS IMPORTANTE

MAIS IMPORTANTE

Fonte: Adaptado de Lima (2007)

A matriz é construída de acordo com a, sendo que as linhas e as colunas se referem à alocação dos critérios na mesma ordem, e a matriz é preenchida conforme a escala de Saaty (2008), sendo então obtida a matriz $A = [a_{ij}]$.

A próxima etapa, após a definição da matriz $A = [a_{ij}]$ é realizada a avaliação partir dos julgamentos de especialistas, em que de fato os pesos finais de cada critério são calculados, pela Equação (2) com o cálculo do autovetor principal e autovalor máximo, que permitem o cálculo do vetor.

$$A_w = \lambda_{m\acute{a}x} w \tag{2}$$

Em que:

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

A soma dos valores de cada coluna da matriz A seguida pela divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da coluna a que pertence, resultando na matriz de comparação par a par normalizada, e por fim, a divisão da soma dos scores normalizados de cada linha da matriz pelo número de critérios avaliados. Sendo que o máximo autovalor ($\lambda_{m\acute{a}x}$) e o valor w obtido por meio da Equação (3).

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \frac{w'_3}{w_3} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \tag{3}$$

Em que:

A = matriz de comparação par a par

w= vetor de pesos determinado anteriormente

Ainda, após a determinação dos pesos de cada critério, o processo AHP possibilita o cálculo do Grau de Consistência (CR- *Consistency Ratio*) dos julgamentos realizados, para verificar se o resultado apresenta dados inconsistentes, sendo obtido pela Equação (4).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Em que:

CI= Índice de Consistência (*Consistency Index*);

RI= Índice de Aleatoriedade (*Random Index*)

Sendo que o índice de consistência (CR) é determinado pela Equação (5), e os índices de aleatoriedade são valores da Tabela de Saaty (2008), obtidos por meio do cálculo do valor médio de CI obtidos para matrizes recíprocas geradas aleatoriamente Tabela 3– Índice de Aleatoriedade (RI).

$$CI = \frac{(\lambda_{máx}) - n}{(n-1)} \quad (5)$$

Tabela 3– Índice de Aleatoriedade (RI)

n	RI	n	RI
1	0,00	6	1,24
2	0,00	7	1,32
3	0,58	8	1,41
4	0,90	9	1,45
5	1.12

Fonte: Saaty (1980)

No caso, se o valor de CI obtido for superior a 0,1 será necessária uma reavaliação da matriz de comparação. O valor citado é um indicativo de um nível razoável de consistência para a comparação par a par, sendo necessário reavaliar os julgamentos caso o valor seja ultrapassado (SAATY, 2008; LIMA, 2007).

Os valores dos atributos (fatores) devem ser convertidos em unidades compatíveis entre si, ou seja, devem ser normalizados e representados em um intervalo conhecido (entre 0 e 1) por meio de funções de utilidade, em que os pontos a e b da curva *Fuzzy* adotado são os pontos de controle e devem ser ajustados para cada situação, sendo o ponto a o ponto a partir de que o afastamento ao destino-chave começa a ser relevante (LIMA, 2009, RODRIGUES DA SILVA, *et al* 2001).

Para normalização dos critérios, podem ser utilizadas funções *Fuzzy*, que podem expressar matematicamente relacionamentos vagos e imprecisos. Cada um dos atributos considerados deve ter sua própria função de utilidade de modo a representar os resultados oriundos da coleta de dados. A escolha da função *Fuzzy* depende da natureza do critério (Figura 4), sendo que as funções são escolhidas dependendo da realidade estudada e os critérios analisados. (RODRIGUES *et al.*, 2004; LIMA, 2009)

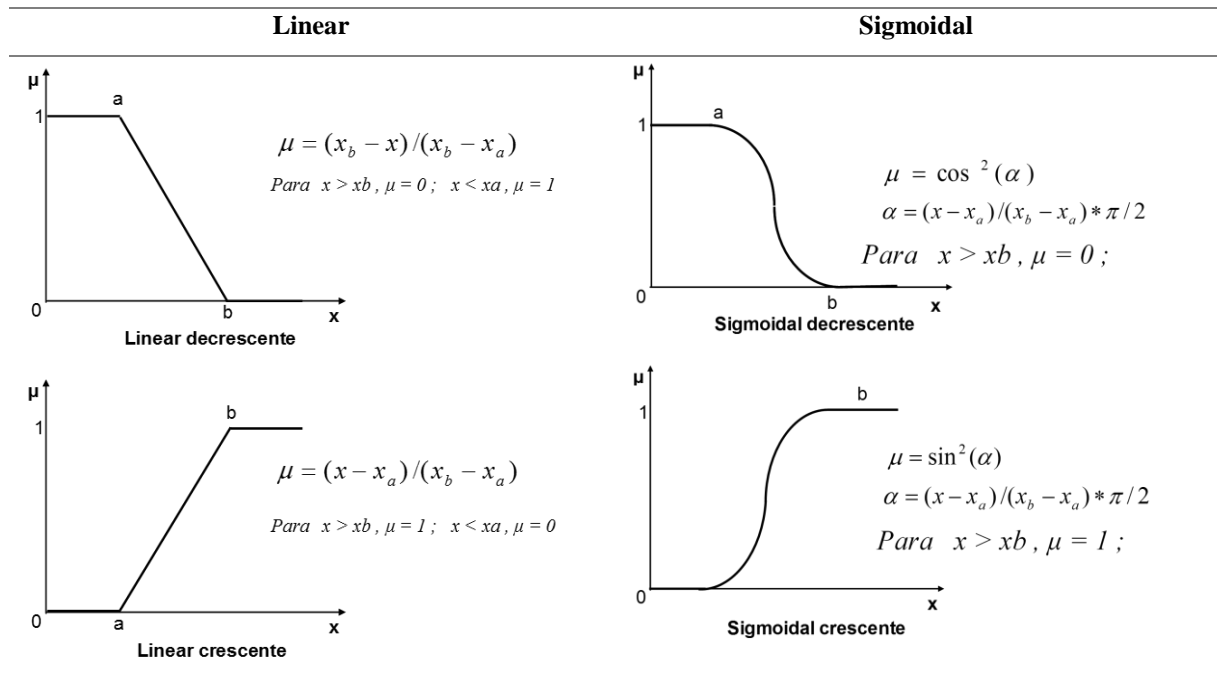


Figura 4 – Funções Fuzzy
Fonte: Adaptado de Mendes (2001)

Finalizando as etapas da análise multicritério, aplica-se os valores dos pesos para combinar os critérios e calcular os índices de prioridade de áreas para receber projetos integrados de revitalização e mobilidade urbana. A agregação mais utilizada nos processos de decisão espacial é através da Combinação Linear Ponderada (do Inglês, *WLC – Weighted Linear Combination*), conforme a Equação (6):

$$WLC = \frac{\sum \text{Valor normalizado do critério} \times \text{Peso}}{\sum \text{Peso}} \quad (6)$$

4.2 Sistema de Informação Geográfica

Câmara *et al* (2001), define o Sistema de Informação Geográfica (SIG) como sendo um ambiente que permite a integração de dados referenciados espacialmente, no qual processa

dados e desenvolve análises espaciais, servindo como base de apoio para o planejamento e a gestão urbana.

O SIG é uma plataforma que agrega diversos elementos como: dados, recursos humanos, metodologias, software e hardware. Os dados alimentam o sistema, permitindo gerar informações, que é a atribuição de significado aos dados, o que revolucionou os processos de análises da informação, rapidamente processada e utilizada para diferentes objetivos pelo modo de sua apresentação, seja georreferenciada ou mapeada (CÂMARA *et al*, 2001).

Atualmente a análise espacial aparece como um campo rico para estudos de problemas urbanos e regionais, também na área de transportes, marketing e de recursos naturais. Além disso, tecnologias como Sistemas de Informações Geográficas e Sistemas de Sensoriamento Remoto têm crescido como ferramentas importantes para análise espacial (MACHADO, 2010).

MALCZEWSKI (1999) e RAMOS (2001) consideram o SIG uma poderosa ferramenta capaz de integrar o conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados armazenados em bancos de dados, através de coordenadas geográficas, possibilitando assim análises espaciais. Ao se reportar à ferramenta do SIG como tomada de decisão, um dos métodos mais importantes é a análise multicritério (JANUZZI, 2009; LIMA, 2009).

O mapeamento através do SIG das características de ocupação urbana e uso do solo proporcionam estratégias para incentivar os modos de transportes não motorizados ou coletivos, como caminhadas e bicicletas, associadas ao transporte público visando o desenvolvimento sustentável. Recentes pesquisas sobre a cobertura e o uso da terra propiciam análises e mapeamentos de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2013; MACHADO, 2010; SILVA; 2012).

Entende-se por mapeamento da cobertura do uso do solo o conjunto de operações necessárias à elaboração de uma pesquisa temática que pode ser sintetizada por meio de mapas. O levantamento da cobertura e do uso do solo indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre, envolvendo pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem (IBGE, 2013).

O SIG permite a aplicação do modelo de priorização das áreas para projetos integrados e do suporte as análises dos critérios para gestão e a do índice de prioridades. Os sistemas de apoio a decisão permitem identificar a realidade espacial complexa, tratando cada tema

complexo separadamente de modo a simplificar a informação necessária na análise. Outra vantagem do SIG é interagir e interligar os diversos temas gerando correlações entre eles, dando suporte visual para análises dos resultados. Neste contexto, o uso Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para o planejamento do uso do solo, vem continuamente sendo uma ferramenta poderosa e eficiente nas diversas áreas do conhecimento, visando o desenvolvimento sustentável (RAMOS, 2000; MACHADO, 2010).

A possibilidade de integração entre os Sistemas de Informação Geográfica e análise multicritério, deve-se ao fato, dos SIGs apresentarem-se como ferramenta que atende necessidades de manipulação de grande quantidade de dados espaciais. Afirma-se que a integração de SIGs e de métodos de decisão multicritério vêm proporcionando inúmeros benefícios para a resolução de problemas de planejamento e gerenciamento do mundo real, visando melhorias no processo de tomada de decisão (RAMOS, 2000).

A complexibilidade dos problemas que envolvem o planejamento urbano, bem como suas conexões com questões ambientais econômicas e socioculturais inseridos na região, exigem o desenvolvimento de ferramentas adequadas, que permitam de maneira mais eficaz a compreensão dos multicritérios exigidos no estudo, com o auxílio do SIG (RAMOS, 2000).

O uso das ferramentas como as SIG e Avaliação Multicritério em conjunto contribuem para criação e monitoramento de políticas públicas do meio urbano, possibilitando a consistência nas tomadas de decisões por gestores da administração pública e especialistas. (SILVA, 2012).

5 METODOLOGIA

5.1 Método de Pesquisa

A metodologia adotada tem natureza aplicada, uma vez que o resultado tem potencial para ser empregado na solução de um problema real existente. A pesquisa se caracteriza como exploratória, com objetivo de investigar os fatores que permeiam a integração entre uso do solo e transportes para o desenvolvimento sustentável das cidades. A pesquisa exploratória está embasada na sistematização, ordenação e interpretação dos dados que caracterizam o tema de estudo (GERHARTDT, 2009; LAKATOS, MARCONI, 2011).

Optou-se por utilizar a Análise Multicritério de Apoio a Decisão, uma vez que o trabalho descreve contextos complexos que envolve diversos fatores no processo decisório. A metodologia consiste na estruturação do problema para a tomada de decisão, ainda permite que a decisão final seja analisada por um conjunto de decisores. O processo de decisão foi estruturado baseado no método do Processo Hierárquico Analítico (AHP), que possibilitou a contribuição de diversos agentes, cada um com seu juízo de valor. O método AHP foi adotado uma vez que possibilita o julgamento de cada decisor e a análise simultânea de dados qualitativos. O estudo de caso foi empregado com o intuito de realizar aplicação prática do modelo desenvolvido e a análise dos resultados (COMINO *et. al.*, 2014; SARTORI *et. al.*, 2014; ROMANO *et. al.*, 2015).

5.2 Etapas de Trabalho

A pesquisa foi adaptada as etapas de um processo de tomada de decisão e de avaliação multicritério, esquematizadas no fluxograma apresentado na Figura 5 - Fluxograma das etapas da pesquisa

A etapa 1 iniciou-se com o referencial teórico, que abordou os principais temas para entendimento do problema de pesquisa. Na sequência foram selecionados os critérios que descrevem características relacionadas ao planejamento sustentável do uso do solo integrado aos transportes baseados no DOTS. Uma vez definidos, os critérios foram estruturados de maneira hierárquica em grupos pertencentes a uma mesma área de abrangência.

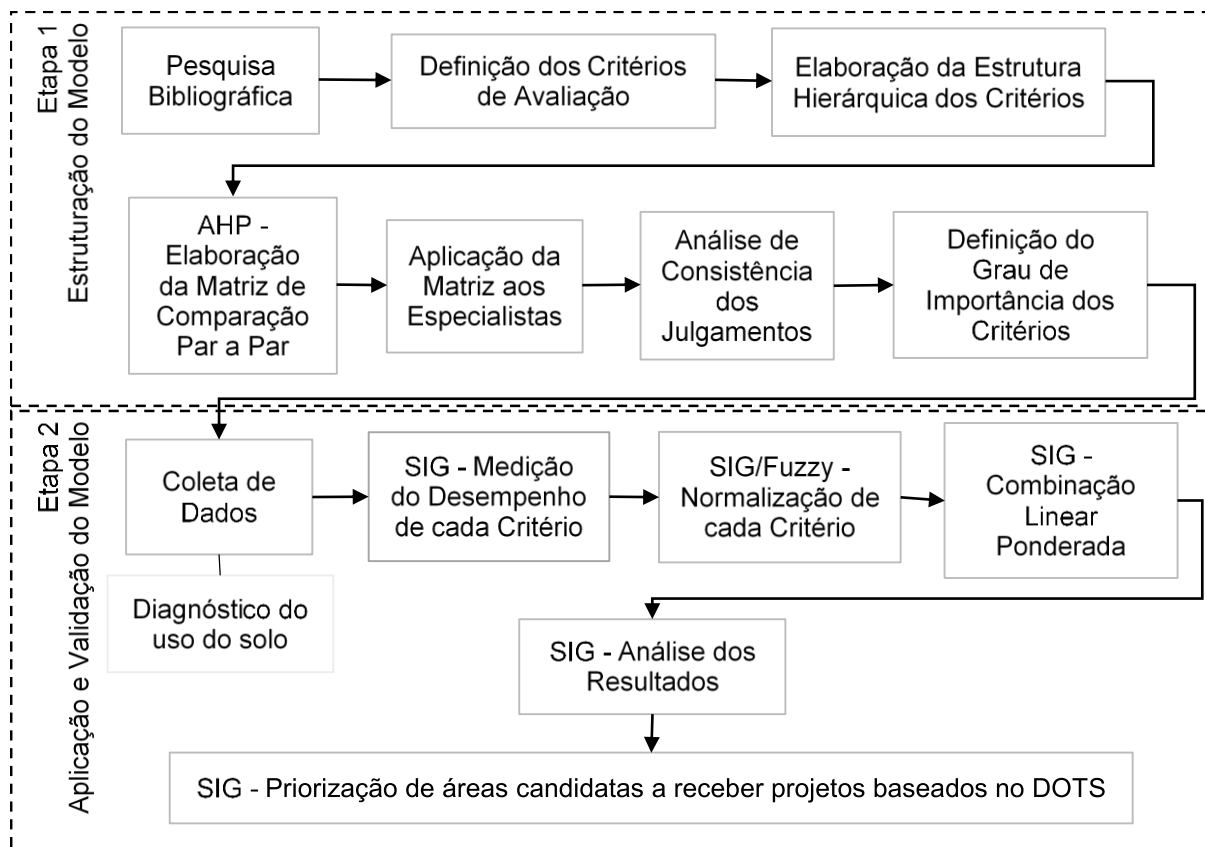


Figura 5 - Fluxograma das etapas da pesquisa

Para finalizar a etapa 1 foram desenvolvidas Matrizes de Comparação Par a Par (Método AHP) e aplicadas a um grupo de avaliadores (especialistas) para que os mesmos participassem com seus julgamentos. As planilhas foram então, encaminhadas eletronicamente a onze especialistas da área. O quadro de avaliadores contou com pesquisadores da UNIFEI e gestores do município, no qual participaram profissionais da Secretaria de Planejamento Urbano, Secretaria de Meio Ambiente, Departamento de Trânsito e Câmara de Vereadores. Os especialistas definiram o grau de importância e prioridades de cada critério no modelo de decisão, o que possibilitou o cálculo dos pesos para cada critério.

Na etapa 2 o modelo foi aplicado no estudo do entorno do Rio Sapucaí em Itajubá – MG. Inicialmente foi realizada a coleta de dados, que contou com o diagnóstico do uso do solo e com levantamento de todos os dados (Tabela 4). Um banco de dados georreferenciados foi criado no SIG, que possibilitou as análises espaciais, com análise de desempenho dos critérios por meio de mapas temáticos, seguido da combinação dos vários mapas (Combinação Linear Ponderada), considerando os pesos identificados na etapa anterior. A etapa 2 foi finalizada com a análise dos resultados para priorizar áreas aptas a receber projetos de acordo com os critérios analisados.

5.3 Procedimentos de Coleta e Análise dos Dados

Os procedimentos técnicos aplicados na pesquisa foram pesquisa documental, observação e coleta em campo, processamento e análises dos dados. A análise de documentos constitui uma técnica importante, pois incorpora ao referencial teórico citações de estudos bibliográficos referente aos conceitos mais relevantes e conclusões relatadas anteriormente. A pesquisa bibliográfica teve como principais fontes consultadas livros, artigos científicos e publicações em periódicos renomados. Dessa maneira, os resultados apresentados nesse trabalho podem complementar aqueles encontrados na literatura e então contribuir para o desenvolvimento da ciência (LAKATOS, MARCONI, 2011; GRAY, 2012). A coleta dos dados exigiu uma busca ampla por informações diversificadas para medição de cada critério proposto no modelo de decisão. Os dados utilizados neste trabalho são detalhados na Tabela 4.

Tabela 4 – Descrição do levantamento de dados

DADO	FONTE	DATA	SCG²	FORMATO
Classes de Uso e Ocupação do Solo	Fotografia Aérea de Itajubá WoldView Resolução: 0,5m	2011	SIRGAS 2000	Raster
Declividade	Imagem USGS: NASA/METI Resolução: 30m	2016	WGS 1984	Raster
Áreas de Inundação	Serviços Geológicos do Brasil: Áreas de Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes	2014	*	Impresso
Acidentes Viários	56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais	2016	WGS 1984	Shapefile
Crimes	56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais	2016	WGS 1984	Shapefile
Setores Demográficos	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	2010	SIRGAS 2000	Shapefile
Pontos de ônibus	Grupo de Pesquisa LOGTRANS - UNIFEI	2015	WGS1984	Shapefile
Sistema Viário	Grupo de Pesquisa LOGTRANS - UNIFEI	2015	WGS1984	Shapefile
Zoneamento	Prefeitura Municipal de Itajubá	2003	*	DXF
Localização das Indústrias	Associação Comercial, Industrial e Empresarial de Itajubá	2017	*	Online

² Sistema de Coordenadas Geográfica

A observação e coleta em campo formam uma importante base para o processo de investigação dos fatos e fenômenos que ocorrem espontaneamente no objeto de estudo. Essa aproximação do pesquisador serviu para constatar e registrar as variáveis consideradas relevantes para analisar e explicar os resultados encontrados (GERHARTDT, 2009; PRODANOV, 2013).

O processamento e análise dos dados foram realizados no Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a gestão, análise e apresentação das informações coletadas. Neste trabalho as análises espaciais foram geradas no software de geoprocessamento ArcGIS 10.4.1 que possibilitou investigar e decompor o problema de pesquisa para análise das áreas prioritárias a receber projetos integrados de revitalização e mobilidade urbana.

O trabalho também utiliza a abordagem de funções *Fuzzy*, necessárias para a normalização dos valores dos desempenhos dos diversos critérios. As funções *Fuzzy* possibilitam converter valores numéricos e linguísticos em uma escala única normalizada e comparável. Neste trabalho adotou-se a escala normalizada com valores variando entre 0 e 1. A união dessas técnicas contribuiu efetivamente para o processo de decisão final.

5.4 OBJETO DE ESTUDO

5.4.1 Itajubá e o Rio Sapucaí

O trabalho foi realizado no município de Itajubá- MG no entorno do Rio Sapucaí, situado no sul de Minas Gerais, conforme apresentado na Figura 6.

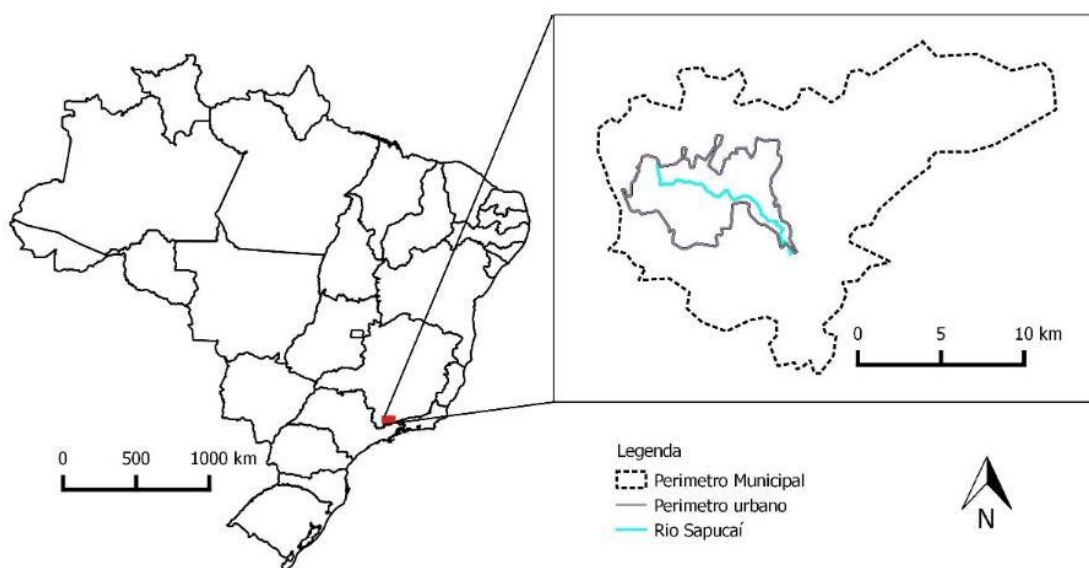


Figura 6 - Mapa de localização da região do município de Itajubá-MG

O município encontra-se na Serra da Mantiqueira, onde atinge a altitude de 1746 metros no seu ponto mais alto e de 830 metros no ponto mais baixo. Sua área urbana encontra-se na altitude média de 842 metros, com 294,83 km² de extensão, sendo 86% (254,03 km²) de área rural e 14% (40,80 km²) de área urbanizada. A população em 2010 foi calculada em 90.658 habitantes, numa taxa anual de crescimento de 1,26% habitantes por ano (IBGE, 2010).

Assim como em diversos municípios, o histórico da ocupação em Itajubá iniciou-se às margens dos rios, principalmente em razão da topografia local que, segundo IBGE (2010), ela é caracterizada como ondulada montanhosa: 10% plana, 12% ondulada e 78% montanhoso. Contudo, o município é favorecido em relação à sua localização devido à sua posição em relação as grandes capitais da região Sudeste: Belo Horizonte (445Km), São Paulo (261Km), Rio de Janeiro (318Km). Possui como vizinhos limítrofes os municípios de Delfim Moreira, Maria da Fé, Piranguçu, Piranguinho, São José do Alegre e Wenceslau Brás.

A história da fundação de Itajubá é diferenciada das demais cidades das regiões vizinhas, pois não está relacionada a nenhum bandeirante ou a fixação de sesmeiros em suas terras. A fundação se deu com a viagem do Padre Lourenço da Costa, vindo do povoado vizinho navegando pelo Rio Sapucaí. Na época da descoberta, encontravam-se instalados os índios Puri-Coroados, grupo étnico formado pela miscigenação de duas grandes tribos autóctones, a nação Puris e a nação Coroados, até o início do século XIX (PINHEIRO, 2005).

Portanto a partir de então fundamenta-se a expansão da cidade no entorno do Rio Sapucaí, aproveitando a planície do entorno para consolidar o desenvolvimento do município, como pode ser observado na Figura 7. Porém as constatações, mais recentes, mostram o potencial de geração de cheias da bacia do Rio Sapucaí, evidenciando a vulnerabilidade da localização de Itajubá.

As cheias do período 1872-1929 apresentam algumas informações – nessa época, já existia o Jornal “O Itajubá” – e algumas fotografias. Houveram ainda outras cheias nos anos de 1935, 1940, 1945 e 1957 que apresentam vários relatos fotográficos, e serviram como base para o início dos estudos sobre o tema (PINHEIRO, 2005).

O Rio Sapucaí tem sua nascente localizada na Serra da Mantiqueira, no município de Campos de Jordão – SP, a aproximadamente 1.700m de altitude, e desagua no Rio Grande (Lago de Furnas), a aproximadamente 780m de altitude, na margem esquerda, no município de Paraguaçu – MG, o Sapucaí é o principal rio da região. Considerado um Rio Federal, pois atravessa dois estados: São Paulo (34 km) e Minas Gerais (309 km) (BARBOSA *et al*, 2000).



Figura 7 - Rio Sapucaí dentro dos limites do município de Itajubá – MG
Fonte: Prefeitura Municipal de Itajubá (2003)

Com a finalidade de estabelecer as relações que mediam a urbanização e os impactos gerados por ela foi realizado um levantamento das principais leis vigentes no município, apresentadas na Quadro 4, para analisar as relações e entender os fatos.

Quadro 4 - Relação das Leis Municipais para áreas não edificantes	
LEI	DISPOSIÇÃO
Lei Municipal nº 1774/ 1991	Parcelamento do solo urbano
Lei Municipal nº 1988/1994	Zoneamento
Plano Diretor Lei Complementar 008/2003	Art. 44: AIU I - Área de Interesse Urbanístico I - Eixo do Sapucaí
	Art. 46: AIA I - Área de Interesse Ambiental I

De acordo com a Constituição Federal de 1988, estabelecer critérios para a manipulação do solo urbano é tarefa da legislação municipal de uso e ocupação do solo, em especial do Plano Diretor. O artigo 30, VIII, da Carta Magna, determina que compete aos Municípios promover,

no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (BRASIL, 1988).

Contudo, constatou-se que somente no início da década de 1990 foram promulgadas leis que caracterizam parcelamento e uso e ocupação do solo para o município de Itajubá. Destacam-se as leis municipais e as determinações de áreas não edificantes dos rios:

a) Lei nº 1774 - 1991 – dispõe sobre o parcelamento do solo urbano - O Art. 6 define como área não edificante as margens do Sapucaí a distância de 30 metros a partir da margem em ambos os lados.

b) Lei 1988/1994 – dispõe sobre zoneamento, regulamenta o uso do solo nas diversas zonas do perímetro urbano do Município de Itajubá - O Art. 17 define como área não edificante as margens do Sapucaí a distância de 15 metros caracterizado pela ZPA – Zona de Proteção Ambiental.

c) Lei Complementar 008/2003 (Plano Diretor) – O Art. 44 caracteriza o Eixo do Sapucaí que refere as áreas destinadas à reurbanização das faixas ao longo do Rio Sapucaí, prevendo a instalação de avenidas marginais e o reaproveitamento de áreas lindeiras, conciliando a presença dos usos diferenciados. Já no Art. 46 define como AIA I - Área de Interesse Ambiental I - as áreas destinadas a proteção das margens dos cursos d'água, sendo no perímetro urbano a distância de 50 metros no mínimo para o Rio Sapucaí e permitindo a distância de 15 metros para efeitos de desapropriação.

A promulgação da Lei nº10. 257/2001, conhecida como o Estatuto das Cidades, traz diretrizes e obrigatoriedades para o ordenamento das cidades. Uma delas é a implantação do Plano Diretor como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana em municípios com mais de 20 mil habitantes. Em Itajubá, o Plano Diretor foi criado em 2003, porém somente a partir de 2012, as diretrizes só começaram a ser concretizadas devido a exigências do Ministério Público. Dessa maneira se consolidou no município uma urbanização desordenada, principalmente as margens do eixo do Rio Sapucaí.

5.4.2 Delimitação da área de estudo

O objeto de estudo foi definido pela área delimitada por um buffer, de raio de 50m, a partir das margens do Rio Sapucaí, dentro do limite urbano do município de Itajubá-MG (Figura 8). A escolha da área de estudo se deu baseada na importância histórica de ocupação desordenada que se consolidou no entorno deste rio.

De acordo o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012) a delimitação da APP nas faixas marginais para o Rio Sapucaí é de 50 metros a partir da borda da calha do leito regular, admitindo que a largura média entre as bordas se enquadra na faixa de 10 a 50 metros. Entretanto as Leis Municipais (nº 1774/1991 e nº 1988/94) anteriores ao Código Florestal estabeleciam limites inferiores ao atual de 50 metros (respectivamente, 30 metros e 15 metros) para as áreas do entorno do rio dentro do perímetro urbano.

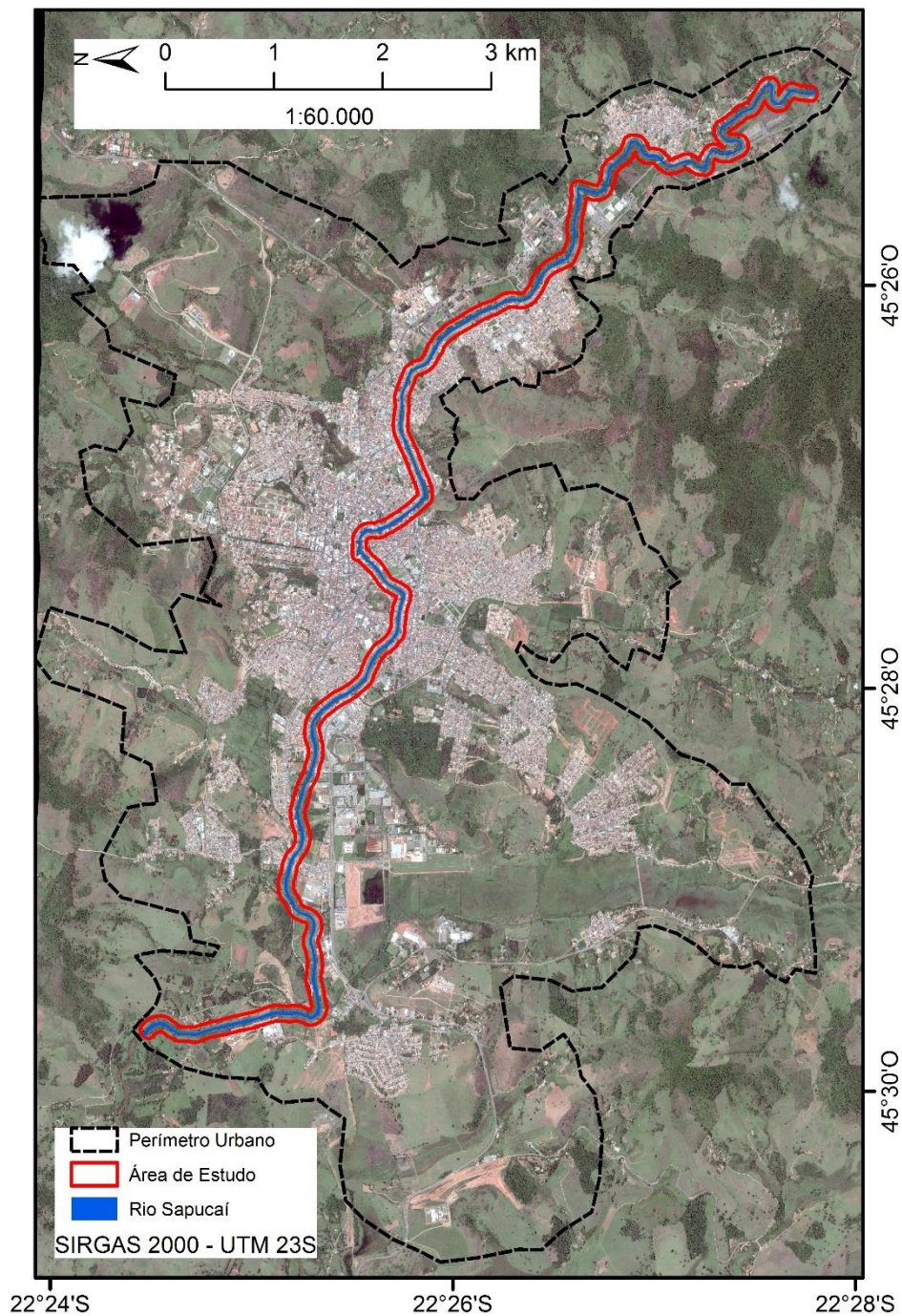


Figura 8 – Delimitação da Área de Estudo

6 MODELO DE PRIORIZAÇÃO

O sexto capítulo tem como finalidade apresentar as principais etapas de construção do modelo de decisão. A princípio são apresentados os métodos e as ferramentas utilizadas para elaboração da estrutura hierárquica dos critérios adotados no modelo de decisão. Para finalizar a estruturação do modelo é descrito o grau de importância de cada critério segundo os avaliadores.

