

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

KELVIN SOBÉ CENTENARO

FERRAMENTA DE SUPORTE AO PLANEJAMENTO COM FOCO EM ÁREAS
URBANAS RESILIENTES.

Joinville

2017

KELVIN SOBÉ CENTENARO

FERRAMENTA DE SUPORTE AO PLANEJAMENTO COM FOCO EM ÁREAS
URBANAS RESILIENTES.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Infraestrutura no Curso de Engenharia de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Simone Becker Lopes, Dra.

Joinville

2017

Dedico este trabalho aos meus familiares. Em especial, aos meus pais, meu porto seguro, Dilmar e Maria Cristina e à minha querida irmã, Kelenn.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus familiares. Aos meus pais, Dilmar e Maria Cristina, e à minha irmã, Kelenn. Todo o apoio e carinho durante esses anos foram essenciais a cada momento vivenciado longe de casa. Foram muitas lutas, vitórias e algumas derrotas, porém a cada dia, um novo desafio surgia para ser enfrentado, com fé, força, foco e dedicação constantes para encarar cada problema imposto. Agradeço pela vida que tenho, por ter saúde e determinação para alcançar os meus objetivos.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, todos os docente e funcionários. Em especial, agradeço à Professora Simone Becker Lopes pela orientação e supervisão durante este percurso. Só tenho a agradecer-lá por todo o apoio e carinho durante esses dois semestres de muitas esforço e dedicação. Além disso, posso dizer que ganhei uma companheira que me guiou desde o início com sua sabedoria incrível, motivação e incentivo, que me inspirou até o fim.

Agradeço a todos os meus colegas das Engenharias da UFSC de Joinville e aos amigos que ganhei durante a graduação, todos aquele que de alguma forma acompanharam meus passos. Lembro cada risada, cada briga, cada conquista compartilhada, tenho o prazer imenso de tê-los em minha vida, sem vocês nada aconteceria. Além disso, agradeço o apoio, compreensão e paciência nas horas mais difíceis.

Enfim, agradeço a todos aqueles que fizeram parte da minha formação acadêmica, direta ou indiretamente.

“A persistência é o menor caminho para o êxito. Cada segundo é tempo para mudar tudo para sempre”.
(Charles Chaplin).

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a potencial aplicabilidade de um software como ferramenta de suporte ao planejamento que seja capaz de avaliar alternativas de projeto sustentável, com foco em áreas urbanas resilientes. Como projetos alternativos que atendam ao objetivo central do trabalho, considera-se a aplicação de diferentes práticas de Infraestrutura Verde (IV). A hipótese básica é que a IV aplicada ao desenho urbano não traz apenas os benefícios inerentes ao tipo de infraestrutura adotado, mas também é mais eficiente para atração de novos usuários à mobilidade ativa, devido à qualificação do meio urbano. Além disso, resulta em impactos positivos para uma região e, conseqüentemente, para as escolhas de modo. Para a escolha de uma ferramenta, é necessário compreender, inicialmente, quais os elementos que representam os conceitos de IV e que indicadores são mais adequados para medir os prováveis benefícios. Portanto, o que se propõe, através deste trabalho, é um método que envolve as etapas de levantamento de necessidades para a seleção de uma ferramenta capaz de simular e produzir indicadores de impactos de Infraestrutura Verde que promovam uma mobilidade mais sustentável. Como sequência disto, analisar a viabilidade dessa ferramenta para ilustrar, de forma mais realista, as diferentes alternativas de Infraestrutura Verde, promovendo modos de transporte mais sustentáveis e influenciando a escolha modal. O método é apresentado através de um estudo de caso para a cidade de Joinville, Santa Catarina, Brasil. O software escolhido para aplicação é o InfraWorks, da Autodesk®, porque atendeu positivamente aos requisitos propostos, viabilizando a modelagem de uma infraestrutura urbana baseado em modelos de design tridimensionais. Desta maneira, dado que a escolha modal está relacionada com a qualidade da oferta de transporte e com as características do ambiente urbano, a representação mais realista ajudará a compreender e avaliar melhor os cenários propostos. Tendo isto em vista, o InfraWorks pode desempenhar um papel importante, não só, como ferramenta de suporte ao planejamento urbano e apoio para a tomada de decisões, como auxiliar na melhoria do ensino, de forma transdisciplinar, nas engenharias de mobilidade da UFSC Joinville, promovendo uma melhor compreensão das interações entre os diferentes agentes e influenciado pelos elementos que compõem o espaço urbano.

Palavras-chave: Infraestrutura Verde; Mobilidade Sustentável; Planejamento Urbano; Modelagem da Informação; InfraWorks.

ABSTRACT

The aim of this study is to analyse the potential applicability of a software as a tool to support planning that is capable of evaluating sustainable project alternatives, focusing on resilient urban areas. As alternatives projects that meets the main objective of this study, it is considered the application of green infrastructure (GI) concepts. The basic hypothesis is that applying these concepts to urban design does not only brings the benefits inherent to the type of infrastructure adopted itself, but, also, is more efficient in attracting new users to active mobility due to the qualification of the environment. In addition, it results in positive impacts for region, and, consequently, to the mode choices. To choose a tool, it is necessary to understand, initially, which elements represents GI concepts and which indicators are most suited to measure the probable benefits. Therefore, what is proposed, through this research, is a method that involves the steps of surveying needs to select a tool capable of simulating and producing indicators of impacts of Green Infrastructure that promote a more sustainable mobility. As a consequence of that, to analyse the feasibility of the tool to illustrate, in a more realistic way, the different alternatives of Green Infrastructure, support to promotion of more sustainable modes of transport and influencing the modal choice. The method is presented through a case study for the city of Joinville, Santa Catarina, Brazil. The software chosen for application in this study is InfraWorks, from Autodesk®, because it attended positively the proposed requirements, enabling the modelling of an urban infrastructure based on three-dimensional design models. In this way, given that the modal choice is related to the quality of the transport supply and characteristics of the urban environment, a more realistic representation will help to better understand and evaluate the proposed scenarios. With this in mind, InfraWorks can play an important role, not only as an urban planning support tool, and support to decision making, but also to help improve transdisciplinary teaching in UFSC Joinville's mobility engineering, promoting a better understanding of interactions between different agents and influenced by the elements that compose the urban space.

Keywords: Green Infrastructure; Sustainable Mobility; Urban Planning; Information Modeling; InfraWorks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa atual do Emerald Necklace.....	20
Figura 2 – Vista aérea de espaços verdes urbanos contínuos.....	22
Figura 3 – Temperatura superficial de diferentes pavimentos em sol.	23
Figura 4 – Revitalização do Rio Cheonggyecheon, Seul, Coréia do Sul.	24
Figura 5 – Hortas urbanas compartilhadas na cidade de Les Avanchets, na Suíça..	30
Figura 6 – Representação tridimensional da cidade.	47
Figura 7 – Processo BIM.	48
Figura 8 – Visualização de alternativas de projeto conceitual.	50
Figura 9 – Elementos e composições de Infraestrutura Verde (IV).	60
Figura 10 – Localização da área de interesse e criação de um modelo no InfraWorks.	71
Figura 11 – Representação do modelo gerado pelo InfraWorks.	71
Figura 12 – Interface de trabalho do usuário do InfraWorks.	74
Figura 13 – Sequência utilizada para o desenho de uma cobertura no InfraWorks. .	78
Figura 14 – Sequência utilizada para edição de uma cobertura no InfraWorks.	79
Figura 15 – Sequência utilizada para o desenho de uma via no InfraWorks.....	80
Figura 16 – Sequência utilizada para desenho de residências no InfraWorks.	81
Figura 17 – Sequência utilizada para edição de residências em conjunto no InfraWorks.	82
Figura 18 – Mudança de estilo para cobertura.	83
Figura 19 – Componente de estrada.....	84
Figura 20 – Exemplo de aplicação no InfraWorks: Faixa adicional no ponto de ônibus.	85
Figura 21 – Representação de uma via no InfraWorks, a partir do projeto geométrico feito no Civil 3D.	91
Figura 22 – Localização da área de estudo.....	93
Figura 23 – Margem oeste do rio Cachoeira.	94
Figura 24 – Problema de drenagem na margem oeste do Rio Cachoeira.	95
Figura 25 – Via gerada pelo InfraWorks.....	96
Figura 26 – Personalizando estilo de via.....	97
Figura 27 – Representação da via à margem oeste do Rio Cachoeira.	98
Figura 28 – Representação do muro verde da Avenida Beira Rio.	99
Figura 29 – Grupo de árvores existentes.	100
Figura 30 – Cenário de referência da região de estudo.	100
Figura 31 – Proposta de Infraestrutura Verde para a Avenida Beira Rio.	101
Figura 32 – Proposta de Rua Completa em frente ao Centro de Eventos, Av. Beira Rio.....	102
Figura 33 – Resultados da simulação de mobilidade do InfraWorks, gerados em uma planilha do Excel.	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Funções ecológicas e sociais da Infraestrutura Verde.	25
Quadro 2 – Diferentes tipos de Infraestrutura Verde e suas respectivas funções.	26
Quadro 3 – Infraestrutura Verde completa.	37
Quadro 4 – Os oito princípios das Ruas Completas.	40
Quadro 5 – Camadas de superfície e dados de um modelo no InfraWorks.	72
Quadro 6 – Opções de gerenciamento de projeto da interface do usuário do InfraWorks.	75
Quadro 7 – Opções de projeto de infraestrutura da interface do usuário do InfraWorks.	76
Quadro 8 – Ferramentas S.M.A.R.T. Cities da Autodesk.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de relação entre os tipos e os benefícios da infraestrutura verde.	32
Tabela 2 – Síntese do Método proposto.	53
Tabela 3 – Ambiente natural e construído do espaço urbano tradicional.	59
Tabela 4 – Práticas da Infraestrutura Verde.	61
Tabela 5 – Elementos tradicionais da infraestrutura viária que interferem na mobilidade de pessoas, veículos e cargas.	62
Tabela 6 – Lista de benefícios da Infraestrutura Verde.	64
Tabela 7 – Indicadores importantes a serem considerados em projetos sustentáveis.	66
Tabela 8 – Checklist para avaliar o InfraWorks, em termos da capacidade de representação de elementos relevantes para o projeto em questão.	87
Tabela 9 - Checklist para avaliar o InfraWorks, em termos da capacidade de resultados gerados relevantes para o projeto em questão.	89
Tabela 10 – Composição atual da Avenida Beira Rio.	94

LISTA DE SIGLAS

- AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção.
- BIM – Building Information Modeling.
- CAD – Computer Aided Design.
- CIM – City Information Modeling
- CNT – Center of Neighborhood Technology.
- EPA – Environmental Protection Agency.
- GIS – Geographic Information System.
- GMS – Guia da Mobilidade Sustentável.
- GSI – Green Stormwater Infrastructure.
- IMUS – Índice de Mobilidade Urbana Sustentável.
- IV – Infraestrutura Verde.
- IVMS – Infraestrutura Verde e Mobilidade Sustentável.
- ITDP – Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento.
- LOD – Level of Detail.
- MDT – Modelagem Digital de Terreno.
- MI – Modelagem da Informação.
- MS – Mobilidade Sustentável.
- NACTO – National Association of City Transportation Officials.
- SEPUD – Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável.
- SGBD – Sistemas Gerenciadores de Bases de Dados.
- SIG – Sistema de Informação Geográfica.
- TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação.
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	17
1.1.1. <i>Objetivo Geral</i>	17
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i>	17
1.2. ESTRUTURA DO DOCUMENTO	17
2. RESILIÊNCIA URBANA.....	19
2.1. INFRAESTRUTURA VERDE	21
2.2. TIPOS DA INFRAESTRUTURA VERDE E SEUS BENEFÍCIOS	25
2.3. INFRAESTRUTURA VERDE E A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL.....	33
3. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO PARA O PLANEJAMENTO URBANO	45
3.1. COMUNICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE PROJETO	50
4. MÉTODO.....	52
4.1. BLOCO 1 – LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES PARA SELEÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE MODELAGEM.....	53
4.1.1. <i>Requisitos para a ferramenta</i>	53
4.1.2. <i>Obtenção de uma ferramenta</i>	54
4.2. BLOCO 2 – IDENTIFICAÇÃO DA POTENCIAL APLICABILIDADE DA FERRAMENTA	56
4.2.1. <i>Qualificação/Capacitação para o uso da ferramenta e disseminação do conhecimento</i>	56
4.2.2. <i>Verificação da viabilidade de aplicação da ferramenta</i>	57
5. APLICAÇÃO DO MÉTODO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	58
5.1. REQUISITOS PARA A FERRAMENTA	58
5.2. OBTENÇÃO DE UMA FERRAMENTA	67
5.3. QUALIFICAÇÃO/CAPACITAÇÃO PARA O USO DA FERRAMENTA	70
5.3.1. <i>Visão geral da interface de trabalho da ferramenta</i>	70
5.3.2. <i>Apliação dos recursos da ferramenta</i>	77
5.4. VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA	87
5.4.1. <i>Checklist dos requisitos da ferramenta</i>	87
5.4.2. <i>Apliação da ferramenta em um estudo de caso</i>	92
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS.....	108

1. INTRODUÇÃO

Em diversas partes do mundo, o meio urbano sofre cada vez mais com a dependência dos modos motorizados individuais de transportes, baseados em uma infraestrutura mono funcional. O acelerado crescimento populacional e a urbanização das cidades resultam na expansão da malha viária urbana, que faz crescer a demanda de tráfego nas grandes cidades, causando problemas de degradação ambiental e afetando diretamente a mobilidade. No entanto, os ecossistemas urbanos devem seguir um planejamento para servir, de fato, as pessoas, visto que, a implementação de uma infraestrutura que se baseia em transportes não sustentáveis, acarreta uma série de problemas nas redes viárias e na qualidade de vida da população.

Assim, a dificuldade de deslocamento das pessoas e bens no espaço urbano para a realização das tarefas mais cotidianas, de forma ágil, confortável e segura, requer a melhoria da qualidade desses locais. Para isto, é necessário integrar o sistema de mobilidade urbana atual à implementação de áreas mais resilientes, com alternativas de infraestrutura mais sustentáveis. Dessa maneira, quando se tem informação referente ao espaço urbano em que se deseja ocupar, melhor será o gerenciamento dos recursos naturais existentes da área de ocupação.

Neste sentido, a Infraestrutura Verde (IV) ganha espaço em busca da sustentabilidade, e procura minimizar os impactos causados pela urbanização inadequada, possibilitando o planejamento sustentável de outras áreas e empreendimentos. Segundo Herzog (2010), a infraestrutura verde compõe redes que tenham conectividade e multifuncionalidade de elementos permeáveis e com vegetação, preferencialmente arborizadas, e que incluam rios, canais, ruas e propriedades públicas e privadas. A IV também visa buscar oportunidades de transportes alternativos que não poluem o meio ambiente, estimulando uma vida urbana ativa e saudável e, sempre que possível, promove o uso de energias renováveis. Esses espaços acabam sendo devolvidos para os cidadãos, para que as

ruas voltem a ser lugares vivos, de encontros sociais, com comércio e serviços ativos, não sendo espaços ganhos apenas pelos veículos (HERZOG, 2010).

Neste contexto, a hipótese básica é que a IV não traz apenas benefícios inerentes ao tipo de infraestrutura adotado, mas também gera impacto na mobilidade das pessoas. Segundo Lopes (2010), mobilidade é algo que vai além do número de viagens por pessoa por dia, mas além disso, algo que também está relacionado com a saúde física e psicológica, sociedade, economia e ambiente. Entende-se a busca da sustentabilidade como um esforço para proteger os sistemas ecológicos e os recursos naturais. Dessa maneira, a mobilidade sustentável pode ser entendida como aquela que minimiza os efeitos negativos do transporte relacionados à poluição do meio ambiente, consumo de ar, água e solo, aos acidentes de trânsito, aos tempos perdidos em congestionamentos, à exclusão social, aos altos custos de viagens e ao consumo de energias não renováveis (LOPES, 2010).

Tendo em vista o panorama apresentado, a necessidade de uma nova visão de planejamento integrado das cidades torna-se imprescindível e a utilização de modelos computacionais servem de suporte para isto. Rodrigues da Silva, Dickey e Wyatt (2005) destacam algumas vantagens do uso de ferramentas inovadoras para auxiliar diferentes processos de planejamento urbano, como a capacidade de armazenar e tratar uma quantidade significativa de dados e informações; resultar em julgamento e monitorar sua veracidade ao longo do processo; antecipar fenômenos e comportamentos; e ainda, a possibilidade de explorar alternativas e estratégias em um curto período de tempo.

Diante disto, ressalta-se a importância de avaliar o contexto em que se insere o estudo, pois existem diferentes ferramentas projetadas para fins específicos, e não um único modelo abrangente que analisa o mundo como um todo. Neste sentido, salienta-se a necessidade de uma abordagem multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Esta abordagem deve ser considerada como um processo, um sistema retroalimentado, o que enfatiza a importância de se trabalhar dentro de um conceito de projeto integrado, onde cada nível de planejamento do projeto, e cada objeto de análise, contribua oferecendo subsídios ao projeto total.

Em face do exposto, na busca de ferramentas adequadas para o enfrentamento das questões urbanas, os recursos utilizados pelas administrações públicas foram evoluindo aos poucos com o avanço tecnológico. Segundo Amorim

(2016), tecnologias computacionais foram surgindo e agregando valor com o intuito de auxiliar nos processos de planejamento, projeto, gestão e monitoramento das construções em espaços urbanos e de sua infraestrutura, assim como do manejo dos recursos ambientais. Desta maneira, nasceu o paradigma Building Information Modeling (BIM), sigla em inglês para Modelagem da Informação da Construção, que segundo Eastman et al. (2008), é “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

Por outro lado, em busca de um cenário mais dinâmico, novos paradigmas e estratégias têm sido propostos e desenvolvidos ao longo destes últimos anos. É o caso das cidades inteligentes e o City Information Modeling (CIM), duas abordagens abrangentes que, segundo Amorim (2016, p. 484), “envolvem, sobretudo, racionalidade, diversidade, integração, interação, compartilhamento, sustentabilidade, tecnologias de última geração e uma nova forma de olhar a cidade e o Mundo”. O conceito *Smart City* ou Cidade Inteligente pressupõe qualidade de vida para todos os moradores e visitantes da cidade, com exercício pleno da cidadania, que contida em uso intensivo e extensivo de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), visam o aperfeiçoamento de desempenhos dos mais variados serviços urbanos, de modo a suportar o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Nestas condições, ferramentas que dão suporte à decisão tornam-se indispensáveis para tratar de aspectos referentes a questões de planejamento urbano e desenvolvimento sustentável. Para isto, é preciso verificar que tipos de modelos computacionais são capazes de avaliar as necessidades desejadas. Diante disto, a ferramenta escolhida para este trabalho deverá dar suporte às análises de infraestrutura, inseridas em um Projeto Integrado entre diferentes níveis de planejamento.

Neste contexto, o Projeto Integrado para Planejamento da Mobilidade (LOPES et. al., 2015; CALIL et. al., 2014) é formado por um conjunto de Projetos de Extensão: MARS Joinville, MoMa.BIZ, CAATP, entre outros; Trabalhos de Conclusão de Curso, tais como Rede Ciclovária Verde (SCHUBERT, 2016); CAATPmob (HENNING, 2017), entre outros (GOMES, 2017; MEDEIROS, 2017; SILVA, 2017) além de trabalhos finais de disciplinas, coordenados e orientados pela Profa. Dra. Simone Becker Lopes, com pretensão de apresentar estudos para a cidade de Joinville, em busca de parceria entre Universidade e Órgão Público.

Diante disto, os resultados do estudo de Schubert (2016), para uma Rede Cicloviária baseada em conceitos de Infraestrutura Verde, e estudos de diagnóstico inicial para a Zona Industrial Norte da cidade de Joinville, através do Projeto MoMa.BIZ (LOPES et. al., 2015; GOMES, 2017) estabelecem as diretrizes para dar sequência a este trabalho, com intuito de escolher uma ferramenta adequada para aplicação que de suporte ao estudo em questão. Não esquecendo o foco, que é servir de auxílio para avaliar propostas de melhoria da infraestrutura de transportes que produza menor impacto no meio ambiente e que estimule escolha de modos mais sustentáveis de deslocamento.

A ferramenta deve ser capaz de avaliar cenários urbanos orientados à criação de áreas resilientes, com base em propostas de Infraestrutura Verde que promovam mobilidade sustentável. Diante disto, é desejável que a ferramenta possa reproduzir diferentes tipos de infraestrutura e as características comportamentais da mobilidade frente a infraestrutura adotada. Além disso, é importante a ilustração e simulação das diferentes alternativas, de forma mais realista possível, e ainda, reproduzir indicadores de benefícios para infraestrutura verde e mobilidade sustentável.

Assim, visando o atendimento ou encaminhamento de parte das demandas aqui colocadas, o presente trabalho consiste em uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório e descritivo e visa analisar e identificar a potencial aplicabilidade de um software, baseado em conceitos da Modelagem da Informação, como ferramenta de suporte ao planejamento urbano.

De modo específico, além da abordagem de aspectos teóricos e conceituais, o trabalho se concentra em analisar uma ferramenta com o intuito de, não somente, conhecer sua potencial aplicabilidade, mas também fornecer subsídios que estimulem intervenções positivas na área acadêmica e administração pública.

Portanto, o trabalho também visa contribuir com a disseminação de conhecimento no ambiente universitário, em projetos integrados e interdisciplinares, que reúnem diferentes grupos de estudantes das engenharias da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Tecnológico de Joinville. Esta aproximação acadêmica, também favorece o envolvimento junto ao poder público, além da iniciativa privada, que podem se beneficiar a partir do compartilhamento de informações. Neste contexto, espera-se a mudança de postura em prol do desenvolvimento urbano sustentável, qualificando tomadores de decisão sobre a importância de conceitos da

modelagem da informação e do uso de ferramentas adequadas para o planejamento da cidade.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a potencial aplicação de uma ferramenta de suporte ao planejamento urbano, que seja capaz de avaliar cenários orientados à criação de áreas resilientes, com base em propostas de Infraestrutura Verde que promovam mobilidade sustentável.

1.1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Levantar os principais requisitos que a ferramenta deve conter para atender ao objetivo geral proposto;
- ✓ Obter uma ferramenta que atenda aos requisitos levantados e aos níveis de planejamento do projeto em questão;
- ✓ Adquirir qualificação para o uso da ferramenta obtida;
- ✓ Verificar a viabilidade de aplicação da ferramenta.

1.2. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Para alcançar o seu objetivo central, este trabalho encontra-se organizado em seis capítulos, sendo este o primeiro deles, o Capítulo 1: Introdução, que abordou o tema geral e delimitado, envolvendo pontos relevantes como a importância do estudo em forma de justificativa; o problema da pesquisa; a definição de termos; motivação do estudo; a contextualização do objeto de estudo; e os objetivos geral e específicos.

O embasamento teórico é dividido entre os capítulos 2 e 3. O Capítulo 2: Resiliência Urbana, busca descrever conceitos abordados por diferentes pesquisadores com enfoque em áreas urbanas sustentáveis e resilientes. Como alternativas de projetos urbanísticos, serão discutidos os principais conceitos acerca do termo Infraestrutura Verde (IV), assim como sua relevância e potencial

aplicabilidade para promover resiliência urbana; e ainda, um levantamento das práticas da IV adotadas para a qualificação do meio urbano e suas diferentes funções e benefícios. Além disso, será discutida a mobilidade sustentável como resultado da implementação da infraestrutura verde para o planejamento urbano das cidades, mostrando a relação que existe entre a qualificação do meio em que se ocupa e o incentivo a modos de transportes mais sustentáveis.

O Capítulo 3: Modelagem da Informação para o Planejamento Urbano, descreve a importância do uso de ferramentas inovadoras que auxiliam na forma de planejar as cidades. Por outro lado, como esta modelagem pode ser comunicada para diferentes respondentes e tomadores de decisão. Para este trabalho será assumido o termo Modelagem da Informação, de modo que abranja, conjuntamente, os conceitos *Building Information Modeling* (BIM) e *City Information Modeling* (CIM).

O capítulo 4, referente ao Método, descreve os procedimentos que o autor utilizou para atingir o objetivo principal. No capítulo 5: Aplicação do Método, trata da escolha da ferramenta como objeto de análise e sua avaliação em termos de reprodução e representação, além da ilustração e simulação de cenários urbanos.

Por fim, o Capítulo 6: Considerações Finais, descreve a retomada dos objetivos, se foram cumpridos ou não e o que levou aos resultados destas verificações dos objetivos, assim como também principais dificuldades encontradas neste tema e sua importância. E ainda, possíveis sugestões para trabalhos posteriores a este como forma de complementação. Além de ressaltar a importância da utilidade de ferramentas de suporte para planejamento urbano, e ainda a relevância da interdisciplinaridade.