6.1 Definição e Hierarquização dos Critérios

O processo de tomada de decisão deste trabalho consiste na comparação de diferentes áreas com a finalidade de priorizá-las de acordo com a aptidão do local para receber projetos integrados de revitalização e mobilidade urbana sustentável.

A realidade financeira muitas vezes conduz os gestores públicos a alocarem os recursos disponíveis para implementação apenas de parte de um grande projeto de transportes e mobilidade urbana. Esses projetos quando interligados conduzem a uma efetiva melhoria nas condições de mobilidade nos espaços urbanos.

A partir do estudo da literatura foram identificados, com base nos princípios do DOTS, os critérios que influenciam o planejamento sustentável do uso do solo integrado aos transportes. Na sequência foram selecionados os mais relevantes que caracterizam a avaliação das áreas candidatas para receber os projetos nas cidades de médio porte brasileiras. Os critérios estão descritos no Quadro 5.

O modelo foi estruturado visando as cidades de médio porte brasileira por se tratarem de regiões com potencial de expansão urbana e desenvolvimento econômico. Pois, as áreas urbanas constituem espaços que permitem a implantação de infraestrutura ou readequação dos espaços construídos. Porém, a estrutura do modelo permite a adaptação para estudos em municípios de portes maiores.

Quadro 5 – Descrição dos Critérios

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	MÉTRICA
Classes de Uso do Solo	Identifica o uso de áreas urbanas para as diversas atividades, tais como, trabalho, comércio, lazer, educação, religioso, cultura e esportes.	Comparação da diversidade de classes de uso do solo.

Continuação Quadro 5Quadro 5 – Descrição dos Critérios

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	MÉTRICA
Densidade Populacional	Considera a distribuição da população em uma determinada área.	População residente em uma determinada área.
Áreas Adensáveis	Áreas previstas na legislação onde futuramente serão áreas adensadas.	Delimitação das regiões denominadas "Zonas de Adensamento" indicadas no Plano Diretor.
Acesso ao Transporte Coletivo	Considera os transportes por ônibus urbano ou outros modos coletivos.	Cálculo das distâncias entre as áreas de estudo e pontos de ônibus.
Acesso ao Transporte Ativo	Considera os transportes não motorizados, como o modo a pé e por bicicleta.	Cálculo das distâncias entre áreas de estudo e os locais com calçadas.
Segurança Pública	Considera os locais inseguros, propícios à revitalização para redução da criminalidade.	Cálculo da incidência de pontos de crimes em um local.
Segurança Viária	Considera os acidentes de trânsito que envolvem pedestres e ciclistas.	Determinado pela recorrência de acidentes viários em um local.
Áreas alagáveis	Identifica as áreas propensas ao alagamento em épocas chuvosas.	Delimitação das áreas de maior incidência de alagamentos.
Áreas arborizadas	Identifica locais com arborização que promovem o conforto ambiental.	Delimitação das áreas com presença de árvores.
Declividade	Considera a inclinação do terreno em relação à horizontal, desta maneira quanto maior a inclinação, maior a declividade.	Cálculo da inclinação do terreno, em porcentagem.
Afastamento do Tráfego Intenso	Identifica quão distante se encontra o sistema viário com fluxo intenso de veículos automotores.	Cálculo das distâncias das vias de tráfego intenso até as áreas de estudo.
Afastamento das Indústrias	Identifica quão distante se encontram às indústrias poluidoras.	Cálculo das distâncias das indústrias até as áreas de estudo.

Na literatura não foi encontrado um consenso em relação a ordenação dos critérios considerados nos processos de decisão. Assim como, não há uma regra geral para estruturar a

hierarquia dos critérios nos modelos de decisão, permitindo ao decisor inserir ou eliminar elementos da maneira que julgar necessário de acordo com as prioridades requeridas no modelo.

O modelo de decisão envolveu múltiplos critérios, permitindo que a estrutura hierárquica fosse organizada em diferentes níveis de agregação, baseado no Processo Analítico Hierárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process), conforme é apresentado na Figura 9.

Os níveis na estrutura hierárquica reuniram os critérios de acordo com as suas áreas afins e incorporou dois diferentes grupos, denominados “Questões Sócio Territoriais” e “Questões Ambientais”. O primeiro agrupa os critérios que avaliam as relações da sociedade no território considerando fatores de “Uso do Solo”, “Transporte Sustentável” e “Segurança”. Enquanto que o segundo grupo avalia os impactos positivos e negativos que enfatizam o conforto ambiental, considerando as “Condições de Relevância” e “Qualidade do Ar e Ruído”.

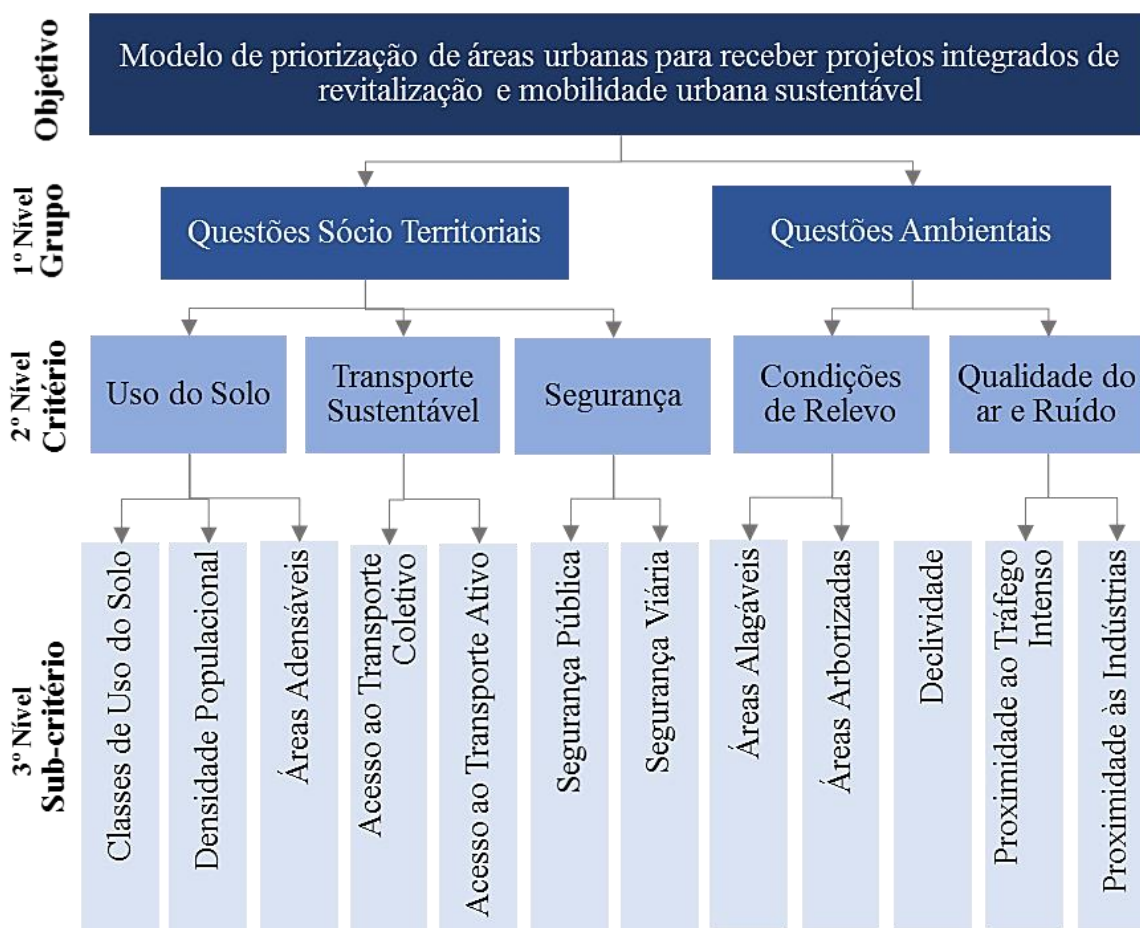


Figura 9 - Estrutura hierárquica do modelo de decisão

6.2 Grau de Importância dos Critérios

Para avaliar a importância relativa entre os critérios adotou-se o método de comparação par a par, baseado no AHP. As avaliações ocorreram por meio da matriz de comparação elaboradas em planilhas no Excel, exemplificado na

Figura 10 a matriz para o critério “Uso do Solo”. Os critérios de um mesmo nível foram avaliados visando o objetivo do modelo, a partir da escala de nove níveis de Saaty (1980), conforme apresentado no item 4.1. Seguindo o método AHP, os critérios são agrupados e avaliados dos níveis mais baixos na hierarquia até os níveis mais altos.

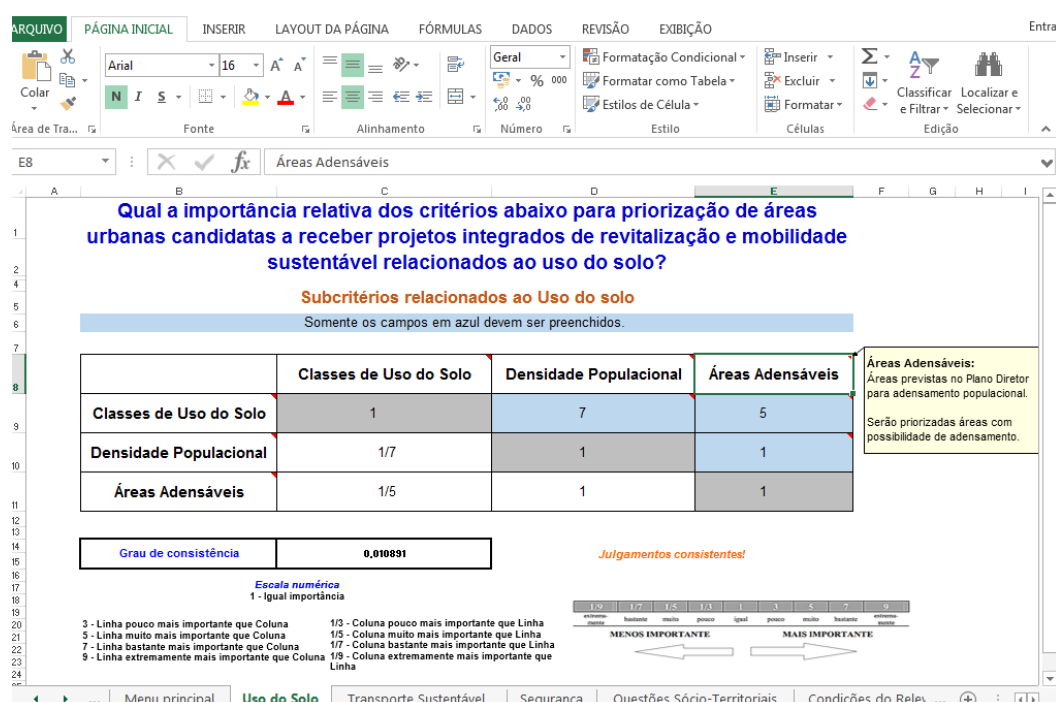


Figura 10 – Matriz de Comparação Par a Par

As planilhas abordavam tanto as matrizes quanto o aporte de informações e instruções para que fossem preenchidas corretamente. A análise de consistência é dada através do vetor de prioridades, explicado na literatura no Item 4.1. O cálculo do vetor prioridades estava inserido na planilha e o resultado era exibido automaticamente ao avaliador no final de cada julgamento, se o especialista avaliasse a matriz de forma coerente, era exibida a mensagem “Julgamentos Consistentes”, caso contrário “Revise seus Julgamentos”.

As Figura 11, Figura 12 e Figura 13 ilustram os valores atribuídos na comparação entre os pares dos onze especialistas para cada grupo de critérios. Observa-se que o fato dos avaliadores pertencerem a diferentes grupos de interesse, contribuiu na forma como cada um julgou os critérios, divergindo em alguns casos. Os resultados apresentados possibilitam

observar o comportamento individual dos especialistas. Foi constatado também que quanto maior o número de critérios analisados em uma única matriz, mais difícil se torna o consenso, assim como ocorre naturalmente em uma discussão entre um grupo de decisores.

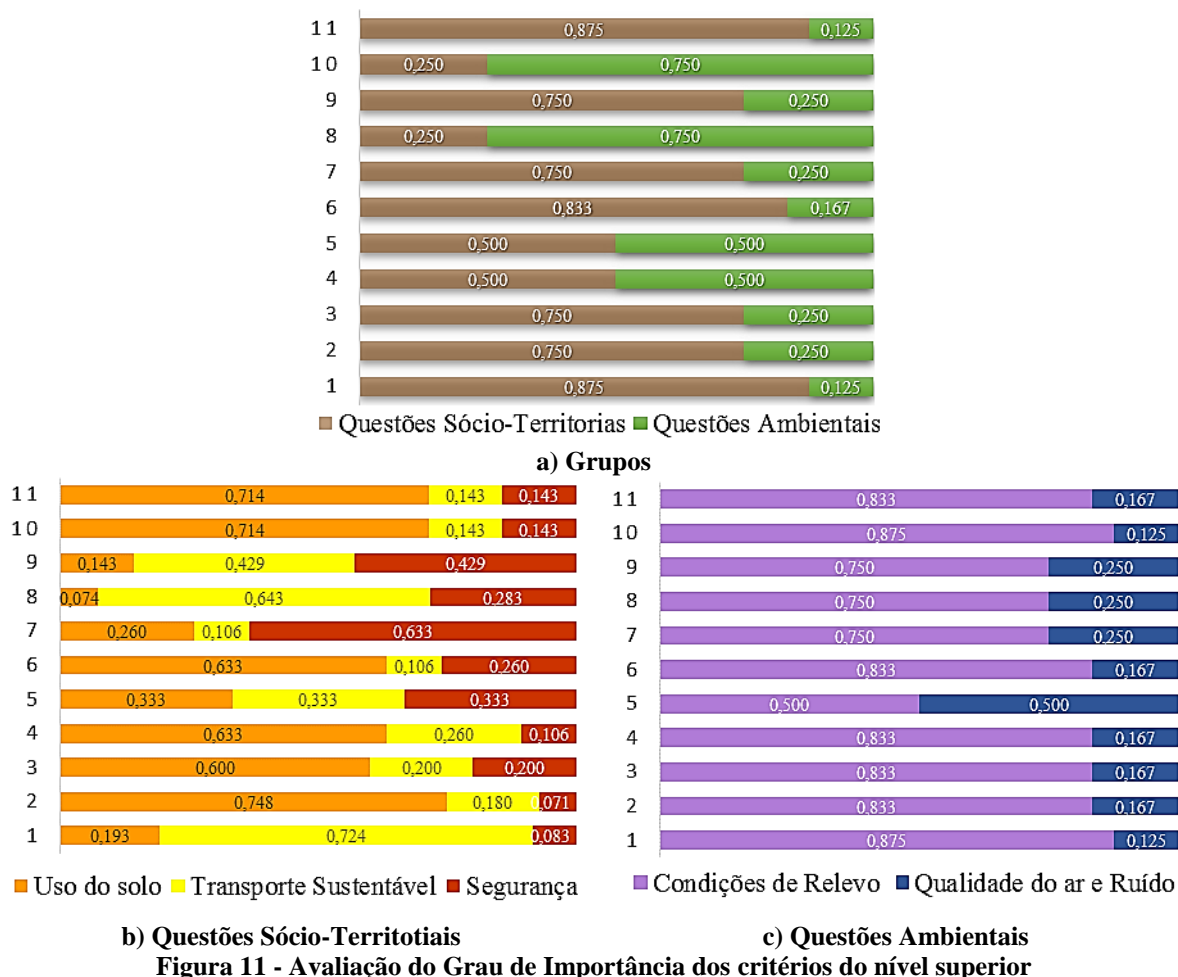


Figura 11 - Avaliação do Grau de Importância dos critérios do nível superior

A Figura 11a apresenta a comparação entre os critérios do 1º nível, em que a maioria (sete avaliadores) atribuiu maior relevância as “Questões Sócio Territoriais” quando comparadas as “Questões Ambientais”. Apenas dois avaliadores (5 e 4) atribuíram relevância igual aos dois critérios comparados.

Na Figura 11b observa-se que seis avaliadores consideraram o “Uso do Solo” mais relevante quando comparado aos outros dois critérios. Apenas um avaliador considerou que os três critérios possuem mesma relevância diante do objetivo do modelo. Para as “Questões Ambientais” (Figura 11c) a avaliação aproxima-se de um consenso, uma vez que a maioria dos avaliadores atribuíram a maior importância ao critério “Condições de Relevô” quando comparado a “Qualidade do ar e Ruído”, apenas um avaliador considerou de igual importância.

Na Figura 12 é apresentado o comparativo entre os critérios inseridos nas “Questões Sócio Territoriais”. Na Figura 12a é identificada a heterogeneidade de opiniões, em que

basicamente a metade dos avaliadores atribuíram maior importância as “Classes de Uso do Solo” e a outra parte conferiu maior relevância a “Densidade Populacional”. O mesmo ocorre na Figura 12b, em que basicamente um grupo de avaliadores priorizam o “Acesso ao Transporte Público” e o outro favorece o “Acesso ao Transporte Ativo”, tornando semelhante a importância relativa aos critérios. Entretanto, na Figura 12c observa-se uma maior convergência de opiniões entre os avaliadores, uma vez que atribuem valores semelhantes aos dois critérios.

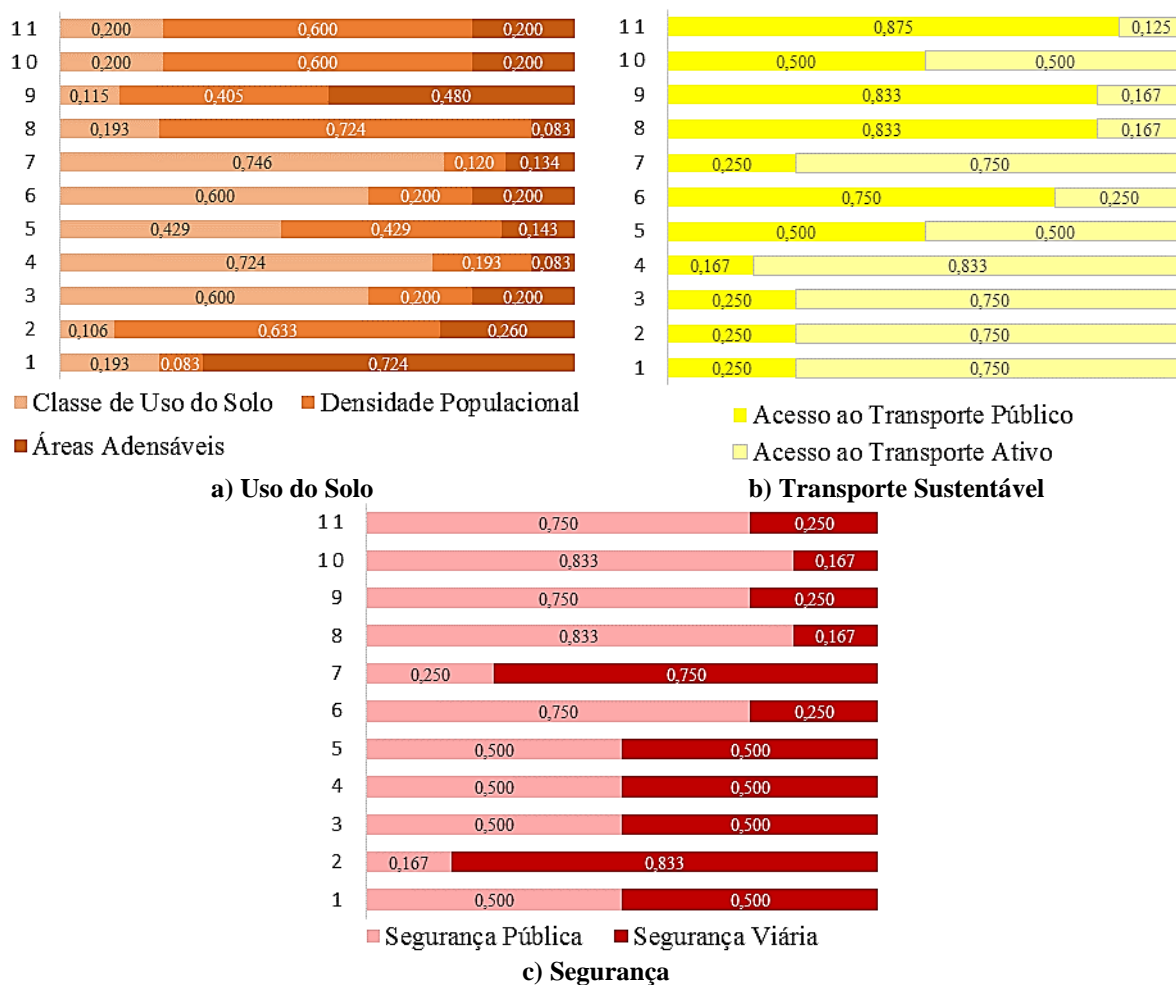
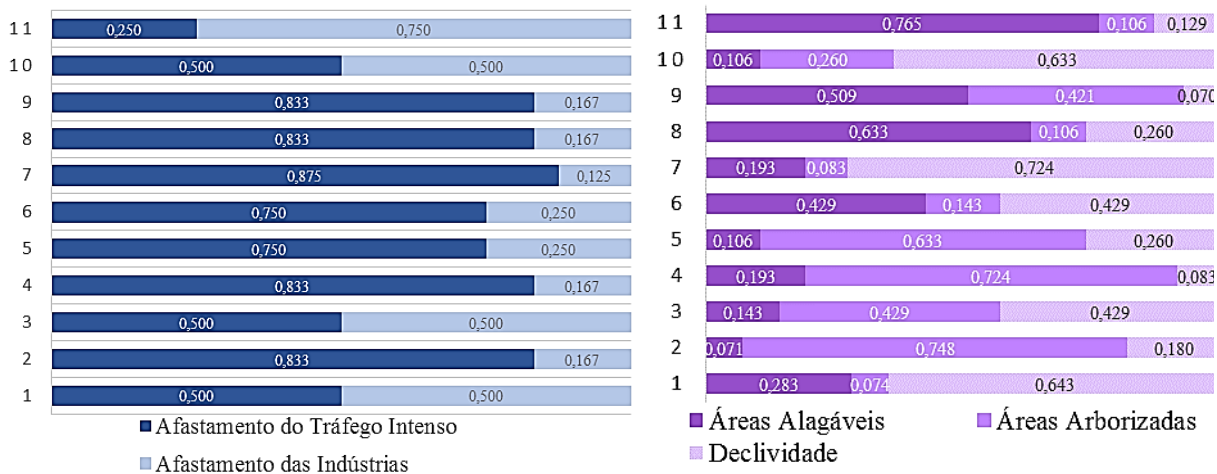


Figura 12 - Avaliação do Grau de Importância para as “Questões Sócio Territoriais”

Na Figura 13 é apresentado os julgamentos dos critérios inseridos às “Questões Ambientais”, observa-se na Figura 13a que o critério “Afastamento de Tráfego Intenso” recebe maior relevância pela maioria dos avaliadores. Contudo, Figura 13b novamente são identificados julgamentos diversificados, em que grupos de avaliadores priorizam critérios diferentes.



a) Qualidade do Ar e Ruído **b) Condições de Relevô**
Figura 13 – Avaliação do Grau de Importância para as “Questões Ambientais”

Então, constatou-se a diversidade de julgamentos entre os critérios decorrido das diferentes especialidades dos avaliadores. O peso de cada critério da hierarquia foi calculado com o método AHP utilizando as fórmulas descritas no item 4.1, empregando a média geométrica, aplicada nos casos em que a decisão é tomada em grupo. Por fim, depois de verificada a consistência dos julgamentos, foi possível reunir todas as avaliações individuais, calculando o peso médio de cada critério.

Na Figura 14 é apresentado o modelo de decisão hierarquizado e ponderado proposto como objetivo deste trabalho. Nota-se que entre os critérios do nível mais alto da hierarquia as “Questões Sócio Territoriais” obtiveram maior peso (0,668) em relação as “Questões Ambientais” (0,332). Os avaliadores consideraram que os critérios “Uso do Solo”, “Transporte Sustentável” e “Segurança” melhor evidenciam os locais prioritários a receber projetos integrados de revitalização e mobilidade. Entre esses critérios, o “Uso do Solo” recebeu peso consideravelmente maior, considerando que a densidade populacional e as atividades exercidas no ambiente urbano influenciam diretamente a prioridade das áreas para implantação dos projetos.

Dentre os critérios das “Questões Ambientais” aquele que recebeu maior peso (0,800) foi “Condições de Relevô” em relação a “Qualidade do Ar e Ruído” (0,200). Os avaliadores acreditam que o conforto ambiental proporcionado pela declividade e áreas arborizadas, possam ter maior interferência na opção dos usuários pelos modos ativos de transportes. Desta maneira os critérios são ponderados em concordância aos princípios abordados no DOTS.

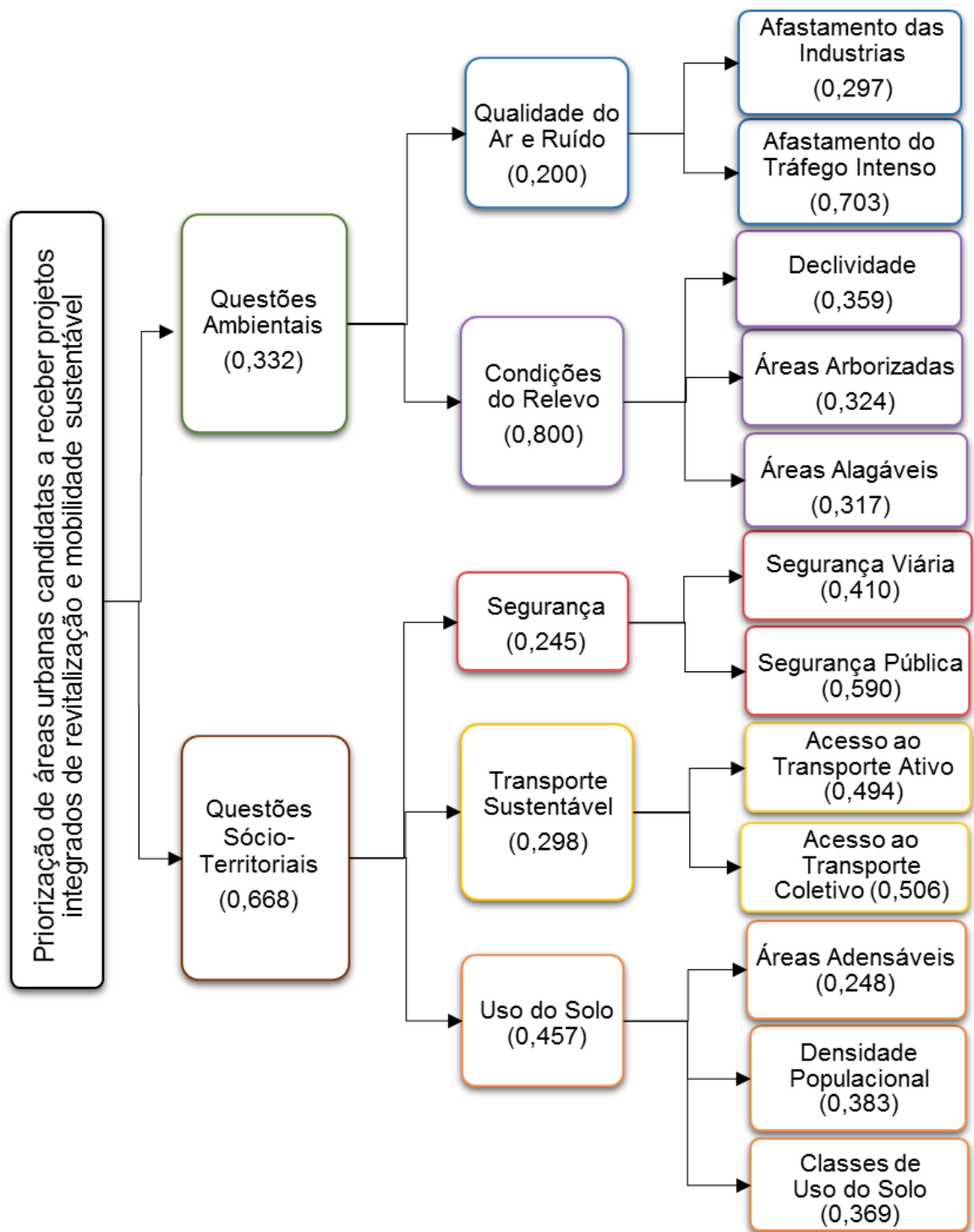


Figura 14 – Modelo de Priorização

7 APLICAÇÃO DO MODELO

No sétimo capítulo é apresentado a aplicação do modelo desenvolvido anteriormente. Primeiramente é descrito toda a coleta de dados para medição do desempenho de cada critério. Em seguida é caracterizado o processo de agrupamento dos critérios no SIG para geração do Índice Global de Priorização, que serviu para análise dos resultados.

7.1 ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS CRITÉRIOS

7.1.1 “Classes de uso do solo”

O critério “Classes de uso do solo” identifica as diferentes atividades desempenhadas pela população no espaço urbano. Tais atividades podem ser moradia, trabalho, comércio, lazer, educação, religioso, cultura, esportes, entre outras.

Essas diferentes classes de uso do solo, quando estão afastadas uma das outras, é necessário percorrer longas distancias para realizar as atividades rotineiras. Para minimizar esse problema, um dos princípios do DOTS defende a redução das distâncias entre as atividades intensificando o uso misto do solo em uma mesma região. Ou seja, misturar as diferentes classes de uso do solo para evitar áreas de uso restrito e único, por exemplo bairros exclusivamente residenciais.

Para análise do critério verificou-se a necessidade em realizar o diagnóstico das classes de uso do solo na área de estudo, uma vez que as fontes de pesquisa de não dispõe dos dados detalhados de uso e ocupação do solo. O diagnóstico contou com o levantamento jurídico para definição das classes de uso do solo presentes na área de estudo.

Diante do conjunto de normas legais vigentes no período de estudo, as quais afetam o uso e a ocupação do solo do município de Itajubá, foi elaborada uma classificação do uso do solo própria para diagnosticar a área de estudo. As classes foram definidas com base no Plano Diretor de 2003, disponibilizado online pela Prefeitura Municipal de Itajubá.

Neste trabalho são analisadas nove classes de uso do solo: (i) Residencial, (ii) Comércio e serviços, (iii) Industrial, (iv) Misto, (v) Institucional, (vi) Áreas Verdes, (vii) Lotes Vagos e (viii) Sistema Viário e (ix) Serviços especiais. No Quadro 6 as classes de uso e ocupação do solo estão descritas e ilustradas.

Quadro 6 - Classes de uso do solo definidas para esse estudo

NOME	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
Residencial	Construções exclusivas para moradia	
Institucional	Instalações ou espaços destinados a receber público	
	<p>Institucional Local: administração pública, escolas, creches, universidades, postos de saúde, espaços culturais, religiosos lazer e segurança pública (exceto aquelas previstas como serviços especiais)</p>	
	<p>Institucional Geral: aqueles que não compreendem o uso local, porém recebem público (exceto aquelas previstas como serviços especiais)</p>	
Comércio e Serviços	Construções ou áreas que exclusivamente são instalações de atendimento que se destinam ao comércio e prestação de serviços	
Industrial	Construções ou áreas com instalações que tenham qualquer tipo de processo produtivo em massa	

Continuação Quadro 6 - Classes de uso do solo definidas para esse estudo

<p>Misto</p>	<p>Construções que abrangem em um mesmo imóvel duas ou mais classes aqui descritas</p>	
<p>Sistema Viário</p>	<p>Traçado que engloba eixo viário e calçadas</p>	
<p>Área Verde</p>	<p>Áreas ainda conservadas ou reflorestadas, locais arborizados</p>	
<p>Lote Vago</p>	<p>Áreas ainda não edificadas, desertificadas ou com vegetação rasteira</p>	
<p>Serviços Especiais</p>	<p>Serviços causadores de impactos ao meio ambiente urbano, sendo passível de licenciamento de operação e implantação aprovada pelos órgãos competentes</p>	

Fonte: Adaptado pelo autor do Plano Diretor de Itajubá- MG (2003) e Imagens do Google Street View (2014)

De acordo com os Mapas de Zoneamento do Plano Diretor (2003), a área de estudo, encontra-se na “AIA I – Área de Interesse Urbanístico do Eixo do Sapucaí”. As diretrizes previstas para o uso e ocupação do solo desse tipo de zoneamento estão descritas no Anexo I.II (Adaptada no Quadro7).

Quadro 7 - Zoneamento e uso e ocupação do solo admitidos

	Residencial	Comércio e serviço	Institucional		Industrial	Misto
			Local	Geral		
AIU I	Admite o uso	Admite o uso	Admite o uso	Não Admite	Não Admite	Admite o uso

Fonte: Adaptado do Plano Diretor do município de Itajubá – MG

Assim, do Quadro 7 é possível notar que apenas o uso industrial e institucional geral não são admitidos pelo Plano Diretor (2003), sendo os demais usos do solo descritos sujeitos à aprovação de projetos, desde que obedecidos todos os parâmetros urbanísticos para tal uso.

Então, definidas as classes de uso do solo e o zoneamento pertinente, foi iniciado a delimitação de polígonos para cada uso e ocupação dentro da região estudada, com auxílio do software de geoprocessamento ArcGIS 10.4.1. O uso do SIG representa uma importante ferramenta para o planejamento e tomadas de decisões, pois permite análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar um banco de dados georeferenciado.

Para delimitação dos polígonos foi utilizado a imagem base obtida pelo satélite World View 2, modo cor natural (RGB + PAN), com 50cm de resolução espacial, projeção UTM e Datum WGS84, adquirida em 24/11/2011. Nesse estudo o perímetro urbano adotado foi definido pelo Plano Diretor (2003).

Com o auxílio do Google Earth e Google Street View, provedores de imagens espaciais da região estudada, aliados as visitas em campo foi possível diagnosticar a situação recente das áreas do entorno do rio. Utilizando todos esses recursos foram elaborados mapas temáticos de uso e ocupação do solo por meio de interpretação visual e observações em campo.

Os resultados do diagnóstico do uso do solo estão apresentados nos mapas temáticos de regiões, nomeadas de A a E. A localização de cada uma das cinco regiões encontra-se no canto superior direito dos mapas. A divisão da área de estudo nessas regiões foi necessária apenas para a visualização dos detalhes do diagnóstico no mapa.

A região A (Figura 15) trata-se de uma área pouco adensada, localizada à jusante do Rio Sapucaí. Na região foi observado o predomínio da classe “Área Verde” e foram verificadas a

presença de três indústrias, como de usinagem, madeireira e frigorífico. Essa região encontra-se próxima ao zoneamento denominado de “Zona de Empreendimento de impacto”, o que justifica a instalação dessas indústrias num período anterior as diretrizes do Plano Diretor (2003).

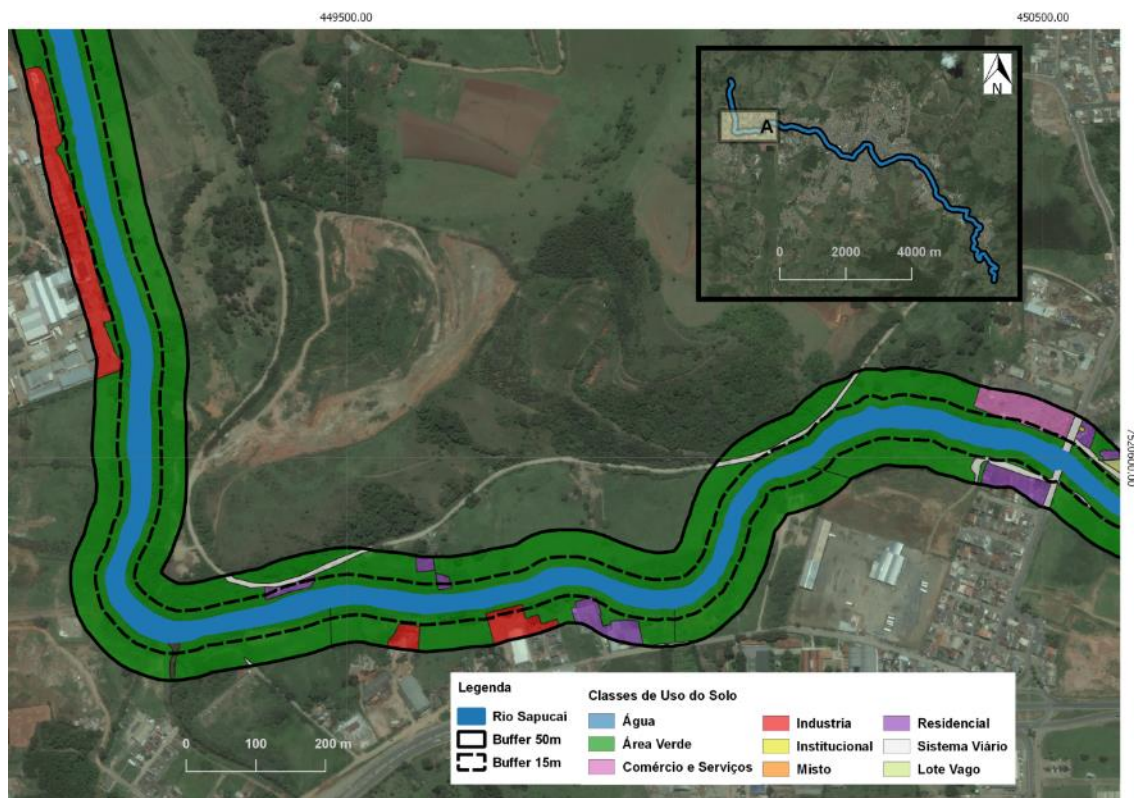


Figura 15 - Classificação do Uso do Solo da Região A

Na região B (Figura 16) foram encontrados o uso “Residencial”, porém houve predomínio de “Comércio e Serviços” nas margens próximas à BR 459, Av. Tancredo de Almeida Neves, importante Rodovia Federal que atravessa o município. Essa região tem grande fluxo de veículos e se torna atrativa ao comércio e a prestação de serviços de diversos produtos.

Na região C (Figura 17) foi observado a maior diversidade de tipos de uso do solo, em coerência entre o que é permitido no Plano Diretor e o histórico de adensamento do meio urbano, permitindo assim o acesso da população aos serviços necessários no cotidiano, como comércio em geral e serviços institucionais.

Foi ressaltado ainda que em razão do adensamento da área central junto a porcentagem ampla de residências, comércio e serviços nas áreas do entorno ao Rio Sapucaí, torna-se pertinente os estudos para elaboração de projetos de revitalização das margens, como parques arborizados e incentivo a mobilidade sustentável (ciclovias e calçadas amplas).

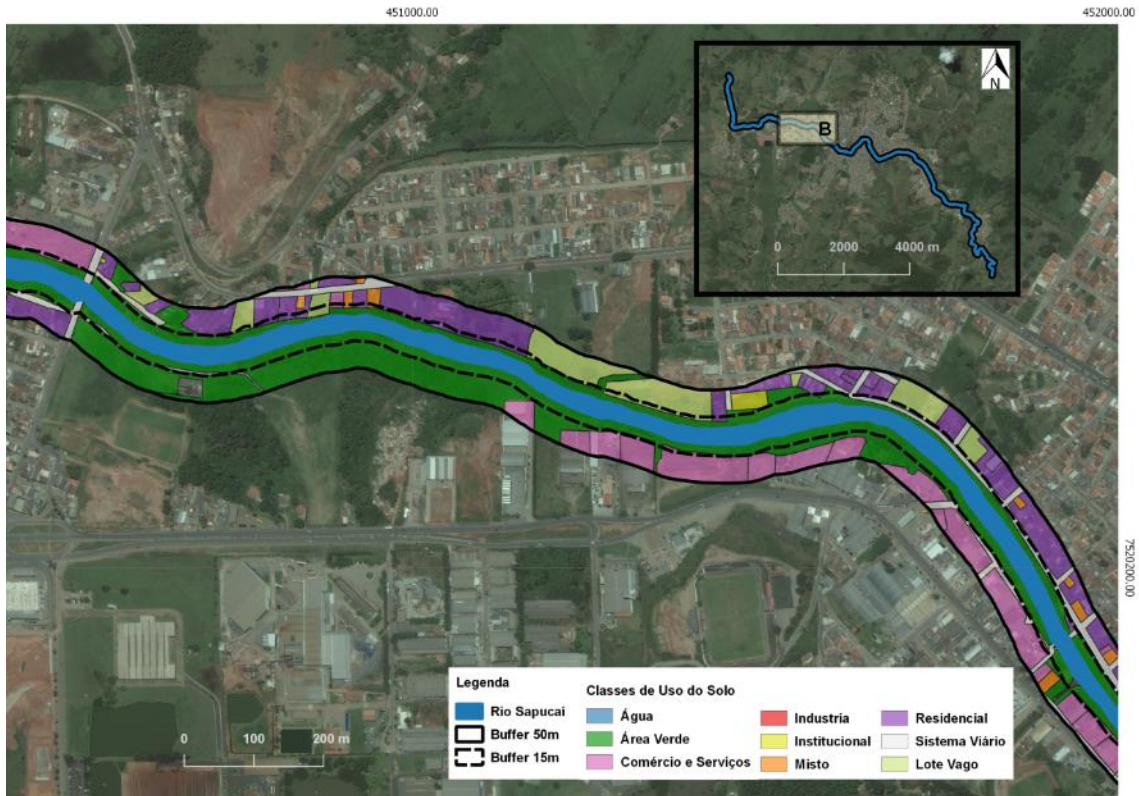


Figura 16 – Classificação do Uso do Solo da Região B

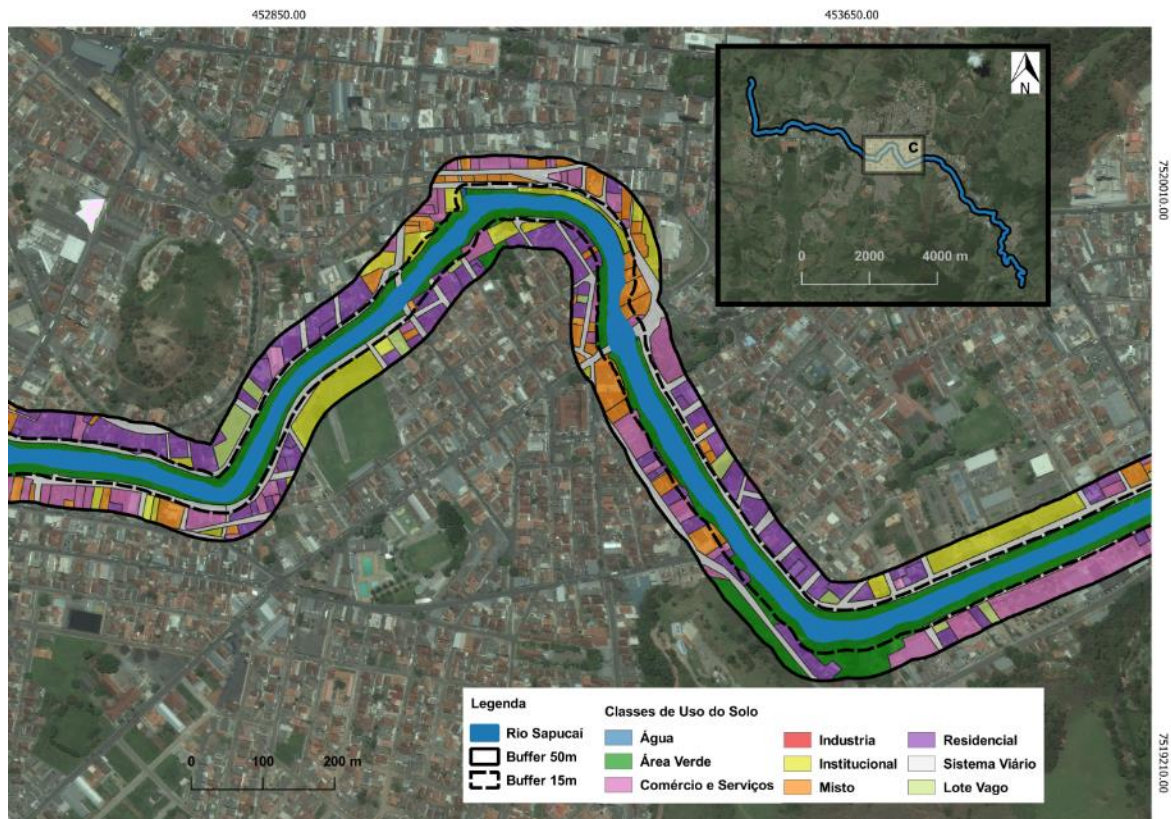


Figura 17 – Classificação do Uso do Solo da Região C

Também é de grande valia a reestruturação do sistema viário existente nas margens do Rio na área central, visto o grande fluxo de veículos em horários de pico, pois auxiliaria no escoamento de veículos e possibilitaria a melhora da infraestrutura para o transporte ativo, um meio extremamente comum na cidade o qual não possui sua demanda suprida por falta de incentivo e investimentos do governo local.

Os espaços religiosos foram classificados como uso institucional, por se tratar de instalações a qual recebem público. Porém devido a falta de informações no Plano Diretor (Art. 52, inc. IV) não é possível classificá-los como de uso institucional local ou geral, embora os espaços religiosos representem 50,26% do total inserido no uso institucional.

Na região D (Figura 18) foi destacada a presença do uso “Institucional” na margem esquerda do Rio Sapucaí, por se tratar das instalações do 4º Batalhão de Engenharia de Combate de Itajubá, conhecido por Batalhão Pontoneiros da Mantiqueira.

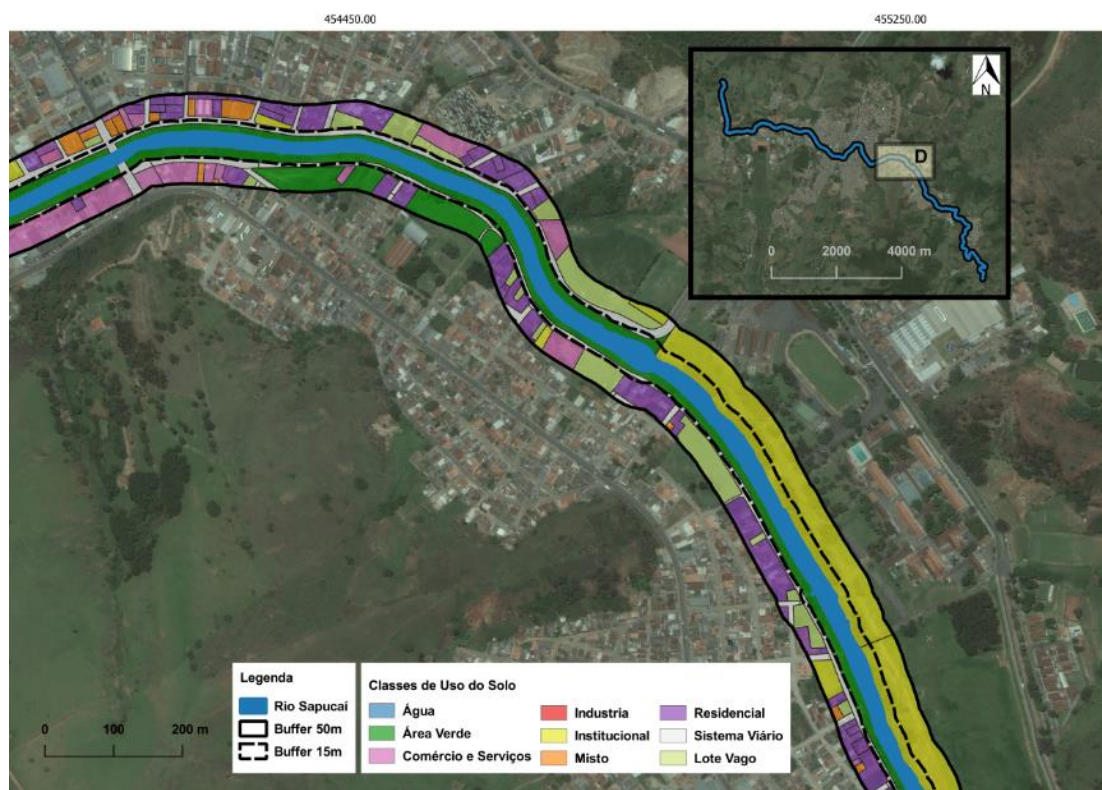


Figura 18 – Classificação do Uso do Solo da Região D

Na região E (Figura 19) e região F (Figura 20) foram observados uma homogeneidade de adensamento e a presença de grande área arborizada, sendo que são regiões em processo de expansão urbana. Estão caracterizadas próximas as Zonas de Adensamento do município e requerem planejamento efetivo para consolidar a urbanização de forma sustentável.

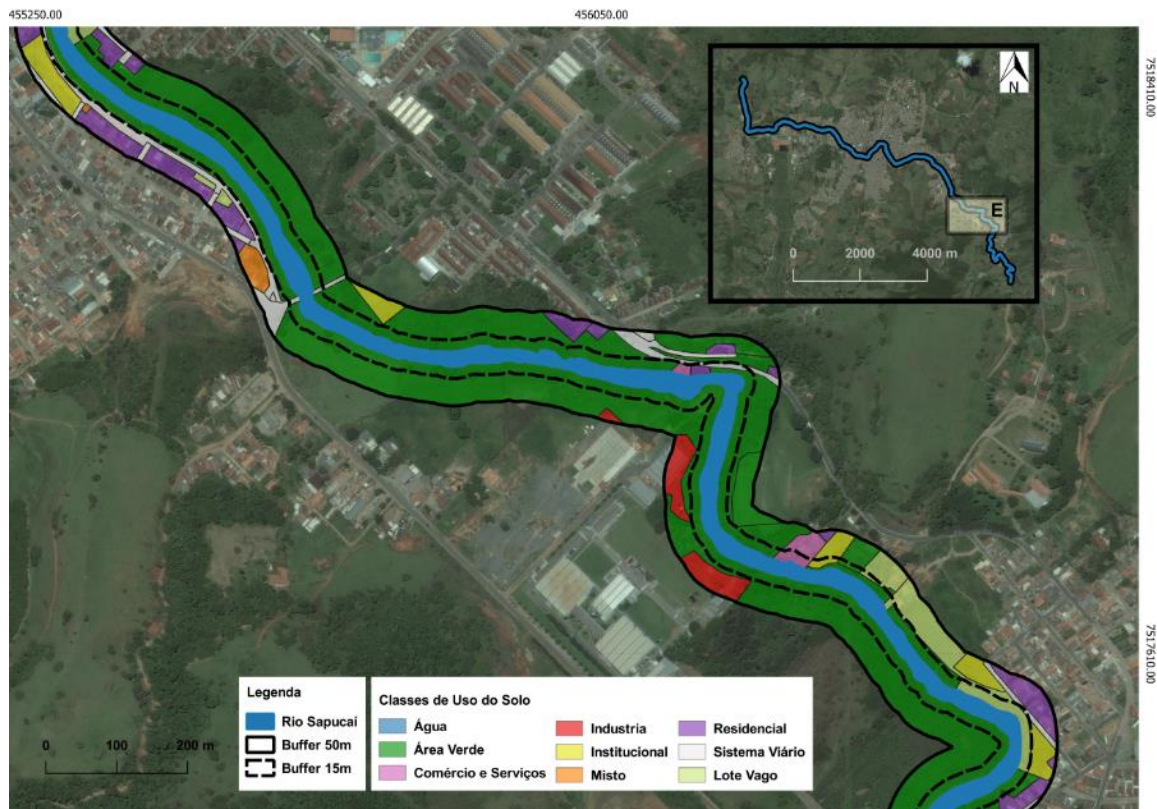


Figura 19 – Classificação do Uso do Solo da Região E

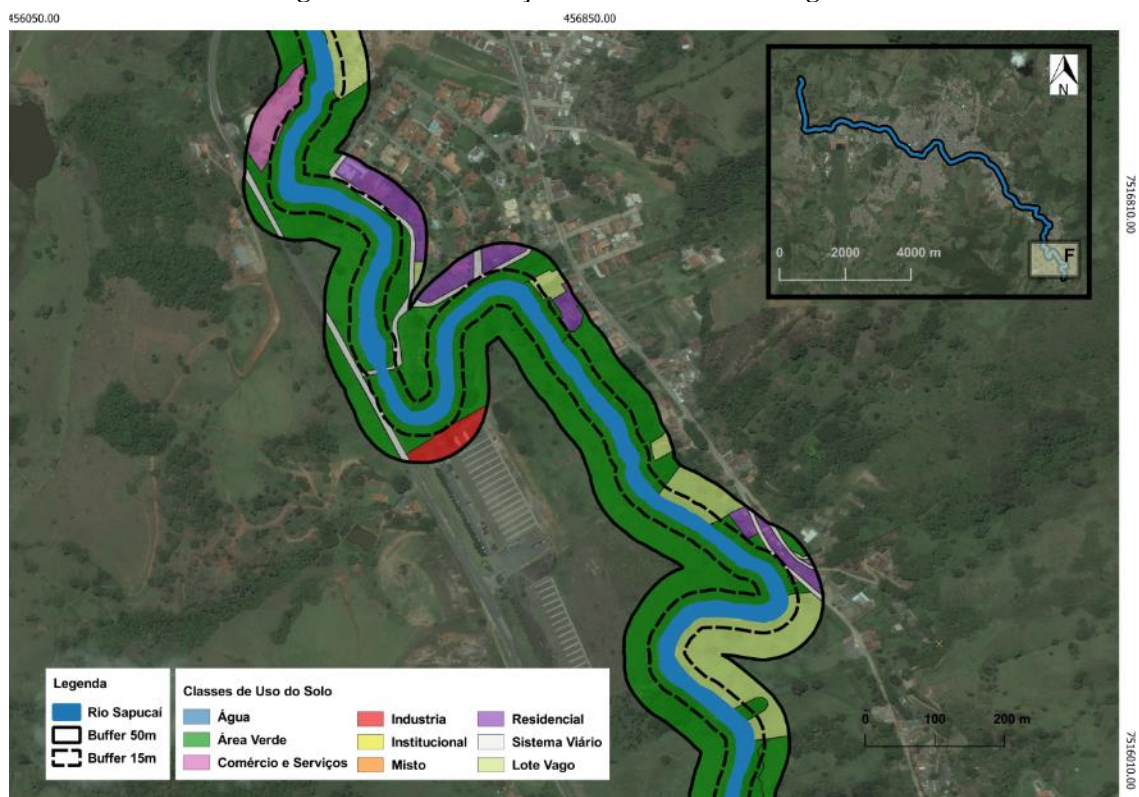


Figura 20 - Classificação do Uso do Solo da Região F

No gráfico apresentado na Figura 21 foi caracterizado o panorama das porcentagens e os valores em área para cada classe de uso do solo em toda a área de estudo definida anteriormente. O uso residencial apresenta-se com mais expressividade em toda área estudada, em coerência a admissibilidade do uso permitido pelo Plano Diretor (2003). Os usos institucional geral, industrial e serviços especiais apresentam juntas representatividade insignificante 6,96% da área total, quando comparados aos demais usos do solo. Porém há de se considerar que as instalações classificadas dentro desses usos foram admitidas em épocas anteriores como a Lei Municipal nº 1988/1994, o qual permitia nas vias marginais do Rio Sapucaí a ocupação de residências uni e multifamiliares, comércio, serviços, institucional e industrial categoria I (pequenas indústrias que não causam danos, incômodos, nem representem perigos à população e ao meio ambiente)

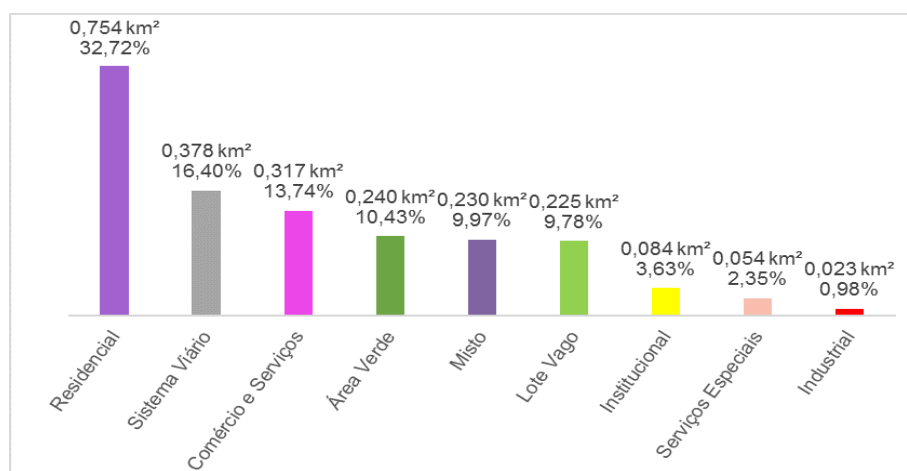


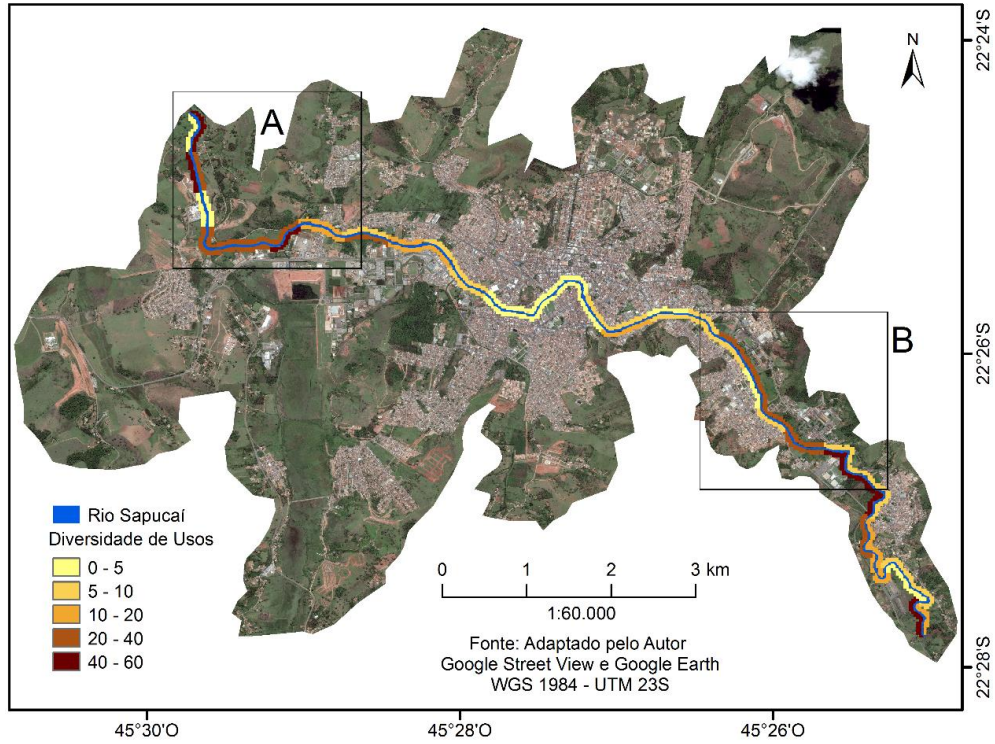
Figura 21 - Quantitativo de área (km² e porcentagem) dos diversos usos do solo

O Plano Diretor (2003) reafirma a importância do planejamento sustentável no Art. 44, inc. I, determinando a área do entorno como elemento articulador de transformações para melhoria e ampliação dos espaços públicos de qualidade, a fim de integrar a população, proporcionando segurança e aumento da qualidade de vida para a população.

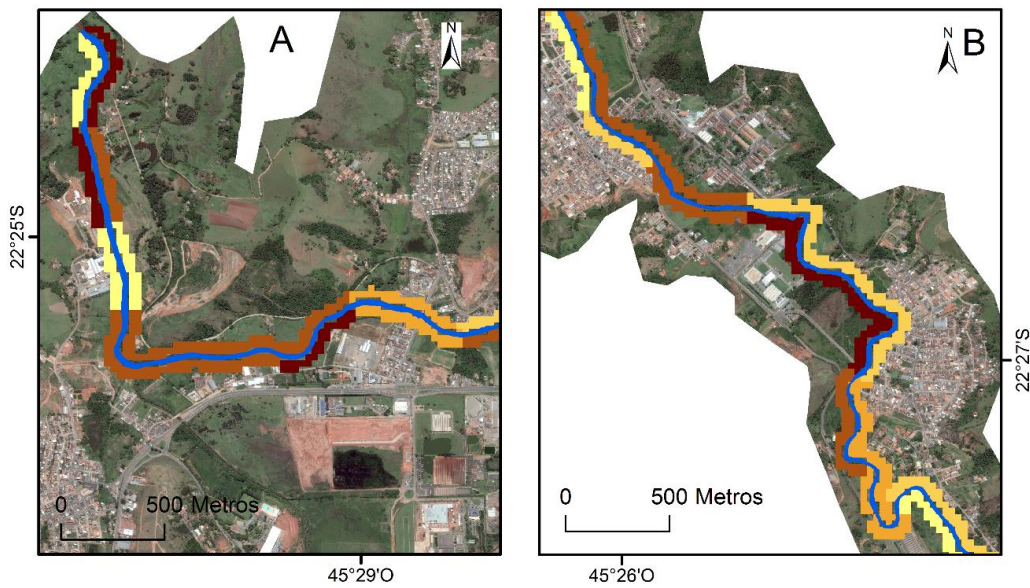
No modelo de decisão o sub-critério “Classes de uso do solo” é avaliado com base no diagnóstico do uso do solo realizado pela autora na área de estudo. A partir do diagnóstico foi calculado a porcentagem da área ocupada por cada tipo de uso do solo em trechos delimitados em 500 metros em linha reta, com auxílio do SIG.

Em seguida foi calculado o desvio padrão, referente as classes de uso do solo presentes em cada trecho, o resultado é apresentado na Figura 22. A análise do desvio padrão serviu para verificar quais são os locais atrativos ao modelo de decisão, uma vez que os menores valores indicam uma maior diversidade de uso do solo em um mesmo trecho de análise.

Na Figura 22a é observado uma escala de cores, na qual os menores valores de desvio padrão estão localizados justamente sobre as maiores manchas de urbanização, o que indica uma diversidade maior de atividades nas áreas centrais do município, caracterizando o uso misto do solo. Áreas de uso misto devem ser priorizadas no espaço urbano e por este motivo, são também mais propensas a receber projetos de mobilidade sustentável (DOTS, 2015).



a) Distribuição dos diversos usos



b) Distrito Industrial

c) Bairro afastado do centro

Figura 22 – Diversidade do uso do solo

Na Figura 22b, localizado sobre o bairro do Distrito Industrial, são verificados resultados com baixa diversidade de usos, onde ocorre predominante atividades industriais indicando baixa diversidade de uso do solo. Na Figura 22c observa-se os bairros periféricos onde são verificadas áreas com pouca variação de atividades, por se tratar de um bairro com predominância de uso do solo residencial.

Os valores encontrados no mapa da Figura 23 no formato vetorial foram normalizados por meio de uma Função *Fuzzy* Linear Decrescente (Figura 20), executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial) do SIG, no qual os valores de diversidade de usos de cada trecho estão no eixo x e os valores normalizados estão no eixo y.