2. RESILIÊNCIA URBANA

Ao longo de décadas, é possível verificar a destruição do meio ambiente. De acordo com Oliveira e Rosin (2013), desde a Revolução Industrial os centros urbanos vêm apresentando um significativo desordenado crescimento, resultando na intensa destruição do ambiente natural. Tal ação, é agravada pela falta de arborização, impermeabilidade das superfícies, poluição dos rios, do solo e do ar. Diante disto, para melhor aproveitamento dos recursos naturais existentes, percebe-se a importância da preservação do meio ambiente, tendo em vista uma nova visão de planejamento, que promova áreas urbanas mais resilientes para o desenvolvimento sustentável das cidades.

Primeiramente, é importante definir os conceitos de sustentabilidade e resiliência de forma mais ampla. De acordo com Brundtland (1987), o desenvolvimento sustentável se define como aquele que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. Franco (2010, p. 137) conceitua o termo *resiliência* como sendo “a capacidade do ecossistema em manter ou retornar às suas condições originais após um distúrbio provocado por forças naturais ou pela ação humana”. Em suma, a sustentabilidade é aquela que preserva os recursos naturais e humanos existentes, e que quando aliada a resiliência das cidades, absorvem os impactos negativos causados pelas ações externas, mantendo uma boa capacidade de recuperação.

Com base nos dois conceitos apresentados, um dos primeiros trabalhos com este enfoque foi o de Frederick Law Olmsted, fundador da arquitetura paisagística com formação multidisciplinar, que contemplava em seus trabalhos os processos naturais e culturais que ocorrem na paisagem. Nas últimas duas décadas do século XIX, Olmsted projetou uma rede de parques interligados pelas matas ciliares dos rios Stony Brook e Muddy, em Boston, que foram recuperadas para atender diversas necessidades devido aos problemas de esgotamento sanitário e industrial. Este é um

exemplo pioneiro de Infraestrutura Verde, tal projeto ficou conhecido pelo nome Emerald Necklace e que permanece até hoje como um modelo multifuncional (Figura 1), que alia o controle de enchentes com qualidade do ar, das águas e do solo, protegendo a biodiversidade e amenizando o clima, e ainda, servindo como área de recreação e lazer para a circulação de pessoas, através da caminhada e do uso da bicicleta. (SPIRN, 1997; HERZOG e ROSA, 2010).

Figura 1 – Mapa atual do Emerald Necklace.



Fonte: Blog – L'architettura è un nano da giardino¹ (2012).

Em busca desse cenário, a Infraestrutura Verde (IV) ganha espaço nas áreas urbanas para promover a qualidade dos locais, assim como beneficiar a qualidade de vida da população. Segundo Herzog e Rosa (2010, p. 94), “o planejamento de uma infraestrutura verde propicia a integração da natureza na cidade, de modo a que venha ser mais sustentável”. Assim, a partir deste planejamento, os impactos negativos ao meio ambiente são reduzidos. Dessa forma, a IV tem sido incorporada como solução urbana e regional em busca da sustentabilidade e resiliência para enfrentar os efeitos causados pelas mudanças climáticas no mundo e crescente urbanização das cidades de muitos países.

¹ Disponível em: <http://larchitetturaunnanodagiardino.blogspot.com.br/>. Acesso em 21. mai. 2017.

Tendo em vista o panorama apresentado, as próximas seções serão discutidas os principais conceitos acerca do termo Infraestrutura Verde, abordados por diferentes autores, assim como sua relevância e potencial aplicabilidade para a resiliência urbana; e ainda, um levantamento das práticas da IV adotadas para a qualificação do meio urbano e suas diferentes funções e benefícios. Além disso, será discutida a mobilidade sustentável como resultado da implementação da infraestrutura verde para o planejamento urbano das cidades, mostrando a relação que existe entre a qualificação do meio em que se ocupa e o incentivo a modos de transportes mais sustentáveis.

2.1. INFRAESTRUTURA VERDE

A Infraestrutura Verde não é um conceito novo, mas atualmente é mais abrangente e vem sendo muito utilizada para o planejamento urbano sustentável. Segundo Herzog (2010), essa infraestrutura é composta por redes multifuncionais e interconectadas, de fragmentos permeáveis e com vegetação, que incluem arborização, rios, canais, ruas e propriedades públicas e privadas. Diferente da infraestrutura cinza, que se baseia em uma infraestrutura mono funcional, a infraestrutura verde busca minimizar os impactos causados pela urbanização inadequada, possibilitando o planejamento sustentável de outras áreas e empreendimentos.

Visto que a urbanização tradicional, conhecida como infraestrutura cinza, é basicamente voltada para os veículos (mono funcional), a infraestrutura verde visa um equilíbrio ambiental, integrando o ambiente natural ao construído. Apesar disso, Schubert (2016, p. 20) comenta que “a primeira concepção de infraestrutura referente ao planejamento de uma cidade aponta para elementos construtivos que resolvam os principais problemas dos centros urbanos”. Ou seja, constroem-se estradas, executam-se redes de drenagem, pavimentam-se áreas, e assim por diante. Desta maneira, cria-se um abismo entre o ambiente construído e o natural, excluindo o fator ecológico e sustentável do planejamento urbano.

Entretanto, a criação de espaços verdes no ambiente urbano diminui os efeitos negativos causados por uma infraestrutura inadequada. Cormier e Pellegrino (2008) definem infraestrutura verde como uma rede de espaços interconectados,

composta de áreas naturais e outros tipos de espaços abertos, além disso, são paisagens urbanas que mimetizam funções ecológicas e hidrológicas dos ambientes naturais. Os autores comentam ainda que as funções desempenhadas por esta infraestrutura estão relacionadas ao manejo das águas, conforto ambiental, biodiversidade, alternativas de circulação, acessibilidade e imagem local.

Da mesma forma, Franco (2010, p. 141) descreve que a infraestrutura verde “pode ser entendida como uma rede interconectada de áreas verdes naturais e outros espaços abertos que conservam valores e funções ecológicas, sustentam ar e água limpos e ampla variedade de benefícios para as pessoas e a vida selvagem”.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, de acordo com a literatura (Forman, 1995; Benedict e McMahon, 2001, 2006; Ahern, 2007; Ignatieva, Stewart e Meurk, 2011), a infraestrutura verde é um conceito emergente baseado nos princípios da ecologia da paisagem de: estrutura, função e mudança. Além disso, a forma do mosaico da paisagem depende não somente de seus aspectos geobiofísicos, mas também do seu uso e ocupação ao longo do tempo. Assim, retomando o conceito abordado por Herzog (2010), a multifuncionalidade e a interconexão dos espaços reestruturam o mosaico da paisagem, visando manter ou reestabelecer os processos naturais e culturais. Esta abordagem fica clara na **Figura 2**, que tem como vista aérea espaços verdes urbanos contínuos.

Figura 2 – Vista aérea de espaços verdes urbanos contínuos.

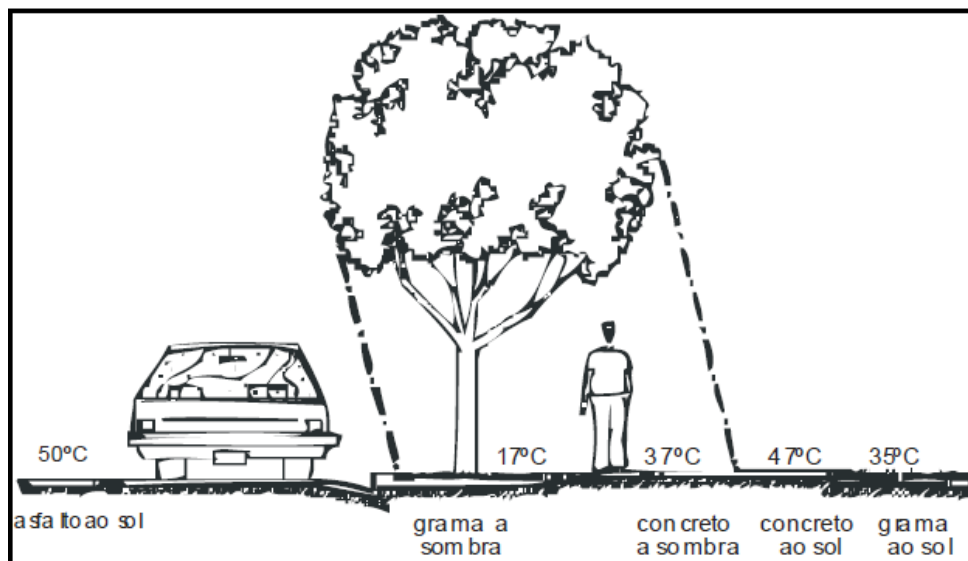


Fonte: The Conservation Fund's Green Infrastructure (2006) apud Mascaró (2012, p. 963).

Conforme a **Figura 2** apresentada anteriormente, percebe-se a existência da intensa arborização que compõe os espaços verdes contínuos. Diante disto, de acordo com Herzog (2010), as árvores são essenciais para a infraestrutura verde, e possuem diferentes funções ecológicas. Em outras palavras, a árvore contribui significativamente para prevenir a erosão e assoreamento de corpos d'água; promove a infiltração das águas da chuva, que faz reduzir o impacto das gotas que compactam o solo; captura gases de efeito estufa; serve de habitat para diversas espécies, promovendo a biodiversidade; mitiga efeitos de ilhas de calor, entre outras.

Mascaró e Bonatto (2013) salientam que a presença de árvores pode reduzir a sensação térmica em até 10 graus Celsius quando exposto a sombra em comparação a exposição direta ao sol, tornando as cidades mais agradáveis em dias quentes. A **Figura 3** mostra a mudança de temperatura em diferentes superfícies, quando expostas ao sol e na sombra da árvore.

Figura 3 – Temperatura superficial de diferentes pavimentos em sol.



Fonte: Laurie (1983) apud Mascaró (2012, pg. 965).

Além disso, considera-se o termo floresta urbana, como o somatório de todas as árvores ou vegetações plantadas que se encontram na cidade, parques e praças, ruas e fragmentos de matas. A conexão é ideal entre estes espaços, tanto para os fluxos de água, biodiversidade e pessoas. Neste contexto, um bom exemplo da utilização de infraestrutura verde no planejamento urbano é a revitalização do Rio Cheonggyecheon, na cidade de Seul, Coréia do Sul. Segundo Lah (2012), a remoção

da infraestrutura cinza do local para a implementação de uma infraestrutura verde trouxe diversos benefícios em diferentes aspectos: qualidade do ar, diminuição da poluição sonora, aumento da biodiversidade, mitigação dos efeitos da ilha de calor, além do incentivo à mobilidade sustentável. Para exemplificar, a **Figura 4** mostra uma comparação do ambiente anterior com a infraestrutura cinza e a recuperação da região através da infraestrutura verde.

Figura 4 – Revitalização do Rio Cheonggyecheon, Seul, Coreia do Sul.



Fonte: Lee e Pereira (2016)².

Em face do exposto, a infraestrutura verde contribui significativamente para a preservação da qualidade do ambiente e para as mudanças climáticas. Conforme Bueno e Ximenes (2011, p. 130), “a infraestrutura verde combate às ilhas de calor, pois funciona como “corredores” de vento, ligando ruas, praças e parques públicos, evitando a concentração de ar quente e de gases do efeito estufa”. Estes corredores, também chamados de *corredores verdes*, melhoram a qualidade do ambiente urbano em diversos aspectos, listados abaixo:

- Cria uma circulação do ar e um balanço de umidade, reduzindo o calor e capturando a poeira e os gases em ascensão;
- Facilita a absorção de água e sua qualidade, evitando as enchentes e disponibilizando um espaço recreativo;

² Disponível em: <http://ufpr.pecca.com.br/e-possivel-reverter-a-morte-dos-rios-urbanos/>. Acesso em 20. abr. 2017.



- Oferece um palco natural em meio ao ambiente urbano, propício a manifestações culturais de conservação da natureza e educação ambiental;
- É um importante corredor para migração da fauna e um ambiente de maior biodiversidade de flora e fauna (BUENO E XIMENES, 2011).

Diante dessas abordagens conceituais e exemplos de aplicação, é importante ressaltar que a infraestrutura verde qualifica o ambiente urbano em diferentes aspectos, criando locais mais agradáveis e seguros. Esses espaços verdes tornam-se lugares mais vivos, de encontros sociais, com comércio e serviços ativos, atraindo pessoas e usuários de modos de transporte não motorizados, não sendo espaços ganhos apenas pelos veículos. Para entender melhor outros elementos que compõem uma rede de infraestrutura verde, a próxima seção apresentará os tipos de infraestrutura verde que podem ser implementados e seus diferentes benefícios.

2.2. TIPOS DA INFRAESTRUTURA VERDE E SEUS BENEFÍCIOS

Visando atender às necessidades de integrar a natureza ao ambiente construído das cidades, e garantir o desenvolvimento urbano sustentável, a infraestrutura verde permite a conservação de valores dos ecossistemas naturais e suas funções ecológicas e sociais. Tais funções são descritas por Ferreira (2010) conforme é apresentado no **Quadro 1** a seguir.


Quadro 1 – Funções ecológicas e sociais da Infraestrutura Verde.

Classificação	Descrição	Representação
Funções ecológicas	1. Manutenção da biodiversidade; 2. Promoção de conexões entre habitats; 3. Filtragem natural relativo à poluição do ar e das águas; 4. Regulagem das amplitudes térmicas, sendo capaz de reduzir a temperatura do ar em virtude do efeito sombra e evapotranspiração;	 ³
	5. Controle dos processos erosivos sofridos em encostas e margens de rios; 6. Permeabilidade dos solos.	 ⁴

³ Botânica Viveiro (2016).

⁴ Carvalho (2015).

Continuação **Quadro 1** – Funções ecológicas e sociais da Infraestrutura Verde.


Classificação	Descrição	Representação
Funções sociais	1. Surgimento de espaços ao ar livre que contribuem para ações recreativas e de lazer. Estes espaços unificam seus usuários sem distinção econômica, social, cultural ou étnica;	 ⁵
	2. Contribuição alimentar por meio do cultivo de hortas urbanas; 3. Contribuição para valorização estética da paisagem; 4. Melhoria da saúde - diminuição dos índices de doenças respiratórias e obesidade; 5. Permitem a preservação do patrimônio histórico e cultural.	 ⁶

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017), baseado em Ferreira (2010).

Nesta mesma linha, Santos, Silva e Lopes (2012) complementam que a infraestrutura verde pode apresentar funções como proteção de mananciais, controle ambiental, regulação climática, e ainda promover atividades de contemplação, esporte e mobilidade por modos não motorizados.

No entanto, para que estas funções sejam desempenhadas, irá depender das diferentes práticas adotados por esta infraestrutura verde. Desta maneira, com base no trabalho de Herzog (2009, 2010, 2013), os tipos de infraestrutura verde e suas respectivas funções são apresentadas no **Quadro 2** a seguir.

Quadro 2 – Diferentes tipos de Infraestrutura Verde e suas respectivas funções.

Tipo	Descrição	Representação
Alagado construído	Áreas alagadas que recebem as águas pluviais e promovem a retenção e remoção de contaminantes.	 ⁷

⁵ Governo do Estado de São Paulo (2001).

⁶ Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Policy Directions (2013, p. 9).

⁷ Herzog (2010, p. 140).

Continuação **Quadro 2** – Diferentes tipos de Infraestrutura Verde e suas respectivas funções.

Tipo	Descrição	Representação
Lagoa pluvial (ou Bacia de retenção ou Bioretensão)	<p>Bacia de retenção integrada ao sistema de drenagem da infraestrutura verde. Funções: Acomodar o excesso de água das chuvas, aliviar o sistema de águas pluviais, evitar inundações, descontaminar águas poluídas por fontes difusas, constituir <i>habitat</i> para diversas espécies, integrar-se a áreas de lazer e recreação públicas e privadas, possibilitar a infiltração e a recarga de aquíferos.</p>	
Lagoa seca (ou Bacia de detenção)	<p>Depressão vegetada, localizada em diversos pontos da bacia de drenagem, que durante as chuvas recebe as águas. Funções: retardar a entrada das águas no sistema de drenagem, possibilitar a infiltração com a recarga de aquíferos, diminuir o escoamento superficial, que causam enchentes. Em tempos secos pode ser usada para lazer, recreação e atividades diversas.</p>	
Canteiro pluvial	<p>Jardins de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser projetados em ruas, residências, edifícios, para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis.</p>	

⁸ Cormier e Pellegrino (2008, p. 134).

⁹ Ken-Mark Turf (2011).

¹⁰ Cormier e Pellegrino (2008, p. 131).

Continuação **Quadro 2** – Diferentes tipos de Infraestrutura Verde e suas respectivas funções.

Tipo	Descrição	Representação
Jardim de chuva	São jardins em cotas mais baixas que recebem as águas da chuva de superfícies impermeáveis adjacentes.	 11
Biovaleta	Jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e áreas de estacionamentos. Promovem uma filtragem inicial das águas contaminadas por resíduos de óleos, borracha de pneus, partículas de poluição e demais detritos.	 12
Teto verde	Cobertura vegetal que recobre lajes e telhados, coleta e filtra a água das chuvas.	 13
Parede verde ou Muro verde	Utilizada para sombreamento ou incluída em projetos com pouca área disponível para vegetação.	 14

¹¹ Cormier e Pellegrino (2008, p. 129).

¹² Maryman (2014).

¹³ Cunha (2015).

¹⁴ Regeneracion Urbana (2011).

Continuação **Quadro 2** – Diferentes tipos de Infraestrutura Verde e suas respectivas funções.

Tipo	Descrição	Representação
Pavimento poroso	Asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados, brita e pedriscos, entre outros. Podem ser usados em calçadas, vias, estacionamentos, pátios e quintais residenciais, parques e praças, entre outros. Funções: Permitir a infiltração das águas, filtragem, reduzir o escoamento superficial.	 15
Bioengenharia	Técnicas ecológicas de contenção de muros, taludes e encostas que utilizam conhecimentos milenares, com a combinação de materiais inertes e vegetação.	 16

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017), baseado em Herzog (2009, 2010, 2013).

Em outras palavras, o **Quadro 2** apresenta os principais tipos de infraestrutura verde que podem ser inseridos nos espaços urbanos. De acordo com as imagens exibidas no quadro, é fácil perceber a presença da arborização ou vegetação plantada ao longo de uma via ou região. Assim, de acordo com a *Environmental Protection Agency*¹⁷ (EPA), na escala de uma cidade ou município, a infraestrutura verde refere-se às áreas naturais que fornecem habitat, ar e água mais limpos. Na escala de um bairro, a infraestrutura verde refere-se a sistemas de manejo das águas pluviais que mimetizam a natureza por absorver e armazenar água. Inclusive, a água armazenada pode ser utilizada para redirecionamento e uso produtivo da água da chuva, capturando-a para posterior reutilização, como por exemplo para irrigação, limpeza ou fins sanitários.

Além disso, Schubert (2016) salienta que os benefícios da infraestrutura verde são diversos quando aplicada ao desenvolvimento dos centros urbanos, e que podem

¹⁵ Herzog (2010, p. 9).

¹⁶ NTC Brasil (2015).

¹⁷ Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

atuar no gerenciamento de águas pluviais com uma drenagem mais eficiente, como por exemplo, na filtragem, no escoamento ou *runoff*, e na redução de enchentes e inundações, isto tudo influenciado, também, pela escolha de um pavimento mais permeável. A qualidade do ar se eleva devido ao contato maior com o meio natural, aumentando a qualidade de vida da população, assim como do próprio local, mantendo a biodiversidade e uma região mais confortável, promovendo assim, um ganho ambiental, social e econômico (SCHUBERT, 2016).

Acrescenta-se, também, a possibilidade do incentivo à agricultura urbana, que são áreas produtivas, jardins e hortas comunitários em locais públicos e privados. Segundo Herzog (2010) esta atividade possibilita a socialização e educação sobre as fontes de alimentos, a fim de desenvolver atividades econômicas integradas às potencialidades naturais locais, à conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos em áreas urbanas. Schubert (2016, p. 30) complementa que “a possibilidade de ter alimentos orgânicos, mesmo que não se tenha espaço em sua própria casa, anima os moradores a cultivar e manter as hortas”. Um bom exemplo disto é na cidade de Les Avanchets, em Genebra, na Suíça, região onde cada morador tem seu próprio jardim, com plantação de vegetais e frutas, conforme é mostrado na **Figura 5**. Além disso, os vizinhos têm o hábito de compartilhar a produção e trocar seus alimentos orgânicos.

Figura 5 – Hortas urbanas compartilhadas na cidade de Les Avanchets, na Suíça.



Fonte: Arthus-Bertrand (2015)¹⁸.

¹⁸ Disponível em: <http://www.hypeness.com.br/2015/11/conheca-a-cidade-em-que-cada-morador-tem-sua-horta/>. Acesso em: 25.mai.2017.

Dessa maneira, Franco (2010, p. 143) considera a infraestrutura verde como sendo “áreas urbanas permeáveis ou semipermeáveis, plantadas ou não que *prestam serviços* à cidade e apresentam algum grau de manejo e gerenciamento público ou privado”. A autora destaca os seguintes *serviços prestados*:

- 1 – Melhora da qualidade do ar promovendo a saúde humana;
- 2 – Sequestro de carbono da atmosfera;
- 3 – Amortização do balanço climático entre temperaturas baixas e altas no microclima urbano entre dia-noite e as estações do ano;
- 4 – Proteção, conservação e recuperação da biodiversidade da flora e fauna na área urbana;
- 5 – Contenção da erosão;
- 6 – Promoção de atividades contemplativas, esportivas e de lazer;
- 7 – Promoção da importância da paisagem como fator determinante da estética urbana;
- 8 – Incremento do fator permeabilidade do solo urbano permitindo a percolação da água e, portanto, a redução de enchentes;
- 9 – Articulação e conectividade entre espaços verdes;
- 10 – Promoção da segurança urbana;
- 11 – Proteção de áreas de fragilidade ecológica;
- 12 – Promoção de áreas de alto valor imagético, icônico e de identidade de lugares e sítios urbanos.

Nesse contexto, Brandão e Crespo (2016) elaboraram uma matriz de relação entre os tipos e os benefícios da infraestrutura verde, baseada em um guia de reconhecimento dos benefícios econômico, ambiental e social da infraestrutura verde, desenvolvido pela *Center of Neighborhood Technology*¹⁹ (CNT). Os benefícios foram listados procurando atender soluções diversas para o escoamento das águas, através de elementos de drenagem; melhoria da qualidade do ar e do meio ambiente; proporção de mudanças no comportamento humano e práticas sociais; manutenção da biodiversidade; além de outros componentes. Os autores relacionam cada tipo de infraestrutura verde aos benefícios em três categorias: *benefício assegurado*; *em potencial*; e *indiferente*, conforme é apresentado na **Tabela 1**.

¹⁹ Organização sem fins lucrativos, fundada em 1978, empenhada em melhorar as economias urbanas e os ambientes nos Estados Unidos.

Tabela 1 – Matriz de relação entre os tipos e os benefícios da infraestrutura verde.

Benefício \ Tipologia	Benefícios Hídricos e Reduzir Runoff	Reduzir a Demanda de Água	Melhorar a recarga de aquíferos	Reduzir o consumo energético	Melhorar a qualidade do ar	Reduzir CO2 atmosférico	Reduzir Ilhas de Calor	Melhorar qualidade estética	Reduzir Poluição Sonora	Possibilidade de Lazer e Recreação	Promover a Agricultura Urbana	Promover Habitat para espécies	Criar oportunidades de Ed. Ambiental
Alagado Construído	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓	-	✓✓	✓✓
Lagoa Pluvial	✓✓	-	✓✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓	-	✓✓	✓✓
Lagoa Seca	✓✓	-	✓✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓✓	✓	✓✓	✓✓
Canteiros Pluviais	✓✓	✓	✓	-	✓	✓✓	✓	✓✓	-	✓	✓	✓	✓✓
Jardim de Chuva	✓✓	✓	✓✓	-	✓	✓✓	✓	✓✓	-	✓	✓	✓	✓✓
Biovaleta	✓✓	✓	-	-	✓	✓✓	✓	✓✓	-	-	-	✓	✓✓
Teto Verde	✓✓	✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓
Parede Verde	✓✓	-	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓	✓	✓✓
Pavimento Permeável	✓✓	✓	✓✓	✓✓	-	-	✓✓	✓	-	-	-	-	✓✓
Bioengenharia	✓✓	-	✓	-	✓	✓	✓✓	✓✓	-	-	✓	✓✓	✓✓
Legenda													
Benefício Assegurado					✓✓	Em potencial			✓	Indiferente			-

Fonte: Brandão e Crespo (2016, p. 86).