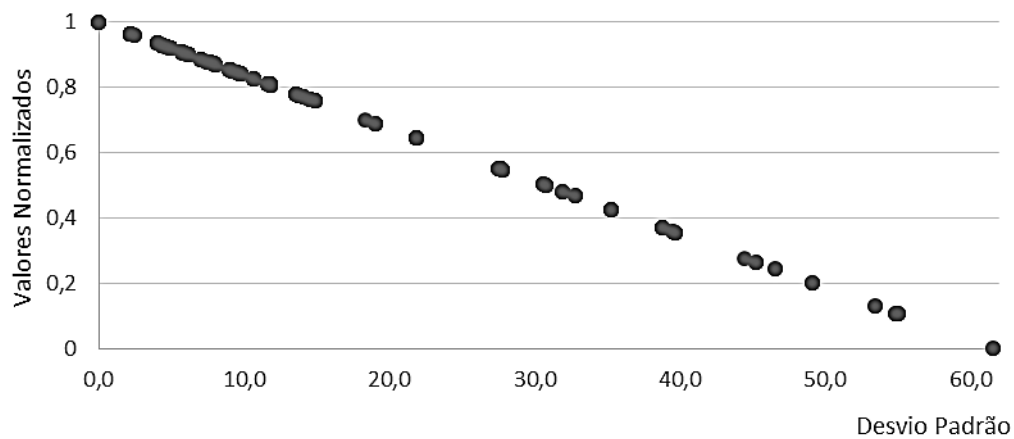
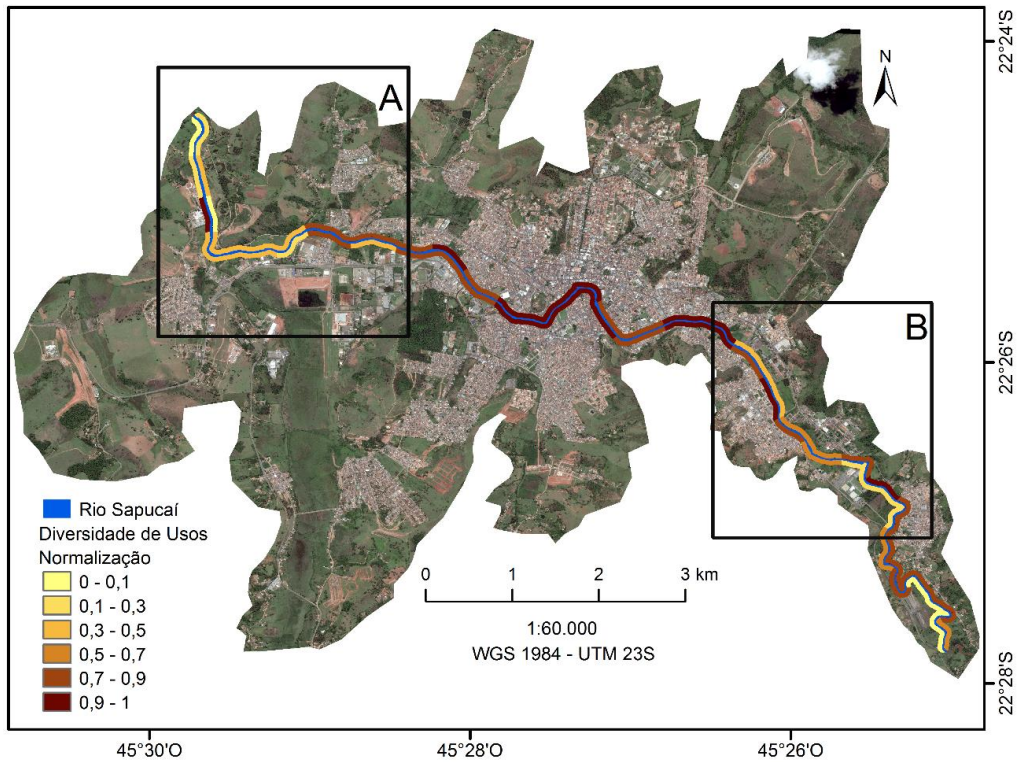
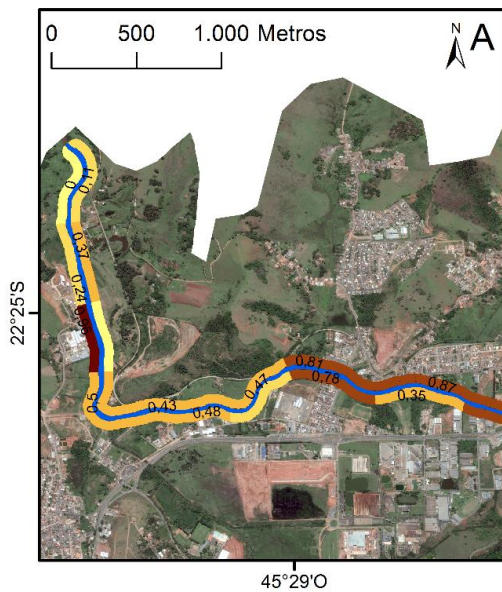


Figura 23 – Normalização dos valores da diversidade usos do solo

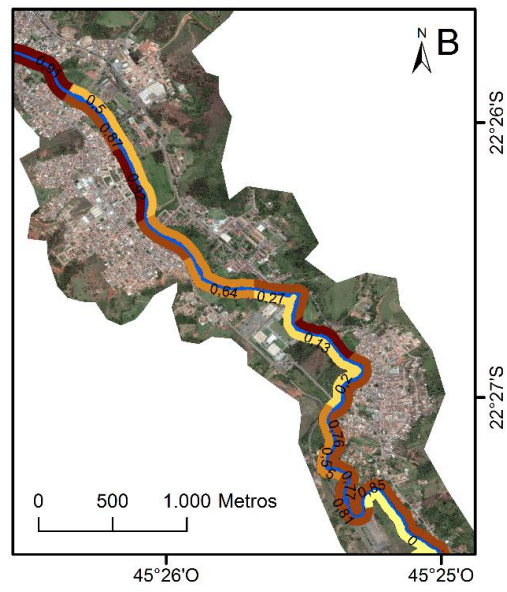
A Figura 24 apresenta o mapa normalizado da diversidade de usos, indicando a priorização das áreas, na escala de 0 a 1, onde observa-se que as áreas centrais do município recebem maiores valores, enquanto que os menores valores estão nos bairros periféricos. Esses bairros são detalhados na Figura 24a e Figura 24b, onde é possível observar os valores próximos de 0.



a) Distribuição normalizada dos diversos usos



b) Bairro Distrito Industrial



c) Bairro afastado do centro

Figura 24 – Desempenho do Critério “Classe de Uso do Solo”

7.1.2 “Densidade Populacional”

O DOTS orienta estratégias de planejamento urbano para a construção de bairros compactos, que proporcionam as pessoas espaços públicos seguros e ativos. As elevadas taxas

de densidades populacionais proporcionam a interação social e encorajam o uso dos modos de transportes sustentáveis, bem como viabilizam projetos de transporte coletivo (DOTS, 2015).

No modelo de decisão o critério “Densidade Populacional” é determinado pela relação do número de habitantes pela área ocupada. Os mapas apresentados foram gerados no SIG com base no banco de dados oficiais do censo de 2010 disponibilizados na plataforma online do IBGE, no qual os dados estão agregados por setores censitários.

Os setores são áreas (polígonos vetoriais) estabelecidas pelo IBGE demarcados por limites físicos dentro dos municípios, onde são identificadas as menores unidades territoriais do país (IBGE, 2010). A área de cada setor delimitada pelo polígono foi calculada no SIG, pela função “*Calculate Geometry*” (calcular geometria) presente na tabela de atributos.

Para visualizar o número de habitantes em cada setor censitário foi utilizado a variável, denominada V-002, referente a população residente em domicílios particulares permanentes. O cálculo da densidade populacional foi realizado pela função “*Field Calculator*” (calculadora de campo) existente na tabela de atributos, em que a equação utilizada foi a divisão dos valores da população residente pela área dos setores censitários.

Na Figura 25 é apresentado o mapa de densidade populacional de Itajubá-MG. São observados 15 núcleos com densidades máximas que variam de 90 a 160 habitantes/km² distribuídos em todo município. Os locais mais adensados serão priorizados na análise. Na área de estudo o maior valor encontrado para densidade populacional é de 119 habitantes/km². Nos bairros idealizados pelo DOTS é importante encontrar o maior número de indivíduos que residem e usufruem da infraestrutura ofertada, por isso as altas densidades populacionais serão priorizadas nesse trabalho.

Para identificar as áreas prioritárias no entorno do Rio Sapucaí foi inicialmente gerado uma imagem no formato raster a partir do mapa de densidade populacional, por meio da ferramenta “*Conversion - Polygon to Raster*” (Conversão - Polígonos para Raster), na janela “*ArcToolBox*” (Caixa de Ferramentas), em que cada pixel da imagem recebe o valor atribuído ao polígono. Depois, a normalização dos valores foi realizada por uma Função *Fuzzy Linear Crescente*, com auxílio da função “*Rescale by Function*” (Redimensionar por Função) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial). A normalização serve para transformar os valores originais de densidade populacional na escala de valores que variam de 0 (mínimo) a 1 (máximo),

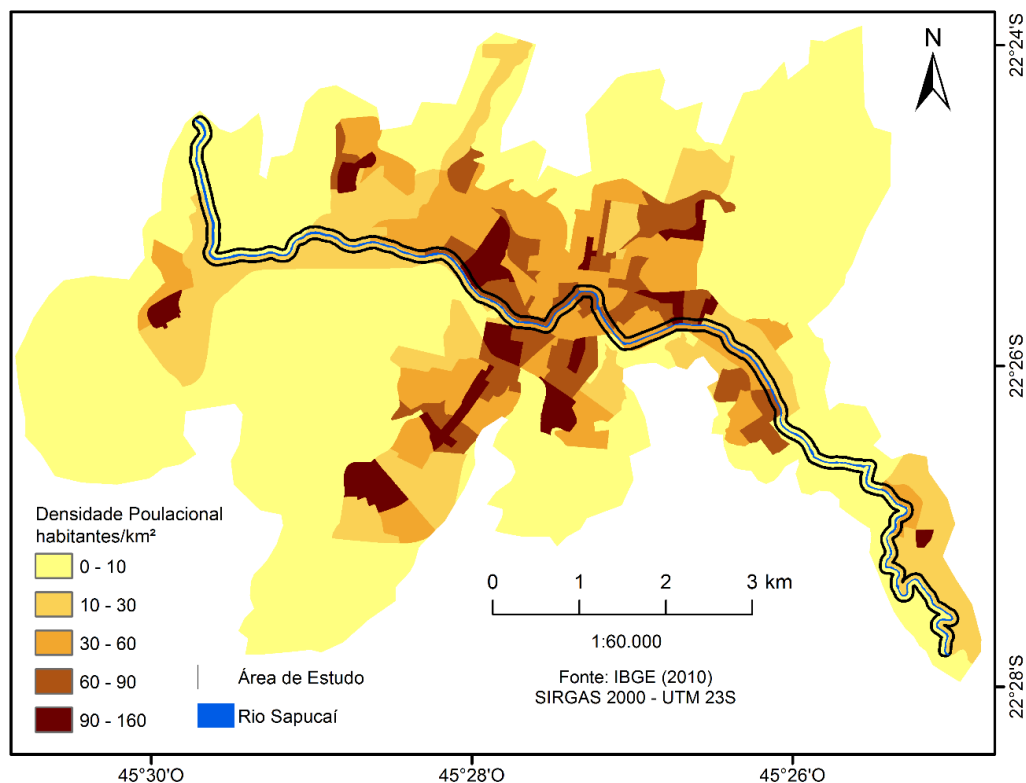


Figura 25 - Densidade Populacional

Na Figura 26 é apresentado o gráfico de dispersão do resultado da normalização com a Função *Fuzzy*. O gráfico foi elaborado no Excel e mostra os valores de densidade populacional (eixo x) e os valores normalizados (eixo y). Dessa maneira, quanto maior a densidade populacional, maior a prioridade da área para receber projetos integrados de revitalização e mobilidade sustentável.

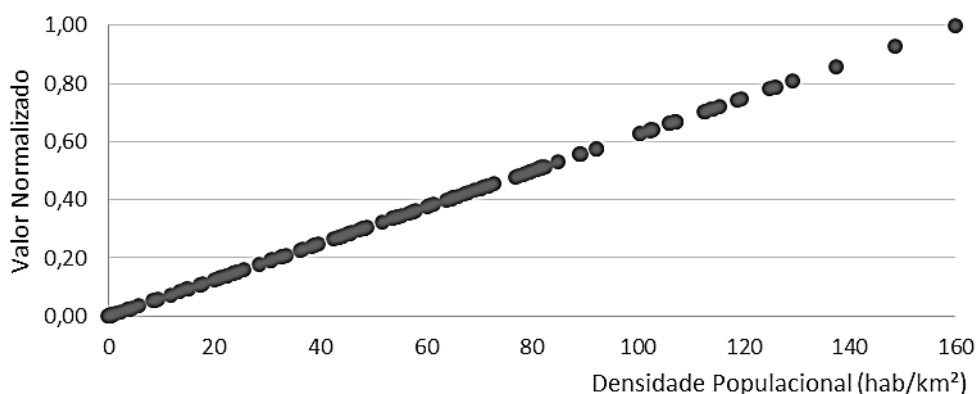


Figura 26 – Função *Fuzzy* para Densidade Populacional

A Figura 27 apresenta o mapa de desempenho do critério “Densidade Populacional” com os valores normalizados, representada por uma escala de cores, evidenciando a região central com maior densidade populacional.

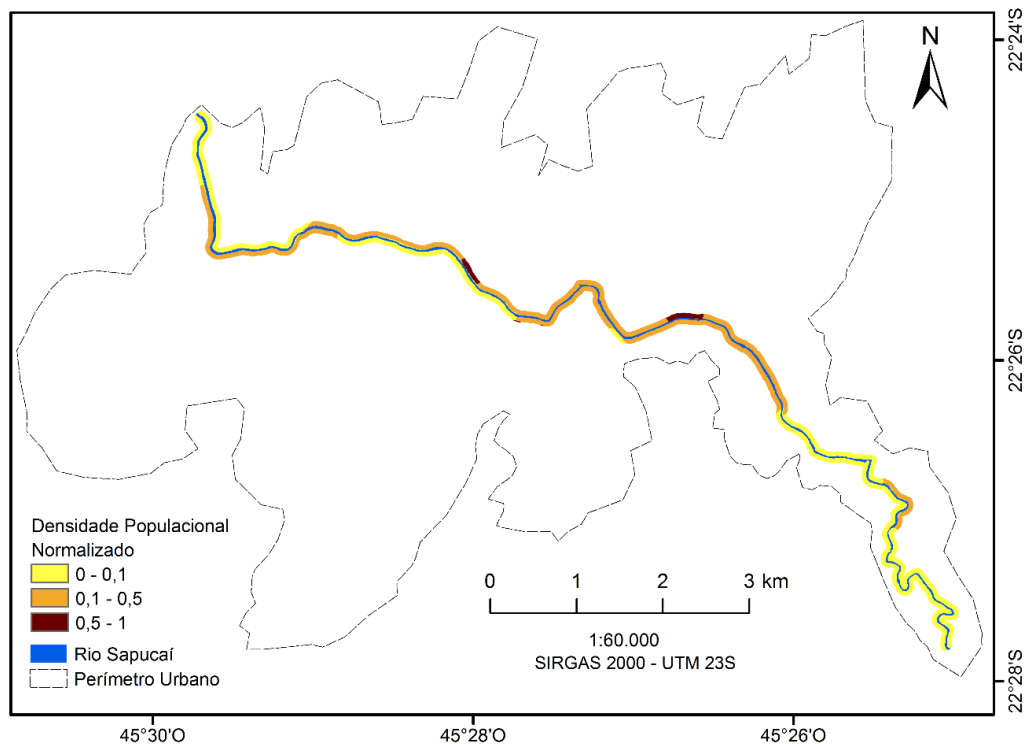


Figura 27 – Desempenho do Critério ‘Densidade Populacional’

7.1.3 “Áreas Adensáveis”

No modelo de decisão o critério “Áreas Adensáveis” se refere as áreas previstas na legislação onde serão permitidos o adensamento populacional controlado. A circunstância ideal para controlar o adensamento se baseia em permitir construções verticalizadas e prover o uso misto do solo em locais onde já existam infraestrutura básica como: energia, saneamento básico e estrutura viária. O adensamento atrai uma numerosa população para residir, promover a diversidade de usos e conter a expansão urbana horizontal, com a finalidade de reduzir a necessidade dos deslocamentos na cidade por modos motorizados.

No caso da região em estudo, por se tratar de Área de Preservação Permanente (APP) e também por estar inserida no zoneamento denominado “Área de Interesse Urbanístico I”, essas áreas do município podem apenas ser destinadas a criação de sistemas viários e parques lineares com propósito de conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas aquáticos. Assim, o estudo leva em consideração as áreas adensáveis próximas (vizinhas) ao entorno do Rio Sapucaí, tornando estes locais prioritários.

O critério “Áreas Adensáveis” foi identificado conforme as regiões denominadas “Zonas de Adensamento” no Mapa do Zoneamento Urbano inserido no Plano Diretor de 2003. Os dados foram disponibilizados em formato digital (DXF) por intermédio da Departamento de

Planejamento Urbano alocado na SEMUP (Secretaria Municipal de Planejamento) da Prefeitura Municipal de Itajubá. No mapa elaborado no SIG (Figura 28), as “Zonas de Adensamento” são os polígonos realçados na cor laranja.

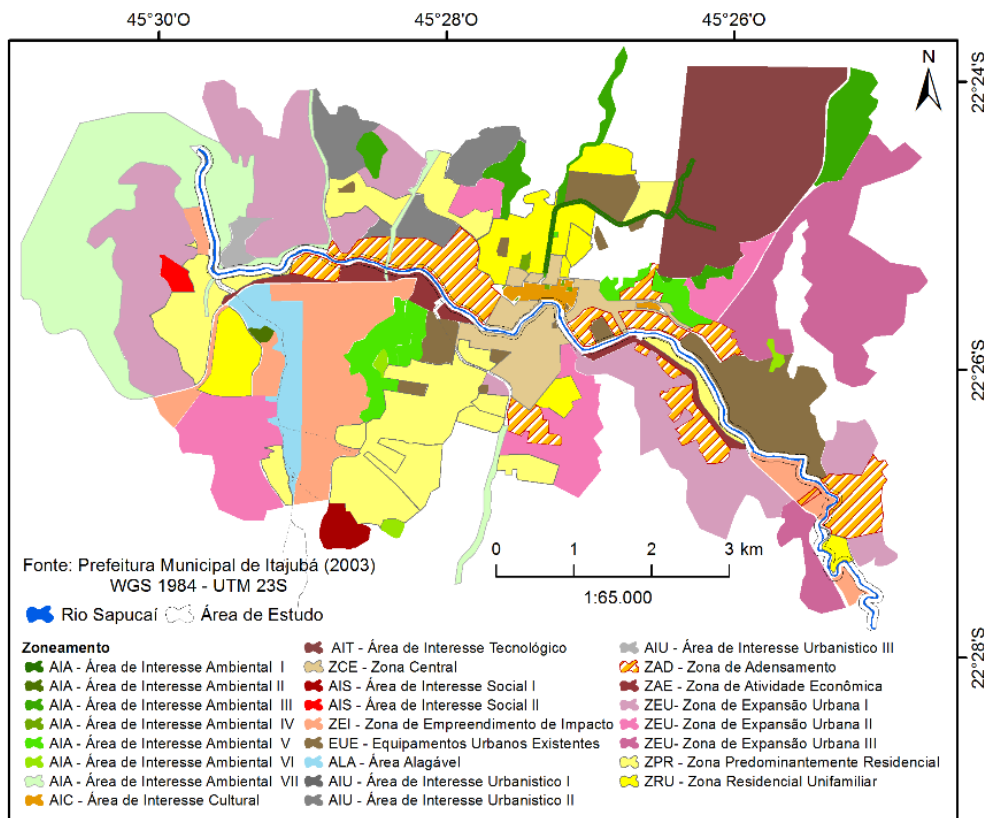


Figura 28 – Mapa Zoneamento Urbano de Itajubá – MG

A partir do Mapa de Zoneamento Urbano (Figura 28) foi criada uma imagem no formato raster, para identificar as áreas prioritárias no modelo de decisão. A imagem foi criada com auxílio da ferramenta “*Conversion - Polygon to Raster*” (Conversão - Polígonos para Raster) do SIG.

A normalização do critério se baseou na priorização das áreas vizinhas as que futuramente serão adensadas de acordo com o Plano Diretor (2003). A priorização se deu a partir da reclassificação dos valores dos pixels da imagem raster com a função “*Reclass*” (Reclassificar) na ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial). Para a reclassificação foi utilizada a Análise Binária, na qual o valor 1 foi atribuído as áreas vizinhas as “Zonas de Adensamento” enquanto que os outros tipos de zoneamento receberam valor zero. O desempenho do critério “Áreas Adensáveis” na área de estudo é representado na Figura 29 com o resultado normalizado.

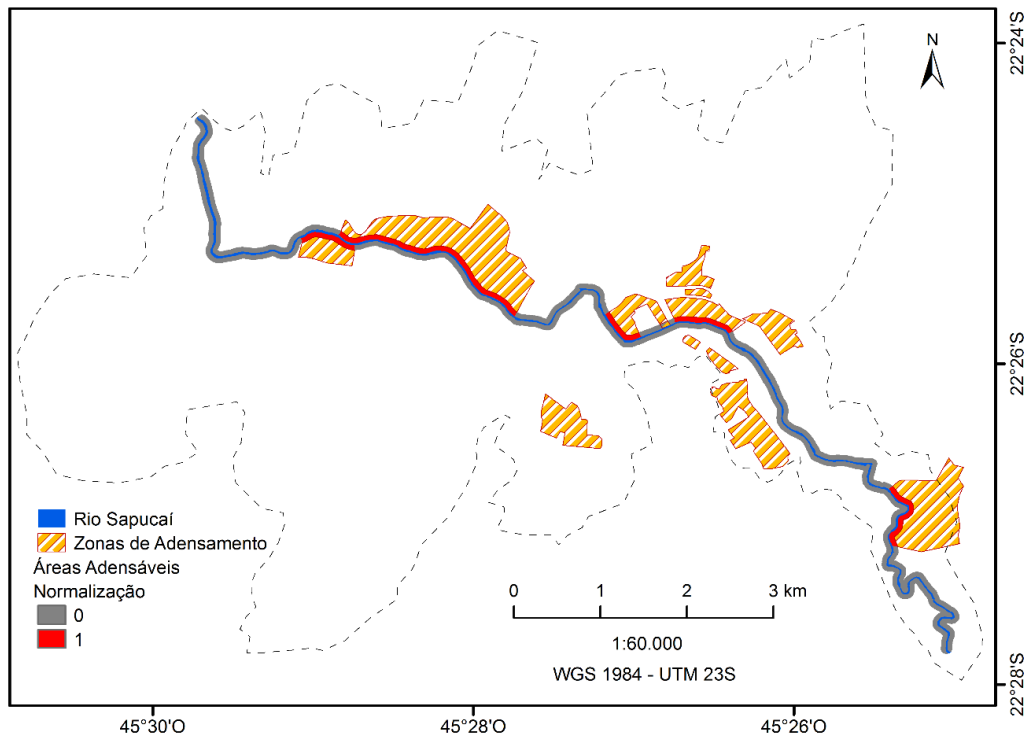


Figura 29 – Desempenho do critério “Áreas Adensáveis”

7.1.4 “Acesso ao Transporte Coletivo”

O critério contribui para o modelo de decisão uma vez que considera os transportes realizados por modos coletivos. A importância do transporte coletivo é evidenciada nos princípios do DOTS, principalmente quando se refere às questões de acessibilidade. O DOTS trata do acesso ao transporte coletivo como uma das maneiras de tornar uma opção mais atrativa e segura. Em geral, o acesso é realizado nos pontos sinalizados nas calçadas ou canteiros centrais, localizados próximos às residências e atividades cotidianas com intuito de viabilizar o uso diário. As melhorias na qualidade do modo coletivo, junto à revitalização do espaço urbano e à integração com outros deslocamentos sustentáveis contribui diretamente na redução de viagens individuais motorizadas.

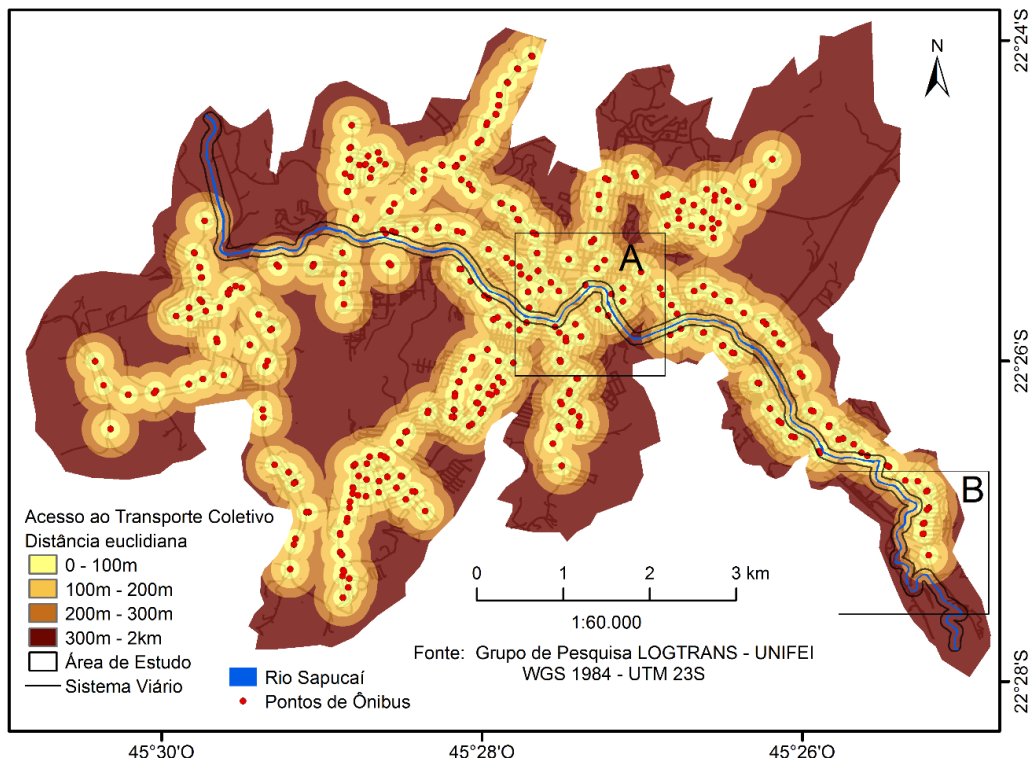
O critério “Acesso ao Transporte Coletivo” foi avaliado com base no transporte realizado por ônibus, onde o acesso é dado pelos pontos de embarque e desembarque. O critério foi medido pelas distâncias em relação aos pontos de ônibus. Foram priorizadas as áreas mais próximas aos pontos de ônibus, por serem áreas que facilitariam a integração entre os modos de transporte sustentáveis, caso essas áreas recebam projetos voltados à mobilidade urbana.

Os cálculos foram realizados com base nos 340 pontos de ônibus localizados no município, coletados no Grupo de Pesquisa LOGTRANS – UNIFEI no ano de 2015. As

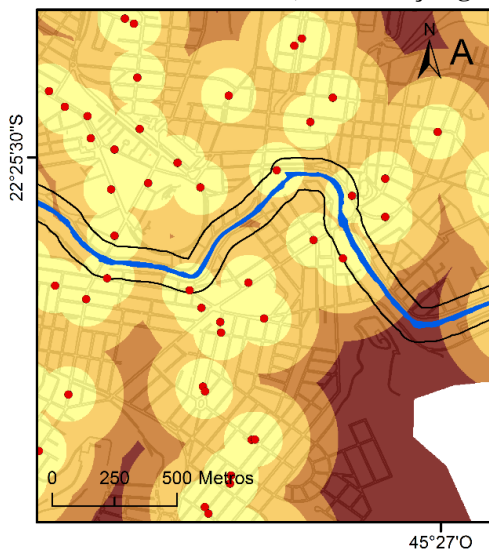
distâncias em relação aos pontos de ônibus foram determinadas a partir da função “*Euclidean Distance Analysis*” (Análise da Distância Euclidiana) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial) que gerou a imagem raster apresentada na Figura 30. A distância euclidiana consiste na distância em linha reta de cada pixel da imagem até pontos mais próximos, portanto o resultado representa as distâncias máximas para se encontrar um ponto de ônibus (ESRI, 2017). No caso de ampliação do objeto de estudo, torna-se interessante analisar as distâncias considerando o percurso sobre o sistema viário.

Nota-se na Figura 30a a distribuição dos pontos de ônibus alocados no sistema viário do município e as cores apresentadas mostram as faixas de variação de distâncias a partir dos pontos de ônibus, com raio máximo alcançando 2 km. A Figura 30b e Figura 30c mostram uma área ampliada do mapa para melhor visualização dos resultados na área de estudo. Observa-se nas margens do rio o predomínio das cores claras, as quais representam valores até 300 metros das paradas de ônibus. Porém, nas extremidades da área de estudo é observado a escassez de pontos de ônibus, o que gera resultados de distância com valores maiores. O fato evidencia uma melhor atratividade de acesso ao transporte coletivo nas áreas centrais, o que afeta diretamente na escolha da população por transporte sustentáveis.

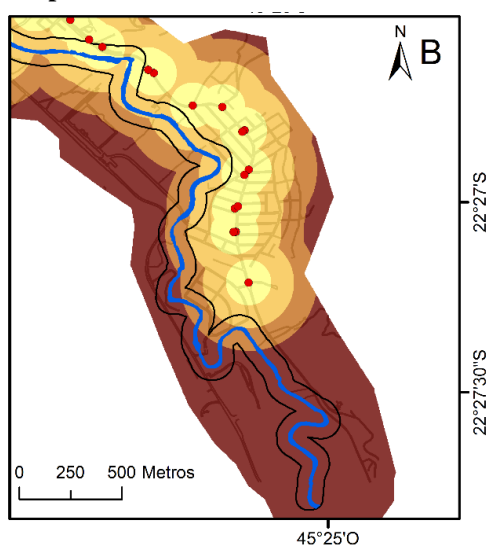
Os valores das distâncias foram normalizados a partir de uma Função *Fuzzy* Linear Decrescente, ou seja, as áreas mais próximas aos pontos de ônibus recebem valor próximo a 1, enquanto que as áreas mais distantes recebem valor próximos a zero. A normalização foi executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial).



a) Distribuição geral dos pontos de ônibus



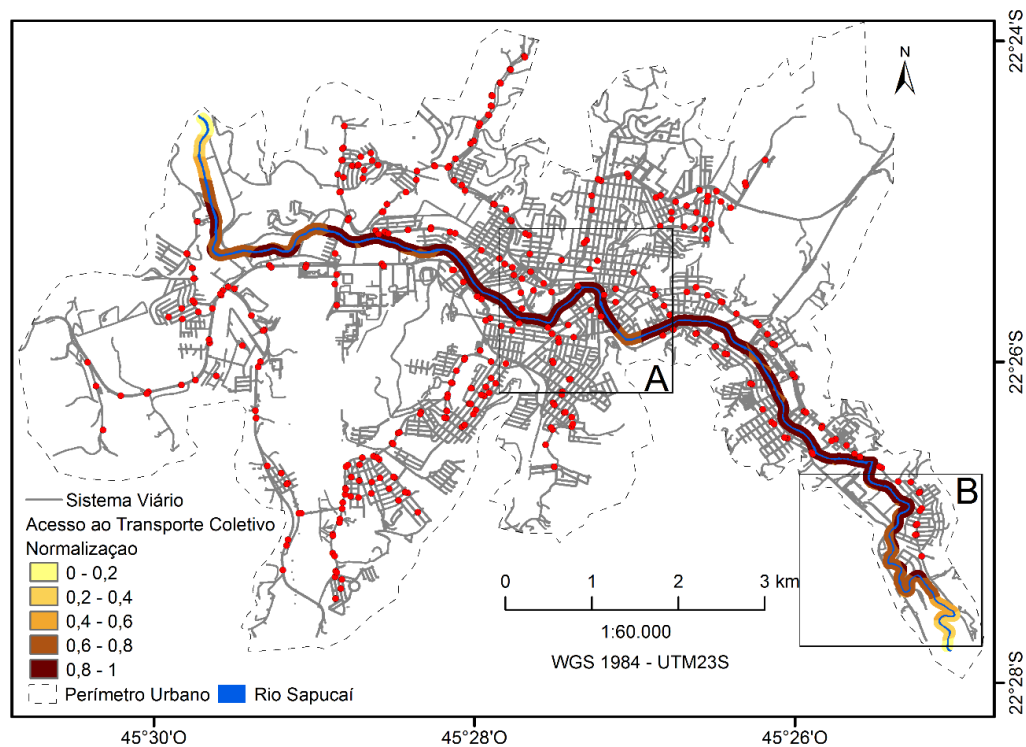
b) Detalhe na área central



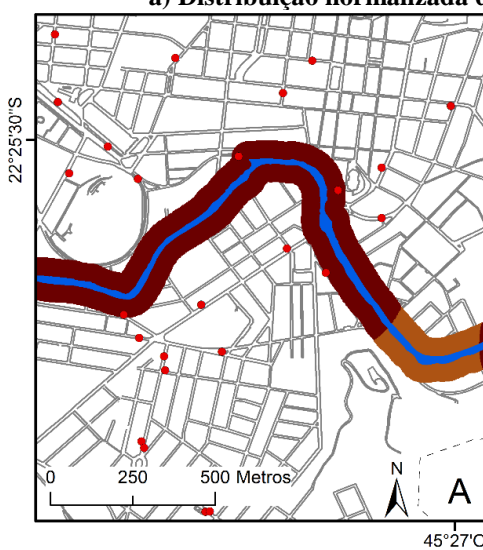
c) Detalhe em um bairro periférico

Figura 30 – Distâncias em relação aos Pontos de Ônibus

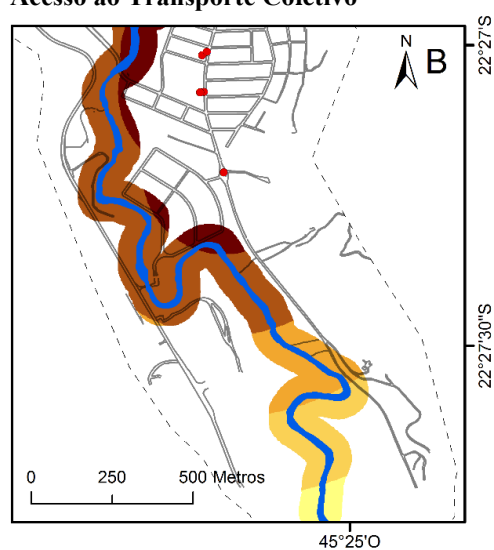
O desempenho do critério “Acesso ao Transporte Coletivo” na área de estudo está representado na Figura 31. Na Figura 31b e Figura 31c são detalhadas duas regiões, a primeira evidencia a área central com resultados próximos ao valor máximo, enquanto no bairro afastado fica evidente a diminuição contínua do número de pontos de ônibus.



a) Distribuição normalizada do “Acesso ao Transporte Coletivo”



b) Detalhe normalizado na área central



c) Detalhe normalizado em um bairro periférico

Figura 31 – Desempenho do critério “Acesso ao Transporte Coletivo”

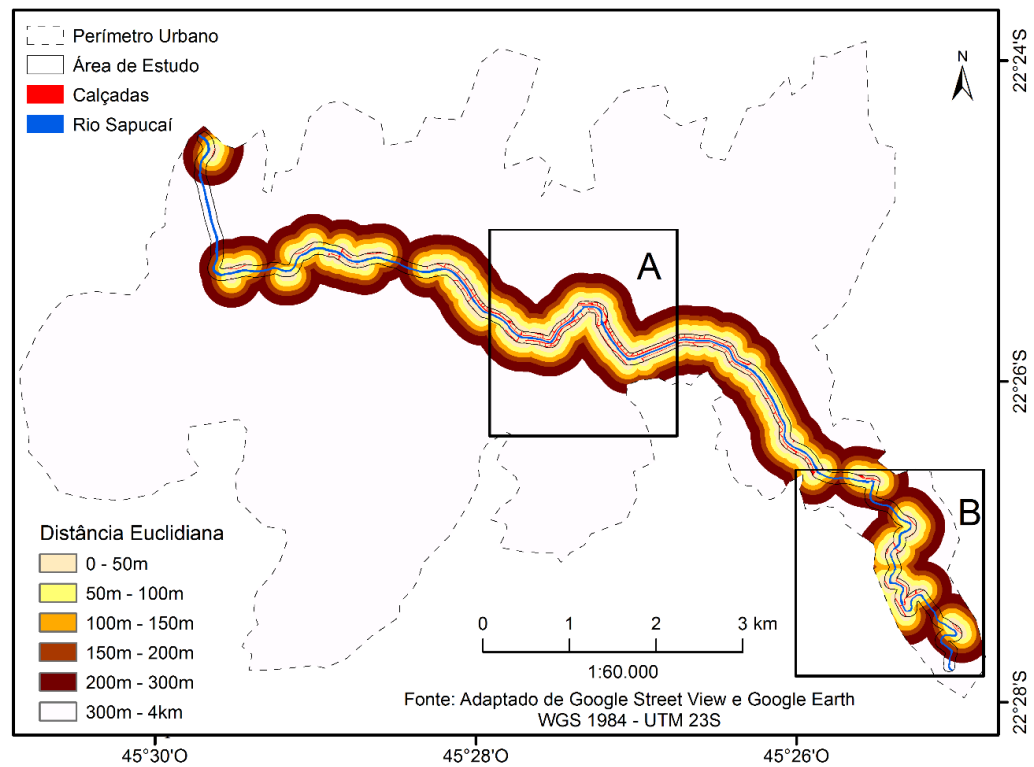
7.1.5 “Acesso ao Transporte Ativo”

O critério “Acesso ao Transporte Ativo” contribui para o modelo de decisão uma vez que considera os transportes não motorizados, como o modo a pé e por bicicleta. A importância do transporte ativo é evidenciada nos princípios do DOTS, principalmente por orientar o planejamento de comunidades urbanas sustentáveis focada nos pedestres e ciclistas. Os modos de transportes sustentáveis minimizam as emissões de poluentes locais e de efeito estufa,

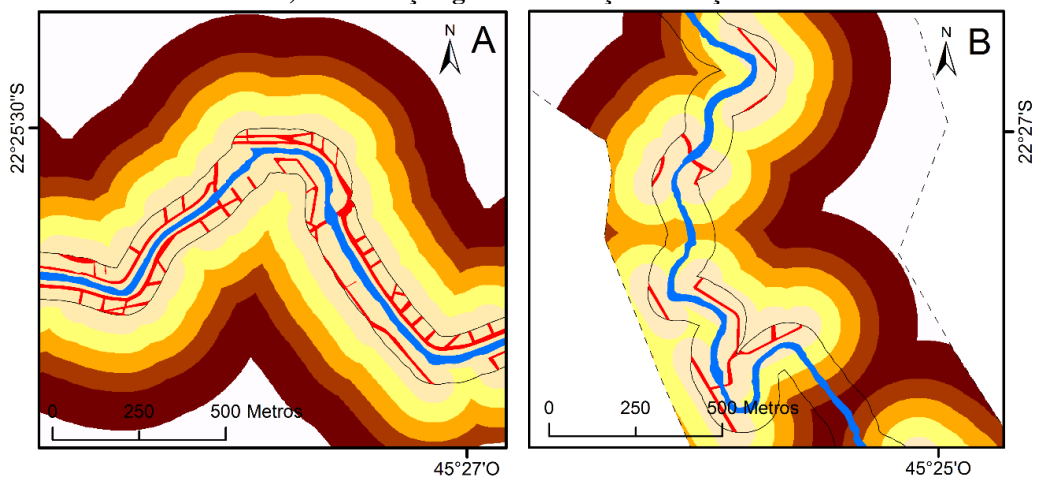
promovem bem-estar social ao contribuir para a saúde pública, prevenindo doenças respiratórias e reduzindo os índices de obesidade.

Este critério identificou infraestruturas que possibilitam o transporte por modos sustentáveis. Deste modo verificou-se em campo que na área de estudo ainda não existem ciclovias ou ciclofaixas, por isso foi considerado apenas a infraestrutura para o modo a pé.

O critério foi medido através da análise das calçadas na área de estudo baseada na classe “Sistema Viário”, obtida no diagnóstico do uso do solo realizado pela autora (Item 7.1.1), A partir do diagnóstico mediu-se as distâncias em relação as calçadas, conforme a Figura 32.



a) Distribuição geral em relação as calçadas



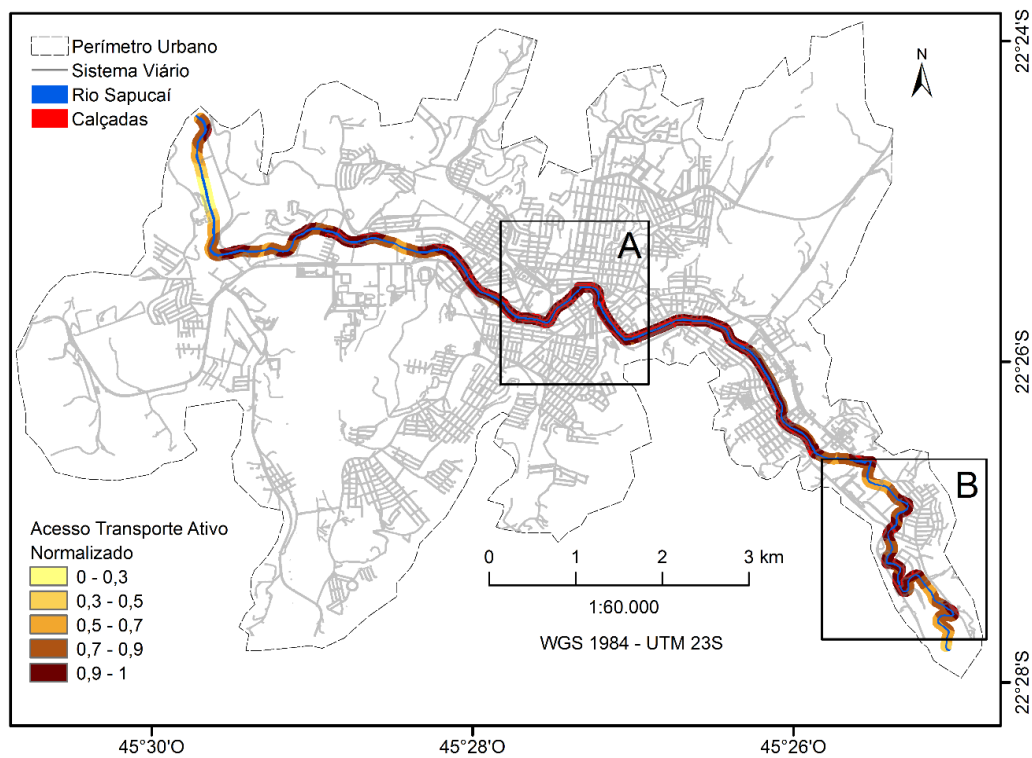
b) Detalhe na área central

c) Detalhe em um bairro periférico

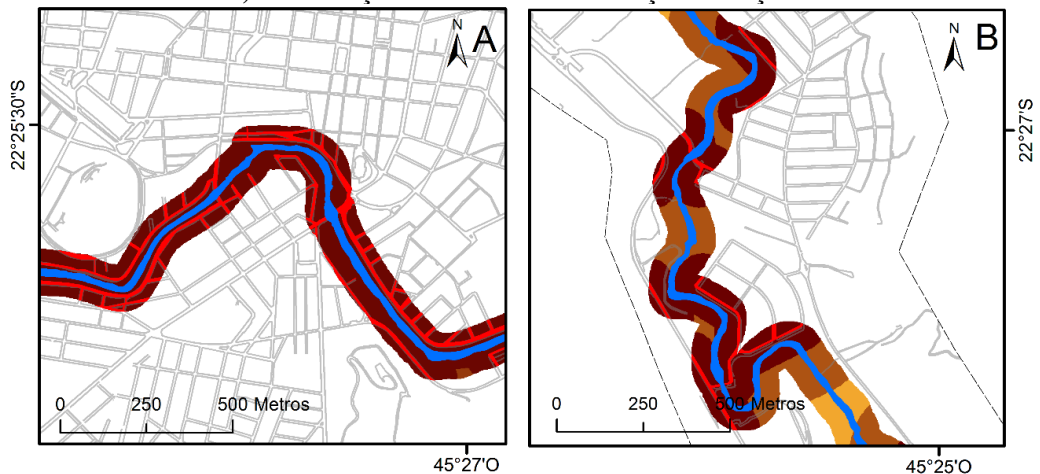
Figura 32 - Distâncias em relação as Calçadas

As distâncias foram calculadas a partir da função “*Euclidean Distance Analysis*” (Análise da Distância Euclidiana) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial) do SIG. Observa-se na Figura 32b a área central detalhada, onde é possível notar a presença constante de calçadas nas vias, já na Figura 32c é percebido a escassez de infraestrutura para o transporte ativo. A escala de cores apresentada permite identificar que as distâncias até 50 metros das calçadas são mais recorrentes na área central e pontuais nos bairros periféricos.

Então, optou-se em priorizar as regiões onde se encontram maior proximidade às calçadas. O desempenho do critério é representado na Figura 33, detalhados nas Figura 33b e Figura 33c.



a) Distribuição Normalizada em relação as calçadas



b) Detalhe na área central

c) Detalhe em um bairro periférico

Figura 33 - Desempenho do “Acesso ao Transporte Ativo”

A priorização foi dada devido à proximidade as calçadas promoverem o uso e a integração entre os modos de transporte sustentáveis. Os resultados foram normalizados a partir de uma Função *Fuzzy* Linear Decrescente, na escala de 0 a 1, em que as distâncias maiores recebem valores próximos a zero, enquanto as áreas mais próximas as calçadas recebem valores próximos a 1. A normalização foi executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial).

7.1.6 “Segurança Pública”

A percepção da segurança pública, ou falta dela, é um fator fundamental na escolha da rota para os ciclistas e pedestres e o que também interfere na frequência do uso dos modos de transporte sustentáveis nas vias urbanas (NYENHUIS, 2012). Desta maneira o critério “Segurança Pública” é avaliado através do mapeamento das áreas onde ocorrem crimes no município.

Estudos indicam a existência da correlação entre as taxas de violência nos espaços urbanos e as desigualdades sociais, econômicas e carência de infraestrutura de serviços de necessidade básica (RAMÃO, 2010). Diante disto podemos priorizar locais inseguros, com o propósito de revitalização para intensificar a interação social e melhorar os indicadores de violência.

Os dados de criminalidade urbana foram disponibilizados pelo 56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais, referentes a região das margens do Rio Sapucaí no entorno de 500 metros. Optou-se por mapear os crimes recorrentes no ano de 2016, no qual foram registrados 1324 casos no total, entre eles 157 agressões, 100 lesões corporais, 824 furtos, 100 roubos, 72 tráficos de drogas, 64 uso e consumos de drogas, 3 homicídios, 4 estupros.

Para análise dos locais inseguros, gerou-se um mapa utilizando a função “*Point Density*” (Densidade de Pontos) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial) do SIG. Considera-se o somatório de todos os pontos de crimes e divide-se pelo tamanho da área de pesquisa para obter o valor da densidade de cada célula raster (ESRI, 2017). Portanto o resultado apresenta uma imagem raster que indica os locais com maior número de crimes.

Observa-se na Figura 34, que existe uma maior concentração de criminalidade na região central do município. Na área de estudo (50m) observa-se principalmente a maior ocorrência dos crimes menos graves, como roubos e furtos. Os crimes de maior gravidade, cometidos com menor frequência, como os homicídios e estupro foram verificados em bairros periféricos ao

centro. O tráfico e uso de drogas são recorrentes em toda região de estudo. Contudo, foi observado em campo um maior policiamento nas regiões centrais, devido a recorrência do maior número de crimes nessas áreas.

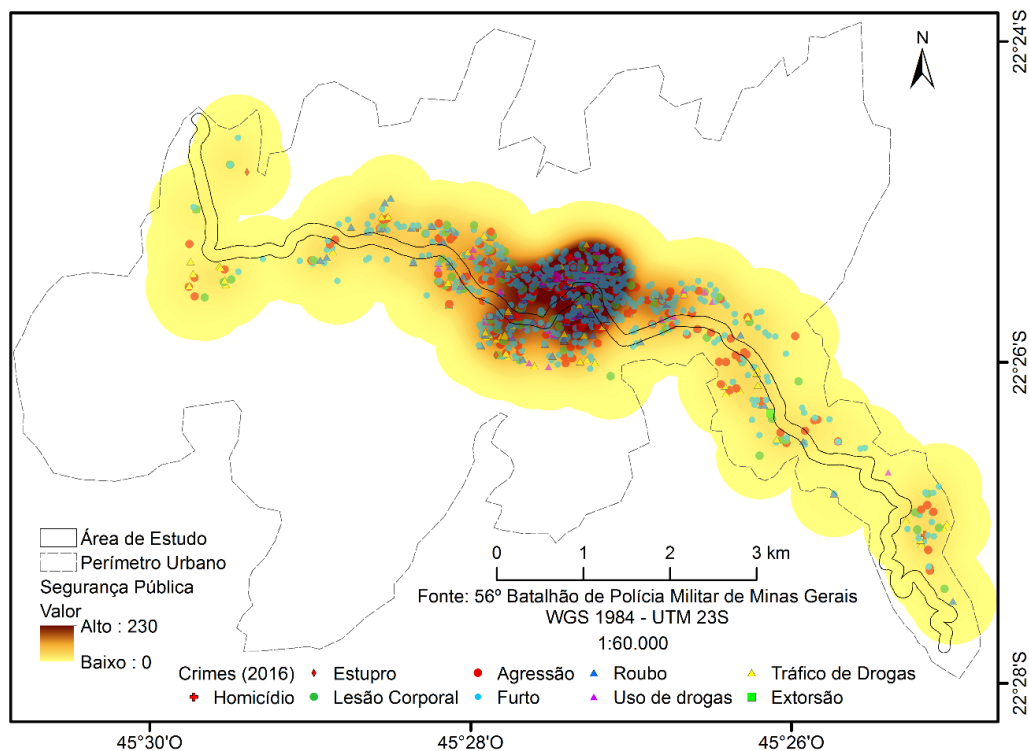
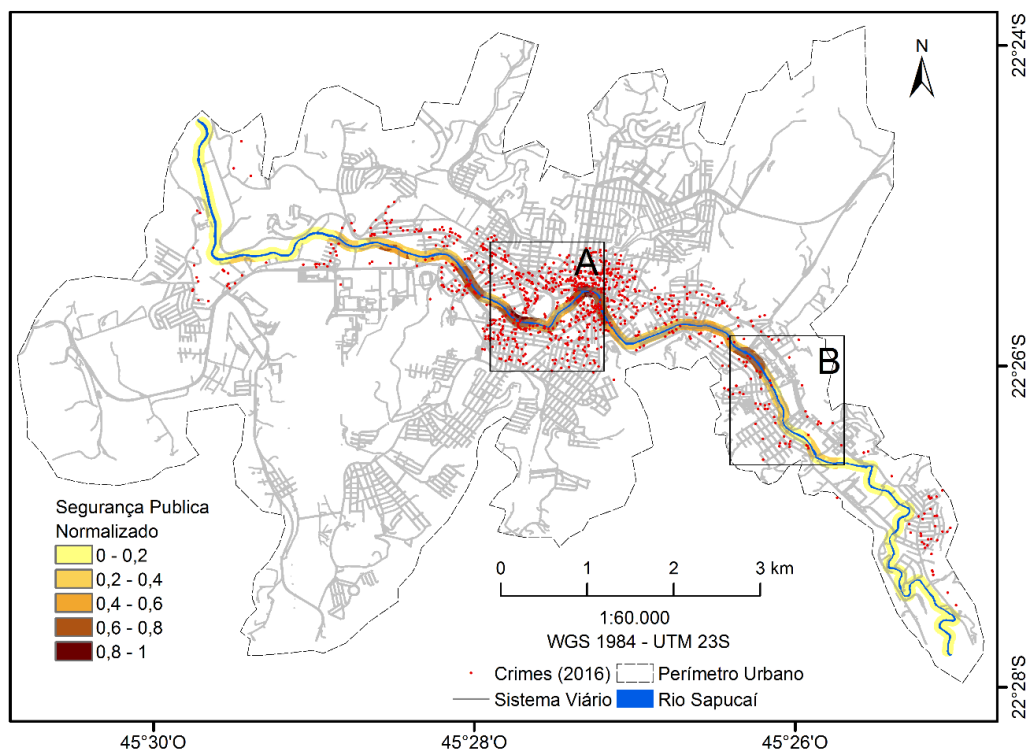


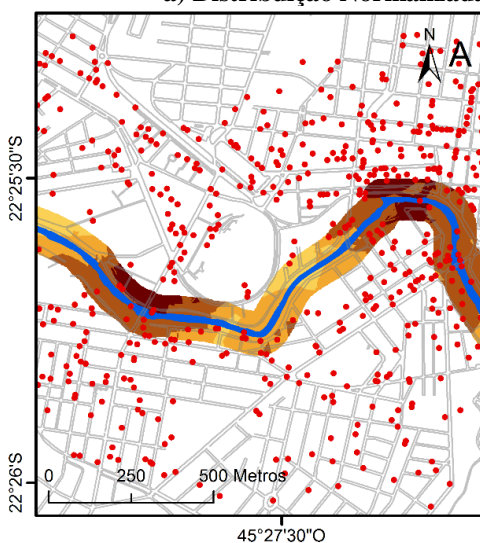
Figura 34 – Distribuição dos Crimes na região de estudo
Fonte: 56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais (2016)

Com o intuito de priorizar as áreas com maior recorrência de criminalidade, as densidades de crimes são normalizadas utilizando uma Função *Fuzzy* Linear Crescente. A normalização foi executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial).

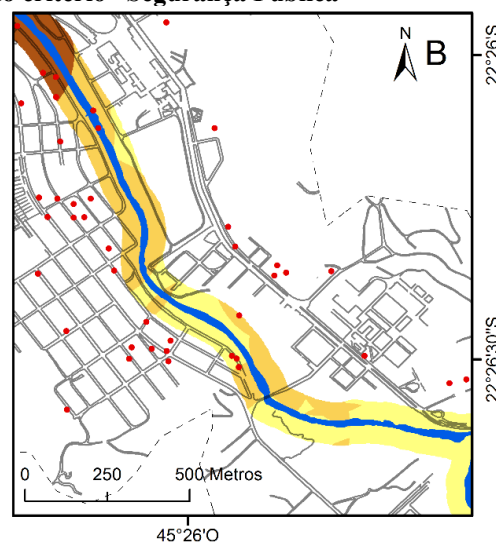
Dessa maneira, quanto menor a densidade de crimes, menores são os valores atribuídos a normalização. O desempenho do critério “Segurança Pública” na área de estudo é apresentado na Figura 35. Observa-se que foram atribuídos valores próximos a 1, as regiões que apresentam maior número de casos de crimes, verificado com detalhe a área central do município na Figura 35b, enquanto que, as cores claras (próximas a zero) são atribuídas as áreas com menor recorrência de crimes, como observado na Figura 35c.



a) Distribuição Normalizadas do critério “Segurança Pública”



b) Detalhe na Área Central



c) Detalhe afastado da área central

Figura 35 – Desempenho do critério “Segurança Pública”

7.1.7 “Segurança Viária”

Segundo Tilahun *et al.* (2007), a segurança oferecida nas vias urbanas é um dos fatores mais relevantes quando o usuário faz a escolha da rota para o deslocamento, mesmo quando comparado ao tempo de viagem, condições climáticas e relevo irregular. Desta maneira, a questão da segurança viária é considerada no modelo, devido a sua influência tanto na escolha da rota quanto na opção por modos de transporte sustentáveis.

O critério “Segurança Viária” considera os acidentes de trânsito que envolvem pedestres e ciclistas. Foram priorizadas as regiões com maior recorrência de acidentes viários, por se tratarem de locais que carecem de maior atenção por parte da administração pública. Uma vez que promover melhorias na infraestrutura por meio de revitalização e projetos de mobilidade, possibilita melhorar os indicadores de segurança.

As ocorrências de acidentes em vias urbanas do ano de 2016 foram disponibilizados pelo 56º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais, referentes a região das margens do Rio Sapucaí em um raio de 500 metros. Foram registrados 669 casos de acidentes viários, dos quais 259 apresentavam vítimas e 410 ocorreram sem vítima, entretanto não constam outras informações que detalhem os acidentes na base de dados fornecida.

Os locais inseguros foram analisados a partir da elaboração de um mapa utilizando novamente a função “*Point Density*” (Densidade de Pontos) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial) do SIG, como no critério “Segurança Pública”. Assim, o resultado apresenta uma imagem raster que indica os locais com maior densidade de acidentes viários, apresentada na Figura 36. Nota-se que as maiores densidades ocorrem nas áreas centrais. Contudo, é visível a baixa densidade gerada em razão dos poucos acidentes registrados para além da região central.

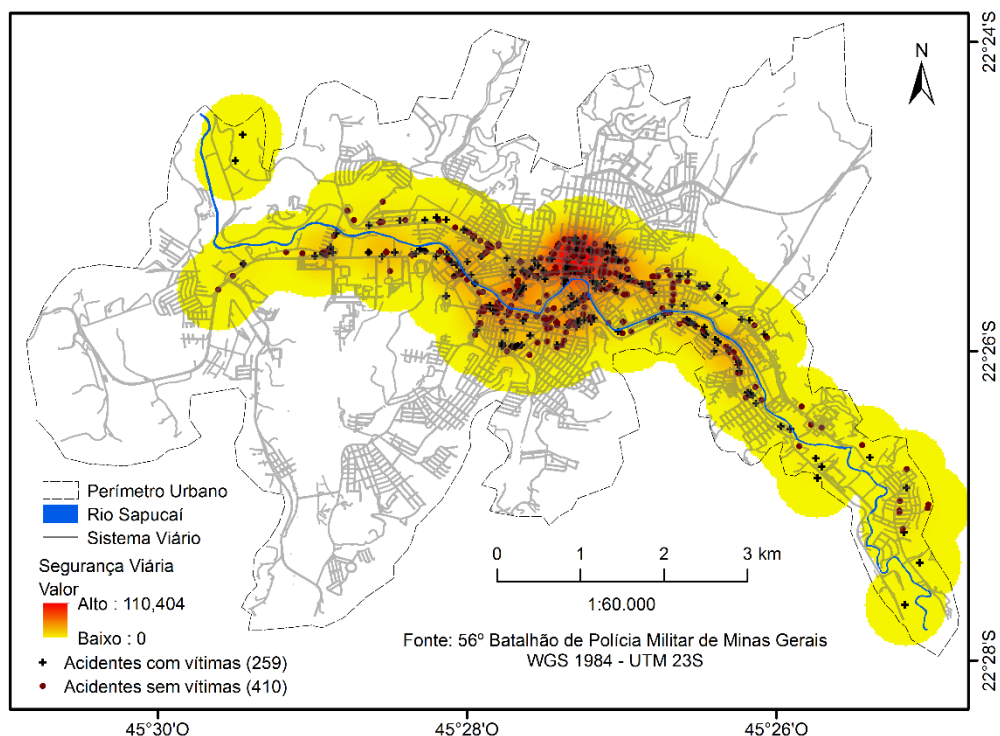
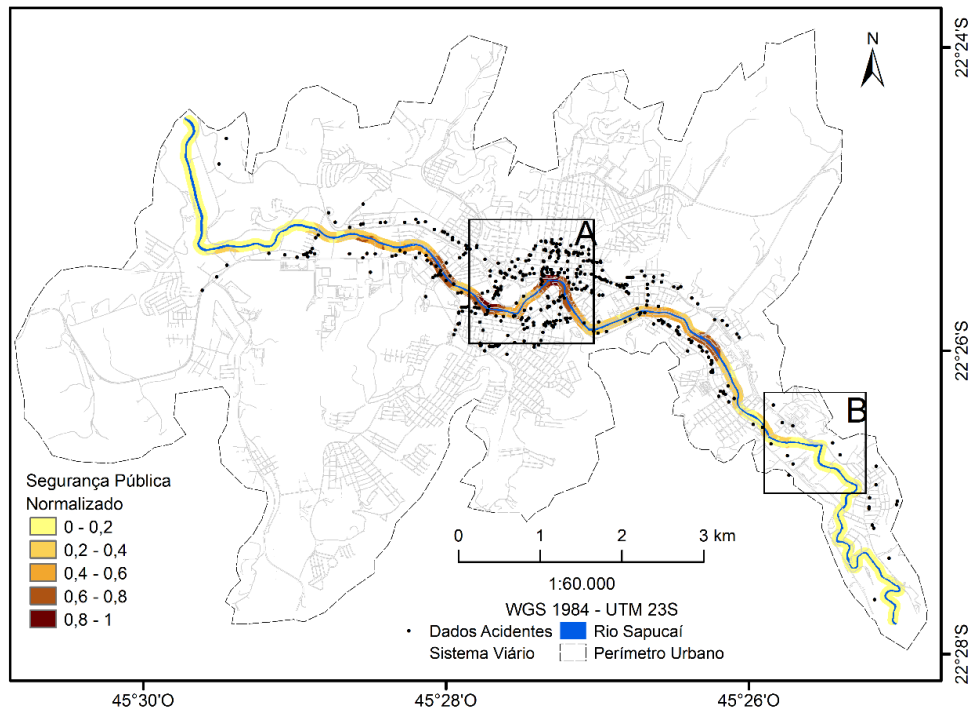


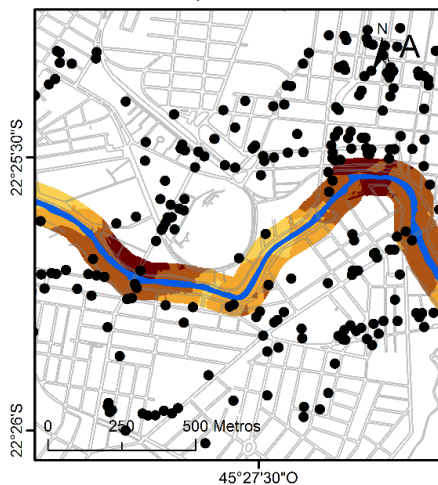
Figura 36 –Densidade dos Acidentes Viários

Para priorizar as áreas com maior recorrência de acidentes viários, os dados de densidade são normalizados utilizando uma Função *Fuzzy Linear Crescente*. A normalização

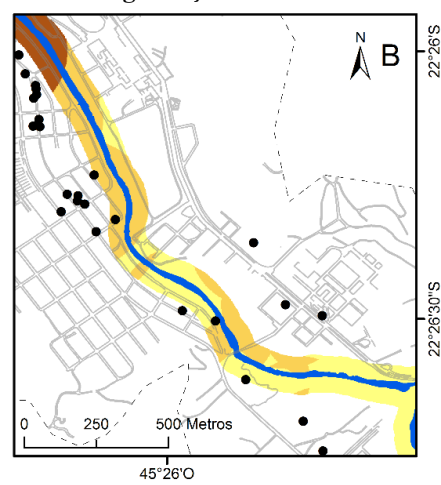
foi executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial). Dessa maneira, quanto menor a densidade de acidentes, menores são os valores atribuídos a normalização. O desempenho da área de estudo para o critério “Segurança Viária” é apresentado na Figura 37.



a) Valores normalizados do critério “Segurança viária”



b) Detalhe Área Central



c) Detalhe afastado da área central

Figura 37 – Desempenho do critério “Segurança Viária”

7.1.8 “Áreas Alagáveis”

O critério “Áreas Alagáveis” refere-se as áreas propensas ao alagamento em épocas chuvosas e acumulam a água em razão da drenagem ineficiente no município. Os locais que facilmente são alagáveis, em geral, tornam-se inaptos a receber construções para moradia ou

outros usos do solo que afetariam diretamente a sociedade. No entanto esses locais são adequados para receber projetos de revitalização e mobilidade.

O critério “Áreas alagáveis” foi avaliado através do mapeamento das áreas de maior incidência de alagamentos no município. O mapa foi gerado no SIG com a delimitação de polígonos sobre as áreas de inundação identificadas no documento Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto Risco a Movimentos de Massas e Enchentes, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Itajubá e elaborado pela empresa CPRM – Serviços Geológicos do Brasil em Agosto de 2014.

A partir dos polígonos delimitados sobre as áreas alagáveis foi gerada uma imagem no formato raster, para identificar as áreas prioritárias. A imagem foi elaborada com auxílio da ferramenta “*Conversion - Polygon to Raster*” (Conversão - Polígonos para Raster). Na Figura 38 é apresentado o mapa das áreas alagáveis no município e nota-se que grande parte da planície inundável é área de urbanização consolidada.

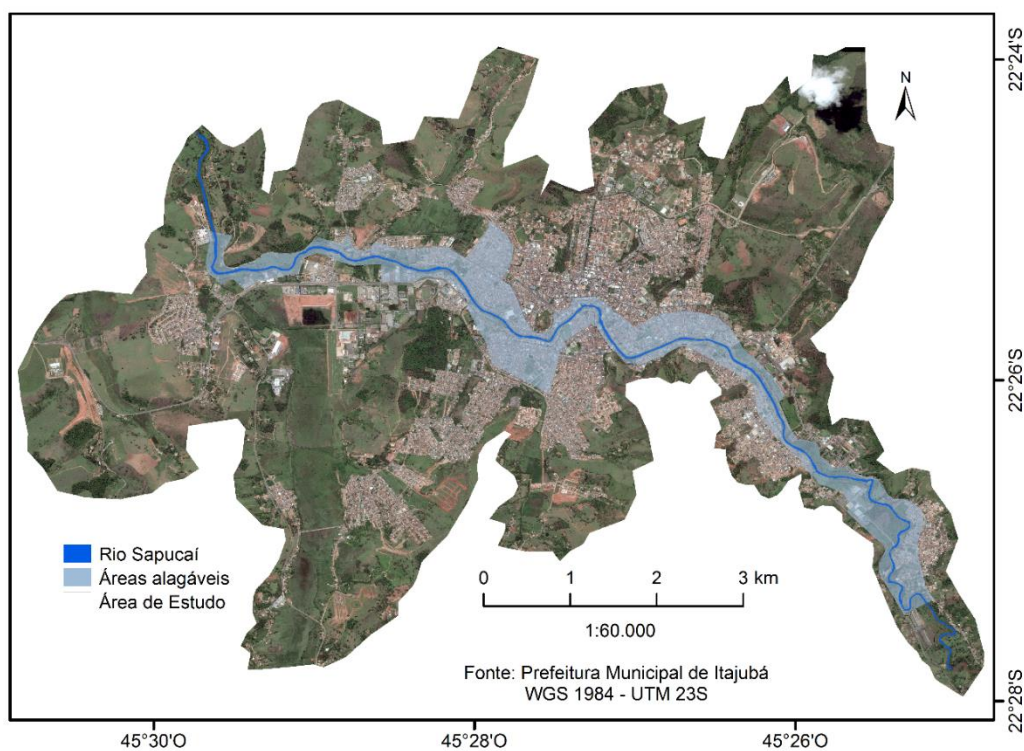


Figura 38 - Áreas Alagáveis no município

A normalização do critério se baseou na priorização das áreas identificadas como áreas alagáveis para receber projetos de revitalização e mobilidade, a partir da reclassificação dos valores dos pixels da imagem raster com a função “*Reclass*” (Reclassificar) na ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial), com análise binária, na qual o valor 1 foi atribuído a “Áreas Alagáveis” enquanto que as áreas não alagáveis receberam valor normalizado zero.

O desempenho do critério “Áreas Adensáveis” na área de estudo é representado na Figura 39 com o resultado normalizado, observa-se que a maior parte da área de estudo recebeu prioridade máxima.