Conforme é mostrado na **Tabela 1**, além da ampla gama de benefícios que a adoção da infraestrutura verde traz ao meio em que se ocupa, ela também ganha espaço para a oportunidade da educação ambiental. A preocupação com os impactos ambientais, tem levado escolas incorporarem diferentes tipos de IV para se transformarem em *escolas verdes*. Além de integrar a infraestrutura verde, estas

escolas têm por objetivo educar os alunos e habilitá-los a participar do processo de sustentabilidade ao dar visibilidade aos processos naturais (HERZOG, 2013).

Desta maneira, uma infraestrutura verde bem concebida, planejada, implementada e monitorada, pode dar suporte para a resiliência das cidades, trazendo uma ampla gama de benefícios para as comunidades locais e demais regiões. Assim, Herzog (2013) salienta que os tipos de IV devem fazer parte do planejamento e de projetos públicos e privados, apoiando o crescimento sustentável e econômico das cidades, visando fornecer amplos retornos para a sociedade e para o meio ambiente.

Nesse contexto, os diferentes tipos de infraestrutura verde podem ser considerados em diferentes composições, formando redes integradas e conectadas de áreas verdes, qualificando ainda mais o espaço em que se deseja ocupar. A próxima seção abordará justamente este ponto com foco na mobilidade sustentável.

2.3. INFRAESTRUTURA VERDE E A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

Em 2012, foi aprovada a Lei Federal nº 12.587, sobre a Política Nacional de Mobilidade Urbana, composta por definições, diretrizes e direitos em relação à mobilidade urbana. O capítulo I, seção II, se refere aos princípios da Política Nacional, citando a acessibilidade universal, desenvolvimento sustentável das cidades, segurança nos deslocamentos das pessoas, equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros e eficiência, eficácia e efetividade na circulação urbana (BRASIL, 2012).

Nesse sentido, uma boa estratégia de mobilidade é fundamental para garantir os mecanismos de inclusão social a todos. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), “a mobilidade urbana é essencial para o desenvolvimento social e econômico e permite às pessoas ter acesso a serviços, oportunidades de trabalho, de educação, de relações sociais e de desfrutar plenamente da cidade”. Assim, de acordo com Lopes (2010), a mobilidade é algo que vai além do número de viagens por pessoa por dia, mas além disso, algo que também está relacionado com a saúde física e psicológica, sociedade, economia e ambiente.

No entanto, tem-se um cenário favorável ao aumento contínuo da taxa de motorização nas cidades brasileiras, sendo que, este padrão de deslocamento baseado no transporte individual é basicamente insustentável. Embora fundamental

para o desenvolvimento de diferentes setores da sociedade, o transporte é responsável por vários *efeitos colaterais*, muitos dos quais são prejudiciais ao meio ambiente. Assim, de acordo com Whitelegg e Haq (2003), citado por Rodrigues da Silva, Dickey e Wyatt (2005, p. 03), os problemas produzidos pelo transporte estão associados as suas atuais políticas, incluindo o incentivo indireto dos transportes movidos por combustíveis fósseis, outros aspectos seriam: o crescimento da demanda de transporte rodoviário; uso de recursos naturais sem um devido planejamento; o aumento da emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, nocivos à saúde; ruído de tráfego e acidentes de trânsito. (RODRIGUES DA SILVA, DICKEY e WYATT, 2005, p. 03 apud WHITELEGG e HAQ, 2003). Além disso, observa-se também grandes congestionamentos, saturação das vias e o aumento no tempo de deslocamento, que também são consequências graves da falta de políticas de mobilidade dos últimos anos.

Neste sentido, planejadores, administradores públicos, comunidade acadêmica e sociedade em geral, discutem formas de compreender e planejar o meio urbano, em busca pelo desenvolvimento sustentável das cidades. Desta forma, Costa (2008) lista alguns aspectos que merecem ser destacados para discussão:

- A preocupação com os atuais padrões de desenvolvimento das cidades, marcados pelo crescimento desordenado e espalhamento urbano, reflexos da especulação imobiliária e da incapacidade do poder público de controlar a expansão do território;

- A degradação ambiental evidenciada pela poluição, ruído, escassez de espaços abertos e áreas verdes;

- A desigualdade social, a segregação espacial e as disparidades no acesso às oportunidades e atividades urbanas;

- A descontinuidade das ações e investimentos, produto da atuação setorializada e muitas vezes não coordenada do poder público no gerenciamento do espaço urbano, resultando em desperdício de recursos e não atendimento das necessidades mais urgentes da população;

- As dificuldades impostas à circulação de pessoas e bens, causadas pela falta de integração entre o planejamento urbano e de transportes e do incentivo aos modos individuais em detrimento dos coletivos, além do declínio da qualidade ambiental das cidades em função de seus sistemas de mobilidade.

Em função destas questões, a autora conclui que os problemas da mobilidade são multidimensionais, e que existem diversos aspectos do cotidiano que influenciam diretamente sobre a sustentabilidade das cidades, contribuindo para o declínio da qualidade de vida da população. Não só o acesso físico aos diferentes modos e tecnologias de transporte determina as condições de mobilidade nas cidades, mas inúmeras situações acabam refletindo nos problemas de mobilidade. Estes problemas estão relacionados à precariedade da infraestrutura urbana; a apropriação ilegal do espaço público; a ausência de arborização urbana; e as deficiências ou ausência de planejamento urbano e má organização das cidades.

Tendo em vista o panorama apresentado, é de extrema importância reverter essa tendência problemática das cidades. Sendo assim, a mobilidade sustentável surge como uma proposta de nova cultura pela busca da sustentabilidade, como um esforço para proteger os sistemas ecológicos e os recursos naturais. Além disso, promover a utilização equitativa do espaço público, priorizando o transporte coletivo e não motorizado. Nesse sentido, segundo Lopes (2010), a mobilidade sustentável pode ser entendida como aquela que minimiza os efeitos negativos do transporte relacionados à poluição do meio ambiente, consumo de ar, água e solo, aos acidentes de trânsito, aos tempos perdidos em congestionamentos, à exclusão social, aos altos custos de viagens e ao consumo de energias não renováveis.

Neste contexto, segundo a literatura (Costa, 2003; Costa et al., 2004; Greene e Wegener, 1997; Gudmundsson e Höjer, 1996; Moore e Johnson, 1994, World Bank, 1996), pode-se citar aspectos correlatos a mobilidade sustentável, destacando:

- O uso de alternativas mais eficientes no setor de transporte a fim de reduzir o consumo de combustível;
- O incentivo aos modos não-motorizados (isto é., caminhada e ciclismo, ou “caminhar e andar de bicicleta”) como consequência de um ambiente mais seguro e agradável para pedestres e ciclistas;
- Controle do crescimento urbano como estratégia para reduzir os tempos de viagem e o uso de combustíveis poluentes;
- Melhoria do nível de serviço do transporte público;
- Equilíbrio e integração espacial dos diferentes meios de transporte;
- Desenvolvimento de novas tecnologias de transporte e a avaliação de sua aceitação pela comunidade;

- A redução de viagens necessárias através da reorganização das cidades, uso misto do solo, incentivos para aumentar a ocupação do automóvel e a substituição de viagens pelo trabalho em casa (teleworking);
- Melhoria da acessibilidade para usuários com necessidades especiais, tais como: mulheres grávidas, pessoas portadoras de deficiência, idosos e crianças;
- Aplicação de tarifas de transporte justas.

Neste sentido, em busca de novos cenários urbanos mais resilientes e sustentáveis, a Infraestrutura Verde (IV) pode gerar impactos positivos para a mobilidade nas cidades. A IV proporciona deslocamento às pessoas por ser um ambiente mais amigável, em termos de segurança; agradável, em termos visuais e ambientais; e ainda, mais saudável, em termos da qualidade do ar, promovendo assim, a mobilidade sustentável. Estas características estimulam a escolha de outros meios de transporte não motorizados, como por exemplo a caminhada e o uso da bicicleta, e pensando em tecnologias mais eficientes para preservar o ambiente natural urbano, reduzindo as possibilidades de acidentes de trânsito e congestionamentos indesejáveis. (SCHUBERT, 2016).

O desenvolvimento sustentável através de uma Infraestrutura Verde possibilita benefícios em termos naturais e culturais. Segundo Ahern (2007), o desenvolvimento de uma IV oferece conexões fundamentais como os fluxos dos rios, da biodiversidade entre as áreas vegetadas, e das pessoas através de uma rede de transportes alternativos de baixo impacto.

Além disso, para Benedict e McMahon (2001, 2006), a ideia de vincular áreas verdes para o benefício das pessoas, com foco na recreação e mobilidade sustentável, através da priorização para pedestres e ciclistas, tem evoluído para o movimento moderno das ruas verdes. Assim, não só as ruas verdes, mas também parques lineares e regiões de uso múltiplo podem ganhar espaço em busca da sustentabilidade e resiliência para as cidades. O **Quadro 3** apresenta as principais abordagens da infraestrutura verde quando aplicadas de forma integrada e conectada, que foram considerados neste trabalho, como uma Infraestrutura Verde completa.

Quadro 3 – Infraestrutura Verde completa.

Tipo	Descrição	Representação
Interseções viárias	Ilhas de distribuição de trânsito viário com áreas vegetadas ou permeáveis em seu interior. Coletam e infiltram águas das chuvas, com plantio de espécies nativas. Proporcionam mais segurança a pedestres e ciclistas.	 20
Rua verde	Ruas arborizadas, que integram o manejo de águas pluviais (com canteiros, jardins de chuva, pavimento poroso, entre outros), abrangendo a bacia de drenagem de determinada região. Devem ter um projeto sistêmico, multifuncional e estético adequado à paisagem local. A circulação viária é mais restrita, com preferência para pedestres e ciclistas.	 21
Parque linear	Corredores verdes são multifuncionais e devem ser planejados e projetados ao longo de rios e à beira de corpos d'água. Devem ter vegetação adequada às condições variáveis de umidade, de preferência, que seja vegetação nativa.	 22
Regiões de uso múltiplo	Circulação viária mais restrita, com preferência para pedestres e ciclistas. Travessias bem demarcadas com piso diferenciado e <i>traffic calming</i> . Podem acomodar bancos, áreas com mesas de bares e restaurantes, bancas de jornal, telefones públicos. Com arborização intensa, associada a tipologias, como: canteiros pluviais, biovaletas, interseções viárias, entre outros.	 23

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017), baseado em Herzog (2009, 2010, 2013).

²⁰ Gréco (2017).

²¹ Herzog (2010).

²² Herzog (2010).

²³ Sehr (2016).

Herzog (2010) reforça a ideia de que a Infraestrutura Verde (IV) também visa buscar oportunidades de transportes alternativos que não poluem o meio ambiente, estimulando uma vida urbana ativa e saudável e, sempre que possível, promover o uso de energias renováveis. Esses espaços acabam sendo devolvidos para os cidadãos, para que as ruas voltem a ser lugares vivos, de encontros sociais, com comércio e serviços ativos, não sendo espaços ganhos apenas pelos veículos. Diante disto, Herzog (2013) salienta ainda que, uma IV integrada e bem planejada, além de realizar funções para melhor gerenciamento de águas e manutenção da biodiversidade, acabam tendo como resultados a circulação viária mais restrita, abrigando vias com preferência para pedestres e ciclistas aliadas a áreas de lazer e contemplação. Neste contexto, o incentivo à modos não motorizados pela qualificação do meio urbano é um resultado esperado e visto na prática.

Esta integração natureza-sociedade, considerada no **Quadro 3**, é de extrema importância para desenvolver caminhos para o planejamento sustentável, pensando na cidade sob o ponto de vista do verde urbano e do transporte limpo, que aproveita sua estrutura e elementos naturais que a compõe. Assim, de acordo com Bueno e Ximenes (2011), tal atividade pode ser proposta e realizada pela comunidade local, reconhecendo os problemas da sua própria realidade, na busca por subsídios que resolvam tais problemas, a fim de aplicar ações práticas de infraestrutura verde para determinada região.

As regiões de uso múltiplo, por exemplo, são aquelas que conciliam diversas utilizações da IV, que tem como funções principais diminuir a velocidade dos veículos e também proporcionar conexão entre fragmentos de vegetação, parques e praças. Estas regiões, que segundo Herzog (2010, 2013) também podem ser chamadas de ruas completas, amenizam o clima e estimulam a circulação de baixo impacto, valorizando a região e promovendo a educação ambiental.

Dessa maneira, a hipótese básica é que a IV não traz apenas benefícios inerentes ao tipo de infraestrutura adotada, mas também gera um certo impacto na mobilidade das pessoas. Portanto, com o propósito de reforçar a ideia apresentada por Schubert (2016, p. 33), “torna-se evidente a necessidade de estudo e avaliação de propostas concretas para futura implantação dos conceitos de infraestrutura verde no contexto da mobilidade urbana”, tudo isto, em prol da sustentabilidade e resiliência das cidades.

Analisando o contexto da mobilidade sustentável e com o intuito de conectar de forma ampla com os conceitos e aplicações da Infraestrutura Verde destacados até o momento, as regiões de uso múltiplo (ou ruas completas, conforme Herzog (2010, 2013) enfatiza) podem constituir o desenho das cidades.

Dessa forma, o Guia da Mobilidade Sustentável (2014) destaca oito princípios abordados por diferentes organizações do mundo inteiro, incluindo o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), em busca do Desenvolvimento Orientado ao Transporte (DOT, TOD da sigla em inglês para *Transit Oriented Development*). Estes princípios abordados: caminhar, pedalar, conectar, usar o transporte público, misturar, adensa, compactar e mudar; apresentam basicamente um resumo das novas prioridades adotadas para o desenvolvimento sustentável das cidades, através da implantação de ruas completas. Além disso, refletem em uma mudança fundamental do velho padrão insustentável do urbanismo orientado ao uso do veículo particular para um novo paradigma, em que as formas urbanas e os usos do solo se integram intimamente com modos de viagem mais eficientes, de baixo impacto e orientados às pessoas, utilizando transporte público, a pé ou por bicicleta.

Além disso, a *Nacional Association of City Transportation Officials* (NACTO) destaca alguns conceitos para o desenvolvimento das ruas completas:

- As ruas devem ser desenhadas para serem tanto espaço público de qualidade como canais para o deslocamento diário.
- Boas ruas são ótimas para excelentes comércios, gerando grandes lucros para comerciantes e agregando valor às residências.
- As ruas podem ser mudadas: muitas ruas foram construídas ou alteradas em uma era diferente e precisam ser adaptadas às novas necessidades.
- A segurança deve ser priorizada no desenho: Os choques e as mortes causadas por acidentes de trânsito podem e devem ser evitados.
- As ruas devem ser desenhadas como ecossistemas onde sistemas construídos pelo homem se relacionam com sistemas naturais.

No entanto, é importante salientar, que as condições de mobilidade são afetadas diretamente pelo espaço urbano, em função das características de seus terrenos, vias, calçadas, das redes regulares de transporte público, da disponibilidade e qualidade de seus serviços, além dos preços por transporte, conforme é enfatizado

no Guia da Mobilidade Sustentável (GMS). Neste sentido, o conceito das ruas completas é sintetizado no **Quadro 4** a seguir.

Quadro 4 – Os oito princípios das Ruas Completas.

Princípio	Descrição	Representação
Caminhar	Caminhar é o modo de deslocamento mais natural, econômico, saudável e limpo para trajetos curtos, além de ser um componente necessário da grande maioria das viagens por transporte coletivo ou mesmo individual.	 24
Pedalar	A bicicleta é uma opção de transporte inteligente, sem emissões, saudável e econômica. No entanto, para promover e incentivar o seu uso, é essencial oferecer condições mais seguras para a sua circulação, visto que os ciclistas estão entre os usuários mais vulneráveis do sistema de trânsito.	 25
Conectar	As rotas curtas e diretas, tanto de pedestres como de ciclistas, exigem uma rede altamente conectada de ruas e vias em torno de quadras pequenas e permeáveis. Um tecido urbano mais permeável aos pedestres e ciclistas do que aos carros também prioriza os modos não motorizados e de transporte público.	 26
Transporte Público	O transporte público conecta e integra partes da cidade distantes para os pedestres. Nesse contexto, o transporte de alta capacidade tem um papel essencial por permitir uma mobilidade urbana altamente eficiente e equitativa e apoiar os padrões densos e compactos de desenvolvimento urbano.	 27



²⁴ EMBARQ Brasil: DOTs Cidades – Manual de Desenvolvimento Urbano Orientado ao Transporte Sustentável (2015, p. 4).

²⁵ EMBARQ Brasil: DOTs Cidades – Manual de Desenvolvimento Urbano Orientado ao Transporte Sustentável (2015, p. 7).

²⁶ EMBARQ Brasil: DOTs Cidades – Manual de Desenvolvimento Urbano Orientado ao Transporte Sustentável (2015, p. 35).

²⁷ UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme: Planning and Design for Sustainable Urban: Policy Directions (2013, p. 18).

Continuação **Quadro 4** – Os oito princípios das Ruas Completas.


Princípio	Descrição	Representação
Misturar	Os dois objetivos do desempenho desse princípio são o fornecimento de uma mistura equilibrada de usos do solo e de níveis de renda dos moradores. Quando há uma combinação equilibrada de usos e de atividades complementares no interior de uma área (por exemplo, um mix de residências, locais de trabalho e locais de comércio), muitas viagens diárias podem permanecer curtas e serem feitas a pé ou de bicicleta.	 28
Adensar	Para absorver o crescimento urbano em sua forma compacta e densa, as áreas urbanas têm que crescer verticalmente (adensamento) em vez de horizontalmente (dispersão). Por outro lado, as altas densidades urbanas (residenciais ou não residenciais) orientadas ao transporte exigem um serviço de transporte de alta capacidade, frequência e conectividade e ajudam a gerar recursos para investimentos em melhorias e expansão do sistema.	 29
Compactar	Numa cidade compacta, as várias atividades e usos são localizados convenientemente juntos, minimizando o tempo e a energia necessários para alcançá-los e maximizando o potencial de interação. Com distâncias menores, as cidades compactas funcionam com uma infraestrutura menos extensa e custosa e preservam as terras rurais contra a ocupação urbana, além de melhorarem o aproveitamento do solo já ocupado.	 30

²⁸ UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme: Planning and Design for Sustainable Urban: Policy Directions (2013, p. 63).

²⁹ Nucci (2017).

³⁰ EMBARQ Brasil: O Desenho de Cidades Seguras – Diretrizes e Exemplos para Promover a Segurança Viária a partir do Desenho Urbano (2016, p. 1).

Continuação **Quadro 4** – Os oito princípios das Ruas Completas.

Princípio	Descrição	Representação
Mudar	Quando as cidades são moldadas segundo os sete princípios anteriores, o transporte individual motorizado se torna, de certa forma, desnecessário à vida cotidiana. Grande parte do recurso escasso e valioso que é o espaço urbano pode ser, então, retomada das vias e estacionamentos que já não serão mais necessários e realocada a usos mais produtivos, social e economicamente.	 31

Fonte: Elaborado pelo Autor (2014), baseado no Guia da Mobilidade Sustentável (2014).

Por outro lado, os elementos essenciais para tornar o trajeto a pé atraente devem seguir desempenhos associados a segurança, atividade e conforto. Segundo o GMS os principais objetivos para incentivar os deslocamentos a pé são: rede segura e completa de vias de pedestres (calçadas, passagens, acessos, passarelas, etc.); ambiente animado e vibrante para pedestres; temperatura amena e confortável no trajeto (arborização e proteção de intempéries); e ainda, distâncias curtas e rotas diretas. Para o ciclista, além da segurança viária, deve-se proporcionar um ambiente protegido contra roubos e vandalismos, encorajando as pessoas a utilizarem a bicicleta.

Neste contexto, várias pesquisas científicas têm demonstrado que a qualidade da infraestrutura e do ambiente urbano são primordiais na escolha de modos não motorizados. Pinto *et. al.* (2016), conduziram uma pesquisa para a cidade de Belo Horizonte, com o intuito de verificar que aspectos influenciam a escolha do uso da bicicleta como meio de transporte integrado ao transporte público. Diante disto, concluíram que é necessário a adoção de políticas públicas de gestão da mobilidade que proponham soluções sustentáveis através de infraestrutura adequada que proporcione deslocamentos eficientes e seguros aos ciclistas.

Os resultados da pesquisa de Pinto *et. al.* (2016) ainda mostram, que, enquanto para os ainda não usuários de bicicleta, a existência de ciclovias/ciclofaixas desempenha papel crucial no estímulo a escolha deste modo, para os já usuários, a existência de bicicletários configura-se como ponto chave, que deve,

³¹ National Complete Streets Coalition and Local Government Commission with a grant from the California Endowment: It's a Safe Decision – Complete Streets in California (2012, p. 36).

obrigatoriamente, complementar a rede cicloviária. Este resultado chama a atenção para o fato de que para uma alternativa de projeto ser bem-sucedida, atraindo novos usuários para o sistema, ela deve ser concebida de forma completa.

Em relação a fatores que afetam a escolha em se deslocar a pé, em função da sensação de segurança ao usuário, é explorado por Vargas, Uriarte e Cybis (2017). Os autores tinham, como objetivo, identificar e hierarquizar os fatores ambientais que influenciam na sensação de segurança, com ênfase nos componentes da estrutura urbana. Os resultados obtidos pela pesquisa indicaram que a segurança pessoal em relação ao crime é um fator importante, porém não preponderante para a escolha do caminho. A apazibilidade, que contempla aspectos como paisagismo, tráfego e morfologia arquitetônica, se configurou como atributo ambiental mais importante para a escolha do caminho.

Vargas, Uriarte e Cybis (2017) salientam ainda, que segurança e apazibilidade são sensações subjetivas produzidas por fatores de diversas naturezas e representam uma avaliação individual da qualidade do ambiente, incluindo os elementos físico-espaciais percebidos visualmente. Estas sensações conduzem a uma reação individual, atuando em conjunto com as características da viagem (motivo, tempo/distância) no processo de escolha da rota.

O que chama a atenção nos resultados da pesquisa de Vargas, Uriarte e Cybis (2017), é a sensível diferença entre os fatores determinantes da sensação de segurança para os indivíduos caminhantes e os não-caminhantes. Pessoas já acostumadas a caminhar se atentam a elementos concretos, percebendo com mais nitidez detalhes da estrutura urbana e da morfologia arquitetônica do ambiente urbano onde se deslocam. Valorizam, também, fatores, que os autores chamam de “primários”, como por exemplo, a qualidade da infraestrutura de circulação (calçadas). Já os indivíduos usuários de modos motorizados, tendem a ser mais abstratos, recorrendo a critérios mais genéricos e informações indiretas a respeito da qualidade ambiental.

Cadurin, Rodrigues da Silva e Providelo (2016) aplicaram uma pesquisa em um Campus Universitário a fim de investigar a demanda potencial por bicicletas, do tipo *pedelecs* compartilhadas, no deslocamento entre duas áreas fisicamente separadas por uma distância de cerca de 4,5 km. Os autores investigaram 16 diferentes cenários através da combinação de três fatores: i. Ciclovias e/ou ciclofaixas

entre as Áreas: caracterizadas em dois níveis, presença ou ausência total; ii. Ponto de ônibus: caracterizado em dois níveis, cheio ou vazio; iii. Condições meteorológicas: caracterizadas em quatro níveis, sendo sol e calor (cerca de 34 °C), sol e temperatura moderada (por volta de 26 °C), sol e frio (aproximadamente 18 °C) e nublado com possibilidade de chuva. O mais impressionante dos resultados, destacado pelos autores foi o impacto que a presença de ciclovias/ciclofaixas causa na probabilidade de escolha, resultando em um valor que chega a ser quase o triplo (para alguns casos) em relação à situação de ausência do elemento da infraestrutura cicloviária.

Neste contexto, o conjunto de vias deve atender a todos os tipos de usuários: ciclistas, transporte público e individual, incluindo o pedestre. Schubert (2016, p. 47) salienta que “conforme se melhora a qualidade e se amplia o local protegido dos demais veículos, o pedestre também ganha espaço seguro e confortável”. Assim, diante deste panorama, e considerando toda a base de conceitos e valores sustentáveis levantadas até o momento, uma rede viária baseada em uma Infraestrutura Verde pode dar suporte para o incentivo à mobilidade ativa, e então promover áreas urbanas mais resilientes.

3. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO PARA O PLANEJAMENTO URBANO

Felizmente, todos nós estamos familiarizados com modelos. As pessoas usam modelos mentais todos os dias. Nossas decisões e ações baseiam-se não no verdadeiro estado das coisas, mas em imagens mentais do estado do mundo, com uma ampla gama de informações, como as partes do sistema estão relacionadas e como nossas ações irão influenciar o sistema. No entanto, modelos mentais não são facilmente examinados por terceiros, as suposições são difíceis de se definir em debate ou discussão, resultando em interpretações diferentes, ambiguidades e contradições, que podem não ser resolvidas. Assim, surge a necessidade do apoio de ferramentas computacionais (STERMAN, 1985).