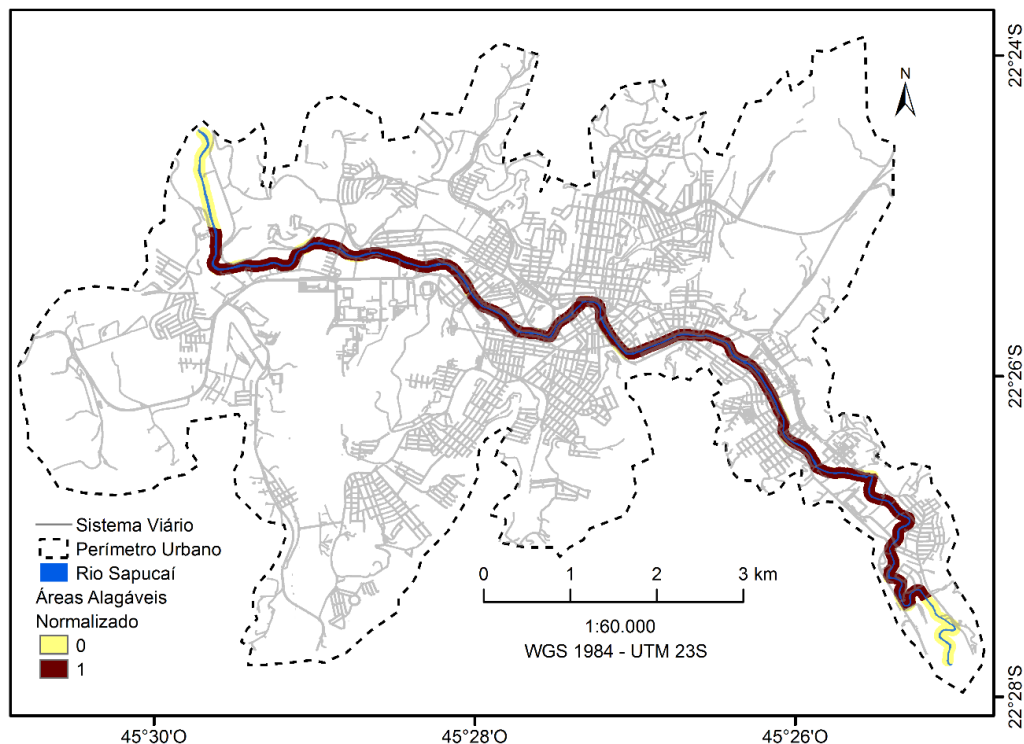


Figura 39 – Desempenho do critério “Áreas Alagáveis”

7.1.9 “Áreas Arborizadas”

O critério “Áreas Arborizadas” trata dos locais capazes de promover um conforto ambiental, pois a presença de árvores proporciona o equilíbrio térmico, em função do sombreamento da superfície. Os espaços arborizados também contribuem para o melhor aproveitamento da infraestrutura para integração social, tais como parques e praças que propiciam o uso de modos de deslocamento sustentáveis.

O critério “Áreas Arborizadas” foi avaliado inicialmente com o mapeamento das áreas onde existam árvores de grande e médio porte. Foram priorizadas áreas onde existam áreas arborizadas em relação às áreas predominantemente construídas.

O mapa apresentado na Figura 40 foi gerado no a partir da delimitação de polígonos sobre as regiões arborizadas utilizando como referência os dados do Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo. Observa-se a área total de 998 m², determinando que aproximadamente 66,5% da área de estudo está arborizada.

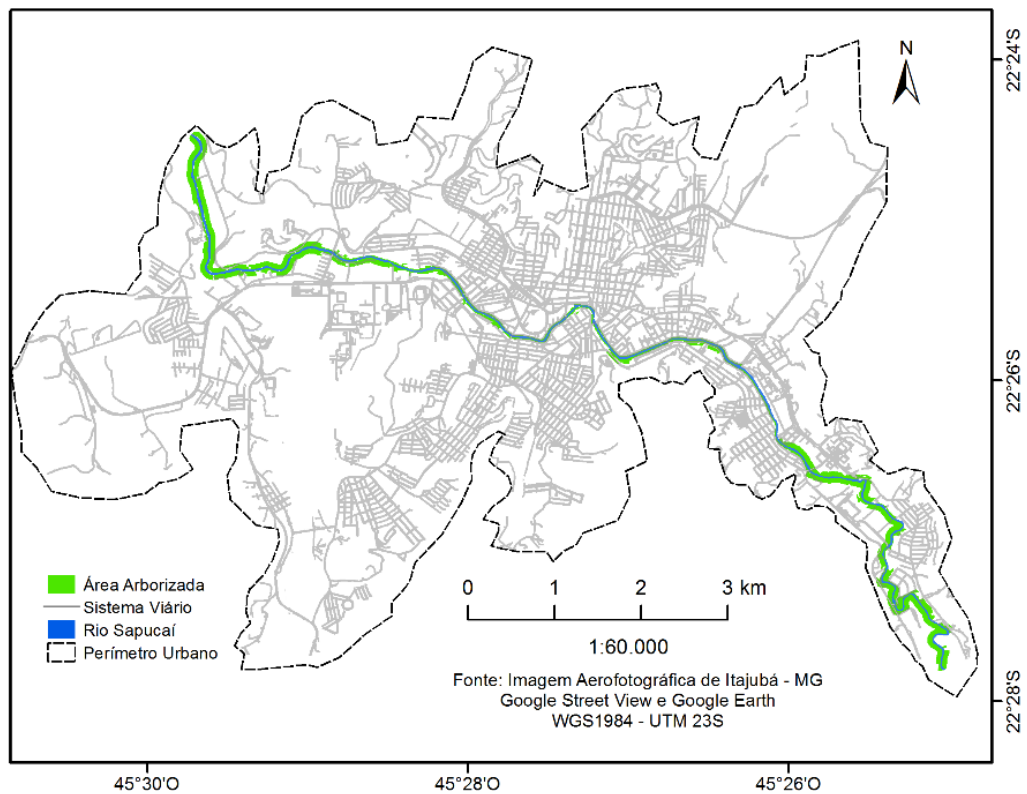


Figura 40 - Mapa das Áreas Arborizadas no município

A partir do mapa no formato vetorial, foi gerada uma imagem no formato raster, com auxílio da ferramenta “*Conversion - Polygon to Raster*” (Conversão - Polígonos para Raster). Com o intuito de normalizar os valores, realizou-se a reclassificação dos valores dos pixels da imagem raster com a função “*Reclass*” (Reclassificar) na ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial) do SIG, utilizando-se uma análise binária, na qual o valor 1 foi atribuído a “Áreas Arborizadas” enquanto que as áreas sem arborização receberam valor normalizado zero. O desempenho do critério “Áreas Arborizadas” na área de estudo é representado na Figura 41 com o resultado normalizado.

Observa-se que nas áreas centrais do município encontram-se apenas fragmentos arborizados, enquanto que para esse critério os bairros periféricos são considerados locais prioritários a receber projetos de revitalização e mobilidade urbana por conterem mais espaços arborizados.

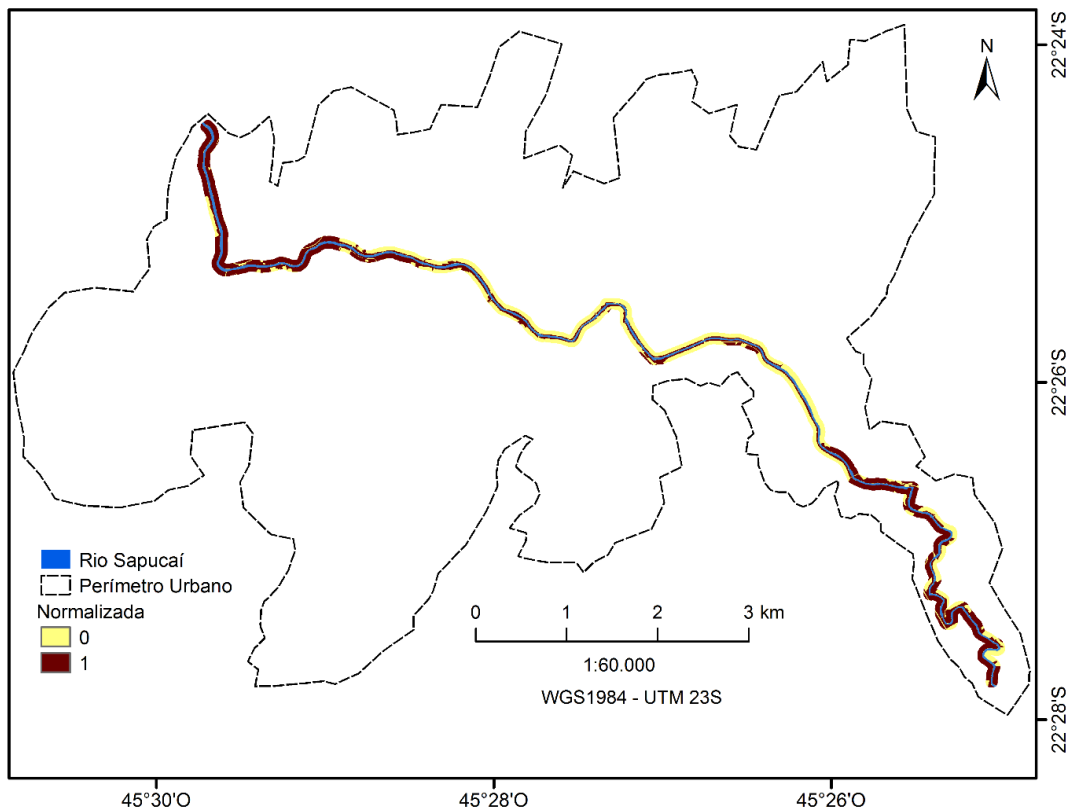


Figura 41 – Desempenho do critério “Áreas Arborizadas”

7.1.10 “Declividade”

O critério “Declividade” se refere a medida do grau de inclinação da superfície em relação ao eixo horizontal, desta maneira quanto menor o valor da inclinação mais plano o terreno, quanto maior o valor da inclinação maior a declividade do terreno. Os valores da inclinação do terreno variam de 0° a 90° e podem também ser expressos em porcentagem. Na Tabela 5 – Classificação do Relevo conforme a Declividade são apresentadas as classes de declividade de acordo com os valores em grau e porcentagem para cada classe de relevo.

Tabela 5 – Classificação do Relevo conforme a Declividade

CLASSE DE RELEVO	DECLIVIDADE	
Plano	0 -2%	0° a 1°8'45”
Suave ondulado	2% - 5%	1°8'45” a 2°51'45”
Moderadamente ondulado	5% -10%	2°51'45” a 5°42'38”
Ondulado	10% - 15%	5°42'38” a 8°31'51”
Forte ondulado	15% - 45%	8°31'51” a 24°13'40”
Montanhoso	45% - 70%	24°13'40” a 34°59'31”
Escarpado	>70%	> 34°59'31”

Fonte: INCRA (2006) adaptado de LEPSCH *et al* (1991).

O reconhecimento da declividade de um terreno é necessário para identificar as regiões acidentadas e planas, características que influenciam diretamente na escolha pelo modo de transporte. Alguns autores citam que vias com grande inclinação são frequentemente evitadas por ciclistas e pedestres e, que a preferência por vias planas (de baixa declividade) é maior entre os usuários diários de transporte ativo (MENGHINI *et al.* 2010, RONDINELA *et al.* 2012).

Winters *et al.* (2010) afirmam que não existe consenso sobre o limite de declividade a partir do qual a via é considerada inadequada para o ciclismo ou caminhada, uma vez que a tolerância aos trechos de subida está diretamente relacionada à preparo físico e disposição do pedestre ou ciclista. Porém, o autor cita que 10% é o valor limite de inclinação tolerado pelo usuário, a fim de proporcionar maior conforto ambiental aqueles que aderem ao transporte ativo nas vias urbanas.

A Figura 42 apresenta o mapa de declividade do terreno do município de Itajubá, de acordo com a porcentagem de inclinação. O mapa de declividade foi gerado no SIG com a função “Slope” (Inclinação) da ferramenta “Spatial Analyst” (Análise espacial).

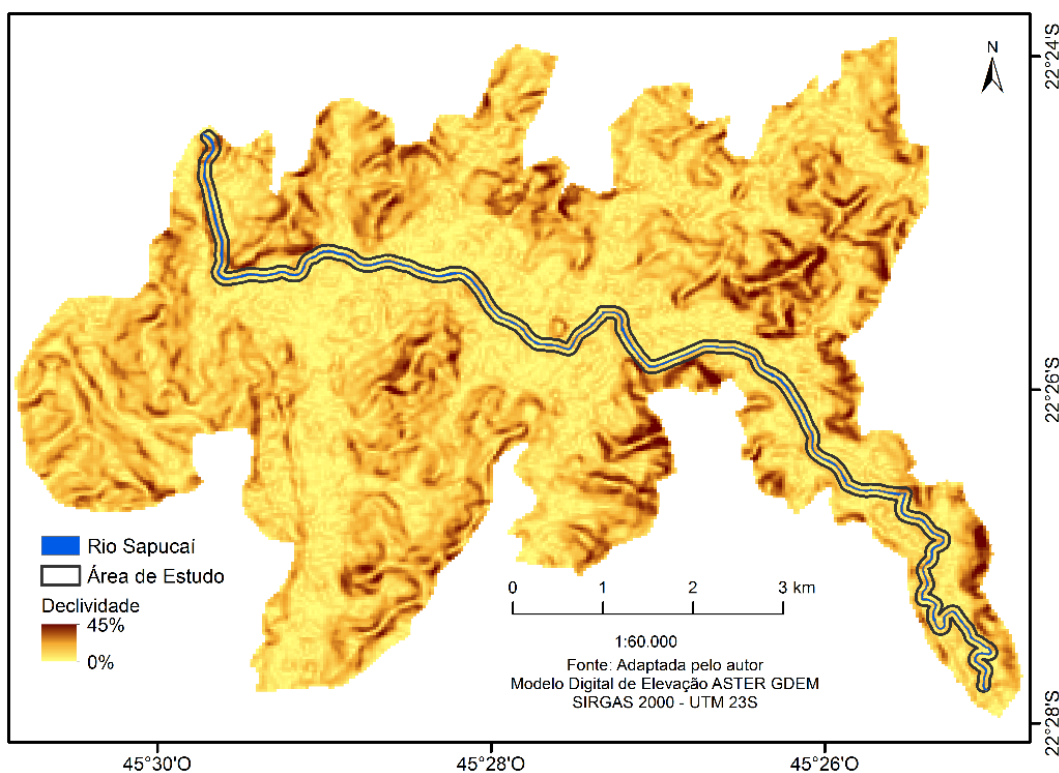


Figura 42 – Mapa de Declividade

Esta função utiliza como referência o algoritmo da média máxima. A base de dados foi obtida na plataforma online da USGS-EROS³. Os dados altimétricos utilizados são do Modelo Digital de Elevação ASTER GDEM⁴. Nota-se que no município são encontradas declividades de no máximo 45% de inclinação, entretanto a área de estudo está inserida em sua grande maioria em regiões de baixa declividade.

Conforme apresenta a Figura 43, a normalização foi realizada por uma Função *Fuzzy* Linear Decrescente, executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial). Foram priorizadas as áreas com as menores inclinações sendo que aos valores acima de 10% foi atribuído o valor zero.

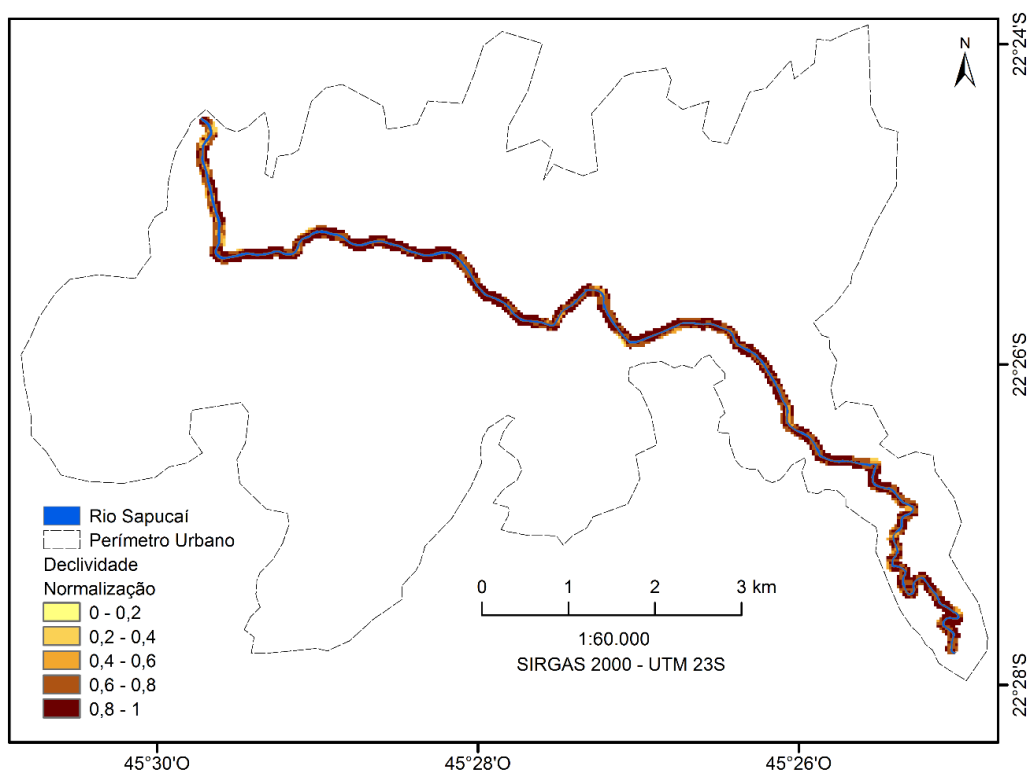


Figura 43 –Desempenho do critério “Declividade”

Observa-se que grande parte da área de estudo obteve desempenho próximo ao valor máximo, pois o entorno do rio Sapucaí se trata de uma região de planície, atrativa ao uso de

³ USGS (U. S. Geological Survey) - EROS (Earth Resources Observation and Science Center).

⁴ ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Global Digital Elevation Model) - Modelo Global de Elevação Digital de Emissão e Reflexão Térmica Espacial. Fornecido pela METI (Ministry of Economy, Trade, and Industry) - Ministério da Economia, Comércio e Indústria, do Japão e NASA (United States National Aeronautics and Space Administration) - Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos. ASTER GDEM é um produto das Agências METI e NASA <https://earthexplorer.usgs.gov/>

modos sustentáveis de transporte. Os valores com baixo desempenho se referem as áreas próximas aos morros presentes no município.

7.1.11 “Afastamento do Tráfego Intenso”

O sistema viário e o fluxo de veículos são importantes indicadores de poluição atmosférica, uma vez que são caracterizados como fontes móveis e considerados principais emissores dos poluentes nas áreas urbanas. Estudos comprovam que a intensidade do tráfego e o ano da frota dos veículos estão relacionados diretamente a qualidade e a dispersão dos poluentes, assim também outros fatores como tempo de exposição, relevo e ventos (HABERMANN *et al.*, 2011 HOEK *et al.*, 2002).

Na literatura foram constatados vários estudos que discutem a relação direta entre a exposição aos ambientes poluídos e seus efeitos adversos a saúde, principalmente o ruído e poluição atmosférica causadores de doenças que afetam o sistema nervoso, respiratório e cardiovascular. Pesquisas caracterizam os casos de exposição aos impactos ambientais negativos gerados pelo ruído e poluentes atmosféricos, as áreas distantes até 100m das infraestruturas viárias por onde trafegam as fontes móveis (ARBEX, 2012; HABERMANN *et al.*, 2011).

Portanto, quanto mais afastado de áreas onde exista o tráfego intenso de veículos automotores, melhor será o conforto ambiental (TOLEDO, 2011 HABERMANN *et al.*, 2011). Dessa maneira, a alternativa proposta para analisar áreas que não possuem dados de monitoramento da qualidade do ar e ruído foi adotar o método que compara as distâncias entre as vias de tráfego intenso e as áreas de estudo.

Então, o critério foi medido com base na análise das categorias das vias presentes no sistema viário do município, por meio de dados disponibilizados pelo Grupo de Pesquisa LOGTRANS – UNIFEI. Para Itajubá foram consideradas como principais vias de tráfego intenso as Rodovias Federais e Estaduais que cortam o município e as categorias “Vias Arteriais” e “Vias Coletoras”. As distancias das vias foram determinadas com auxílio do SIG a partir da função “*Euclidean Distance Analysis*” (Análise da Distância Euclidiana) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial), conforme é apresentado na Figura 44. Observa-se que em toda área de estudo as distancias dos principais eixos viários articuladores do tráfego estão no intervalo de 0 a 100m, ou seja, possui influência direta de ruídos e poluição do ar causados pelo fluxo de veículos.

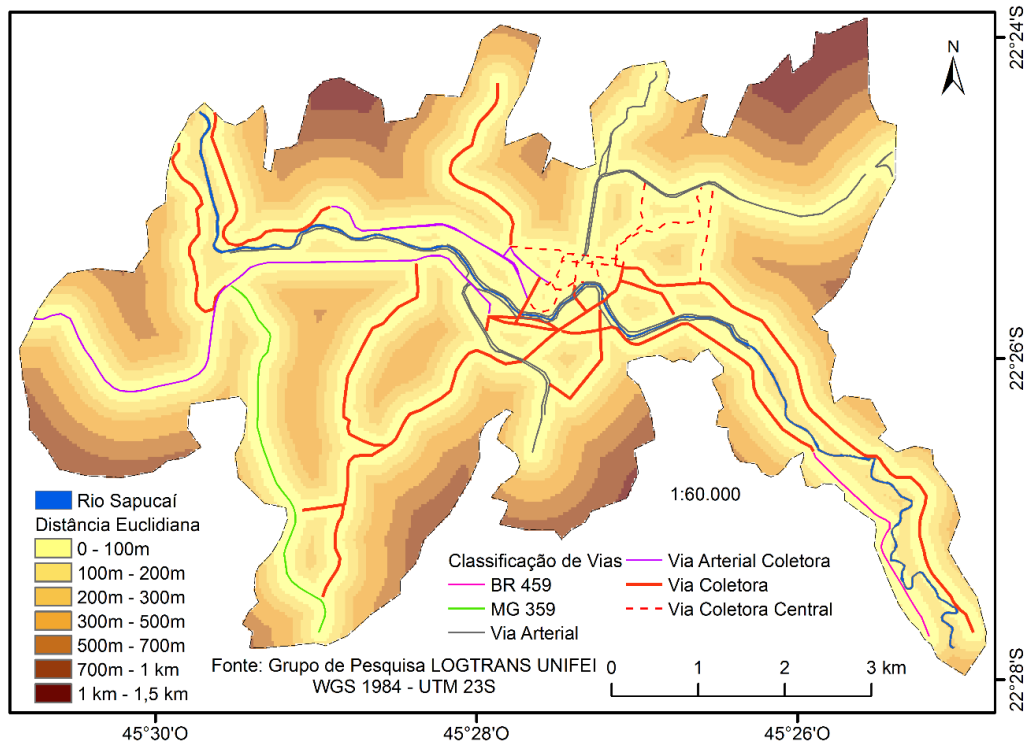


Figura 44 – Distância Euclidiana das Vias de tráfego Intenso

Foram priorizadas as áreas afastadas das vias de tráfego intenso como mais propícia a receber projetos de revitalização e mobilidade sustentável. O desempenho do critério “Afastamento do Tráfego Intenso” é apresentado na Figura 45.

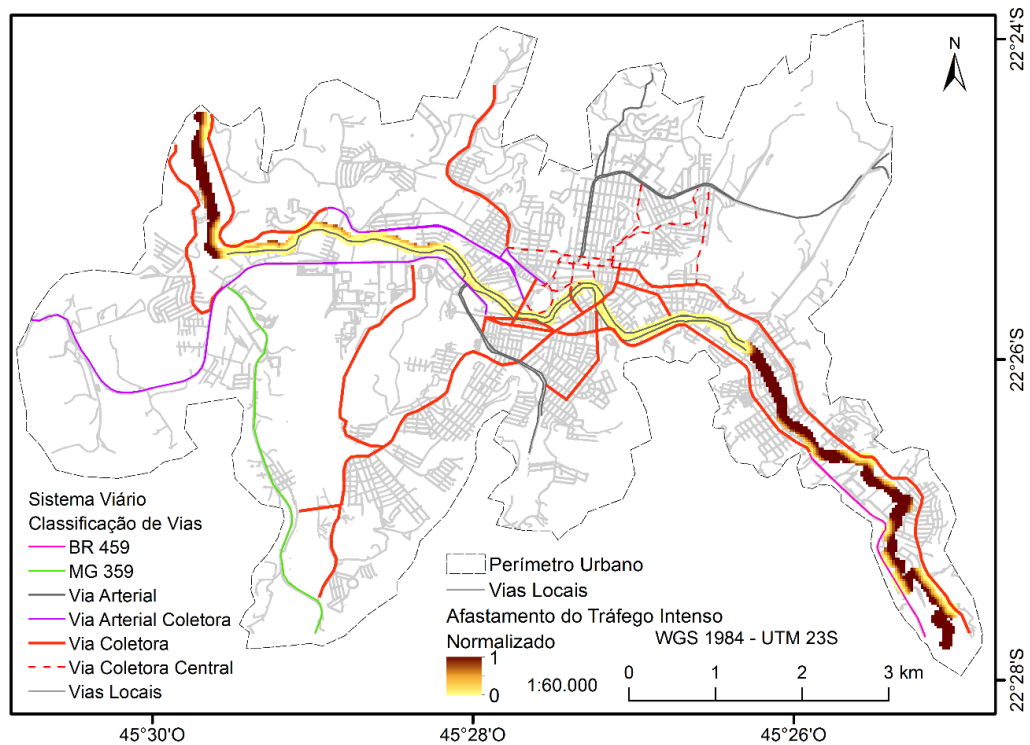


Figura 45 – Desempenho do critério “Afastamento do Tráfego Intenso”

Nota-se que grande parte da área de estudo recebeu valores normalizados baixos devido à proximidade da área de estudo as principais vias de tráfego intenso. As distâncias foram normalizadas no SIG a partir de uma Função *Fuzzy* Linear Crescente, ou seja, as áreas mais próximas as vias recebem valor próximo a 0, enquanto que as áreas mais distantes recebem valor próximos a 1. A normalização foi executada pela função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial).

7.1.12 “Afastamento de Indústrias”

Assim como o tráfego intenso é caracterizado com fontes móveis de poluição, as indústrias são consideradas as fontes fixas causadoras dos impactos ambientais negativos. Entretanto o critério “Afastamento de Indústrias” visa identificar quão distante se encontram às indústrias poluidoras das áreas de estudo, com o mesmo propósito, de priorizar as áreas com melhores índices de qualidade de ar e ruído para obter melhor conforto ambiental. Também foi adotado o mesmo método alternativo proposto anteriormente para compensar a ausência de dados específicos de medição direta da qualidade do ar e ruído. A análise das distâncias das indústrias às áreas de estudo é apresentada na Figura 46.

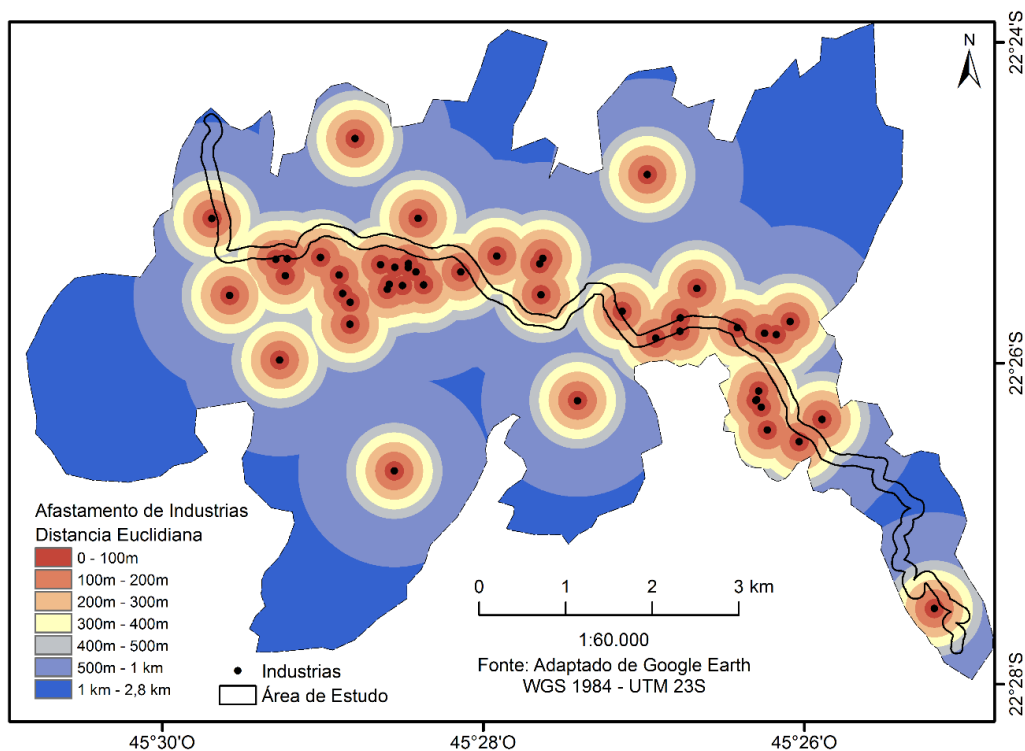


Figura 46 – Distâncias das Indústrias à área de estudo

As localizações foram obtidas através da divulgação oficial de 2017, sobre as indústrias da região disponibilizada online pela Associação Comercial, Industrial e Empresarial de Itajubá que continha os endereços das indústrias, possibilitando o georreferenciamento dos pontos de localização com auxílio da plataforma de pesquisas Google Earth. Então, os dados foram plotados no SIG para análise das distâncias, determinadas a partir da função “*Euclidean Distance Analysis*” (Análise da Distância Euclidiana) da ferramenta “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial), conforme é apresentado

Observa-se que a localização das indústrias no município se dá de forma dispersa, contudo elas estabelecem uma concentração próximas a área de estudo. São encontradas indústrias até 2 km da área de estudo, porém a maioria delas estão localizadas até 300m.

A normalização das distâncias foi realizada a partir de uma Função *Fuzzy* Linear Crescente, ou seja, as áreas mais próximas as indústrias foram atribuídas valores próximos a 0, enquanto que as áreas mais distantes recebem valor próximos a 1. A normalização foi executada no SIG utilizando a função “*Fuzzy Membership*” (Composição *Fuzzy*) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial).

Portanto, o mapa que representa o desempenho do critério “Afastamento de Indústria” é apresentado na Figura 45. Nota-se que grande parte da área de estudo recebeu valores normalizados baixos devido à proximidade da área de estudo as indústrias.

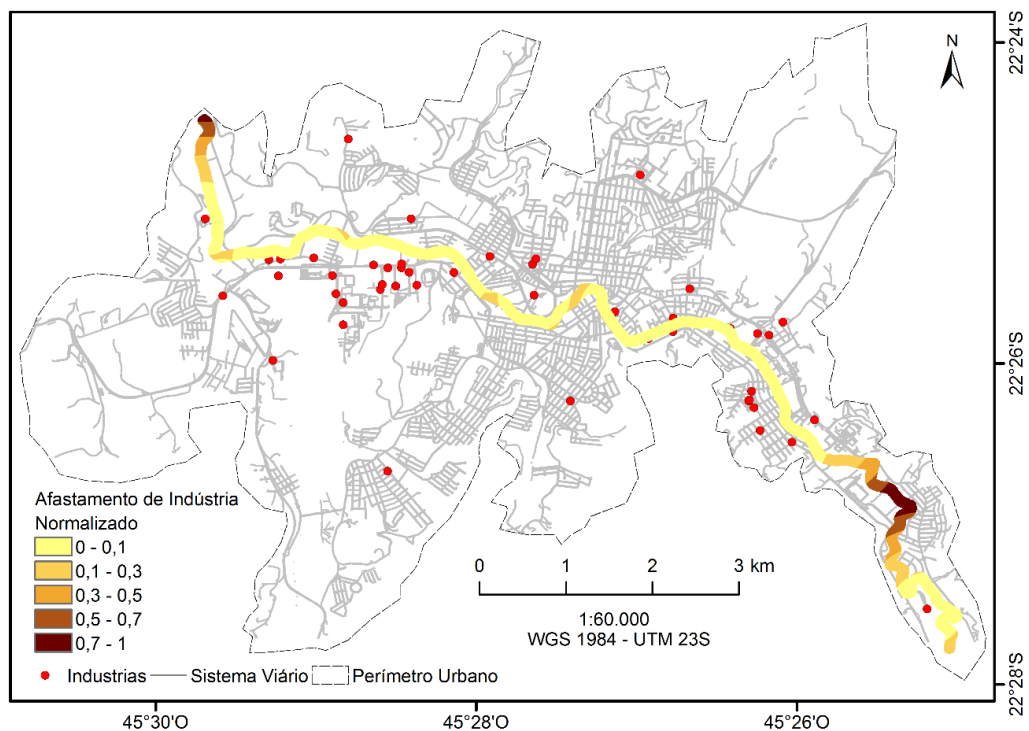


Figura 47 – Desempenho do critério “Afastamento das Indústrias”

7.2 Priorização e Análise dos Resultados

Os critérios foram agregados baseado na estrutura definida no modelo de priorização e nos níveis hierárquicos (Figura 14, Item 6.2). A expressão que agrega os critérios normalizados corresponde a uma Combinação Linear Ponderada (WLC – *Weighted Linear Combination*), que permite atribuir os pesos para cada critério e avalia-los de acordo com a agregação em grupo de critérios de um mesmo nível, conforme a Equação 6, item4.1.

A combinação foi realizada inicialmente para os critérios do 2º nível, agregando seus respectivos sub-critérios ponderados, e depois combinando os critérios dos dois grupos no 1º nível, gerando o mapa do índice global de prioridades, conforme é apresentado na Figura 50.

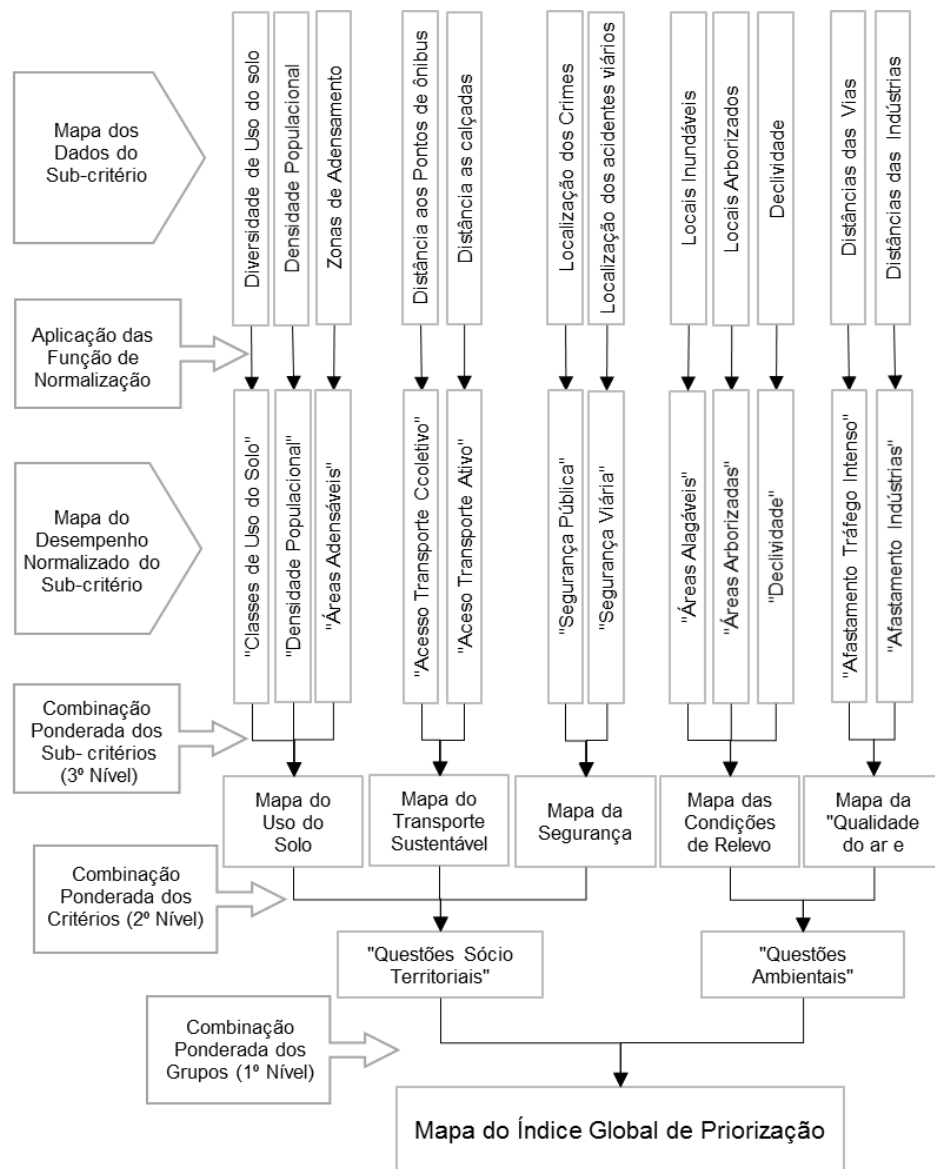


Figura 48 - Modelagem utilizada para a obtenção do mapa final de prioridades em ambiente SIG

A Função do SIG que expressa a Equação de Combinação é “*Weighted Sum*” (Soma Ponderada) da ferramenta “*Overlay*” (Sobreposição) inserida na janela “*Spatial Analyst*” (Análise Espacial), que consiste em sobrepor as imagens raster, multiplicando cada uma pelo respectivo peso, o que gera a soma ponderada de cada pixel da imagem.

O critério “Uso do Solo” (2º nível) teve a finalidade de combinar e avaliar os sub-critérios “Classes de uso do solo”, “Densidade populacional” e “Áreas Adensáveis, ou seja, os tipos de atividades realizadas na região estudada, bem como a distribuição da população em relação as atividades exercidas no meio urbano. Na Figura 49 são apresentados os índices de prioridades do “Uso do Solo” (2º nível), em que se observa a escala ponderada através de cores que indicam as regiões prioritárias. Nota-se a prioridade dada em toda área central condizente com as regiões adensadas e com maior diversidade de usos.

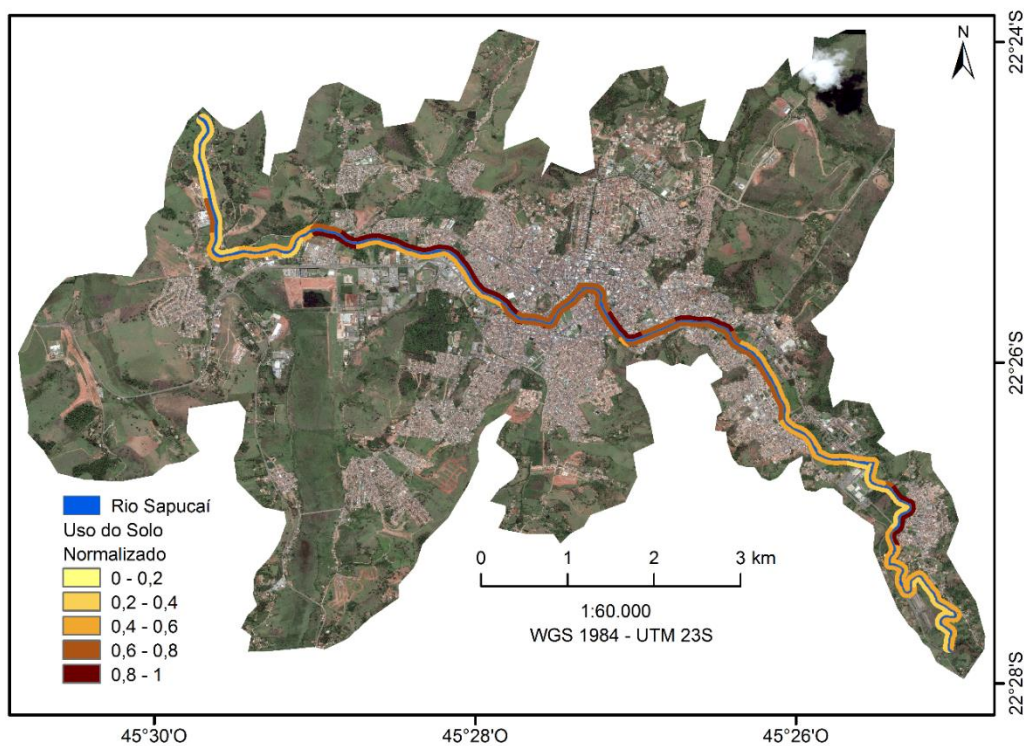


Figura 49 – Índice de Prioridade para “Uso do Solo”

O critério “Transporte Sustentável” (2º nível) trata das condições do sistema viário que afetam diretamente a escolha do usuário por utilizar os modos de transportes sustentáveis. Na Figura 50 é apresentado o resultado da combinação dos sub-critérios “Acesso ao Transporte Coletivo” e “Acesso ao Transporte Ativo”. Observa-se que grande parte da área de estudo obteve um índice de prioridade alto, o que representa ser uma área com proximidade às calçadas e aos pontos de ônibus, propícias à integração dos transportes sustentáveis.

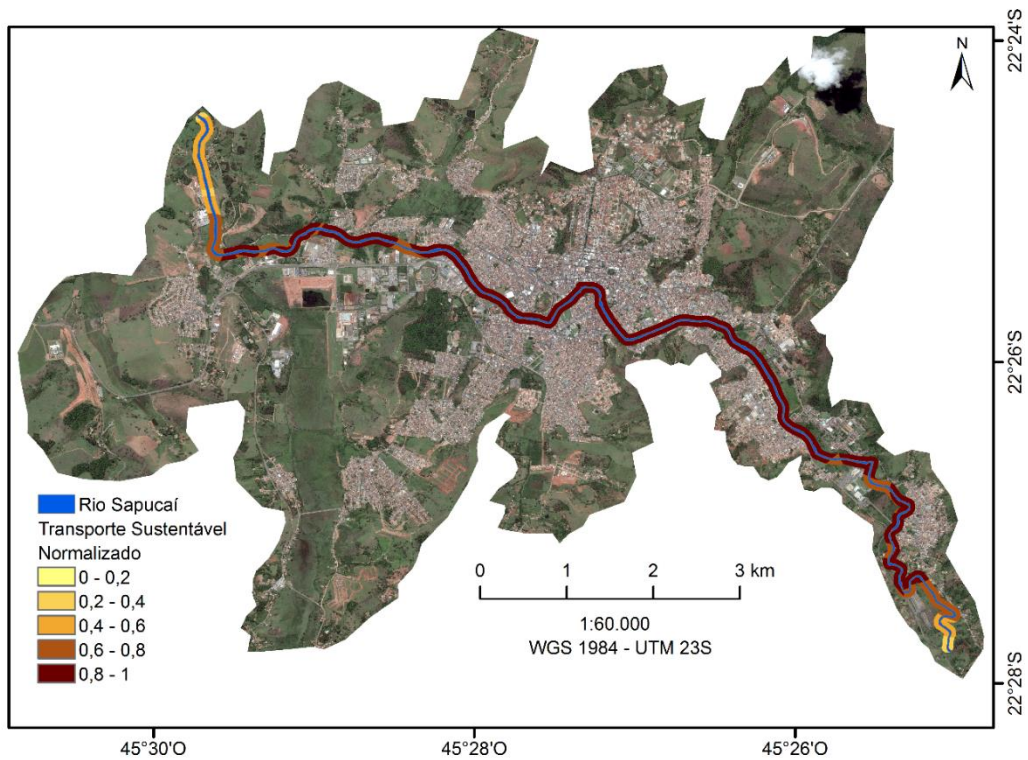


Figura 50 – Índice de Prioridade para “Transporte Sustentável”

Na Figura 51 é apresentado o critério “Segurança” (2º nível) resultado da combinação dos sub-critérios “Segurança Pública” e “Segurança Viária, que considera o fato da escolha por modos sustentáveis estar diretamente ligada a sensação de segurança nas vias urbanas, uma vez que áreas degradadas e inseguras não são atrativas ao transporte ativo.

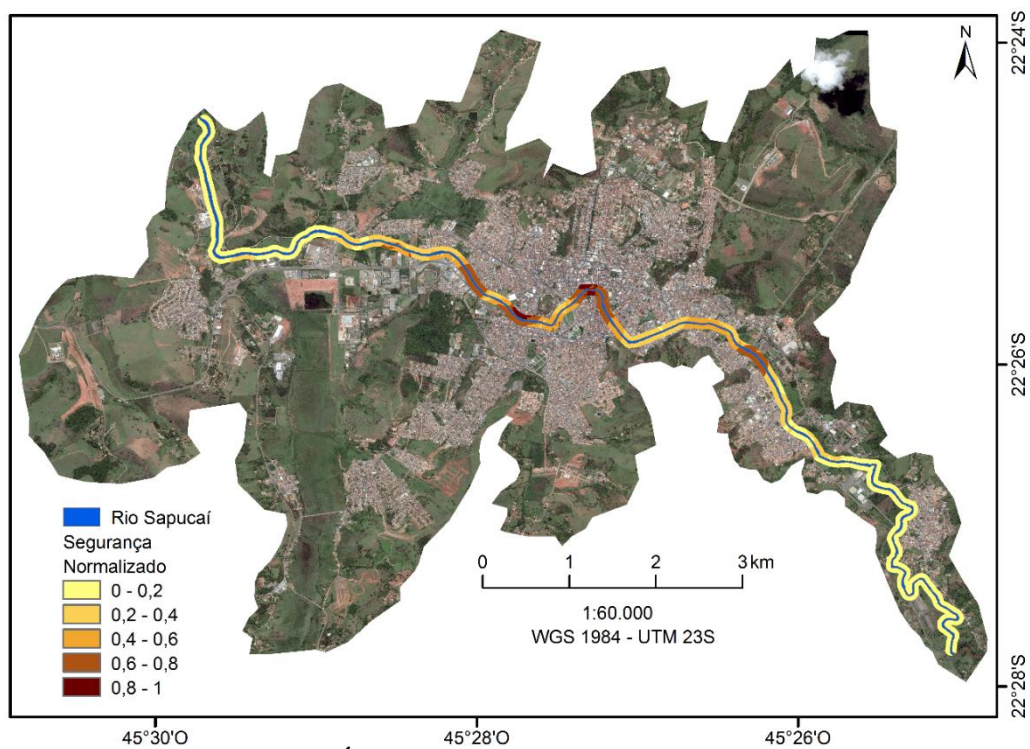


Figura 51 – Índice de prioridades para “Segurança”

Observa-se que as áreas prioritárias localizadas na região central merecem maior atenção do poder público, com projetos de revitalização e mobilidade urbana que tragam maior interação social, o que consequentemente auxilia nos indicadores de segurança pública e viária. Os locais que apresentam os maiores valores normalizados devem ser priorizados, pois são possíveis áreas que requerem melhorias na infraestrutura para recuperação da segurança.

O critério “Condições de Relevo” (2º nível) considera as interferências físicas que influenciam o conforto ambiental e atuam na preferência dos usuários por modos sustentáveis de transporte. Portanto, este critério combina os sub-critérios “Áreas Alagáveis”, “Áreas Arborizadas” e “Declividade”, gerando o mapa da Figura 52. Observa-se que mesmo com a atribuição de pesos semelhantes aos critérios, as “Áreas Arborizadas” atuaram com maior influência no índice de prioridades. Ou seja, as áreas com maior prioridade nos bairros periféricos são arborizadas, apresentam pouca variação de declividade e estão inseridas em área de inundação.

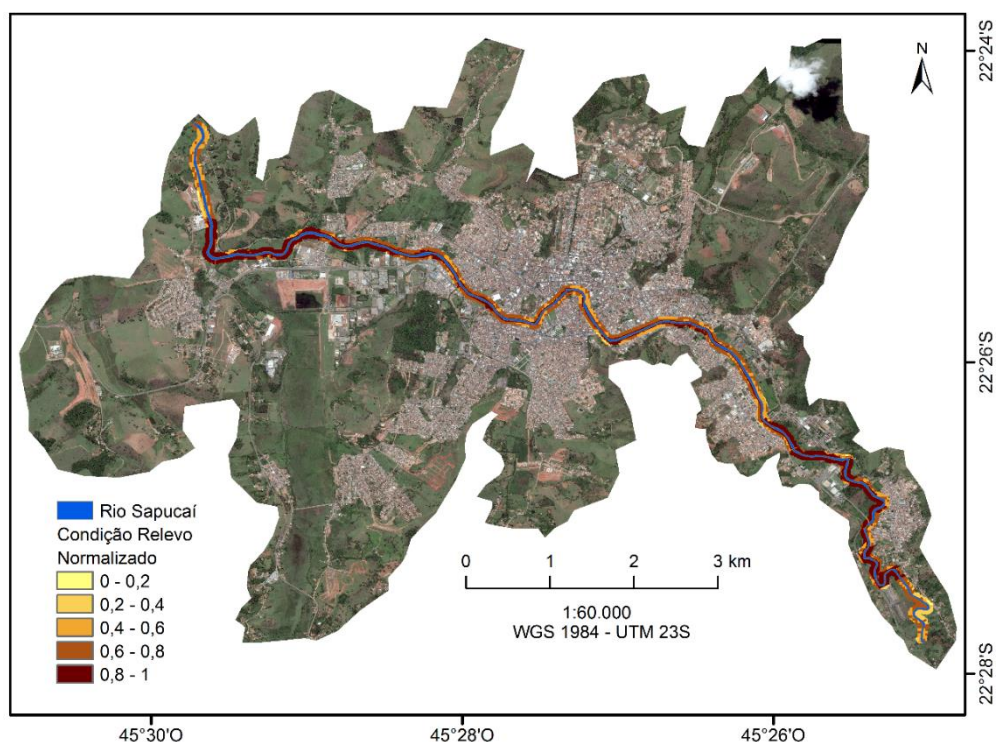


Figura 52 – Índices de Prioridades para “Condições de Relevo”

O critério “Qualidade do ar e Ruído” (2º nível, Figura 13) considera as distâncias das principais fontes geradoras de poluição sonora e atmosférica, sendo o resultado da combinação entre os sub-critérios “Afastamento do Tráfego Intenso” e “Afastamento das Indústrias”, conforme apresenta a Figura 53. Foram priorizadas as áreas afastadas do tráfego pesado e das

indústrias, visto que esses locais não são agradáveis ao uso de modos ativos sustentáveis de transporte. Nota-se que grande parte da área de estudo apresenta valores baixos de prioridade, em consequência da proximidade da principal rodovia de acesso à cidade, que permeia o rio Sapucaí em quase toda a sua extensão e junto a ela também estão localizadas as indústrias de maior impacto.

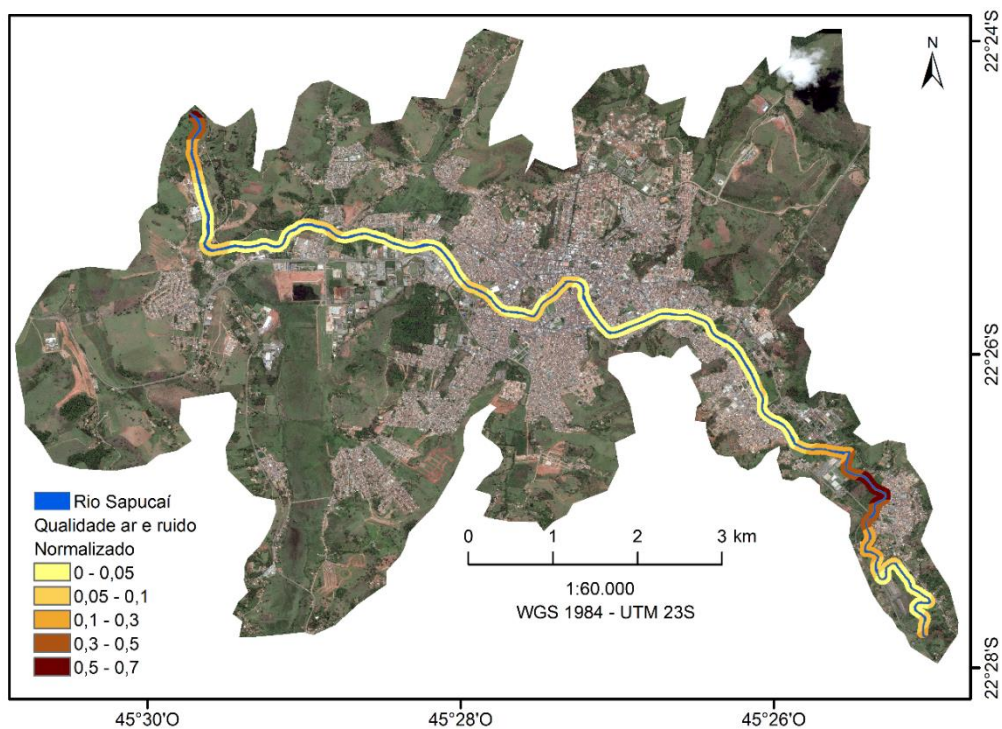


Figura 53 – Índice de Prioridades para “Qualidade do ar e Ruído”

Depois de realizar a combinação dos vários sub-critérios para gerar os mapas dos critérios do 2º nível, foi realizada a combinação dos mesmos, gerando os mapas dos grupos de critérios do 1º nível.

O grupo denominado “Questões Sócio Territoriais” (1º nível) considera as características da infraestrutura urbana que favorecem a integração social para aumentar a qualidade de vida da população, resultado da combinação dos critérios “Uso do Solo”, “Transporte Sustentável” e “Segurança”, conforme é apresentado na Figura 54. Observa-se que as áreas priorizadas no mapa recebem grande influência do critério “Uso do Solo” quando comparado aos outros critérios, devido ao fato de a área central (mais prioritária) da cidade possuir muitos locais com uso misto, fazendo elevar o índice quando multiplicado por um valor alto de grau de importância e ainda corroborando com ambientes bastante adensados.

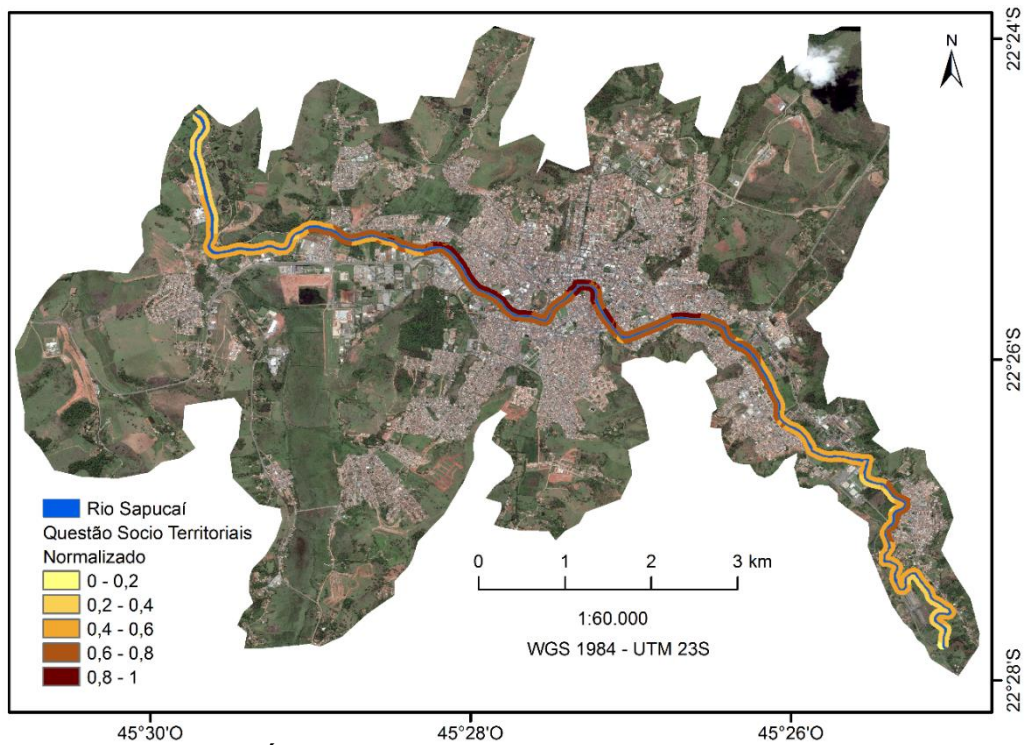


Figura 54 – Índice de prioridades para “Questões Sócio Territoriais”

O segundo grupo do 1º nível, denominado “Questões Ambientais” resulta da combinação entre os critérios “Condições de Relevo” e “Qualidade do ar e Ruído”, conforme apresentado na Figura 55.

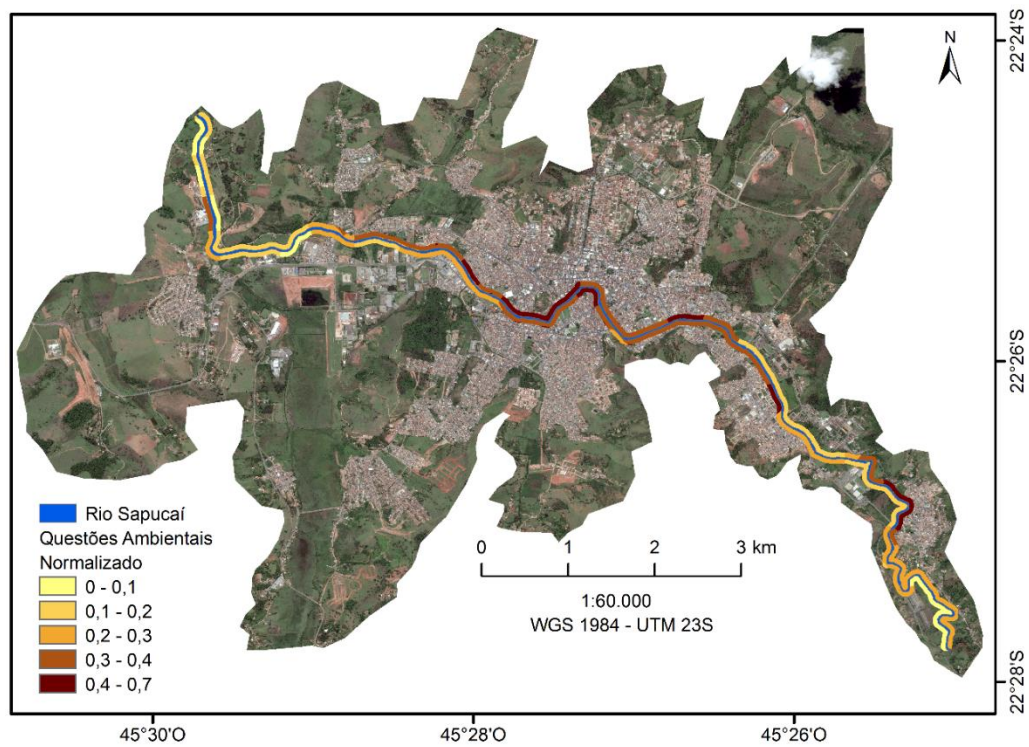


Figura 55 – Índices de Prioridades para “Questões Ambientais”

As “Questões Ambientais” relacionam critérios que caracterizam o conforto ambiental que podem propiciar mudanças no comportamento social, como a escolha por modos ativos ou coletivos, por exemplo. A partir da combinação ponderada, constata-se a compensação dos critérios com a priorização das áreas centrais no município.

A compensação é verificada, uma vez que as áreas periféricas ao centro ao mesmo tempo que apresentam maior prioridade considerando as “Condições de Relevo”, também apresentam distâncias muito próximas as fontes geradoras de poluição sonora e atmosférica o que acarreta a diminuição da prioridade.

Por fim, depois de realizada a combinação dos critérios do 2º nível, gerando os mapas dos grupos de critérios do 1º nível, foi realizada a combinação dos mesmos, gerando o mapa final (global) de prioridades. Portanto, foram combinados os mapas dos grupos “Questões Sócio Territoriais” e “Questões Ambientais”. A Figura 56 apresenta o índice global de priorização das áreas no entorno do Rio Sapucaí.

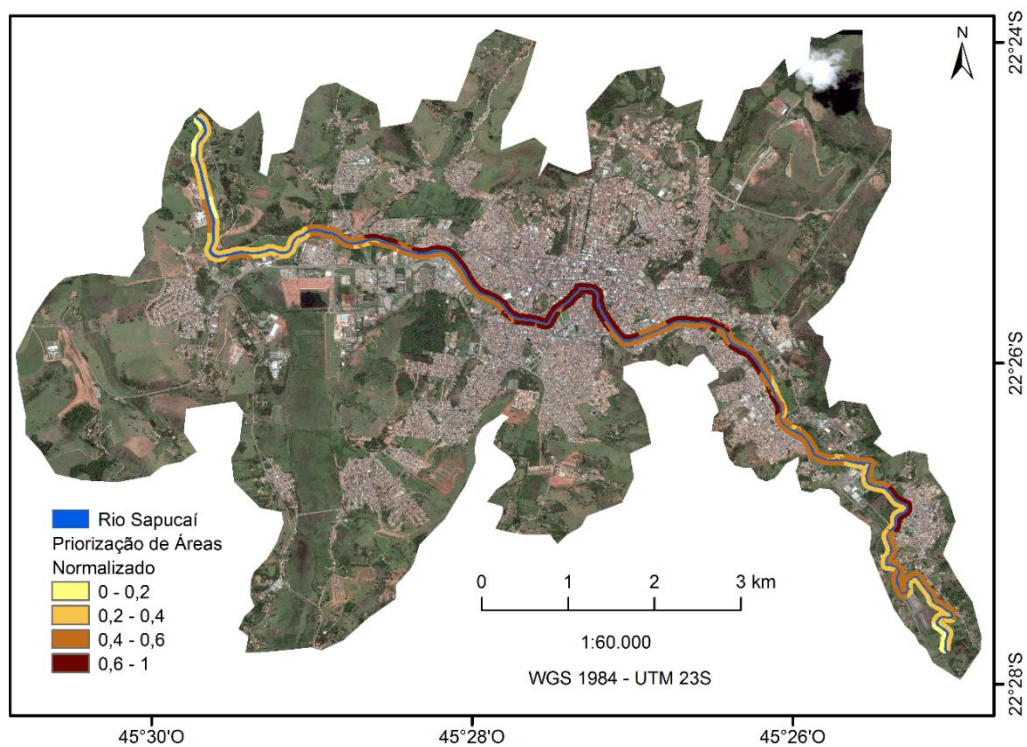


Figura 56 – Índice Geral de Priorização de Áreas

Nota-se que o maior trecho priorizado apresenta integralidade e conecta os bairros centrais as zonas industriais do município. Também são identificados outros trechos menores, que possibilitam a análise dos tomadores de decisão na priorização da aplicação de projetos diante de recursos limitados, visando a integração futura entre os diferentes trechos. Esta é uma conclusão importante, pois de acordo com estudos anteriores e os conceitos do DOTS (ITDP,

2014), projetos de mobilidade urbana sustentáveis devem permitir o uso dos vários modos de forma conjunta, com trechos contínuos que proporcionem a integridade, necessária a segurança e o bem-estar da população.

A Figura 57 apresenta imagens da região central da cidade, como exemplo de locais que poderiam ser implementados os projetos de revitalização e mobilidade urbana, com a abordagem e princípios do DOTS. Estes locais alcançaram maior índice de prioridades de acordo com o modelo desenvolvido, mostrando que o resultado da priorização tem coerência com a realidade constatada em campo.



a) Adensamento verticalizado



b) Diversidade de Usos



c) Infraestrutura para transporte ativo



b) Locais subutilizados no centro

Figura 57 – Identificação dos princípios do DOTS nas áreas centrai

O grupo “Questões Sócio Territoriais” com maior grau de importância se destaca também nas imagens da Figura 55. Nesses trechos são identificadas as áreas mais adensadas (55a), com diversidade de uso e ocupação (55b) e acesso aos transportes sustentáveis (55c). Também foi verificado (55d) a presença de áreas subutilizadas nos bairros centrais, que carecem de projetos integrados de revitalização e mobilidade, visto que nesses locais a população utiliza modos ativos de deslocamento mesmo na falta da infraestrutura adequada.

8 CONCLUSÕES

As políticas públicas voltadas para o Planejamento Urbano no país encontram-se ainda em processo de implementação, marcado por uma acentuada ineficácia visto que atende somente uma parcela da sociedade em detrimento da grande maioria. Entretanto existem novas abordagens com enfoques na sustentabilidade que objetiva incorporar valores e preocupações sociais e ambientais, amplamente manifestado nos países desenvolvidos e ainda em construção no Brasil.

O Plano de Mobilidade Urbana tornou-se um instrumento obrigatório a partir da publicação da Lei nº 12.587/12 que instituiu a Política Nacional de Mobilidade Urbana, criado para propor diretrizes que orientam o planejamento da mobilidade nos municípios. Deste modo as diretrizes asseguraram as condições de deslocamento urbano priorizando os modos de transportes sustentáveis, com propósito de promover a qualidade de vida e cidadania. Porém verifica-se a não priorização da mobilidade com que essas questões são tratadas na realidade, sem efetivos investimentos dos gestores e conscientização da população.

A realidade encontrada na maior parte das cidades brasileiras se diferencia do intuito da lei, visto que quando efetivamente se encontra elaborado pelo próprio município o plano de mobilidade, existem falhas sobre a realidade local e incluem propostas vagas sujeitas a várias interpretações. Outro reflexo da falta de prioridade das questões da mobilidade nas políticas públicas foi o adiamento dado pelo governo federal do prazo para os municípios apresentarem o Plano de Mobilidade Urbana, que seria até 2015 e foi prorrogado para 2018.