O acelerado crescimento populacional e a urbanização das cidades tem sido acompanhado por um afastamento entre as questões urbanísticas e ambientais que, de acordo com Pereira Filho e Serra (2015, p. 8) resultam em “profundas lacunas no entendimento do espaço urbano como uma célula viva em constante transformação”. Dessa forma, o conceito de desenvolvimento sustentável deve ser assimilado como uma nova forma de produzir sem degradar o meio ambiente, tornando-se necessário uma mudança de comportamento para se planejar as cidades, tendo em vista o uso de tecnologias adaptadas a esse preceito.

Rodrigues da Silva, Dickey e Wyatt (2005), destacam algumas vantagens do uso de ferramentas inovadoras para auxiliar em diferentes processos de planejamento:

- A capacidade de armazenar e tratar/gerenciar uma quantidade significativa de dados e informações;
- A capacidade de resultar em julgamento e monitorar sua veracidade ao longo do processo;
- A capacidade de antecipar fenômenos e comportamentos;
- A possibilidade de explorar alternativas e estratégias em um curto período de tempo por simulação;

Adicionalmente, os autores comentam que entre os objetivos do planejamento urbano, estão a sustentabilidade urbana e a adoção de princípios sustentáveis para a mobilidade, os quais são conceitos amplos e complexos que envolvem muitos elementos e funções, e que as vezes são de difícil compreensão pelos planejadores e tomadores de decisão.

Segundo Sterman (1985), à medida que o computador se tornou mais rápido, mais barato e mais amplamente disponível, os modelos computacionais tornaram-se comuns em análises de previsão e de políticas públicas, especialmente em economia, energia e recursos, demografia e outras áreas cruciais. À medida que os computadores continuam a proliferar, cada vez mais debates políticos envolverão os resultados de modelos, tanto no governo quanto no setor privado.

Nesse sentido, para lidar com os conceitos e complexidades relativos à cidade, os recursos utilizados pelas administrações públicas no enfrentamento das questões urbanas são beneficiados pelo avanço tecnológico, em especial, pelo uso de tecnologias computacionais. Amorin (2016) destaca recursos que foram sendo agregados e ferramentas como o sensoriamento remoto, a aerofotogrametria, o imageamento por satélite, dentre outros, visando fornecer dados para o planejamento e os projetos dos assentamentos urbanos e sua infraestrutura, assim como do manejo dos recursos ambientais.

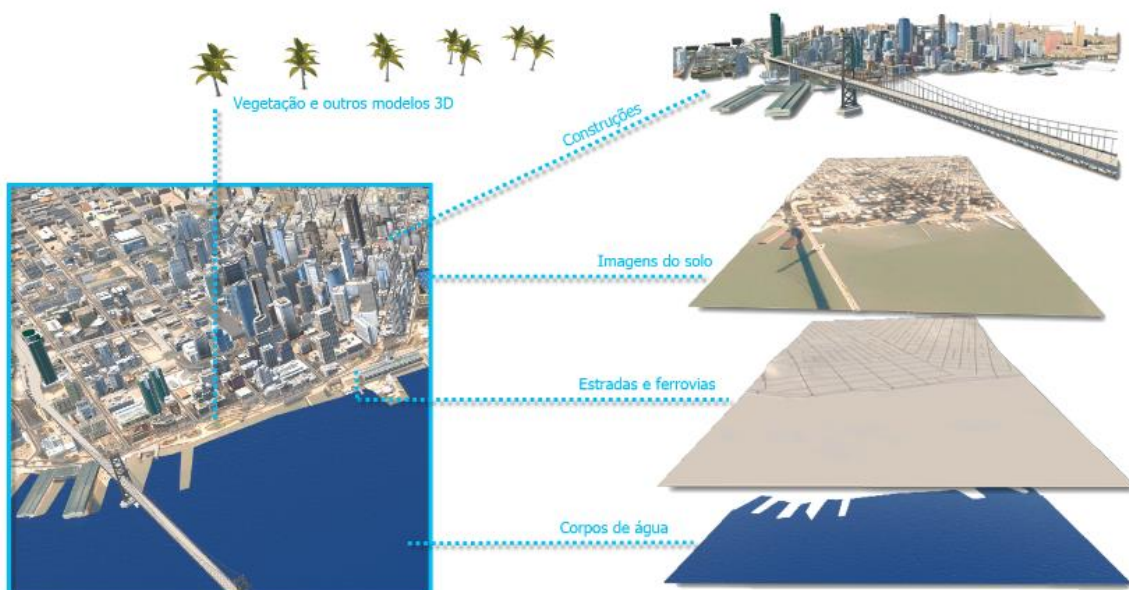
Logo na sequência, os conceitos de Computer Aided Design (CAD) adicionados aos Sistemas Gerenciadores de Bases de Dados (SGBD), foram incorporados, trazendo ferramentas especializadas para diversos fins. Como consequência, surgiram as ferramentas Geographic Information System (GIS), um poderoso recurso para a realização de mapeamentos temáticos e análises espaciais, que foram incorporados aos processos de planejamento, de gestão e de monitoramento das redes de infraestrutura da cidade e das diversas categorias de serviços urbanos. A evolução continuou com a incorporação de recursos como a Modelagem Digital de Terreno (MDT), permitindo a representação da superfície da terra em três dimensões, suprimindo recursos para diversas análises do terreno. (AMORIN, 2016).

Por conseguinte, o paradigma *Building Information Modeling* (BIM), sigla em inglês para Modelagem da Informação da Construção, surge como grande inovação tecnológica. Segundo Eastman et al. (2008), o conceito BIM pode ser definido como

“uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. No entanto, de acordo com os autores Kassem e Amorim (2015, p. 19), em termos de construção “o impacto do BIM não se limita as edificações, mas alcança desde a indústria de produtos e materiais, passa pelos projetos e obras de edifícios, estradas e outros tipos de infraestrutura e se prolonga pela manutenção e desmonte ou reuso destas obras”. Portanto, BIM serve de referência para diferentes sistemas, sendo uma plataforma bastante dinâmica e colaborativa, e que cada vez mais tem evoluído no sentido de integrar esses sistemas.

Conforme Rodrigues da Silva, Dickey e Wyatt (2005), um problema complexo com muitas variáveis pode ser dividido em estruturas menores e gerenciáveis, que podem ser analisadas independentemente. Entretanto, vale chamar a atenção, pois mesmo quebrando estas partes para tornar mais fácil a análise, não se pode perder a conexão entre as mesmas, pois cada uma se associa a outra. Neste sentido, novas tecnologias foram surgindo, agregando a possibilidade da representação tridimensional da cidade como um todo, incluindo dados de construções e redes de infraestrutura, tais como as edificações e mobiliário urbano; as vias e os sistemas de transportes; os corpos d’água e a vegetação; tudo em um mesmo modelo, conforme é mostrado na **Figura 6**.

Figura 6 – Representação tridimensional da cidade.

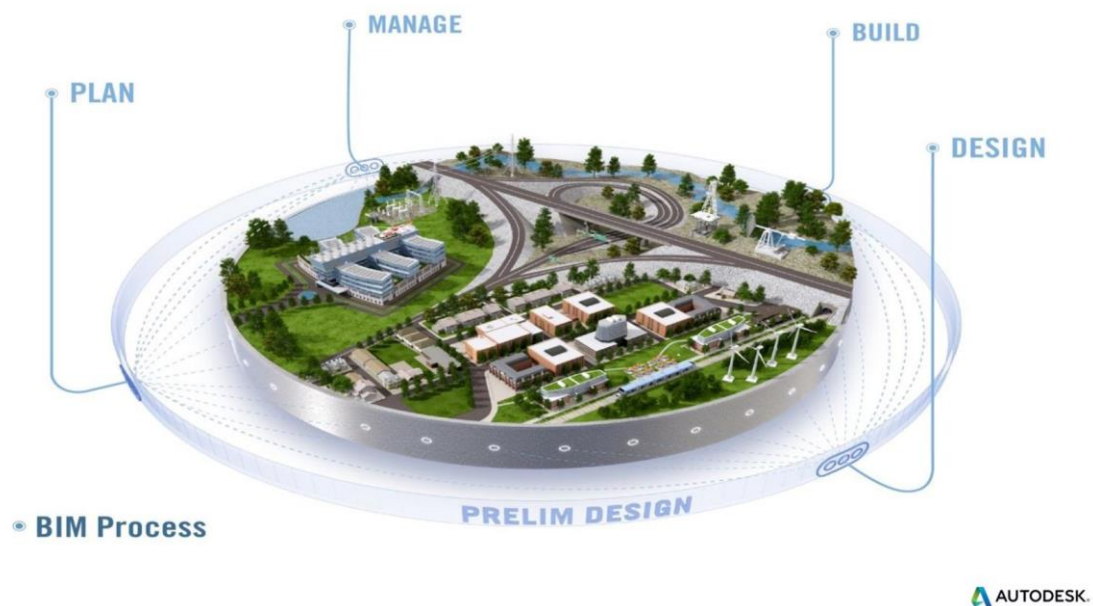


Fonte: Autodesk (2017).

De forma geral, fica clara a necessidade da obtenção e gerenciamento de dados e informações para alimentar determinado modelo, seja para fins de otimização ou de simulação. Assim, com o surgimento da Modelagem da Informação, a tecnologia BIM, de acordo com o Caderno de Apresentação de Projetos em BIM (2015), publicado pela Secretaria de Estado do Planejamento, é um vínculo entre ferramentas e conceitos de modelagem que coordenam informações através de bancos de dados.

Além disso, o conceito BIM representa uma nova abordagem metodológica, alterando o enfoque dado até então à edificação e passando a ser objeto de um conjunto integrado de processos (**Figura 7**), atuando também no âmbito do planejamento urbano.

Figura 7 – Processo BIM.



Fonte: Autodesk (2016).

Por outro lado, de acordo com Pereira Filho e Serra (2015), em síntese, BIM é “um método colaborativo da gestão integrada de informações, podendo ser entendido também como uma plataforma que se utiliza de um formato harmonizador na troca de dados”. Sendo assim, é um recurso muito poderoso e muito empregado nas áreas de AEC, com a finalidade de simular os impactos do planejamento urbano e criar iniciativas em ambientes construídos antes de sua execução. Os autores ainda destacam as vantagens do uso do BIM para uma construção sustentável:

- Melhor tomada de decisão: Durante o processo de concepção dos projetos, podem-se considerar várias opções e ter informações suficientes para escolher uma. O BIM permite a criação e o estudo de diferentes opções dentro de um único modelo.

- Melhor análise de dados: Devido aos gráficos de alta resolução, qualidade dos detalhes e uma interface de modelagem 3D, o BIM ajuda a criar um modelo virtual preciso de um projeto de construção sustentável. Este modelo pode ser muito útil para fazer diferentes tipos de análise, como a quantificação e detecção de conflitos.

- Acesso mais fácil à informação: O uso de um modelo de projeto baseado em BIM garante que a todos os envolvidos do projeto obtenham acesso fácil às informações necessárias para a criação de um projeto sustentável.

- Simplifica a Certificação ambiental: Um modelo baseado em BIM inclui todas as informações necessárias para os vários aspectos de um projeto sustentável. Ele permite a criação de detalhes que melhoram a precisão da certificação verde.

Nestas condições, em busca de um cenário mais dinâmico, novos paradigmas e estratégias têm sido propostos e desenvolvidos ao longo destes últimos anos. É o caso das cidades inteligentes e o City Information Modeling (CIM), duas abordagens abrangentes que, segundo Amorim (2016, p. 484), “envolvem, sobretudo, racionalidade, diversidade, integração, interação, compartilhamento, sustentabilidade, tecnologias de última geração e uma nova forma de olhar a cidade e o Mundo”. O conceito *Smart City* ou Cidade Inteligente pressupõe qualidade de vida para todos os moradores e visitantes da cidade, com exercício pleno da cidadania, que contida em uso intensivo e extensivo de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), visam o aperfeiçoamento de desempenhos dos mais variados serviços urbanos, de modo a suportar o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Além disso, o conceito da Modelagem da Informação serve de embasamento para as ferramentas que permitem simular, por exemplo, o desenvolvimento de um bairro ou cidade e ainda, o comportamento de uma edificação. Neste sentido, ferramentas de Modelagem da Informação que dão suporte à decisão tornam-se indispensáveis para tratar de aspectos referentes a questões de planejamento urbano em busca do desenvolvimento sustentável.

3.1. COMUNICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE PROJETO

Os modelos de representação tridimensionais permitem uma melhor visualização junto aos planejadores e técnicos responsáveis pela aprovação das ações urbanas. Segundo a Associação dos Governos de São Diego³², na Califórnia (SANDAG), as ferramentas de visualização podem ajudar a ilustrar como as cidades podem ser transformadas. Assim, as simulações visuais destinam-se a ilustrar alternativas de projeto que incluem elementos desde edifícios de uso misto, ruas destinadas a pedestres, melhorias de transporte público, maior densidade e habitação compacta e opções de transporte multimodal, conforme apresentado na **Figura 8**.

Figura 8 – Visualização de alternativas de projeto conceitual.



Fonte: Urban Advantage Inc. (2009).

³² The San Diego Association of Governments (SANDAG): Organização de planejamento metropolitano para o município de São Diego – Califórnia.

Conforme abordado no **Capítulo 2**, a qualidade da infraestrutura adotada ao ambiente urbano é primordial na escolha de modos não motorizados. Diante disto, segundo Cadurin (2016), um processo bastante utilizado para investigação do público-alvo, quando se trata de um produto pouco conhecido ou novo, é através da aplicação de questionários. Esta técnica é conhecida como Preferência Declarada (PD), que permite a criação de cenários hipotéticos criados para que respondentes possam opinar a respeito de um modo de transporte que ainda não tenha sido utilizado. Cada indivíduo questionado responde o que eles fariam ou como eles ordenariam certas opções dadas a uma ou mais situações reais ou hipotéticas.

Barros, Garrido Martínez e Viegas (2015) conduziram uma pesquisa com o intuito de analisar os fatores que interferem nas escolhas que as pessoas fazem de modos de transporte ou caminhos a pé. Várias variáveis foram consideradas, como geometria, uso do solo e acessibilidade de transportes. Os resultados mostraram que fatores como segurança, conforto e forma urbana contribuem de maneira significativa para a escolha das rotas. Por outro lado, para a escolha modal, fatores determinantes na escolha são o tempo e períodos do dia, e ainda o tempo de deslocamento.

Nestas condições, a importância de se ter uma imagem ilustrativa mais realista das hipóteses, quando se deseja mostrar ao público-alvo propostas de mudanças na infraestrutura e ambiente urbano, podem se mostrar determinantes para complementação de uma pesquisa de PD e conseqüentemente um resultado mais acurado. Desta forma, com a combinação de dados da cidade através de uma ferramenta de visualização e simulação realista, permitirá aos gestores municipais a visualizar e interagir com a paisagem da cidade, bem como para analisar os impactos de seu futuro planejamento urbano.

Nesse contexto, a tecnologia da Modelagem da Informação (BIM e CIM) é diversa em funcionalidade, com múltiplos sistemas. No entanto, para se apropriar desta multiplicidade tecnológica no ensino, requer também diversidade de especialidades, modelos de desenvolvimento de projeto digital e inclusão na grade curricular. Por isso, torna-se imprescindível a presença de equipes multidisciplinares para o desenvolvimento de trabalhos com este enfoque, através da disseminação do conceito da Modelagem da Informação e do planejamento integrado na formação acadêmica e na administração pública.

4. MÉTODO

Este capítulo apresenta o método proposto com o objetivo de selecionar uma ferramenta e, posteriormente, analisar a sua potencial aplicação a fim de oferecer suporte ao planejamento urbano. Para atender ao objetivo proposto neste trabalho é importante salientar que a ferramenta em questão deve ser capaz de avaliar cenários orientados à criação de áreas resilientes, com base em propostas de Infraestrutura Verde e que promovam mobilidade sustentável.

Com foco no objetivo, o método foi proposto através de uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório e descritivo, que busca produzir e utilizar conhecimento de seu resultado. De modo específico, além da abordagem de aspectos teóricos e conceituais, o trabalho se concentra em selecionar e analisar uma ferramenta com o intuito de, não somente, conhecer sua potencial aplicabilidade, mas, também, fornecer subsídios que estimulem intervenções positivas na área acadêmica e na administração pública.

Nesse sentido, para que os objetivos específicos sejam alcançados e apresentados em um corpo consistente de análises e argumentações, propõe-se que os resultados sejam representados em forma de tabelas sintetizadas, em busca de uma ferramenta que atenda o máximo de requisitos necessários para análise do tema proposto. A revisão bibliográfica discutida nos **Capítulos 2 e 3** estabelecem o referencial teórico que subsidia a escolha da ferramenta mais adequada. As pesquisas sobre resiliência urbana e modelagem da informação para o planejamento urbano, que embasaram, em grande parte, a apresentação dos conceitos teóricos, foram consultadas em obras de diferentes autores, permitindo um maior aprofundamento sobre o tema da pesquisa.

A **Tabela 2**, sintetiza as etapas do método proposto, dividido em dois blocos distintos. Os blocos, por sua vez, são subdivididos em quatro etapas, cujos produtos finais visam atender aos objetivos específicos desta pesquisa. As descrições mais detalhadas de cada etapa, são apresentadas na sequência.

Tabela 2 – Síntese do Método proposto.

Bloco 1	Levantamento de necessidades para seleção de uma ferramenta de modelagem	
	Etapa 1: Requisitos para a ferramenta	Elementos que o modelo precisa representar
		Resultados que o modelo precisa gerar
	Etapa 2: Obtenção de uma ferramenta	Tipos de modelos computacionais e níveis de planejamento
Seleção de uma ferramenta de modelagem		
Bloco 2	Identificação da potencial aplicabilidade da ferramenta	
	Etapa 1: Qualificação para o uso da ferramenta	Visão geral da interface de trabalho da ferramenta
		Aplicação dos recursos da ferramenta
	Etapa 2: Verificação da viabilidade de aplicação da ferramenta	Checklist dos requisitos da ferramenta
		Desafios para aplicação em um estudo de caso para uma cidade brasileira

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

4.1. BLOCO 1 – LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES PARA SELEÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE MODELAGEM

O primeiro bloco contém as etapas que levarão à escolha de uma ferramenta, que deve ser precedida de um levantamento detalhado sobre características relevantes, considerando o estudo em questão.

4.1.1. Requisitos para a ferramenta

As análises desta etapa darão as diretrizes básicas para obtenção de uma ferramenta, que atenda ao máximo os requisitos, para que realmente de suporte ao estudo em questão. Portanto, antes da pesquisa sobre ferramentas disponíveis, é essencial, uma análise detalhada das características que permeiam o foco de nossas análises, respondendo às perguntas: *i.* “Que elementos a ferramenta precisa representar? ” e; *ii.* “Que resultados ela precisa nos fornecer, para que possamos estabelecer indicadores relevantes, avaliar e hierarquizar as diferentes alternativas de projeto? ”.

Sendo assim, conforme o objetivo geral apresentado neste trabalho, o que se busca é uma ferramenta que de suporte ao planejamento urbano, com capacidade para avaliar cenários orientados à criação de áreas resilientes, com base em propostas de Infraestrutura Verde (IV) que promovam Mobilidade Sustentável (MS).

Neste sentido, destaca-se a necessidade de o modelo representar elementos de Infraestrutura Verde e de Mobilidade Sustentável e produzir resultados que permitam avaliar os impactos destas abordagens de projeto. Em síntese, considerando o objeto deste estudo, o produto final desta etapa (**Produto 1**) deverá ser uma listagem de elementos que a ferramenta precisa representar e uma listagem de indicadores que precisa gerar, como resultado da modelagem, a fim de que se possa mensurar e avaliar os benefícios dos diferentes cenários alternativos com aplicação de IV para MS, em relação à situação atual. Portanto, o **Produto 1** deve atender ao primeiro objetivo específico, que é a definição de requisitos para a ferramenta.

4.1.2. Obtenção de uma ferramenta

Após o levantamento dos requisitos para a ferramenta (**Produto 1**), é necessário a busca por um possível modelo, que tenha propósito claro para resolver um problema específico. No entanto, é importante estabelecer algumas questões relevantes a respeito do objeto de estudo, para conduzir de forma mais direta à escolha da ferramenta mais adequada ao objetivo proposto. Sendo assim, ao final da análise desta etapa, espera-se como **Produto 2** a obtenção da ferramenta para dar continuidade às próximas etapas da pesquisa.

Neste sentido, Sterman (1985), grande estudioso e pioneiro a respeito da modelagem computacional, classifica dois tipos distintos de modelos, de otimização e simulação. Um modelo de otimização consiste em tomar como entrada os objetivos a serem alcançados, as escolhas a serem feitas e as restrições a serem satisfeitas. No entanto, um modelo de simulação usa como entrada, suposições sobre a estrutura física de certo sistema e o comportamento das pessoas frente a situações distintas. A grande diferença entre otimização e simulação é que a primeira foca no resultado que se deseja alcançar, porém a segunda não tem como propósito dizer o que deve ser feito, mas o que aconteceria em uma determinada situação.

Diante disto, se o significado de *melhor* for bem definido, e se o sistema a ser otimizado for relativamente estático e livre de feedback, a otimização pode ser a melhor técnica para usar. No entanto, estas últimas condições raramente são verdadeiras para os sistemas sociais, econômicos e ecológicos que frequentemente são preocupantes para os tomadores de decisão (STERMAN, 1985).

Por outro lado, a partir da escolha do tipo de modelo (simulação ou otimização), a ferramenta também deverá atender características relacionadas, com o nível de planejamento que ela deverá atender. Diante disto, Campos (2013) destaca que existem três níveis de planejamento a serem considerados: estratégico, tático ou operacional. Características básicas que diferenciam estes três níveis de planejamento, são: o horizonte de projeto do estudo, ou seja, se é de curto, médio ou de longo prazo, e ainda; o nível de abrangência da área de estudos, podendo ser um país, estado, região, cidade ou ainda determinada área da cidade.

Níveis de planejamento estratégico requerem análises à longo prazo, que se baseiam em modelos mais agregados e com áreas de estudo mais abrangentes. Não se deseja, nesta etapa, resultados muito detalhados, pois a ideia, primeiramente, é estabelecer diretrizes para a área de estudo, definição de metas gerais e proposição de planos. Não é necessário, nesta etapa, a representação do comportamento individual dos diferentes agentes do sistema, mas sim, comportamentos médios, representados através de zoneamento pré-definido, conforme características homogêneas da área de estudo, e também através indicadores médios associados às redes que representam a infraestrutura e os diferentes fluxos da área em questão.

Por outro lado, níveis de planejamento tático e operacional, requerem análises de curto e médio prazo, que se baseiam em modelos mais desagregados, com áreas de estudo mais localizadas, de menores dimensões. Neste caso, é importante considerar o comportamento e a interação dos diferentes agentes que deverão compor o sistema em análise.

Salienta-se que, os agentes importantes do estudo em questão já devem ter sido definidos no **Produto 1**. Nesta etapa, deverá ser definido qual a profundidade de análise que se espera que o modelo represente em relação ao comportamento dos mesmos, conforme o nível de planejamento. Além destas questões, é importante que seja verificado se a ferramenta é de fácil acesso e disponível.

Diante destas questões, ressalta-se a importância de avaliar o contexto em que se insere o estudo, pois existem diferentes ferramentas projetadas para fins específicos, e não um único modelo abrangente que analisa o mundo como um todo. Neste sentido, salienta-se a necessidade de uma abordagem multidisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar. Esta abordagem deve ser considerada como um processo, um sistema retroalimentado, o que enfatiza a importância de se trabalhar dentro de um conceito de projeto integrado, onde cada nível de planejamento do projeto, e cada objeto de análise, contribua oferecendo subsídios ao projeto total.

Portanto, o **Produto 2**, resultante desta etapa, deve atender ao segundo objetivo específico, que é a obtenção da ferramenta para dar sequência às análises desta pesquisa.

4.2. BLOCO 2 – IDENTIFICAÇÃO DA POTENCIAL APLICABILIDADE DA FERRAMENTA

4.2.1. Qualificação/Capacitação para o uso da ferramenta e disseminação do conhecimento

Após a obtenção da ferramenta (**Produto 2**), para que se possa fazer uma análise mais aprofundada, é necessário qualificar-se para seu uso. Recomenda-se a consulta de tutoriais e vídeoaulas, se oferecidos por websites e outros meios. Assim, através da interface do usuário, é importante explorar os instrumentos e recursos disponíveis e avaliar como eles são aplicados.