Itajubá-MG, ainda não possui um Plano de Mobilidade Urbana e no Plano Diretor somente são vistos alguns itens a respeito da mobilidade urbana do município. Esse, por sua vez, foi elaborado em 2003 e começou a vigorar em 2012 por atuação do Ministério Público encontrando-se, atualmente, em fase de revisão.

Constata-se que entre as políticas públicas norteadoras do Planejamento Urbano e de Mobilidade Urbana é desenvolvido um ciclo de influência em relação as diferentes atividades ocupação do uso do solo e a infraestrutura para os transportes. As políticas públicas contemplam diretrizes norteadoras considerando a interligação entre os temas, com intuito de promover o desenvolvimento urbano sustentável. Na legislação, a formulação das políticas públicas deve contar com a participação de todos os setores da sociedade. Entretanto, a realidade dos municípios de médio porte no Brasil ainda carece de atenção maior do poder público e participação efetiva da população.

O processo de expansão urbana de grande parte dos municípios brasileiros, ocorreu de forma desordenada acarretando em diversos problemas de ordenamento do solo e ao mesmo tempo o aumento dos modos motorizados de transportes. Com foco nesse processo de expansão, as cidades de médio porte são consideradas o objeto deste trabalho, uma vez que podemos prever os futuros problemas que envolvem os espaços urbanos ainda em tempo de propor soluções viáveis para o desenvolvimento.

As propostas de planejamento ou revitalização do meio urbano são possíveis com auxílio de metodologias que reúnem diversas áreas do conhecimento, articulado sobre os pilares da sustentabilidade. O uso dos conceitos abordados no DOTS - Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável para a elaboração do modelo de decisão se apresentou como uma ferramenta conceitual satisfatória para traçar as diretrizes e elaboração dos critérios de decisão, com vista ao desenvolvimento sustentável do meio urbano. Foram considerados os princípios que priorizam os modos de transportes sustentáveis, como transporte coletivos e modos ativos; compactação dos centros com a promoção de usos mistos do solo e adensamento populacional; criação de espaços públicos que intensifiquem a interação social. Portanto, com base nesses princípios e na metodologia de Análise de decisão Multicritério foi elaborado o modelo de priorização contemplando a importância da sustentabilidade associado e as particularidades locais.

A estruturação do modelo se mostrou bastante complexa, principalmente por envolver diversas áreas do conhecimento, analisadas em cada critério selecionado para compor o modelo. Os critérios descrevem e identificam o contexto das cidades brasileiras empregado para evidenciar peculiaridades locais, como traçados urbanos, condições de relevo, indicadores de segurança e conforto ambiental, importantes para ajustar a teoria à prática.

O método do Processo Hierárquico Analítico (AHP) adotado para estruturar hierarquicamente os critérios permitiu a avaliação do grau de importância utilizando a comparação par a par, julgada por especialistas de diferentes áreas. O quadro de avaliadores contou com pesquisadores da UNIFEI e gestores do município, no qual participaram profissionais da Secretaria de Planejamento Urbano, Secretaria de Meio Ambiente, Departamento de Trânsito e Câmara de Vereadores. Diante de tantas especialidades contatou-se uma variedade de julgamentos e opiniões divergentes, que ao mesmo tempo se mostra uma abordagem enriquecedora na composição do grau de importância, em certas situações pode ser considerada uma fragilidade de um modelo desenvolvido. No caso estudado, as opiniões diversas são importantes na composição

do grau de importância de cada critério, pois são abrangentes no contexto de problemas complexos e da multidisciplinariedade dos critérios.

O modelo foi estruturado em níveis de hierarquia, onde no primeiro nível a maior importância foi atribuída as “Questões Sócio Territoriais” (0,668) quando comparado as “Questões Ambientais” (0,332). Dentro desse agrupamento, o critério “Uso do Solo” (0,457) recebeu maior relevância quando comparado aos critérios “Transporte Sustentável” (0,298) e “Segurança” (0,245), por tratar das características das pertinentes atividades exercidas no meio urbano e o adensamento populacional. Com relação as “Questões Ambientais”, os avaliadores identificaram as “Condições de Relevância” (0,800) como o grupo de critérios mais relevante na caracterização do conforto ambiental que interferem na opção dos usuários por modos de transportes sustentáveis.

Definiu-se como estudo de caso para aplicação do modelo de priorização o entorno do Rio Sapucaí em Itajubá-MG. É notória a importância do Rio Sapucaí desde a fundação do município do município de Itajubá até a consolidação da expansão urbana atual, porém há a necessidade da revisão do Plano Diretor e das legislações ambientais municipais para eliminação de lacunas existentes, pois apenas assim haverá a possibilidade de um planejamento de controle dos adensamentos das áreas lindeiras ao rio.

A aplicação do modelo de priorização teve início com a etapa da coleta de dados considerada bem exaustiva tanto pela quantidade de dados adquiridos quanto pela diversidade de instituições visitadas. Verificou-se que a disponibilidade de dados é um ponto crucial em pesquisas dessa natureza. Algumas medições seriam mais precisas se estivessem disponíveis dados como, pesquisa Origem Destino, contagem e classificação das vias, emissão de poluentes. Entretanto, a riqueza dos dados que puderam ser coletados proporcionou uma análise satisfatória dos critérios abordados para aplicação do modelo de priorização no entorno do Rio Sapucaí.

Para completar a coleta dos dados foi necessário realizar o diagnóstico do uso e ocupação do solo na área de estudo, finalizando os objetivos específicos deste trabalho. O diagnóstico baseou-se na definição e localização de nove classes de uso e ocupação do solo. Aproximadamente 2,3 km² de áreas foram mapeadas e apresentaram os seguintes resultados: Residencial (32,72%), Sistema Viário (16,40%), Comércio e Serviços (13,74%), Áreas Verdes (10,43%), Uso Misto (9,97%), Lotes Vagos (9,78%), Institucional (3,63%), Serviços Especiais (2,35%) e Industrial (0,98%). Por meio do estudo dos dados históricos da legislação urbana municipal foi possível compreender as prioridades no adensamento urbano no município, bem como a coerência entre o que foi diagnosticado no uso e ocupação do solo e as diretrizes previstas no Plano Diretor.

Do diagnóstico foi possível evidenciar que a implementação do Plano Diretor ao município de Itajubá foi de grande valia quanto à preservação das margens do Rio Sapucaí, criando um zoneamento específico para que haja revitalização urbana e melhoria dos serviços à população, como a permissão de ocupação de sistemas viários e equipamentos públicos. Porém, as lacunas existentes obrigam o setor público a recorrer de outras legislações a procura de definições que não são apontadas no plano, como no caso de áreas urbanas consolidadas, acarretando em incongruências no que é permitido ou não no uso e ocupação do solo. Esta duplicidade dificulta o controle do adensamento e expansão urbana, além de não priorizar a revitalização urbana e do sistema viário em áreas mais adensadas.

O banco de dados foi montado no software de geoprocessamento ArcGIS 10.4.1, primeiramente foram analisados os dados de cada critério para verificação da realidade local. Em seguida, aplicou-se funções de normalização para padronizar os critérios em uma escala de 0 a 1. Empregou-se tanto as Funções *Fuzzy* Linear Crescente e decrescente, para a maximização e minimização dos critérios. Alguns critérios puderam ser normalizados a partir de Funções Binárias, em que é analisado a presença ou não da referência de dado do critério. A partir dessa normalização foi possível agrupar os critérios, com a aplicação da Combinação Linear Ponderada (WLC – *Weighted Linear Combination*), que possibilitou a atribuição dos pesos definidos anteriormente para cada critério no agrupamento.

Diante dos critérios avaliados, o mapa de índices de prioridades apontou trechos lineares na região central da área de estudo, como locais prioritários a receber projetos integrados. Constatou-se a coerência do resultado, uma vez verificaram-se em campo os princípios do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável, destacando a atribuição da maior relevância para as “Questões Sócio -Territoriais”.

A análise dos critérios no ambiente SIG se apresentou satisfatória possibilitando, aos especialistas e gestores públicos, tanto a compreensão individual de cada fator que integra o modelo, quanto o entendimento das associações realizadas para priorização de áreas no entorno do rio, permitindo a visualização da interferência e relevância entre os critérios.

Com base nos resultados obtidos observa-se a viabilidade de incorporar de forma gradativa os conceitos de sustentabilidade na gestão e planejamento do meio urbano, especialmente no que tange as atividades exercidas no uso do solo e a integração com os projetos para o transporte. Uma vez que o estudo de caso possibilitou a aplicação do modelo em uma região articuladora do sistema viário, que interliga vários bairros no município e carece de investimentos para revitalização e mobilidade urbana.

O modelo se apresenta como uma ferramenta que auxilia os tomadores de decisão a justificar investimentos em áreas prioritárias para receber projetos de revitalização e mobilidade sustentável diante a inconveniente limitação de recursos, visando melhorias na qualidade de vida da população. Porém, cabe ressaltar ainda que os interesses políticos, principalmente nas médias cidades, muitas vezes se sobressaem aos critérios avaliados neste trabalho, pois atua como um outro fator limitante para execução de projetos.

Para trabalhos futuros considera-se a inserção de fatores que abordem as questões dos polos geradores de viagens (PGVs) e análises da localização de instituições de saúde, educação e lazer, que interferem diretamente nas relações entre uso do solo e transportes. Bem como, podem ser inseridos métodos de simulação dos transportes sustentáveis para melhor avaliar o comportamento do sistema, assim como uma análise econômica para investigar a viabilidade dos projetos.

Outro fator limitante deste trabalho aponta para a questão dos transportes coletivos, pois além de se utilizar a localização dos pontos de ônibus, seria interessante identificar a frequência com que os ônibus passam no ponto, uma vez que o acesso ao transporte também está diretamente vinculado a qualidade do transporte coletivo, principalmente se tratando de cidades de médio porte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHEAMPONG, R. A.; E. A. SILVA. **Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions.** The Journal of Transport and Land Use. Vol. 8, n. 3, p. 11-38. 2015.

ALVES, P. **Mobilidade urbana sustentável: diretrizes da política brasileira.** Cadernos Adenauer XV, nº2. Governança e sustentabilidade nas cidades. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Konrad Adenauer, 2014.

AMAZONAS, M. C. **Desenvolvimento sustentável e a teoria econômica: o debate conceitual nas perspectivas neoclássica, institucionalista e da economia ecológica.** Brasília: IBAMA, 2002.

AMARAL, I. C. G.; CAMPOS, V. B. G. SUCENA M. P. **Metodologia para intervenções em estações focada em TOD – Transit Oriented Development.** Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes da ANPET- Planejamento Territorial do Transporte (Transporte e Uso do Solo). Ouro Preto- MG. 2015.

ARBEX, Marcos Abdo; SANTOS, Ubiratan de Paula; MARTINS, Lourdes Conceição; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; BRAGA, Alfésio Luis Ferreira. **A poluição do ar e o sistema respiratório.** Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2012. Vol 38(5). Pag 643-655.
<http://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>

ARRUDA, F. S. **Aplicação de um modelo baseado em atividades para análise da relação uso do solo e transportes no contexto brasileiro.** Tese (Doutorado) – Escola de engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo., São Carlos. 2005.

BANISTER, D. **The sustainable mobility paradigm.** Transport Policy, 15 (2), 73-80. 2008.

BARATTO, R. 2013. **Projeto Chicago Riverwalk: recuperar o rio.** Acesso em 01 de setembro 2016. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-138935/projeto-chicago-riverwalk-recuperar-o-rio>>

BARBOSA, A. A. et al (org.) **Relatório da Comissão de Avaliação Técnica para Recuperação e Urbanização das Margens do Rio Sapucaí e seus afluentes da Área Urbana.** Universidade Federal de Itajubá. 2000.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 5 de outubro de 1988. Institui a Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 1988.

_____. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.Estatuto da Cidade.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal que estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.

_____. **Lei nº 10.257, de julho de 2001, Estatuto da Cidade e legislação correlata.** Brasília, Edições Câmara, 2009.

_____. **Lei Federal nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas.** Brasília, DF. 2009

_____. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília, DF. 2012.

_____. **Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF.

_____. **MINISTÉRIO DAS CIDADES. PlanMob: Caderno de Referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana.** SeMob - Secretaria Nacional de Transportes e Mobilidade Urbana. Brasília, 2015.

_____. **MINISTÉRIO DAS CIDADES. Política nacional de mobilidade urbana sustentável - Cadernos M Cidades mobilidade urbana.** Brasília, 2004a.

_____. **MINISTÉRIO DAS CIDADES. “Caderno de Referência - Plano Diretor Participativo.” - Plano Diretor e Desenvolvimento Regional.** Brasília, 2004b.

_____. **PlanMob: Construindo a cidade sustentável – Caderno de Referência para elaboração de Plano de Mobilidade Urbana Sustentável.** Brasília. Ministério das Cidades, 2007.

BOARETO, R. A. **Mobilidade Urbana Sustentável.** São Paulo, SP: Revista dos Transportes Públicos. N100, 2003.

CAMARA, G. DAVIS, C. MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2001.

CAMPOS, V. B. G. **Mobilidade Sustentável: Relacionando Transporte e Uso Do Solo.** Relatório final – CNPQ. 2001

CAMPOS, V. B. G.; Melo, B. P. **Relacionando a ocupação urbana com o sistema viário para o desenvolvimento sustentável.** In: XIII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Lima, Peru. Transporte, Movilidad Urbana y Resgate del Spacio Público, v. 1, 2005.

CAMPOS, V. B. G. **Uma visão de mobilidade urbana sustentável.** Revista de Transporte público, v.2, p.99 - 106, 2006.

CAMPOS, V. B. G. SILVA CORREIA, D. M. **Análise da Mobilidade Urbana Sustentável utilizando estatística espacial.** XXXIX SBPO – Congresso Brasileiro de Pesquisa Operacional. Agosto, 2007.

CAMPOS, V.B.G.; RAMOS, R. A. R. **Proposta de Índice de Mobilidade Sustentável para áreas urbanas.** In: I PLURIS, São Carlos – SP. 2005

CARLTON, I. **Histories of Transit -Oriented Development: Perspectives on the development of the TOD concept.** Institute of Urban and Regional Development, California. Disponível em: <http://www.iurd.berkeley.edu/publications/wp/2009-02.pdf> 2009.

CARVALHO, S. N. **Estatuto da Cidade: aspectos políticos e técnicos do plano diretor.** São Paulo em perspectiva, 15(4). 2001.

CASTRO, C. M. S. E., BARBOSA, H. M., OLIVEIRA, L. K. de. **Análise do potencial de integração da bicicleta com o transporte coletivo em Belo Horizonte.** J. Transp. Lit., Manaus, 7(2), 146-170. 2013.

CERVERO, R. Linking urban transport and land use in developing countries. **The Journal of Transport and Land Use**, 6(2), 7-24. 2013.

COMINO, E; BOTTERO, M., POMARICO, S; ROSSO, M. **Exploring the environmental value of ecosystem services for a river basin through a spatial multicriteria analysis.** Land Use Policy v. 36, p. 381 -395. 2014; <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.006>

COSTA, M. S. **Um índice de mobilidade urbana sustentável.** Tese (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2008.

DI SARNO, D. C. L. **Elementos de Direito Urbanístico.** Barueri: Manole. 2004.

DIEHL, A. A. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.

DORNELES, A. C. B. **O Zoneamento e sua importância como um instrumento de planejamento urbano.** Vol. 1. Curitiba, PR: Cadernos da Escola de Direito e Relações Internacionais, 452-467. 2010.

DOWBOR, L. **O poder local diante dos novos desafios sociais.** IN: CEPAM - Fundação Prefeito Faria Lima. O município no século XXI: cenários e perspectivas. São Paulo: CEPAM, p.3-23. 1999.

DOWBOR, L. **Introdução ao Planejamento Municipal.** São Paulo: Editora Brasiliense.1987.

EMBARQ BRASIL. DOTS CIDADES - **Manual de Desenvolvimento orientado ao Transporte Sustentável.** 2015.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FELDMAN, SARAH. **Planejamento e habitação no Brasil: a perspectiva da metrópole latino-americana (1939-1963)**. Anais... XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo. Brasília, DF: Universidade Brasília-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2014.

FERREIRA, M, e C. M BASSI. **A história dos transportes no Brasil**. Editora Horizonte, 132p. 2011.

FILION P; MCSPURREN E K. **Smart Growth and Development Reality: The Difficult Co-ordination of Land Use and Transport Objectives**. Urban Studies, v.44, n.3, p. 501-523. 2007.

FREY, KLAUS. **A dimensão político-democrática nas teorias de desenvolvimentos sustentáveis e suas implicações para a gestão local**. Ambiente & Sociedade - Ano IV. Setembro de 2001.

FREITAS, A. L. P. TREVIZANO, W. A. COSTA, H. G. **Uma abordagem multicritério para problemas decisórios com múltiplos grupos de avaliadores**. Investigação Operacional, vol. 28. P 133-149. 2008.

FREITAS, A. L.P. MARTINS, C. S. SOUZA, D. O. **A metodologia de multicritério como ferramenta para a tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso**. GEOPROS. Ano 1, n 3. 2006.

GATTI S. **Espaços Públicos. Diagnóstico e metodologia de projeto**. Coordenação do Programa Soluções para Cidades, São Paulo, ABCP,91 p. 2013.

GERHARDT, T. E. SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**.120p

GRAY, D.E. **Pesquisa no mundo real** (2ª ed). Penso, Porto Alegre. 2012.

GOMIDE, A A. **Agenda Governamental e o Processo de Políticas Públicas: O projeto de Lei de diretrizes da política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2008.

GOMIDE A. A., MORATO, R. **Instrumentos de desestímulo ao uso do transporte individual motorizado: lições e recomendações**. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente. 2011.

GOOGLE. **Google Earth**. (2016). Versão 7.1.4.1529. Acesso em: 16 de março de 2016.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. **Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles**. Revista Brasileira de Epidemiologia, , Vol 14. Nº 1. P.120 – 130. 2011. <http://doi.org/10.1590/S1415-790X2011000100011>

HESS, D.; LOMBARDI, E P. **Policy Support for and Barriers to Transit-Oriented Development in the Inner City: Literature Review**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v. 1887, p. 26-33. 2004.

HICKMAN, R. HALL, P. e BANISTER, D. **Planning more for sustainable urban transport in Latin America**. Research in Transportation Economics, 40(1), 66-77. 2013.

HOEK, G.; BRUNEKREEF, B.; GOLDBOEHM, S.; FISCHER, P.; BRANDT, P. A. **Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study**. The Lancet. Vol 360, Issue 9341. 2002. Pages 1203–1209. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11280-3](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11280-3)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de uso do solo**. 3ªed. n7. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Censo Demográfico 2010 – Características da população e dos domicílios – Resultados do universo**. Rio de Janeiro, IBGE. 2010.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Manual de Obtenção de Terras e Perícia Judicial. 140p. 2006.

ITAJUBÁ, **Lei Complementar nº 008, de 30 de dezembro de 2003**. Plano Diretor de Desenvolvimento de Itajubá. Itajubá, MG.

_____, **Lei Municipal nº 1774, de 14 de fevereiro de 1991**. “Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências”. Itajubá, MG.

_____, **Lei Municipal nº 1910, de 11 de maio de 1993**. “Dispõe sobre revogação e nova redação aos dispositivos legais que indica na Lei Municipal nº 1774, de 14 de fevereiro de 1991, de Parcelamento do Solo Urbano, e dá outras providências. Itajubá, MG.

_____, **Lei Municipal nº 1988, de 20 de outubro de 1994**. “Dispõe sobre o zoneamento, regulamenta o uso do Solo nas diversas zonas do perímetro urbano do Município de Itajubá e dá outras providências”. Itajubá, MG

ITDP. Padrão de Qualidade TOD.**TOD Standard** Institute for Transportation and Development Policy. v.2, 2014.

ITDP. Guia de Planejamento de Sistemas de Bicicletas Compartilhadas. Institute for Transportation and Development Policy. v.1, 2014.

ITDP. Ferramenta para avaliação do potencial de DOTS em corredores de transporte. Institute for Transportation and Development Policy v.1, 2016.

JACOBI, P. **Políticas públicas: uma agenda de questões e indagações no contexto da transição**. São Paulo em Perspectiva, 3(1/2):42, Janeiro/Junho. 1989.

JACOBS, J. **Morte e Vida nas Grandes cidades**. Ed.: WMF Martins Fontes, São Paulo – SP. Brasil, 2011.

JANNUZZI, P. M. MIRANDA, W. L. GOMES DA SILVA, D. S. **Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações**. Informática Pública. Ano 11 (1) 69 – 87, 2009.

KOST, C., M MERFORTH, e S BOHLER-BAEDEKER. **Planos de Mobilidade Urbana: Abordagens Nacionais e Práticas Locais**. Traduzido por Regina Nogueira. Brasília, DF: Ministério Federal de Cooperação Economica e do Desenvolvimento e Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2014.

LAKATOS, E.M. e MARCONI M. A. **Metodologia Científica** (6º ed). Editora: Atlas S.A, São Paulo. 2011.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. Tradução Rubens Eduardo Frias. São Paulo: Editora Centauro, 5 ed., p.137, 2008.

LEMOS, D. S. C. P. S. **Análise das relações existentes entre a acessibilidade e o desenvolvimento no município de Petrópolis**. Tese (Doutorado) - UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, RJ. 2011.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D.; Espíndola, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4a Aproximação. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.

LEVY, V. K. **Puerto Madero – Reflexões sobre a intervenção**. Semana de extensão, pesquisa e pós-graduação. Arquitetura e Urbanismo, Unirriter. 2014.

LIBARDI, F. **Mobilidade urbana frente à complexidade urbana**. EURE – Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales. Vol 40. N121.pp 273-276. Setembro 2014.

LIMA, J. P.; RAMOS, R. A. R.; JÚNIOR, J. L. F. **Uma abordagem multicritério para a priorização de vias pavimentadas**. Revista dos Transportes, v. 17, n. 1. Rio de Janeiro, RJ, Nov. 2009.

LIMA, J. P. **Modelo de Decisão para a Priorização de Vias Candidatas às Atividades de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo: São Carlos, 2007

LITMAN, T. A. **Land use impacts on transportation - How land use factors affect travel behavior**. Victoria Transport Policy Institute. Disponível em: www.vtpi.org/landtravel.pdf. Acesso em: Maio de 2016.

LÓPEZ-LAMBAS, M. E., CORAZZA M.V., e MONZON A. & MUZZO A. **Rebalancing urban mobility: a tale of four cities**. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning. 274-287. 2013

LOUGHRAN, K. **Parks for Profit: The High Line, Growth Machines, and the Uneven Development of Urban Public Spaces**. City & Community. Volume 13, Issue 1, pages 49–68, March 2014. DOI: 10.1111/cico.12050

LUCCHESI, C. (2008) **Recuperação de um rio em Seul – Coréia**. The Urban Earth – Reflexões para um mundo urbanizado. Acesso em: Setembro 2016. Disponível em:

<<https://theurbanearth.wordpress.com/2008/10/21/recuperacao-de-um-rio-em-seul-coreia>>

MACÁRIO, R. **Access as a social good and as an economic good: is there a need of paradigm shift?** In: Sclar, E. D., Lönnroth, M. and Wolmar, C. (2014) Chapter 4 – Urban Access for the 21st Century: finance and governance models for transport infrastructure. Routledge, London, Reino Unido. 2012

MACHADO, L. **Índice de Mobilidade Sustentável para Avaliar Qualidade de Vida Urbana – Estudo de caso: Região Metropolitana de Porto Alegre - RMPA**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Porto Alegre - RS, 2010.

MAGALHÃES, J. R. L., CAMPOS, V. B. G., & BANDEIRA, R. A. DE M. **Metodologia para identificação de redes de rotas cicláveis em áreas urbanas**. J. Transp. Lit., Manaus, 9(3), 35-39. 2015.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1999.

MANCINI M. T.; RODRIGUES DA SILVA A. N. **Padrões de geração de viagens e mobilidade urbana sustentável**. Transportes, Vol.18(1), 2010. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v18i1.382>

MARTINS, S. R. **Agricultura, ambiente e sustentabilidade, seus limites para a América Latina**. UFP, 2001.

MELO, E. S. **Mobilidade Urbana Sustentável em projetos estruturantes: Análise urbanística e ambiental do corredor de transportes na Avenida Bernardo Vieira - Natal (RN)**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2008.

MELO, L. MENDES, J. F. G. **Avaliação da Qualidade de Vida em Cidades: Fundamentos e Aplicações**. CD: Workshop “Plano Integrado: em busca de desenvolvimento Sustentável para Cidades de Pequeno e Médio Portes”, Braga, Portugal. 2004.

MONTEIRO, Y. D. P. (Coord) **Subsídios para elaboração do plano diretor**. São Paulo. CEPAM. Vol. 02. 1990

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2003.

OLIVEIRA, D. A. M. **Discurso e Planejamento Urbano no Brasil**. In: Revista Geográfica de América Central, Número Especial EGAL, 2011 - Costa Rica II Semestre. 2011.

OLIVEIRA, G.M.; RODRIGUES DA SILVA, A.N. **Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros**. TRANSPORTES v. 23, n. 1, p. 59-68. 2015.

ONU BR - Nações Unidas no Brasil. **Banco Mundial analisa impacto da expansão das estradas brasileiras na economia e meio ambiente**. Disponível em: <http://www.onu.org.br/banco-mundial-analisa-expansao-das-estradas-brasileiras-e-seu-impacto-na-economia-e-meio-ambiente/>. Acessado em: 9 de outubro de 2014.

PAIXÃO, M. J. P, e C. P. M AIALA. **Planejamento Urbano: Importância do Zoneamento**. Salvador, BA: IV ConGeA - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013.

PIETRANTONIO, H., GUALDA, N., STRAMBI, O. **Integração entre Políticas de Uso do Solo e Transportes: Dificuldades e Necessidades**. In: X ANPET, Brasília. 1996

PINHEIRO, M. V. **Avaliação Técnica e Histórica das enchentes em Itajubá- MG**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá. 2005.

PINTO, R. C. **Sistemas de informações geográficas aplicados à verificação de aptidão de áreas selecionadas para implantação de parque público de lazer. Estudo de caso: Raranaguá – PR**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná. 2010.

PINTO, V. C. **Direito Urbanístico. Plano Diretor e Direito a Propriedade**. 3º ed revisad. São Paulo: Editora Revista dos tribunais. 305 p. 2012.

PRODANOV, C. C. e FREITAS, E. C. **Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** (2ª ed). Novo Hamburgo. Editora Feevale, 2013.

RAMÃO, F. P.; WADI, Y. M. **Espaços urbanos e criminalidade violenta: Análise da distribuição espacial dos homicídios no município de Cascavel –PR**. Revista de Sociologia Política. V 18, nº 35. Pag 207-230. 2010.

RAMOS, R. A. R. e MENDES, J. F. G. **Avaliação da aptidão do solo para localização industrial: O caso de Valença**. Revista de Engenharia Civil – Universidade do Minho, n 10. 2001.

RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial – Um modelo espacial para o nordeste de Portugal**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia. Universidade do Minho. 299p. Braga, Portugal, 2000.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas 1989.

ROCHA, L. H. M. **Zoneamento Urbano: Revisitando conceitos e práticas no bairro residencial N. Sra. de Lourdes, na cidade de Santa MARIA - RS - Brasil**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

ROLNIK, R. **Democracia no fio da navalha: limites e possibilidades para a implementação de uma agenda de Reforma Urbana no Brasil**. Revista Brasileira 11, nº 2, p 31-50. 2009.

RODRIGUES DA SILVA, A. N., M. S COSTA, e M. H. MACÊDO . **Multiple views of sustainable urban mobility – the case of Brazil**. *Transport Policy*. p.350-360. 2008. doi:10.1016/j.tranpol.2008.12.003

RODRIGUES DA SILVA, A.N. e M. O. OLIVEIRA. **Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros**. TRANSPORTES 23.n.1. p.69-88. 2015. ISSN (impresso): 1806-8405 ISSN (on-line): 2358-2332

RODRIGUES DA SILVA A.N., MENDES, J. F. G., LIMA, J. P., RAMOS, R. A. R. **Uma Abordagem Multicritério para Avaliação da Acessibilidade**. In: MENDES, J. F. G.; SILVA, A. N. R.; SOUZA, L. C. L.; RAMOS, R. A. R.. (Org.). *Contribuições para o Desenvolvimento Sustentável em Cidades Portuguesas e Brasileiras*. Ied.Coimbra, Portugal: Almedina, v. 1, p. 98-117, 2004.

ROMANO, G.; DAL SASSO, P.; LUIZZI, G. T.; GENTILE, F. **Multi-criteria decision analysis for land suitability mapping in a rural area of Southern Italy**. *Land Use Policy* 48 (2015) 131–143. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.013>

RUBIM, B, e S LEITÃO. **O plano de mobilidade e o futuro das cidades**. São Paulo, SP: Estudos Avançados. V27. N 79, 2013.

SAATY, T. L. **How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process**. *European Journal of Operation Research* 48. P. 9-26. 1990.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York. McGraw Hill, 1980.

SAATY, T. L. **Decision making with the analytic hierarchy process**. *International journal of services sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SABOYA, R. T. **Sistema de suporte à elaboração de planos diretores**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2005.

SANTANA, J. E. **Ordenação do Solo Urbano e Zoneamento: Limites do direito adquirido ao uso e ocupação do solo**. 2006.

SANTOS, F. L. **Conflitos da ocupação urbana de Itajubá/MG com base na legislação municipal usando o SIG**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, MG. 2013

SARTORI, A. A. C.; POLONIO, V. D.; ZIMBACK, C. R. **Adequação territorial com abordagem multicritério pela análise da combinação linear ponderada**. *Geociências*, v. 33, n. 2, p.192-201. São Paulo: UNESP. 2014.

SECCHI, B. “**Ciudad contemporánea y su proyecto**. In: FONT, A. (org.). *Planeamiento Urbanístico de la Controversia a la Renovación*. Barcelona, Editora Diputació de Barcelona. 2003

SILVA; A. J. P. A. **Proposta de mobilidade urbana e ocupação territorial utilizando análise multicritério: estudo de caso aplicado ao município de Viçosa e área de influência**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2012.

SILVA, A. L. B. **Transporte Coletivo e Cidade. Ações e projetos no entorno de estações metroferroviárias como promoção de uma melhor coesão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2015.

SILVA, A. L. B. **Transporte, uso do solo e planejamento**. *Revista Geografia*. V. 2, n.1, p 1-11, 2012. ISSN: 2236-837X

SILVA, A. N. R. **Sistemas de informações geográficas para planejamento de transportes**. Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, SP. 1998.

SILVA, S. R. M. **O estatuto da cidade: a abordagem ambiental em lei federal de orientação básica aos Planos diretores Municipais**. INGEPRO – Inovação, gestão e produção. Vol. 02, nº 6. Julho, 2010.

SILVA, S. T. **Políticas públicas e estratégias de sustentabilidade urbana**. 2003.

SOUZA, M. L.; Rodrigues, G. B. **Planejamento urbano e ativismos sociais**. São Paulo: UNESP. 136p. Coleção Paradidáticos; Série Sociedade, espaço e tempo. 2004.

SOUZA, C. **Políticas Públicas: uma revisão de literatura**. *Sociologias*, Porto Alegre, ano 8, nº16, jul/dez, p.20-45. 2006

TEIXEIRA, E. C. **O papel das políticas públicas no desenvolvimento local e na transformação da realidade.** Políticas Públicas – O Papel das Políticas Públicas. AATR-BA. 2002.

TOLEDO, Giovana Iara Ferreira Moserder; NARDOCCI, Adelaide Cássia. **Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP),** Brasil. Rev. bras. epidemiol. [online]. 2011, vol.14, n.3, pp.445-454. ISSN 1415-790X. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2011000300009>

TOMAS, A. e DEAKIN, E. **Land Use Challenges to Implementing Transit-Oriented Development in China: Case Study of Jinan, Shandong Province.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v. 2077, p. 80-86. 2008. <http://dx.doi.org/10.3141/2077-11>

UZZO, K, e N SAULE Jr. **A trajetória da reforma urbana no Brasil.** 2009. Disponível em: <http://base.d-ph.info/pt/fiches/dph/fiche-dph-8583.html#Haut>. Acesso em 01 de Agosto de 2015.

VAN WEE, B. Viewpoint: Toward a new generation of land use transport interaction models. **The Journal of Transport and Land Use. WSTLUR – World Society for Transport and Land Use** v. 8, n.3. p 1-10. 2015. <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2015.611>

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise de políticas públicas.** Editora Annablume. 3º ed. São Paulo, 2001.

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade Urbana e Cidadania.** 216p. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2012.

VILLADA, C. A. G. PORTUGAL, L.S. **Mobilidade Sustentável e o desenvolvimento orientado ao transporte sustentável.** In: XXIX ANPET, Ouro Preto - MG. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de Caso. Planejamento e Método** (5º ed). Bookman, Porto Alegre. 2015.

WCED. **Our Common Future (The Brundtland Report).** World Comission on Environment and Development. Oxford University Press. Oxford, 1987.

ZHANG, L. e NASRI, A. **The analysis of transit-oriented development (TOD) in Washington, DC and Baltimore metropolitan areas.** Transport Policy, v. 32, p 172-179. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.12.009>