Desta forma, para entender como a ferramenta trabalha na criação de propostas, primeiramente é necessário entender como e quais dados e informações são necessários para alimentação do modelo, a fim de representar determinada área de estudo através dos aspectos físicos e comportamentais que a caracterizam. Para isto, é preciso explorar e entender como funcionam os recursos que gerenciam, criam e apresentam um projeto, através da ferramenta em questão, além de se familiarizar com sua navegabilidade, buscando identificar suas potencialidades de aplicação.

Finalmente, como produto desta etapa, é importante registrar, em forma de figuras autoexplicativas, os passos seguidos para criação de alternativas de projeto, assim como os seus resultados, através de imagens, para, ao mesmo tempo, fixar o

aprendizado e criar tutoriais para compartilhamento do conhecimento e experiências obtidas. Sendo assim, ao final destas questões, o produto final desta etapa (**Produto 3**) deverá ser a capacitação para o uso da ferramenta e disseminação desse conhecimento, atendendo ao terceiro objetivo específico desta pesquisa.

4.2.2. Verificação da viabilidade de aplicação da ferramenta

Após a qualificação para uso da ferramenta (**Produto 3**) e com os subsídios das etapas do **Bloco 1**, através da realização de checklist, é possível verificar o quanto a modelagem consegue atender às necessidades levantadas.

Primeiramente, é importante verificar quais elementos, definidos no **Produto 1**, que o modelo em análise é capaz de reproduzir, avaliando se as variáveis importantes para o sistema estão sendo consideradas de forma endógena, ou seja, cuja resposta de comportamento está sendo realmente modelado, ou se estão sendo considerados de forma exógenas (definidas fora do modelo, e não se alteram com a modelagem), e ainda, se são variáveis excluídas do modelo. Na sequência, deve ser verificado se o modelo gera os resultados necessários às análises das alternativas de projeto, conforme listadas, também, no **Produto 1**.

Assim, no **Produto 4**, será apresentado um checklist para avaliar a capacidade do modelo em reproduzir os elementos e resultados relevantes ao estudo, atendendo assim, ao quarto objetivo específico. Além disso, como **Produto 5** do mesmo objetivo específico, a ferramenta selecionada será aplicada em um estudo de caso, de modo a identificar barreiras encontradas na realidade de uma cidade brasileira.

5. APLICAÇÃO DO MÉTODO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a aplicação do método e análise dos resultados de cada etapa proposta no **Capítulo 4**, avaliando-se o atendimento ao objetivo geral e cada um dos objetivos específicos propostos nesta pesquisa. A estrutura da apresentação segue a mesma sequência das etapas listadas no capítulo anterior, discutindo-se cada passo, desde o levantamento de necessidades para obtenção da ferramenta compatível com o propósito do trabalho, até a avaliação da viabilidade de sua aplicação em uma cidade brasileira.

5.1. REQUISITOS PARA A FERRAMENTA

Seguindo o método proposto, para que se tenha diretrizes mais definidas para a escolha de uma ferramenta que de suporte ao planejamento urbano, é preciso iniciar com a análise detalhada das características que permeiam o foco do nosso estudo. Então, nesta sessão procura-se responder, de forma mais completa possível, as duas perguntas propostas na **Seção 4.1** do método: *i.* “Que elementos a ferramenta precisa representar? ” e; *ii.* “Que resultados ela precisa nos fornecer, para que possamos estabelecer indicadores relevantes, avaliar e hierarquizar as diferentes alternativas de projeto? ”.

Para atender ao objetivo proposto neste trabalho é importante ter em mente que a ferramenta que se busca deve ser capaz de avaliar cenários orientados à criação de áreas urbanas resilientes, através da aplicação de alternativas de Infraestrutura Verde a fim de promover mobilidade mais sustentável a área em questão. No entanto, para atender a necessidade de obter uma base de dados que sustenta as demandas do planejamento urbano, primeiramente se define o que faz parte do espaço urbano tradicional, através de um levantamento dos elementos que o compõe.

Neste sentido, é ideal a representação da cidade como um todo, incluindo as características que darão sustentação e suporte para posterior propostas de alternativas de projeto mais específicas. Tendo isto em vista, procurou-se dividir este cenário em dois tipos de ambiente: o natural e o construído (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Ambiente natural e construído do espaço urbano tradicional.

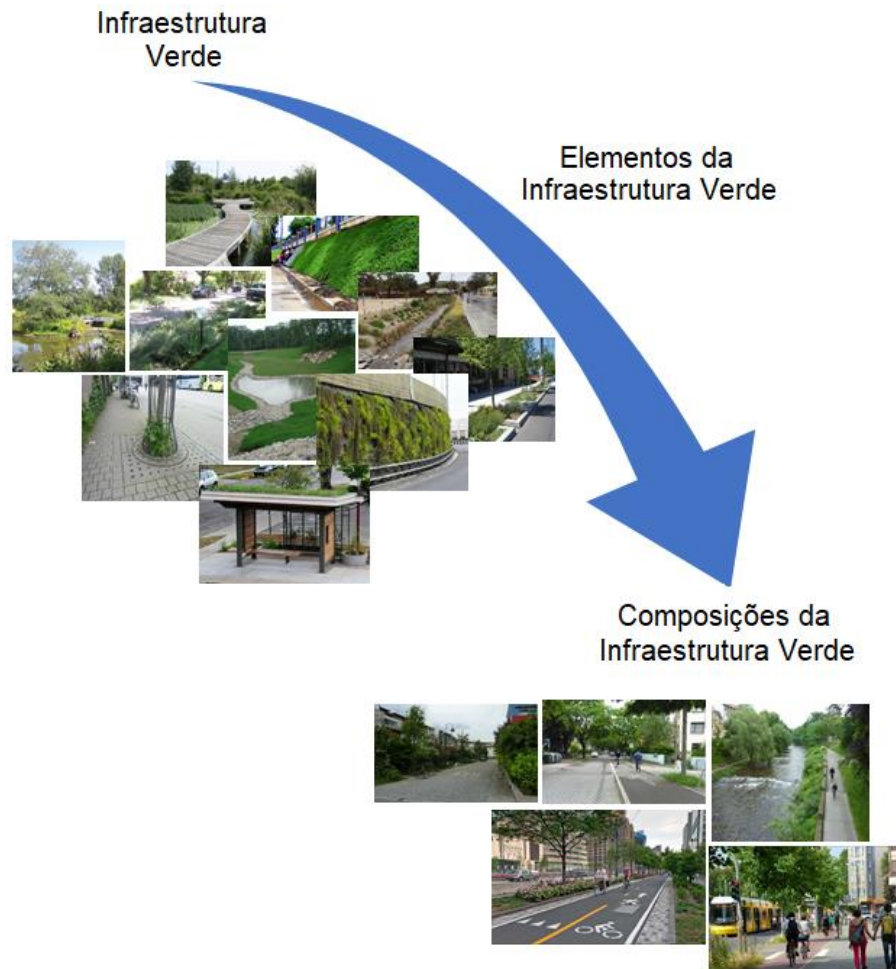
Espaço Urbano	
Ambiente natural	Terreno
	Corpos hídricos
	Coberturas vegetais
Ambiente construído	Infraestrutura viária
	Construções existentes
	Mobiliário urbano

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Dessa maneira, quanto maior a informação referente ao espaço urbano em que se deseja ocupar, melhor será o gerenciamento dos recursos naturais existentes no local. Assim, visto que a urbanização através de infraestrutura tradicional está inserida nestes ambientes, como uma proposta de planejamento mais sustentável, que procura garantir regiões urbanas mais resilientes, deve-se compatibilizar o ambiente construído com o ambiente natural. Nesse sentido, é importante preservar, ao máximo, os corpos hídricos e as coberturas vegetais, aproveitando seus benefícios e garantindo melhor qualidade de vida no meio urbano.

Com foco em valores e conceitos que visam o planejamento sustentável, o que se propõe é a qualificação do espaço urbano, através de elementos que compõem as técnicas de Infraestrutura Verde (IV). Tendo como base os elementos que representem o espaço urbano, considerados na **Tabela 3**, e com o objetivo da qualificação deste espaço através da promoção de áreas resilientes, as práticas da IV, de forma sucinta, estarão diretamente relacionadas com as características do entorno. Assim, conforme abordado no **Capítulo 2**, como prática de IV utiliza-se a vegetação, o solo e técnicas naturais para gerenciar a água e criar ambientes urbanos mais saudáveis. Aplicando-se as práticas de IV, garante-se maior equilíbrio ambiental, evitando o abismo entre o ambiente natural e o construído. Neste contexto, as diferentes configurações de IV são sintetizadas na **Figura 9**.

Figura 9 – Elementos e composições de Infraestrutura Verde (IV).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A ideia principal da figura apresentada é enfatizar o contexto em que a IV pode ser aplicada. Para que esta técnica seja mais bem-sucedida, é preciso que seja concebida em forma de rede, conectada e abrangendo todo o território urbano. Ou seja, quanto maior a escala em que a IV é concebida, maior será a possibilidade de conexão entre as áreas verdes do sistema urbano, de modo que se obtenha uma rede de IV urbana multifuncional.

Neste estudo, para melhor análise e definição das necessidades da ferramenta que se busca, procurou-se dividir as práticas de IV, em duas escalas: *i*. Os elementos que fazem parte do sistema, considerados de forma isolada (definidos no **Quadro 2 da Seção 2.2**), assim como; *ii*. A composição destes elementos, de forma integrada (definidos no **Quadro 3 da Seção 2.3**). Combinando elementos e composições de IV, busca-se criar um sistema de áreas verdes, que cumpram funções

mais amplas e variadas, possível, no ambiente urbano. As práticas da IV, de acordo com as escalas definidas, são apresentadas na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Práticas da Infraestrutura Verde.

Infraestrutura Verde	
Elementos	Telhado verde
	Muro verde
	Pavimento poroso
	Bioengenharia
	Canteiro pluvial
	Jardim de chuva
	Biovaleta
	Bacia de detenção
	Bacia de retenção
	Alagado construído
Composições	Interseções verdes
	Rua verde
	Parque linear verde
	Regiões de uso múltiplo

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Em suma, a infraestrutura verde implementada no espaço urbano de forma integrada e conectada traz uma ampla gama de benefícios ao meio onde é inserida, por isto é importante considerar, não somente, cada elemento isolado, mas também as possíveis composições apresentadas na **Tabela 4**. Assim, a rede urbana verde, composta de diversos elementos e conjuntos, pode promover o controle de enchentes e garantir a qualidade do ar, das águas e do solo, protegendo a biodiversidade e amenizando o clima.

Além disto, aplicação de IV pode gerar área de recreação e lazer, e induzir a mobilidade ativa, atraindo a circulação de pessoas pelo modo a pé e de bicicleta. Dessa maneira, a infraestrutura verde gera impactos positivos na mobilidade, proporcionando deslocamentos às pessoas por ser um ambiente mais amigável, em termos de segurança; agradável, em termos visuais e ambientais; e ainda, mais saudável, em termos da qualidade do ar.

Conforme abordado no **Capítulo 2**, as condições de mobilidade são afetadas diretamente pelo espaço urbano, em função das características de seus terrenos, vias,

calçadas, das redes regulares de transporte público, da disponibilidade e qualidade de seus serviços, além do preço por transportes. Diante disto, muitas pesquisas mostram que as principais condições que influenciam as pessoas, na escolha por modos de deslocamento não motorizados (a pé e bicicleta), em suas atividades diárias, está relacionando com a qualidade da infraestrutura para estes modos e do ambiente urbano. No sentido de atender à necessidade de integrar o sistema de mobilidade atual à implementação de áreas mais resilientes, de modo que qualifique o deslocamento das pessoas e de bens no espaço urbano, de forma ágil, confortável e segura, é necessário dar ênfase em qualificar a infraestrutura de mobilidade e do ambiente urbano.

Neste contexto, retomando as considerações iniciais abordadas neste capítulo, com o intuito de levantar os elementos que compõe o espaço urbano, é necessário destacar a infraestrutura viária como elemento do ambiente construído que irá afetar diretamente a mobilidade urbana. Portanto, tendo isto em vista, é válido dividir a infraestrutura viária em diferentes elementos que compõe uma rede de transportes, que irão interferir diretamente no comportamento das pessoas. Na tentativa de abordar todas as questões referentes a mobilidade, a **Tabela 5** apresenta uma síntese dos principais elementos da infraestrutura de transportes, assim como, os diferentes agentes que a compõem.

Tabela 5 – Elementos tradicionais da infraestrutura viária que interferem na mobilidade de pessoas, veículos e cargas.

Infraestrutura viária	Mobilidade	
Rede de vias	Pessoas	Pedestres
Rede de ciclovias		Ciclistas
Rede de pedestres		Passageiros de transporte público
Rede de transporte público		Condutor e passageiros de transporte particular
Sinalização	Veículos	Bicicleta
Controle de interseções		Veículos particulares
Paradas de Transporte Público		Veículos de transporte público
Estacionamentos		Tecnologias sustentáveis
Bicicletários	Cargas	Unidades de carga

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A **Tabela 5** é sintetizada levando em consideração a experiência vivenciada do que se encontra no dia a dia das cidades e o aprendizado obtido nas disciplinas oferecidas pelas Engenharias da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville. Além disso, através do **Quadro 4 da Seção 2.3**, é possível perceber a influência da infraestrutura na mobilidade das pessoas, veículos e cargas.

Do ponto de vista do planejamento da mobilidade sustentável, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), de acordo com o artigo 6º da Lei 12.587, tem como uma das diretrizes priorizar os modos de transportes não motorizados sobre os motorizados, iniciando uma mudança para desestimular a cultura prevalecente do veículo individual como modo de transporte (BRASIL, 2012). Diante disto, o foco é garantir o deslocamento de todas as pessoas, sem distinção, assim como o deslocamento de cargas, de forma eficiente, com qualidade, segurança e conforto, além de reduzir os impactos no meio ambiente e preservar recursos naturais e de fontes não renováveis. Portanto, devem ser priorizados o transporte não motorizado (pedestres e ciclistas) e o transporte coletivo, nesta ordem, além de outras tecnologias mais sustentáveis.

Destaca-se que através da implementação de técnicas de IV é possível contribuir positivamente atendendo às diretrizes de mobilidade sustentável. Diante disto, as composições de IV, de certa forma, devolvem os espaços urbanos para os cidadãos, para que as ruas voltem a ser lugares vivos, de encontros sociais, com comércio e serviços ativos, não sendo espaços ganhos apenas pelos veículos.

Diferente da infraestrutura cinza mono funcional, a infraestrutura verde busca minimizar os impactos causados pela urbanização inadequada, possibilitando o planejamento sustentável de diferentes áreas e empreendimento. O equilíbrio ambiental, como visto anteriormente, integra o ambiente natural ao construído, compondo redes multifuncionais e interconectadas, através de fragmentos permeáveis e com vegetação, normalmente incluindo arborização, rios, canais, ruas e propriedades públicas e privadas (HERZOG, 2010).

De modo geral, uma rede de espaços verdes interligados, conserva os valores e funções dos ecossistemas naturais, e ao mesmo tempo, oferecem benefícios para os seres humanos. Por outro lado, os benefícios da infraestrutura verde são diversos, quando aplicada ao desenvolvimento dos centros urbanos, comunidades locais e demais regiões. Assim, conforme já destacado no **Capítulo 2**, a lista de benefícios

abrange diferentes soluções, que promovem ganhos ambientais, sociais, culturais e econômicos, e garantem um sistema de sustentação da vida natural, que contribui para a saúde e qualidade de vida das pessoas.

Salienta-se ainda, que, implementação de técnicas de IV permite conexões fundamentais para o fluxo de corpos hídricos, da manutenção da biodiversidade entre as coberturas vegetadas e arborizadas, mas de certa forma, principalmente para as pessoas, através de uma rede de transportes alternativos de baixo impacto. Desta forma, com o intuito de levantar os principais benefícios a serem considerados pela adoção de IV, com base na literatura discutida até o momento, a **Tabela 6** apresenta uma lista de benefícios com foco em diferentes aspectos, como água, ar e meio ambiente, sociedade, fauna e flora, mobilidade, entre outros.

Tabela 6 – Lista de benefícios da Infraestrutura Verde.

Benefícios da Infraestrutura Verde	
Água	Reduz necessidade de tratamento de água
	Reduz inundação
	Reduz necessidade de Infraestrutura Cinza
	Aumenta a qualidade da água
Ar e Meio Ambiente	Aumenta recarga de águas subterrâneas
	Aumenta a qualidade do ar
	Redução de CO2 atmosférico
	Reduz ilha de calor urbano
Sociedade	Reduz uso de energia
	Aumento da união da comunidade
	Aumento da oportunidade de recreação
	Cultivo da oportunidade de educação pública
	Aumenta opção de prática esportiva
Fauna e Flora	Reduz poluição sonora
	Incentiva a agricultura urbana
	Melhora do habitat
	Mantém a biodiversidade
Mobilidade	Recuperação das margens dos rios
	Incentiva o uso da bicicleta
	Incentiva a prática da caminhada
Outros	Prioriza modos de transporte não motorizado
	Oportunidade de turismo
	Melhora na estética
	Utiliza área de preservação permanente
	Valoriza propriedades vizinhas

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Analisando-se a **Tabela 6**, percebe-se que as funções da infraestrutura verde são diversas quando relacionadas ao gerenciamento de águas pluviais, beneficiado por uma drenagem mais eficiente. A redução da necessidade de tratamento destas águas está intimamente ligada com a redução da infraestrutura cinza dos locais, em que, quando apontada para elementos construtivos de redes de drenagem, torna-se insustentável. No entanto, com a implementação de elementos da IV, pelo aumento da área cultivada verde, ganha maior capacidade de infiltração, aumentando a recarga de águas subterrâneas, assim como, resulta em melhor encaminhamento das águas para reuso e para outros corpos hídricos. O risco de enchentes e inundações, que afeta drasticamente a vida das pessoas, inclusive na mobilidade, também, será reduzido devido a um menor volume de escoamento durante eventos de chuva.

A adoção de técnicas de IV, também contribui, significativamente, para a preservação da qualidade do ambiente e para as mudanças climáticas, visto que, a circulação do ar, com o balanço da umidade, combate as ilhas de calor e mitiga os efeitos térmicos das cidades. Além disso, a existência de regiões arborizadas, também auxilia na absorção do gás carbônico existente no ar. Todos estes fatores influenciam para a redução do consumo energético, visto que, por exemplo, o gasto com energia elétrica para climatização artificial e resfriamento de ambientes é reduzido ou se torna desnecessário.

Neste contexto, a hipótese básica é que a infraestrutura verde não traz apenas benefícios inerentes ao tipo de infraestrutura adotado, mas também modifica o comportamento das pessoas e sua mobilidade, atraindo mais usuários para o transporte não motorizado, em função da melhoria da infraestrutura e do ambiente. Os benefícios decorrentes desta nova divisão modal, devem ser considerados e contabilizado com os demais indicadores de impactos positivos decorrentes da IV. Assim, a mobilidade mais sustentável, como a IV, também acaba minimizando os efeitos negativos do transporte relacionados à poluição do meio ambiente, consumo de ar, água e solo, aos acidentes de trânsito, aos tempos perdidos em congestionamento e ao consumo de energia não renováveis.

Tendo em vista o panorama apresentado, e levando em consideração a ampla gama de benefícios que a infraestrutura verde traz em diferentes aspectos, com base na literatura estudada, sintetizou-se os indicadores desses benefícios, apresentados na **Tabela 7**. São indicadores, que, de alguma forma, podem ser mensurados,

chamando a atenção sobre a importância de considerá-los em projetos sustentáveis, e que uma ferramenta de apoio ao planejamento deve ser capaz de medir, para que se possa avaliar diferentes propostas de intervenção no meio urbano, ao adotar as medidas de IV.

Tabela 7 – Indicadores importantes a serem considerados em projetos sustentáveis.

Indicadores de benefício	
Água	Infiltração (%)
	Retenção (vol)
	Detenção (vol)
	Permeabilidade (%)
	Armazenamento (vol)
Ar	Emissões CO, CO ₂ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ (kg);
	Redução de Temperatura (°C)
	Consumo de Energia (kWh)
	Consumo de combustível (L)
Sociedade	Saúde (Pess. Doentes)
	Redução da Mortalidade (Total)
	Recreação (hab.)
	Ruído (dB)
Mobilidade	Escolha Modal (% por modo)
	Distâncias percorridas por modo (km)
	Tempos gastos (h)
	Acidentes (Total)
	Taxa de Mortalidade (%)
Outros	Oportunidades de turismo (hab.)
	Oportunidades de empregos (Total)
	Valor da Propriedade (R\$)
	Pesquisa de Preferência Declarada (Representação Visual)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Salienta-se, que, no campo “Outros” da **Tabela 7**, incluiu-se, “Pesquisa de Preferência Declarada (Representação Visual)”, que não é, propriamente um indicador mensurável, mas uma forma de quantificar e medir questões qualitativas que influenciam significativamente a escolha modal, por modos não motorizados. Conforme já abordado no **Capítulo 3**, as pesquisas de Preferência Declarada (PD),

no caso da escolha modal, permitem avaliar, em uma situação hipotética, que escolhas as pessoas fariam, mediante diferentes condições.

Geralmente as pesquisas PD, são realizadas através de questionários aplicados diretamente às pessoas, onde cenários criados por mudança em questões objetivas, tais como custo, condições climáticas, inclusão ou não de algum item de infraestrutura, etc. podem ser apresentadas e avaliadas. A análise dos resultados da PD permite estimar a probabilidade de as pessoas escolherem ou não outro modo diferente do usual, e em que condições elas mudariam de escolha. Com isto, pode-se estimar a distribuição modal em um cenário hipotético e avaliar a viabilidade ou não de adotar determinadas estratégias. No entanto, quando o cenário hipotético de avaliar questões mais subjetivas, a aplicação de questionário se torna complicada.

Conforme já comentando, muitas pesquisas indicam que a qualidade da infraestrutura e do ambiente urbano são determinantes na decisão de se deslocar a pé ou de bicicleta. Muitos destes fatores são subjetivos e geram espaços compostos por uma série de elementos, que somente através de visualização realista tridimensional, ou até, através de simulação em 3D, os entrevistados seriam capazes de avaliar a proposta em questão. Por exemplo, ambientes com vida, habitados e ocupados por pessoas em diversas atividades, geram maior segurança e atraem mais pedestres, assim como o conflito ou não do ciclista com veículos motorizados de trânsito rápido, e o fluxo de veículos são condicionantes no momento da escolha de se deslocar de bicicleta.

Uma hipótese é que, a possibilidade e a qualidade da visualização de uma determinada proposta de intervenção no espaço, aumenta a qualidade da pesquisa de PD e leva a estimativas mais acuradas de escolha modal. Com isto, pode-se avaliar, também, o indicador de divisão modal nas diferentes alternativas de projeto. Sendo assim, a visualização realista e simulação em 3D foi listado entre os requisitos importantes de uma ferramenta de apoio ao planejamento urbano, para promoção de áreas mais resilientes, para qualificar a aplicação de pesquisa PD.

5.2. OBTENÇÃO DE UMA FERRAMENTA

Uma vez definidos os requisitos básicos para a ferramenta de apoio ao planejamento urbano, que atenda a objetivos definidos, é preciso verificar que tipos de modelos computacionais que são capazes de avaliar os aspectos apontados na

análise anterior, subsidiando a busca e obtenção do mais adequado. Não esquecendo o foco, de que a ferramenta deve servir de auxílio para avaliar propostas de melhoria da infraestrutura de transporte que produza menor impacto no meio ambiente e que estimule escolha de modos mais sustentáveis de deslocamento.

Com base nisto, pode-se listar as características desejáveis para a ferramenta:

- Possa reproduzir diferentes tipos de infraestrutura;
- Possa reproduzir as características e comportamentos da mobilidade frente a infraestrutura adotada;
- Possa ilustrar e simular, de forma mais realista possível, as diferentes alternativas;
- Possa reproduzir indicadores de benefícios para infraestrutura verde e mobilidade sustentável.

Neste sentido, levando em consideração esta listagem e os requisitos levantados na **Seção 5.1**, pode-se concluir que para este trabalho, o modelo escolhido deve ser capaz de reproduzir e simular diferentes cenários com alternativas de projetos urbanos, pela aplicação de uma infraestrutura mais sustentável. Diante disto, é desejável que se possa avaliar, através da ferramenta em questão, se a seguinte hipótese é válida:

A promoção de áreas resilientes não traz apenas benefícios inerentes ao tipo de infraestrutura adotado, mas, também, gera impactos na mobilidade das pessoas, atraindo escolhas para modos não motorizados, em função da qualificação dos espaços urbanos.

Embora cidadãos e tomadores de decisão sejam confrontados com os resultados da modelagem computacional para fazer julgamentos sobre a relevância e validade de determinado modelo, este deve ser considerado como um processo, que envolvam, sobretudo, racionalidade, diversidade, integração, interação, compartilhamento, sustentabilidade, além de diferentes comunicações, permitindo a interoperabilidade entre pessoas, processos e diferentes tecnologias.

Nesse sentido, realizar previsões requer o uso inteligente de diferentes ferramentas projetadas para fins específicos, e não um único modelo abrangente que analise o mundo como um todo. Para promover esse processo, é necessária uma

abordagem interdisciplinar e integrada, e retroalimentada entre os diferentes níveis de planejamento.

Contextualizando a motivação para a busca dessa ferramenta, deve-se salientar que ela deve dar suporte às análises de infraestrutura, inseridas em um projeto integrado entre diferentes níveis de planejamento e que receberá *inputs* de ferramenta em nível de Planejamento Estratégico: MARS Joinville, MoMa.BIZ, CAATP, entre outros (LOPES et. al. 2015). Nesse sentido, o Projeto Integrado para Planejamento da Mobilidade, é formado por um conjunto de Projetos de Extensão (CALIL et. al., 2014; LOPES et. al., 2015, 2016), Trabalhos de Conclusão de Curso (SCHUBERT, 2016; GOMES, 2017; HENNING, 2017; MEDEIROS, 2017; SILVA, 2017); Trabalhos Finais de Disciplinas, dentro de uma proposta de aplicação de Metodologia de Ensino Ativa, coordenados e orientados pela Profa. Simone Becker Lopes, orientadora dessa pesquisa, que pretende apresentar estudos para a Cidade de Joinville, buscando a parceria entre Universidade e Órgão Público.

Os resultados do estudo sobre uma Rede Ciclovária baseada em Infraestrutura Verde (IV), de Schubert (2016) e estudos de diagnóstico inicial para a Zona Industrial Norte de Joinville, através do Projeto MoMa.BIZ (Lopes et. al. 2015) estabeleceram as diretrizes para a ferramenta, apontando para a necessidade de propor melhorias para a infraestrutura de mobilidade da região, que promovesse modos de transportes mais sustentáveis e não motorizados. As análises de Schubert (2016), que, inclusive, inspirara à inclusão de um capítulo no Plano de Mobilidade Ativa de Joinville, apontaram para a hipótese que a aplicação de conceitos de IV, ajuda a preservar o ambiente natural, trazendo maior qualidade de vida para a população e promovendo a mobilidade por modos não motorizados.

Portanto, o estudo aqui apresentado, se insere num contexto de projeto em nível de planejamento tático, para áreas de estudos menores (a Zona Industrial Norte de Joinville, por exemplo) e que requer ferramentas com análise mais desagregada. Neste caso, é importante considerar o comportamento e a interação dos diferentes agentes que deverão compor o sistema em análise, que, para este estudo, representam todos os itens listados no **Produto 1**, da **Seção 5.1**.

Salienta-se ainda a necessidade de representar projetos tridimensionais de forma realista, por meio da visualização de cenários, que deve fornecer resultados, subsidiando outra pesquisa futura, dentro do projeto integrado (Pesquisa de

Preferência Declarada através da visualização de cenários realistas estáticos e em movimento). Pretende-se avaliar, que cenário de melhoria baseados em composições de Infraestrutura Verde, as pessoas mudariam suas escolhas para um modo de transporte mais sustentável.

Nesse sentido, define-se melhor a ferramenta, como um modelo de simulação multiagente tridimensional, ou seja, que represente, de forma realista, o comportamento dos diferentes agentes (veículos, pessoas e carga) interagindo no ambiente e se deslocando, conforme características da infraestrutura e afetados pelas mesmas, pelas características do uso do solo, conforme definição de parâmetros comportamentais locais e a oferta de transportes. Deve representar pedestres e ciclistas, tecnologias de transporte público alternativas e menos poluentes, que são diretrizes definidas para a mobilidade sustentável.

Neste contexto, dois importantes representantes da indústria de *software* para AECO foram considerados: Autodesk e Bentley. No entanto, o software escolhido para aplicação neste estudo foi o InfraWorks da Autodesk, que disponibiliza acesso livre para área acadêmica, e ainda oferece tutoriais e videoaulas disponíveis no website oficial da empresa.

5.3. QUALIFICAÇÃO/CAPACITAÇÃO PARA O USO DA FERRAMENTA

Na tentativa de querer aproximar as informações levantadas até o momento, nesta seção entenderemos como resultado desta etapa, a capacitação para o uso de uma ferramenta de Modelagem da Informação, através da aplicação do software InfraWorks (versões utilizadas: 2017 e 2018), da Autodesk®.

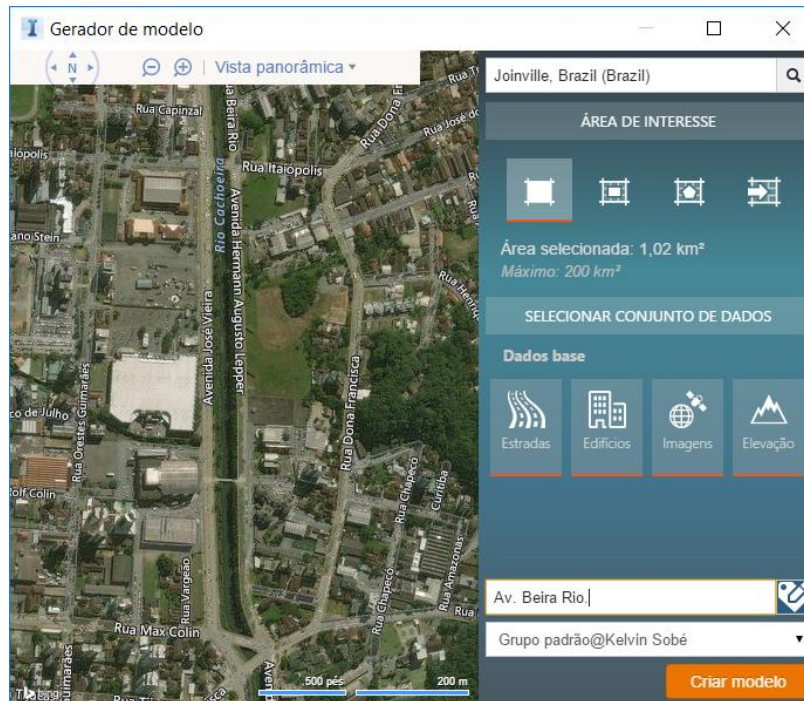
5.3.1. Visão geral da interface de trabalho da ferramenta

Primeiramente, uma das grandes vantagens do InfraWorks é a possibilidade de criar um modelo rapidamente através do recurso *gerador de modelo*. Ele localiza e adquire as camadas de dados de alta resolução para a área de interesse especificada.

Conforme é mostrado na **Figura 10**, localiza-se a região e insere-se um nome para o modelo, neste caso para a Avenida Beira Rio, centro de Joinville -SC (Estudo de caso apresentado na **Subseção 5.4.2**). Clicando em *criar modelo*, em instantes,

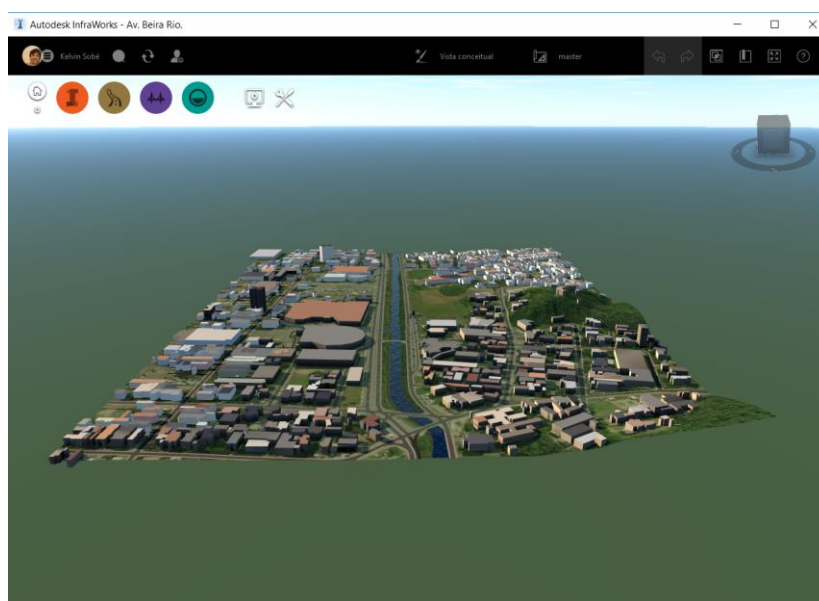
na interface do InfraWorks já aparecerá o modelo criado e pronto para ser trabalhado. O modelo criado é representado na **Figura 11**.

Figura 10 – Localização da área de interesse e criação de um modelo no InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

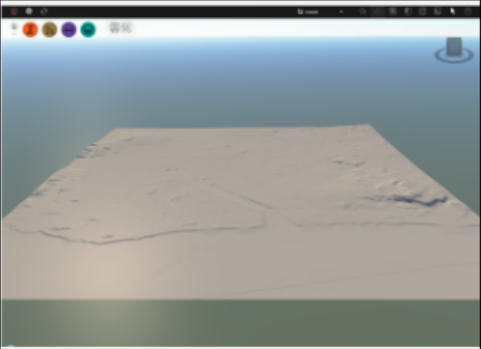
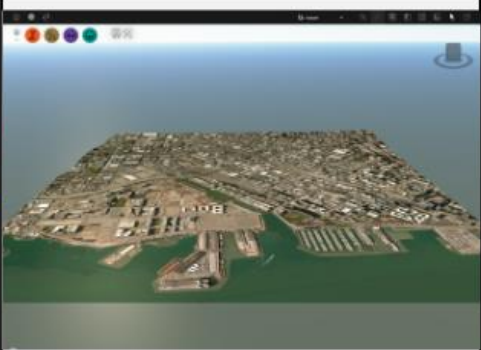
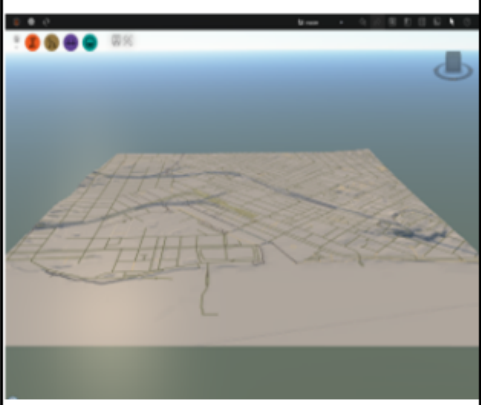
Figura 11 – Representação do modelo gerado pelo InfraWorks.




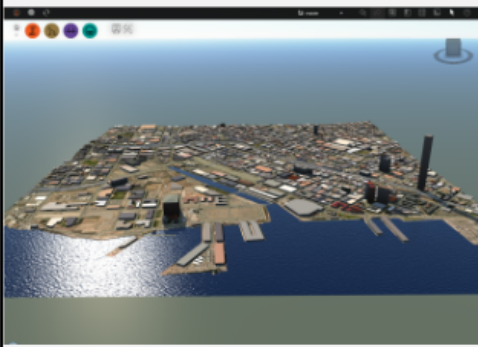
Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Através da **Figura 11** é possível perceber o conjunto levantado de informações, através da representação do cenário, correspondente ao ambiente e infraestrutura urbana da região. Em um modelo de superfície do InfraWorks, o terreno se complementa a outras camadas de superfície e dados que podem ser representadas e geradas, tais como: imagens aéreas cartográficas, dados de construção, dados de transporte e corpos hídricos; e ainda, outras representações animadas em três dimensões (3D), conforme é mostrado no **Quadro 5** a seguir.

Quadro 5 – Camadas de superfície e dados de um modelo no InfraWorks.

Camadas/Dados	Descrição	Representação
Modelo digital do terreno	Para o terreno correspondente, são suportados dados com base em raster (matriz de pixels) ou dados com base em vetores (pontos, polilinhas e polígonos). Esses dados são exportados do DEMs USGS.	
Imagens aéreas (Cartografia)	A imagem aérea possuem polilinhas modeladas no terreno. Esses dados são exportados do Microsoft Bing Maps.	
Vias	As vias possuem polilinhas modeladas no terreno. Esses dados são exportados do OpenStreetMap, e representados no modelo como esboço, com geometria básica. Com o recurso <i>Roadway Design</i> é possível converter as vias para projetos de estradas e trabalhar com a geometria mais avançada (item abordado nas próximas seções).	

Continuação **Quadro 5** – Camadas de superfície e dados de um modelo no InfraWorks.

Camadas/Dados	Descrição	Representação
Construções	As construções possuem polilinhas modeladas no terreno. Esses dados são exportados do OpenStreetMap. É possível trabalhar com esboços de construções no modelo, ou então importar de outra base existente.	
Desenhos 3D	Desenhos tridimensionais que podem ser adicionados ao modelo para melhorar a visualização do cenário criado, tais como os mobiliários urbanos, árvores, acabamentos de rua, pessoas, veículos, entre outros; além da opção de importar essas animações de outras bases.	
Terreno; Corpos hídricos; Imagens aéreas; Vias; Construções; Modelos 3D;	Como resultado de todas as camadas de superfície, tem-se o modelo pronto para começar a trabalhar na criação de alternativas de projetos de infraestrutura urbana.	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Mediante ao **Quadro 5** exposto, vale ressaltar que, a base de dados utilizada pelo InfraWorks corresponde a um conjunto de informações importadas em diferentes extensões de arquivos. Além disso, se os dados importados utilizarem um sistema de coordenadas diferente do modelo, o InfraWorks transforma estes dados para o sistema de coordenadas próprio, sem alterar os dados originais.

Por outro lado, é possível fazer o download de diferentes bases georreferenciadas no sistema de coordenadas SIRGAS 2000 UTM-22S do município de Joinville, existentes na plataforma online dos Sistemas de Informações Municipais

Georreferenciadas (SIMGeo), para importação direta no InfraWorks. Assim, alguns ajustes podem ser feitos para melhorar e atualizar o modelo gerado pelo InfraWorks.

Assim, para alterar a origem dos dados, pode-se excluir as bases produzidas pelo modelo e modifica-las conforme interesse, caso se tenha uma base de dados georreferenciados e outros formatos de arquivos de bases mais específicas. Após o ajuste do modelo da região, com suas características próprias, pode-se começar a trabalhar com diferentes alternativas de projeto, propondo alterações no ambiente natural e construído.

A partir de um projeto representado no modelo, é possível elaborar consultas, análises e a visualização de informações, além de realizar simulações e formulação de cenários alternativos. No entanto, primeiramente é importante conhecer a interface do usuário do InfraWorks, que ajuda a trabalhar com estas e outras questões. Desta maneira, são fornecidos diferentes instrumentos de trabalho e de navegação simples, que auxiliam para a criação, gerenciamento e apresentação de projetos com eficiência. A **Figura 12** apresenta a interface do usuário dividida em duas partes: lado superior esquerdo e lado superior direito.

Figura 12 – Interface de trabalho do usuário do InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).




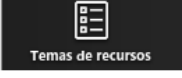
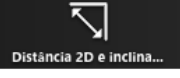
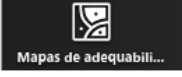



Para gerenciar os modelos criados, um instrumento disponível da interface de trabalho do InfraWorks é o gerenciador de modelos (primeiro ícone, em vermelho, da **Figura 12**). Este instrumento de apoio contém recursos que auxiliam nas diferentes fases de um projeto, e que necessitam de sua utilização, desde a importação de dados

e arquivos de outras bases referenciadas, até a análise de um modelo. Para descrever melhor as ações desse instrumento e seus caminhos para garantir a boa navegação de um modelo, o **Quadro 6** apresenta um apanhado dos seus principais recursos de apoio.

Quadro 6 – Opções de gerenciamento de projeto da interface do usuário do InfraWorks.

Instrumento	Recurso	Descrição
	 Origens dos dados  Camadas de superfície  Navegador de modelos  Propriedades do mod...  Propriedades  Propostas	<p>Importa e configura dados com base em arquivos ou banco de dados; Gerencia e controla a ordem de exibição e visibilidade das camadas de superfície e outros dados do modelo (vias, corpos hídricos, imagens de solo, coberturas e áreas de solo, e construções); Especifica as configurações do modelo e suas propriedades (nome, sistema de coordenadas, normas de projeto, etc.); Gerencia as propostas de um projeto do modelo criado.</p>
	 Zoom na seleção  Seleção poligonal  Seleção de janela  Selecionar raio  Seleção retangular  Selecionar filtro	<p>Instrumentos que auxiliam na seleção de elementos de um projeto do modelo. Possui opções de zoom, seleção de múltiplos elementos em diferentes formatos, assim como a filtragem de elementos de interesse.</p>
	 Coberturas  Mobiliário urbano  Estradas  Linha de árvores  Ferroviárias  Grupo de árvores  Áreas de água  Tubulações  Rios  Conectores de tubula...  Edifícios  Paleta de estilos	<p>Desenha coberturas e áreas de solo para auxiliar no nivelamento de um terreno, modificando a sua superfície de acordo com as especificações do tipo de corte ou aterro; efetua o esboço de vias e corpos hídricos; desenha os perímetros de uma construção residencial ou edificação, usando diferentes estilos de fachadas; permite esboçar o mobiliário urbano, incluindo itens de paisagismo, e ainda, tubulações e conectores abaixo da superfície; Gerencia os catálogos de estilos de diferentes materiais, com a opção <i>paleta de estilos</i> correspondentes para regiões de coberturas e solo, vias, fachadas de construções e objetos 3D.</p>



Continuação **Quadro 6** – Opções de gerenciamento de projeto da interface do usuário do InfraWorks.

Instrumento	Recurso	Descrição
	 Temas de terreno	Instrumentos que auxiliam na análise de um modelo, comparando classes de terrenos, vias, corpos hídricos e construções, com base em diferentes características (elevação, inclinação, altura, comprimento, velocidade, material, etc.); Através dessas comparações é possível determinar locais ideais para diferentes projetos; Ajusta as configurações de sol, vento e nuvem, incluindo datas e horários, para produzir uma variedade de efeitos atmosféricos; Mede a distância de diferentes elementos de um projeto (ponto a ponto, horizontal, vertical, inclinação); Para o terreno é possível medir comprimento total, área em 2D e 3D, assim como o volume de uma área de terreno selecionada.
	 Distância ponto a po...	
	 Temas de recursos	
	 Distância 2D e inclina...	
	 Mapas de adequabili...	 Distância do caminho
	 Sol e Céu	 Estatísticas de terreno





Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Além disso, dos recursos apresentados anteriormente, existem outros instrumentos apropriados para apoiar nas diferentes fases de trabalho de um projeto. A partir de um modelo de esboço da região em estudo, é possível começar a ajustar de forma mais detalhada as características do ambiente natural e construído. O **Quadro 7** apresenta o conjunto de instrumentos disponíveis na interface do usuário, referentes ao módulo de projetos de infraestrutura.

Quadro 7 – Opções de projeto de infraestrutura da interface do usuário do InfraWorks.

Instrumento	Descrição	Representação
Projeto de estradas (vias e ferrovias) 	Permite projetar diferentes tipos de estradas e ter um controle mais preciso sobre a sua geometria, nivelamento e inclinação. Tem a possibilidade de criar vias e ferrovias com a opção de ajustar cada componente de estrada separadamente, além de conseguir trabalhar com interseções viárias para análise de tráfego e mobilidade.	

Continuação **Quadro 7** – Opções de projeto de infraestrutura da interface do usuário do InfraWorks.

Instrumento	Descrição	Representação
<p>Projeto de pontes</p> 	<p>Permite projetar pontes preliminares de forma mais eficaz, criando modelos ricos em dados e visualizações estruturais realistas em torno de todo o contexto de um projeto de infraestrutura de determinada região.</p>	
<p>Projeto de drenagem</p> 	<p>Permite modelar bacias hidrográficas, bueiros e redes de drenagem. Faz a análise do desempenho de estruturas individuais de drenagem ou seções de uma rede de drenagem. Além da possível seleção de tubulações e conectores em um catálogo de componentes de peças padrão ou personalizadas.</p>	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

No andamento de um projeto é crucial a parte da visualização. O InfraWorks tem grandes especialidades em fornecer instrumentos de apoio para criar e conduzir apresentações simples ou mais sofisticadas. Para apresentações simples, é possível criar instantâneos, renderizar vistas em alta definição ou criar panorâmicas. Para apresentações mais sofisticadas, pode-se trabalhar com cenários mais dinâmicos, com apresentações em movimento e diferentes animações. Uma das suas principais características é a representação visual baseada em diferentes níveis de detalhes (*Level of Detail* – LOD) que variam do mais geral e esquemático, para o mais específico e detalhado.

5.3.2. Aplicação dos recursos da ferramenta

Após o conhecimento obtido dos instrumentos de utilização que compõem a ferramenta InfraWorks, apresentados na subseção anterior, que se resumem basicamente na criação, gerenciamento, navegabilidade e apresentação de um projeto, através de diferentes recursos, o próximo passo é identificar as potencialidades de cada instrumento disponível.

Como a intenção deste trabalho não é explorar todos os instrumentos disponíveis, será mostrado pelo menos um recurso de cada instrumento apresentado pelos **Quadros 6 e 7**, como exemplo de aplicação para capacitação do uso da ferramenta InfraWorks. Além disso, também, compartilhar conhecimento obtido por meio de registros, em forma de figuras autoexplicativas, descrevendo as sequências utilizadas passo a passo da utilização dos recursos, afim de fixar o aprendizado e contribuir para a disseminação de conhecimento, através das experiências adquiridas.

A começar pelas coberturas, que representam as áreas do terreno, estas são utilizadas para demarcar determinada área de interesse (parques, estacionamentos, áreas vazias, áreas a serem evitadas, entre outros). Podem ser utilizadas para nivelar terrenos e prepará-los para receber algum tipo de construção, modificando sua superfície. A **Figura 13** mostra a sequência utilizada para a criação de uma cobertura no modelo do InfraWorks.

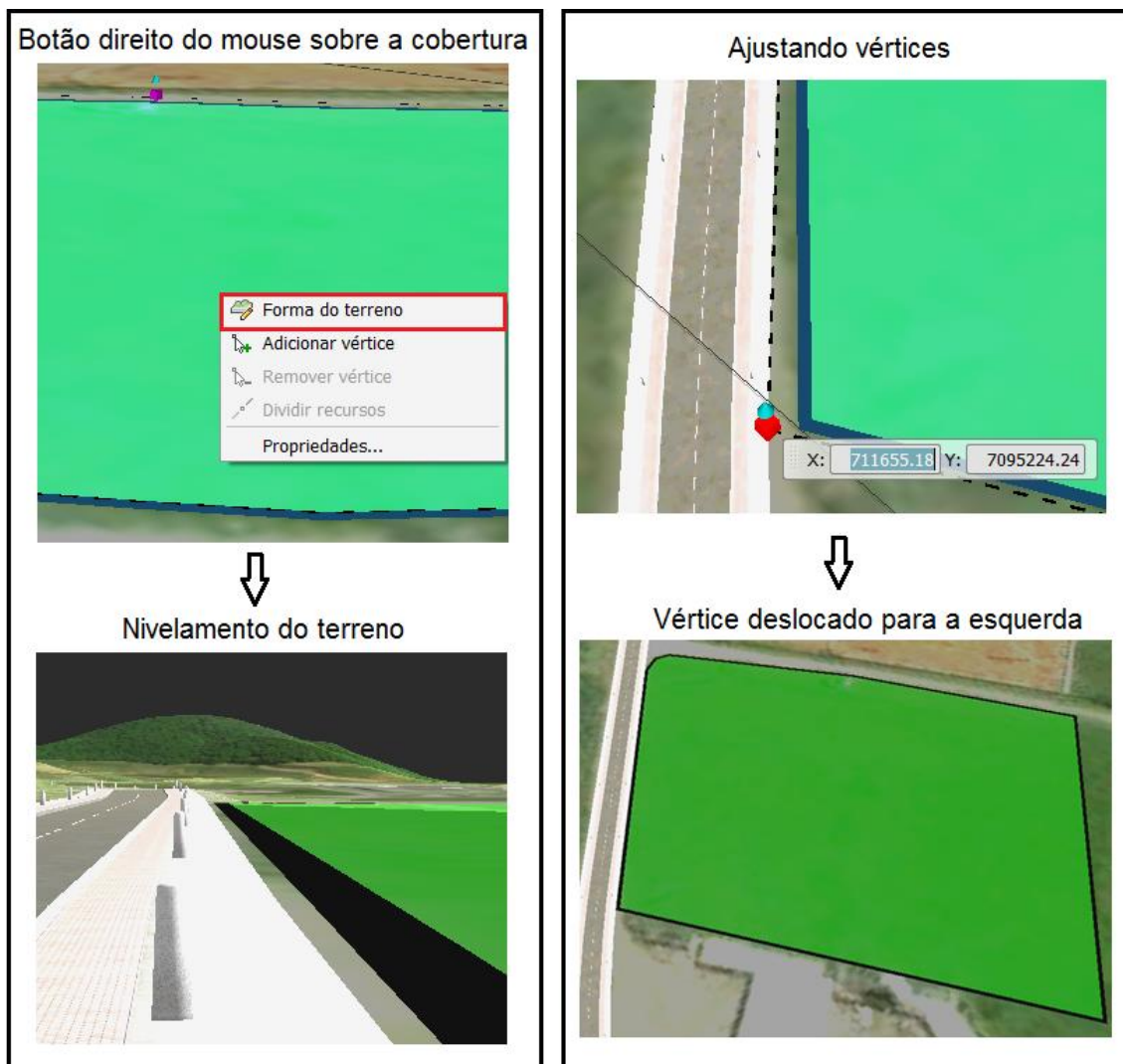
Figura 13 – Sequência utilizada para o desenho de uma cobertura no InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A partir do desenho da cobertura, existem opções de ajuste para configurá-la de acordo com as necessidades de determinado projeto. Com o botão direito do mouse sobre a cobertura desenhada, pode-se trabalhar com a forma do terreno e também ajustar seus vértices. De maneira geral e simples, qualquer tipo de desenho criado no InfraWorks, a configuração é bastante interativa e fácil de se realizar. A **Figura 14** mostra em detalhes a edição de uma cobertura.

Figura 14 – Sequência utilizada para edição de uma cobertura no InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Como é mostrado na **Figura 14**, para o ajuste da forma do terreno, utilizou-se como referência aproximada o nível da via. É possível observar também, o deslocamento de um dos vértices para que a cobertura ficasse adjacente a via existente.

A partir da criação de uma cobertura, o próximo passo pode ser o esboço de uma via. Conforme é apresentado na **Figura 15**, é possível selecionar o estilo de via desejado, para posterior configuração de suas características mais detalhadas.

Figura 15 – Sequência utilizada para o desenho de uma via no InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

É possível adicionar diferentes tipos de mobiliário urbano em um modelo do InfraWorks. A partir da criação de determinada área, com a cobertura e via já esboçadas, pode ser adicionada residências para complementar o projeto. A seguir é mostrado, **na Figura 16**, a sequência utilizada para seleção de uma residência, assim como o estilo da mesma. É possível modificar os perímetros da construção de forma rápida e fácil.

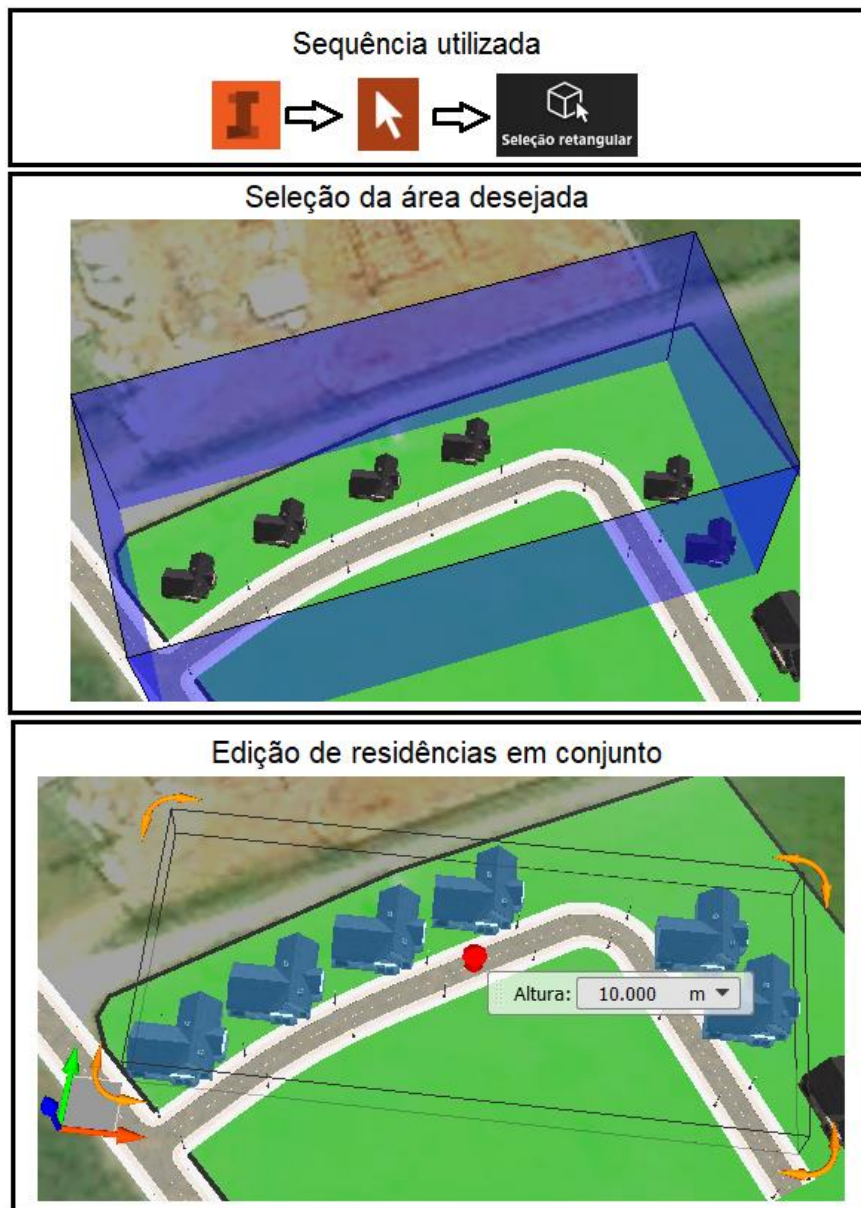
Figura 16 – Sequência utilizada para desenho de residências no InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Conforme apresentado no **Quadro 6**, existem diferentes possibilidades de se trabalhar com recursos de seleção em um modelo, que facilitam uma melhor navegabilidade das propostas adicionadas de projeto. Podem ser selecionados elementos individuais, para ajustes isolados, assim como, selecionar diferentes elementos para configuração em conjunto. Para exemplificar como pode ser utilizado estes recursos de maneira simples, a **Figura 17** mostra como selecionar múltiplos elementos em uma determinada área do projeto, de maneira a tornar o trabalho mais rápido.

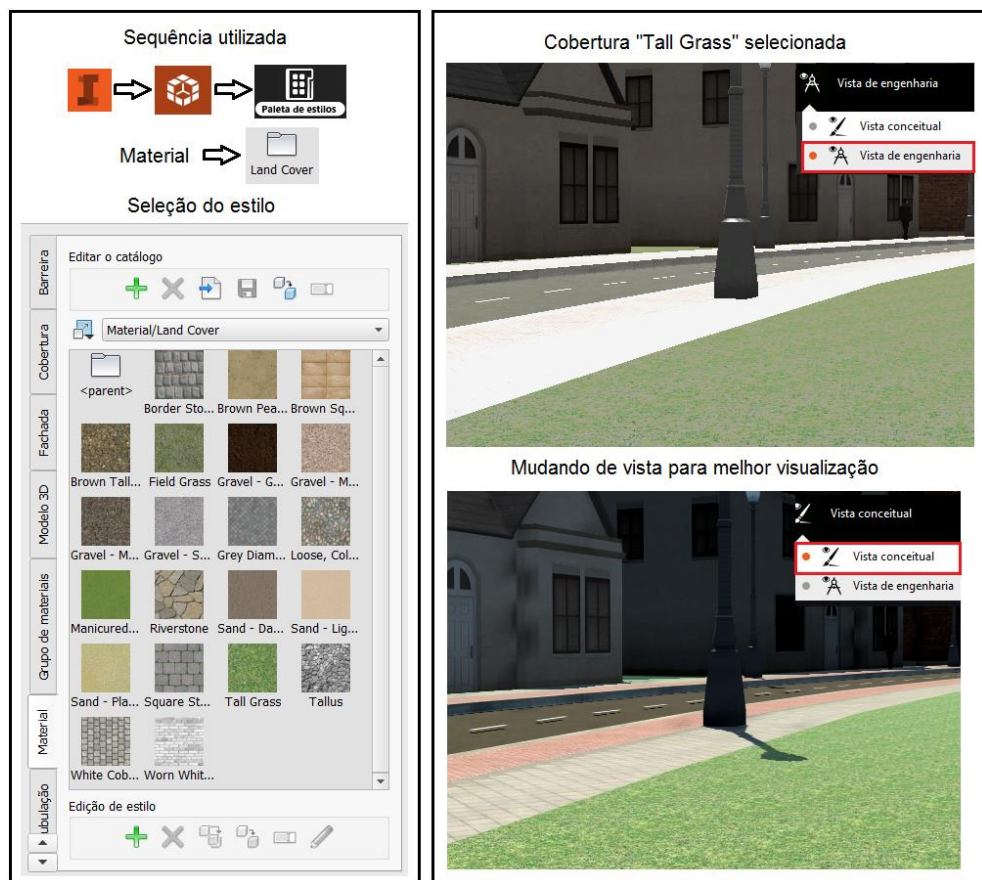
Figura 17 – Sequência utilizada para edição de residências em conjunto no InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A partir dos elementos representados no modelo, pode-se trabalhar com diferentes estilos de projeto. Com a opção *paleta de estilos*, podem ser especificadas diversas opções de materiais, texturas e cores, que vão desde fachadas de construções residenciais e diferentes edificações, cobertura de vias, ferrovias e pontes, calçadas, ciclovias, solo, água, entre outros. Para exemplificar a mudança de estilos e mostrar como fica a representação, a **Figura 18** mostra a sequência utilizada para alteração de material de uma cobertura.

Figura 18 – Mudança de estilo para cobertura.



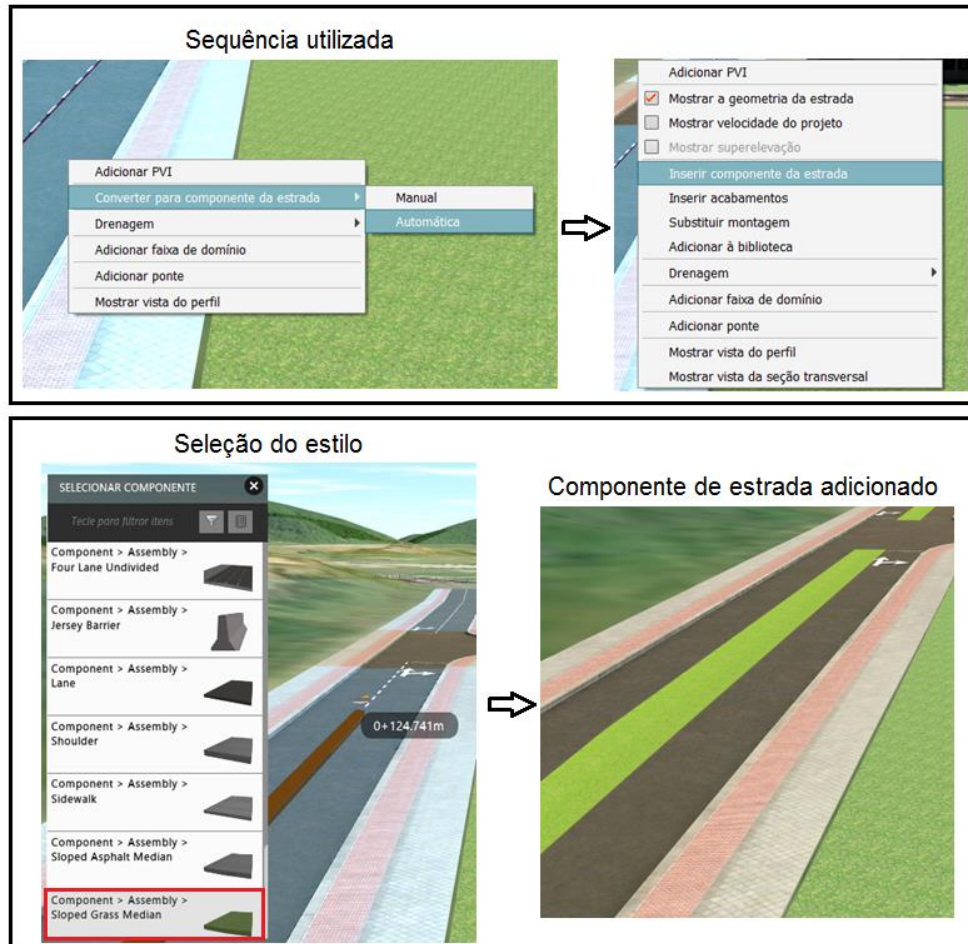
Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Como visto na figura anterior, existem diferentes tipos de materiais para se trabalhar em coberturas que podem ser alterados facilmente, arrastando o estilo desejado até o elemento que se pretende modificar. Para uma melhor visualização do projeto, também existe a possibilidade de se trabalhar com diferentes vistas, a **Figura 18** apresenta a vista de engenharia e a vista conceitual. A vista de engenharia é mais utilizada quando se está projetando os elementos de um modelo, de forma que a navegabilidade fique mais rápida. No entanto, a vista conceitual apresenta bons resultados para melhor visualização de projeto.

O componente de estradas permite adicionar, excluir e modificar cada montagem que compõe um projeto de estrada. São montagens de diferentes tipos, tais como pistas, meio-fio, sarjetas, canteiros centrais, acostamentos, calçadas e cicloviarias. É possível adicionar, dividir, excluir ou modificar cada componente e

montagem em um projeto da via. A **Figura 19** mostra a sequência utilizada para converter uma via em componente de estrada.

Figura 19 – Componente de estrada.

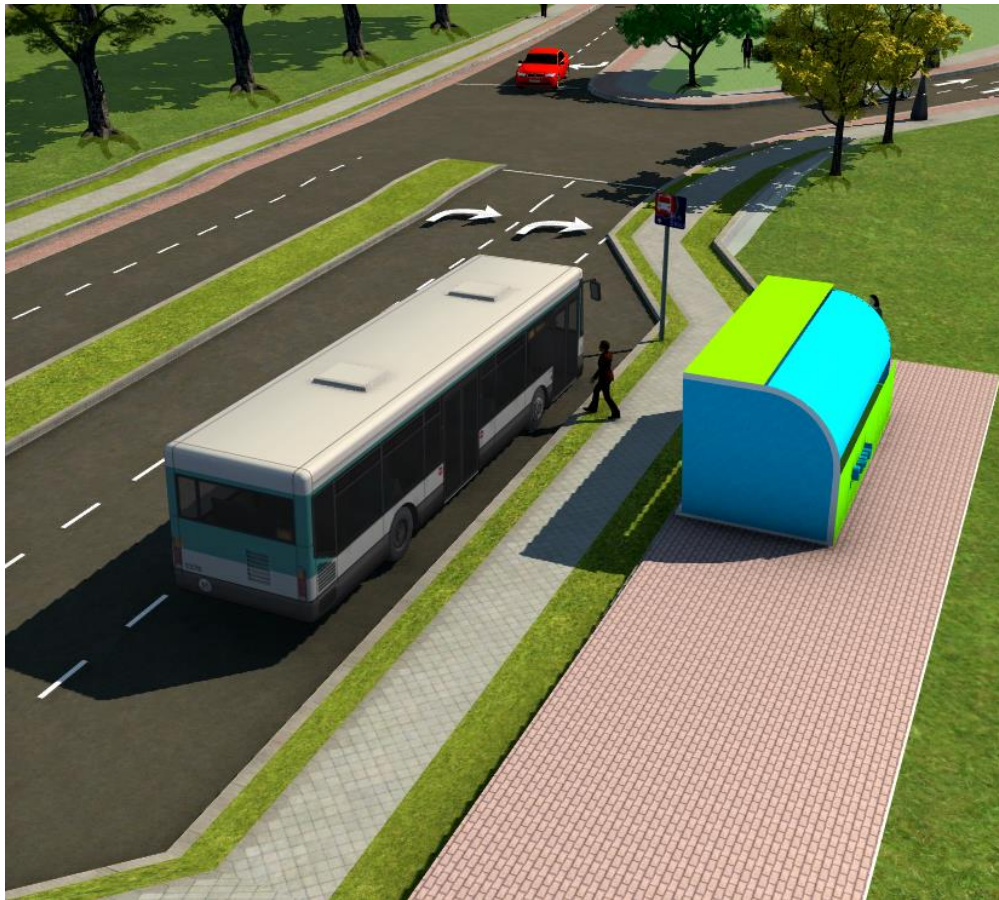


Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Além disso, é possível adicionar componentes de drenagem em uma via, que incluem todo o projeto de uma rede de drenagem para gerenciamento das águas pluviais. Também é possível analisar a vista do perfil e seção transversal da via, para melhor entendimento do projeto geométrico.

Um exemplo de aplicação para componente de estrada seria adicionar uma faixa adicional para o ônibus, conforme é representado na **Figura 20**, aplicado em um trecho da Zona Industrial Norte de Joinville, em frente a Perini.

Figura 20 – Exemplo de aplicação no InfraWorks: Faixa adicional no ponto de ônibus.







Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A partir da representação de cenários pela interface do usuário, a plataforma da Autodesk possui ferramentas que interagem com o InfraWorks, e possibilitam diferentes análises do projeto para se trabalhar de maneira mais eficiente, em busca de soluções sustentáveis. Assim, o conceito de *Smart Cities*, ou de Cidades Inteligentes, é representado em seu acrônimo (S.M.A.R.T.) que resume as diferentes extensões da ferramenta, conforme é apresentado no **Quadro 8**.

É importante ressaltar que algumas dessas extensões são comerciais, e das soluções descritas no **Quadro 8**, das que se conseguem trabalhar diretamente pela interface do InfraWorks, são para modelagem de infraestrutura verde e simulação de mobilidade. No entanto, serão apresentadas de forma sucinta, apenas com o intuito de situar e identificar onde cada ferramenta pode ser considerada para complementação de projetos sustentáveis.

Quadro 8 – Ferramentas S.M.A.R.T. Cities da Autodesk.

<p>Set science-based targets to calculate GHG reduction. Ferramenta: C-FACT</p>	<p>Metodologia Financeira Corporativa para Alvos de Estabilização do Clima. Estabelece metas baseadas na ciência para calcular a redução de Gases de Efeito Estufa (GEE) para empresas e cidades sustentáveis.</p>	
<p>Make the business case showing triple bottom line benefits. Ferramenta: Autocase</p>	<p>Elabora um plano de negócios mostrando os benefícios do tripé da sustentabilidade (valores sociais, ambientais e econômicos). Modela os custos e impactos de sistemas de desenvolvimento de baixo impacto. Fornece uma avaliação dos cenários de infraestrutura verde em comparação com a infraestrutura cinza.</p>	
<p>Absorb water and reduce pollution through green infrastructure. Ferramenta: GSI</p>	<p>Gerencia o escoamento das águas pluviais por meio da infraestrutura verde. Permite uma análise em tempo real de projetos de gerenciamento de águas pluviais em um ambiente tridimensional interativo na interface do InfraWorks.</p>	
<p>Retrofit energy hogs and manage buildings efficiently. Ferramenta: REM</p>	<p>Customiza os consumos de energia e gerencia os edifícios de forma eficiente. Permite avaliações preliminares de energia simples e econômicas, fornecendo <i>insights</i> com base na construção de um edifício, geometria e condições climáticas locais.</p>	
<p>Transport people on foot, bicycle, bus, and rail. Ferramenta: Mobility Simulation</p>	<p>Permite criar redes de transporte multimodais (ônibus, trem, tecnologias mais sustentáveis, etc.), que oferecem múltiplas opções, que vão desde o transporte público de massa, diferentes demandas de viagens, ciclismo e caminhabilidade. Além da possibilidade de simular os cenários para a melhor compreensão dos impactos gerados por cada decisão tomada, inclusive de escolha modal. Em outras palavras representa o comportamento de cada agente no sistema que vão possibilitar avaliar o desempenho da infraestrutura.</p>	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

As extensões S.M.A.R.T. da Autodesk tem a função de avaliar os impactos sociais, ambientais e econômicos, decorrentes do projeto, sugerindo propostas para soluções sustentáveis, em busca de áreas urbanas resilientes. Nesse sentido, uma cidade inteligente é a que consegue gerenciar todos seus subsistemas de forma eficiente através do uso intensivo e extensivo das Tecnologias de Informação e Comunicação em todo seu potencial, que dependem diretamente da modelagem da informação, dentro dos seus conceitos BIM e CIM.






5.4. VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

A partir da qualificação para o uso da ferramenta InfraWorks, o próximo passo é verificar a viabilidade de sua aplicação através dos conhecimentos adquiridos, com o intuito de avaliar se ela se adequa dentro das necessidades levantadas inicialmente no **Bloco 1**.






5.4.1. Checklist dos requisitos da ferramenta

A avaliação da ferramenta foi realizada primeiramente através de um checklist comparando os itens apresentados nas **Tabelas 4 a 6 da seção 5.1** com a capacidade do InfraWorks (**Quadros 6 e 7**, mais visualização) de representar os elementos considerados como relevantes para um projeto, atendendo aos objetivos deste estudo. Esta análise está sintetizada na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Checklist para avaliar o InfraWorks, em termos da capacidade de representação de elementos relevantes para o projeto em questão.

ELEMENTOS		REPRESENTAÇÃO	Interface do InfraWorks				
							
Espaço urbano tradicional	Ambiente natural e construído	Terreno	✓✓				✓✓
		Corpos hídricos	✓✓			✓✓	✓✓
		Coberturas vegetais	✓✓				✓✓
		Infraestrutura viária	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Construções existentes	✓✓				✓✓
		Mobiliário urbano	✓✓				✓✓

Continuação **Tabela 8** – Checklist para avaliar o InfraWorks, em termos da capacidade de representação de elementos relevantes para o projeto em questão.

ELEMENTOS		REPRESENTAÇÃO	Interface do InfraWorks				
							
Infraestrutura desejada	Elementos da Infraestrutura Verde	Teto verde	✓✓				✓✓
		Muro verde	✓✓				✓✓
		Pavimento poroso	✓✓	✓✓			✓✓
		Bioengenharia	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
		Canteiro pluvial	✓✓			✓✓	✓✓
		Jardim de chuva	✓✓			✓✓	✓✓
		Biovaleta	✓✓			✓✓	✓✓
		Lagoa de detenção	✓✓			✓✓	✓✓
		Lagoa de retenção	✓✓			✓✓	✓✓
	Alagado construído	✓✓			✓✓	✓✓	
	Composições de Infraestrutura Verde	Interseções verdes	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
		Rua verde	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
		Parque linear	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
		Regiões de uso múltiplo	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Mobilidade	Infraestrutura viária	Rede de vias	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Rede de ciclovias	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Rede de pedestres	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Rede de transporte público	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Sinalização	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Controle de interseções	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Paradas de Transporte Público	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Estacionamentos	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Bicicletários	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
	Pessoas	Pedestres	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Ciclistas	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Passageiros de transporte público	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Condutor e passageiros de transporte particular	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
	Veículos	Bicicleta	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Veículos particulares	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Veículos de transporte público	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
		Tecnologias sustentáveis	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓
	Cargas	Unidades de carga	✓✓	✓✓	✓✓		✓✓

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

De forma semelhante, a segunda parte da avaliação da ferramenta foi realizada através de um checklist comparando os itens apresentados nas **Tabelas 6 e 7 da seção 5.1** com a capacidade do InfraWorks (**Quadro 8**) de reproduzir os indicadores considerados como relevantes para um projeto, atendendo os objetivos deste estudo. Esta análise está sintetizada na **Tabela 9**.

Tabela 9 - Checklist para avaliar o InfraWorks, em termos da capacidade de resultados gerados relevantes para o projeto em questão.

FERRAMENTA		InfraWorks
INDICADORES		
Água	Infiltração (%)	✓✓
	Retenção (vol)	✓✓
	Detenção (vol)	✓✓
	Permeabilidade (%)	✓✓
	Armazenamento (vol)	✓✓
Ar	Emissões CO, CO ₂ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ (kg);	✓✓
	Redução de Temperatura (°C)	✓
	Consumo de Energia (kWh)	✓
	Consumo de combustível (L)	✓
Sociedade	Saúde (Pess. Doentes)	✓
	Redução da Mortalidade (Total)	✓
	Recreação (hab.)	✓
	Ruído (dB)	✓
Mobilidade	Escolha Modal (% por modo)	✓✓
	Distâncias percorridas por modo (km)	✓✓
	Tempos gastos (h)	✓✓
	Acidentes (Total)	✓
	Taxa de Mortalidade (%)	✓
Outros	Oportunidades de turismo (hab.)	✓
	Oportunidades de empregos (Total)	✓
	Valor da Propriedade (R\$)	✓
	Pesquisa de Preferência Declarada (Representação Visual)	✓✓

LEGENDA

- ✓✓ Diretamente
- ✓ Indiretamente

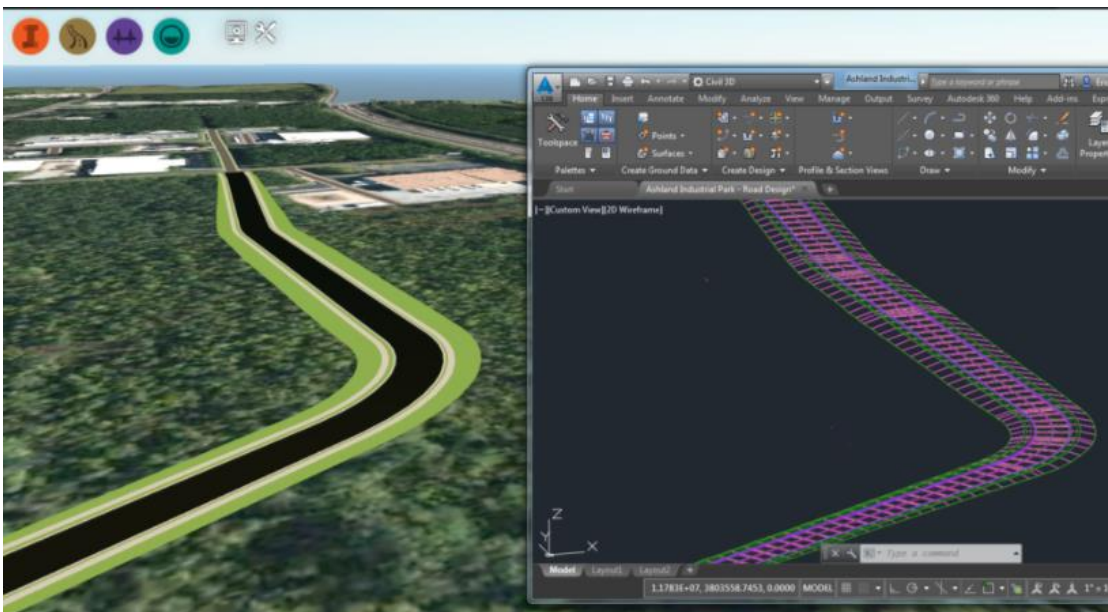
Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Percebe-se que o InfraWorks atende a todas as necessidades de representação levantadas no **Produto 1**. Sendo assim, sua potencialidade é diversa na criação de diferentes alternativas de projeto urbano. Esta ferramenta é capaz de representar cenários de infraestrutura urbana criados a partir de fontes de dados existentes e importados, e cria propostas de projeto no início com mais eficiência no contexto do ambiente natural e construído. Gera rapidamente propostas com abundância de informações para prever melhor o desempenho de alternativas de projeto no ambiente existente, além de simular mobilidade em um ambiente tridimensional. Uma das suas principais características é a representação visual baseada em diferentes níveis de detalhes (*Level of Detail – LOD*) que variam do mais geral e esquemático, para o mais específico e detalhado. Além disso, possui uma plataforma colaborativa e integrada, possibilitando o compartilhamento com outras ferramentas.

Os sistemas de construção virtual de cidades do InfraWorks permitem a comunicação de diferentes ferramentas especializadas para diversos fins, que coordenam informações através de bancos de dados. As características do ambiente natural e construído, podem ser facilmente modeladas no terreno. Assim, a incorporação de dados dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e a Modelagem Digital de Terreno (MDT) possibilita a representação da superfície em três dimensões, suprimindo recursos para diversas análises do ambiente. Existe a possibilidade de definir padrões com relação ao sistema de coordenadas, e ainda padrões normativos para projeto de vias.

Além disso, podem ser importados modelos tridimensionais criados a partir do Civil 3D e Revit, também da Autodesk. Estas ferramentas possuem especialidades na criação de projetos geométricos e edificações, respectivamente. Para o projeto geométrico mais detalhado, o Civil 3D pode ser útil para a criação de rodovias, estradas, pontes e túneis, além de redes de drenagem. Para o projeto mais detalhado de uma construção, contento elementos estruturais, elétricos e hidráulicos, por exemplo, o Revit pode ser a ferramenta mais adequada. A **Figura 21** mostra o exemplo de um projeto geométrico feito no Civil 3D, representado no InfraWorks.

Figura 21 – Representação de uma via no InfraWorks, a partir do projeto geométrico feito no Civil 3D.



Fonte: Autodesk (2017).

Por outro lado, é possível representar diferentes alternativas de projeto baseados em elementos e composições de Infraestrutura Verde, que podem ser escolhidas e personalizadas de acordo com as condições locais de determinada região. Diante disso, pode-se projetar uma infraestrutura verde rapidamente, que atenda aos requisitos de desempenho local ou padrões de sustentabilidade. Assim, pode-se determinar facilmente a melhor forma de implementar a infraestrutura verde em uma vizinhança, bairro ou cidade. Dentre os elementos e composições que compõe a infraestrutura verde, suas práticas podem ser modeladas e representadas através de simulação, analisando sua performance hidrológica simultaneamente, através da geração de resultados como: infiltração, retenção, detenção, permeabilidade e armazenamento de água.

Assim, a capacidade de projetar uma infraestrutura verde permite também, trabalhar eficientemente com outras partes interessadas do projeto, como por exemplo, a simulação de mobilidade. Neste sentido, para solucionar os problemas vigentes das grandes cidades, uma potencial aplicação da ferramenta InfraWorks é a possibilidade de inserção de transportes ativos, como o modo a pé e por bicicleta, além de conter o modo de transporte público por ônibus e táxis, inclusive simulando outras tecnologias mais sustentáveis no sistema. Permite definir as decisões tomadas

por cada pessoa no modelo, incluindo a escolha modal, rota, pistas e estacionamento, definidos por parâmetros comportamentais e pesos que descrevem tempo, distância e preço. Desta forma, a simulação através do InfraWorks é baseada em agentes, ou seja, os veículos e pessoas são independentes, contendo comportamentos distintos, onde na simulação se comunicam e interagem definindo suas decisões.

Em outras palavras, o software simula a demanda de transportes dentro das condições da infraestrutura adotadas no modelo. Desta forma, permite ajudar na decisão para a realocação dos usuários nos diferentes modos de transporte em função da qualidade da infraestrutura adotada. Diante disto, uma possível aplicação é a realização de pesquisas de preferência declarada, através da qualidade de visualização que o software reproduz. Isto possibilita o auxílio tanto na demonstração ao público quanto no planejamento estratégico das medidas necessárias à sustentabilidade das cidades.

Diante disto, esta integração de diferentes ferramentas torna-se importante a medida que, o conceito da Modelagem da Informação seja apoiado, não somente, como uma plataforma tecnológica que envolva softwares e equipamentos, mas também seja apoiada por recursos humanos e conceitos das várias áreas de atuação e especialização, perfeitamente integrados em um processo, para suportar as exigências das cidades. Assim, a principal tarefa que se coloca é o estabelecimento de uma visão integradora e colaborativa entre diferentes agentes urbanos.

5.4.2. Aplicação da ferramenta em um estudo de caso.

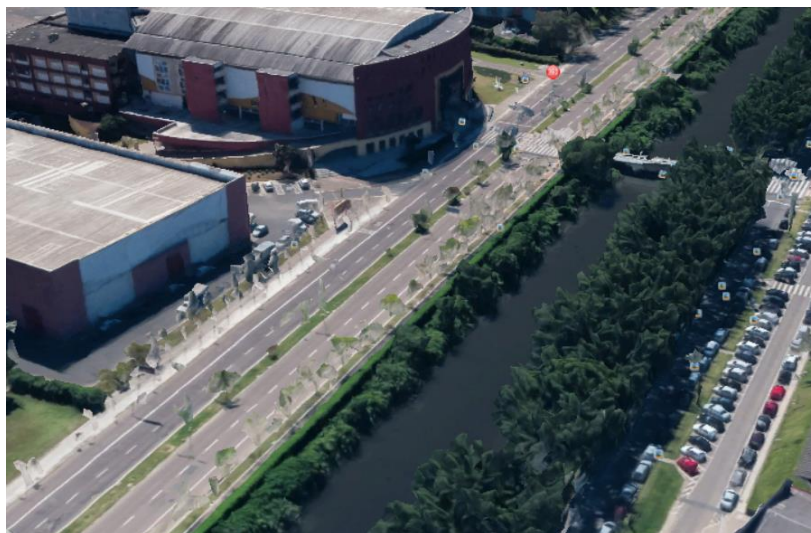
Esta seção descreve algumas das principais características da cidade estudada e a viabilidade do uso da ferramenta InfraWorks para a geração e avaliação de alternativas, visando melhorar o cenário urbano da cidade de forma mais sustentável. A cidade de Joinville está localizada no norte do estado de Santa Catarina, com população acima de 550 mil habitantes, segundo estimativa do IBGE para 2015. É considerada uma cidade de médio porte e sua economia está voltada para a indústria, sendo o 3º polo industrial da região Sul, atrás de Porto Alegre (RS) e Curitiba (PR) (IPPUJ, 2015a).

No contexto do Projeto Integrado para Planejamento da Mobilidade, descrito na **Seção 5.2**, inicialmente, o projeto começou a ser estudado na disciplina de

Planejamento de Transporte e Uso do Solo, no ano de 2015, quando alguns alunos perceberam a deficiência de planejamento na Zona Industrial Norte de Joinville. Atualmente, este trecho tem grande importância para a cidade, uma vez que abriga uma grande concentração de indústrias, e uma via simples, sem planejamento, que causam grandes congestionamentos nos horários de chegada e saída dos funcionários, principalmente. O objetivo principal ao escolher tal trecho é, ao fim do projeto, sugerir melhorias no transporte, aumentar a Infraestrutura Verde próxima ao local, diminuir a emissão de poluentes, para aumentar o bem-estar daquela comunidade.

No entanto, para a representação de um cenário baseado em propostas de utilização dos conceitos de Infraestrutura Verde, escolheu-se para aplicação a Avenida Albano Schulz, conhecida também como Avenida Beira Rio, localizada no centro de Joinville, conforme apresentado na **Figura 22**. Esta região foi escolhida para dar continuidade ao trabalho proposto por Schubert (2016), descrito também, na **Seção 5.2**.

Figura 22 – Localização da área de estudo.



Fonte: Google Earth (2017).

Schubert (2016) sugeriu algumas medidas de implantação de infraestrutura verde para esta região. O trecho da **Figura 22** está localizado entre a Rua Max Colin e a Rua Itaiópolis. Na margem oeste do rio Cachoeira, conforme mostra a **Figura 23**, a seção da via é composta conforme mostra a **Tabela 10**.

Figura 23 – Margem oeste do rio Cachoeira.



Fonte: Schubert (2016, p. 122).

Tabela 10 – Composição atual da Avenida Beira Rio.

Composição atual da Avenida Beira Rio.
Muro verde
Ciclovía
Canteiro lateral
Faixa de acostamento
Via com duas pistas sentido sul norte
Canteiro central
Via com duas pistas sentido norte sul
Faixa exclusiva para taxi e ônibus
Calçada

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A avenida está localizada ao lado esquerdo do rio Cachoeira se a referência for sentido sul-norte. A ciclovía existente não apresenta sinalização ao longo do percurso, tornando-a praticamente uma via compartilhada pela quantidade de pedestres que também utilizam o espaço. A largura da via é adequada para um ciclista, porém fica pequena para fazer ultrapassagens entre ciclistas e pedestres, exigindo habilidade. Há vegetação em toda a ciclovía, com a existência de árvores e muros verdes, porém a drenagem é ineficiente, principalmente por estar próxima ao

rio que sofre influência de maré. Conforme é mostrado na **Figura 24**, a água se acumula e força o ciclista ou pedestre a andar muito próximo ao meio fio, trazendo riscos de queda.

Figura 24 – Problema de drenagem na margem oeste do Rio Cachoeira.



Fonte: Schubert (2016, p. 121).

O pavimento não apresenta buracos ou fissuras, mas tem ondulações que trazem pequeno desconforto ao pedalar, além de ter desníveis que exigem habilidade do ciclista para atravessá-lo. A ciclovia tem iluminação própria, mas não possui sinalização nas travessias.

Desta maneira, Schubert (2016) propôs a utilização de alguns elementos da infraestrutura verde para a mobilidade sustentável, para criar uma rede cicloviária verde. Para minimizar os problemas existentes e aumentar a qualidade do trecho, a autora sugeriu um parque linear ao longo do rio Cachoeira, entre a Rua Max Colin e a Rua Itaiópolis. O percurso foi escolhido pois atende as condições de ser um local ideal para contemplação, lazer e esportes.

As propostas sugeridas por Schubert (2016) são listadas a seguir:

- A ciclovia existente poderia ser alargada até a linha que hoje é o limite do estacionamento com a pista de veículos, assim seria possível ter mais espaço para o

deslocamento de pedestres e ciclistas, e poderiam ser instalados bancos e mesas para criar um ambiente de parada e não apenas passagem dos usuários.

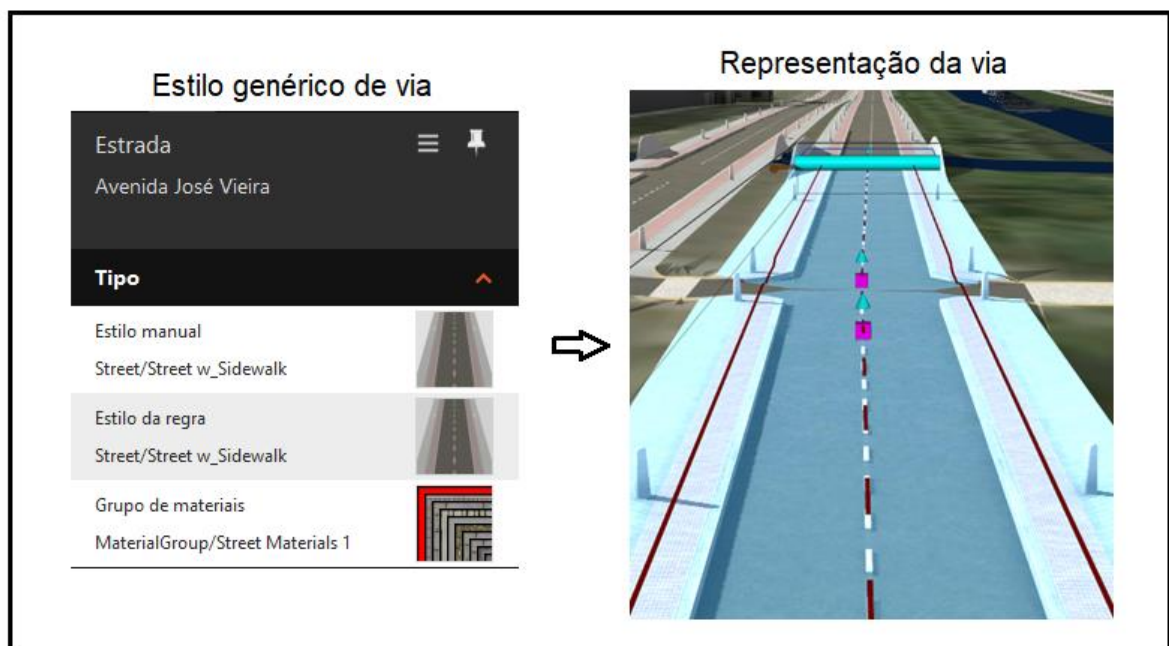
- No limite entre o fim dessa nova ciclovia, que seria uma via compartilhada, poderia ser instalado canteiros pluviais e biovaletas para controlar as águas da rua, evitando que o escoamento vá direto para o rio e aumente o seu nível.

- As árvores existentes no canteiro que atualmente divide a ciclovia da pista dos veículos poderiam ser mantidas para ser um divisor natural do espaço entre ciclistas e pedestres, evitando conflitos entre os próprios modos não motorizados.

Neste contexto, para iniciar as propostas feitas por Schubert (2016) dentro do modelo do InfraWorks, primeiramente é necessário adequar as características existentes do ambiente urbano. Através da interface do usuário é possível trabalhar com os recursos disponíveis para ajustar um modelo e criar um cenário de referência do ambiente natural e construído.

Com a geração do modelo, o InfraWorks reconhece as vias existentes do local com seu respectivo nome. A via recebe um estilo genérico para todas as vias existentes, que devem ser ajustadas de acordo com a realidade. A **Figura 25** mostra como a via é representada dentro do InfraWorks após a criação de um modelo.

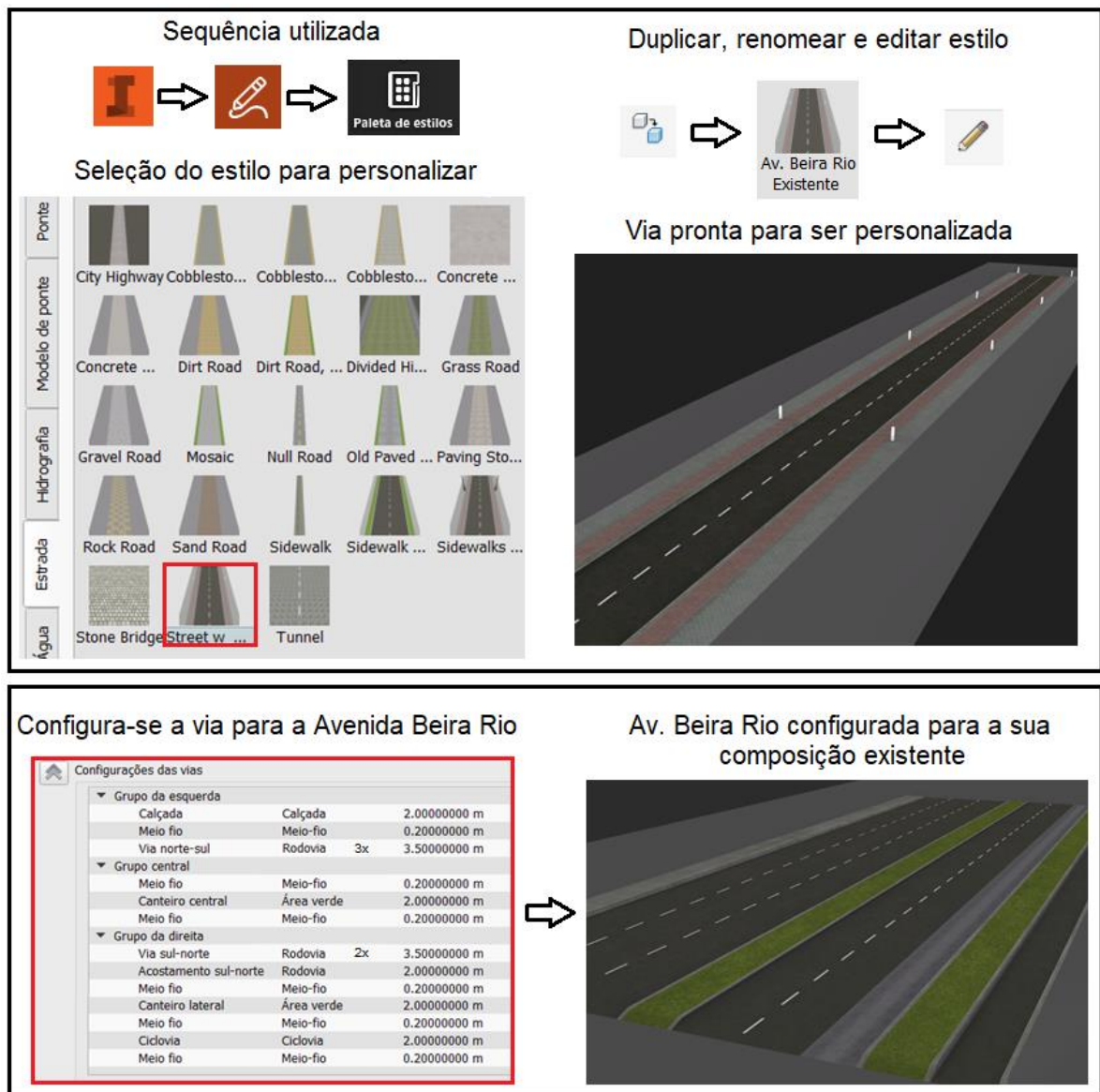
Figura 25 – Via gerada pelo InfraWorks.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Para mudar o estilo da via e adequar as características existentes do local de estudo, seleciona-se a via gerada pelo modelo e configura para as condições de sua composição atual. A **Figura 26** mostra a sequência utilizada para personalização da via. A existência de um projeto geométrico já existente da região também pode ser bastante útil para atualização do modelo de forma mais precisa.

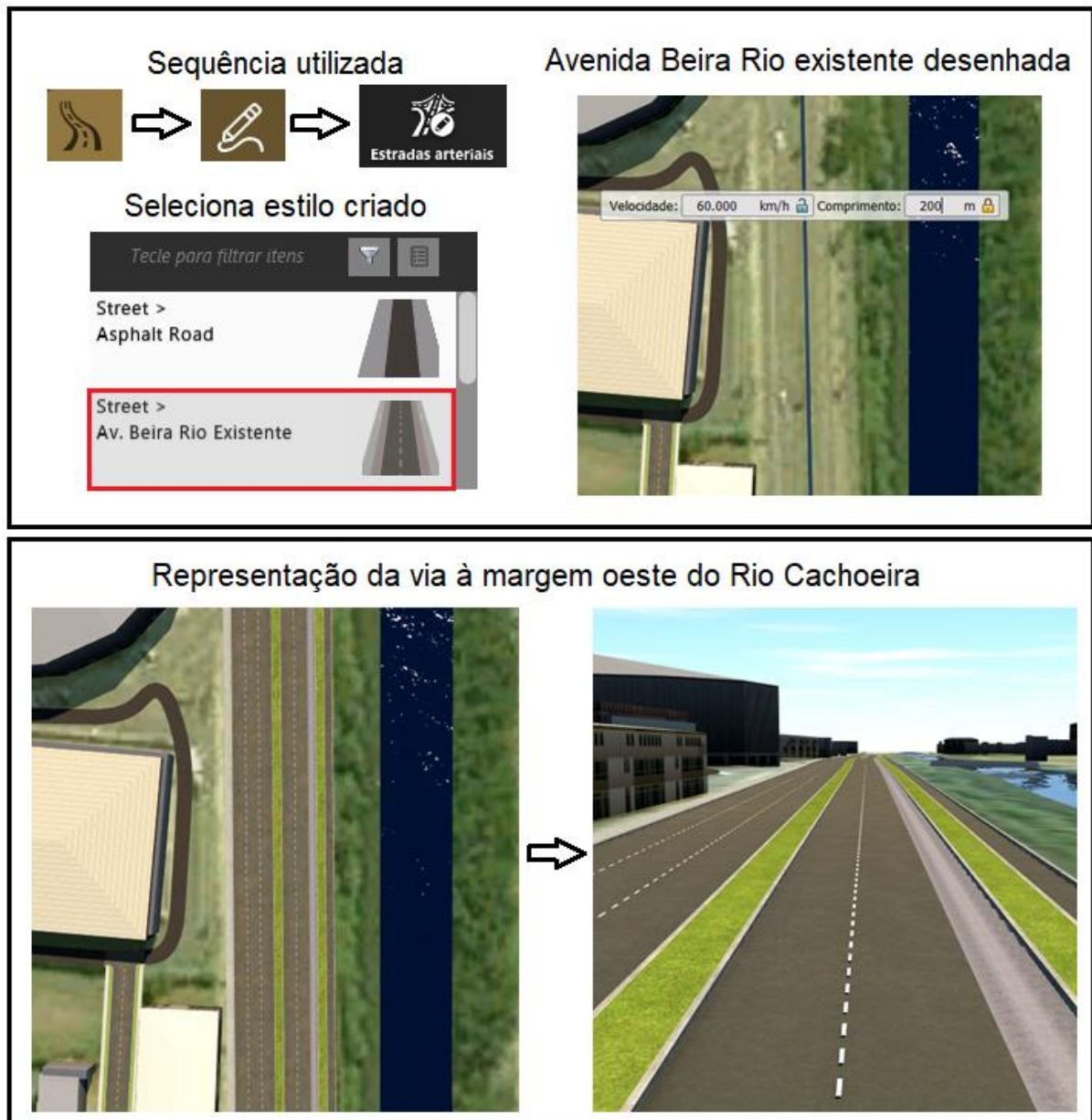
Figura 26 – Personalizando estilo de via.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A partir da configuração inicial da avenida Beira Rio, pode-se esboça-la dentro do modelo. A **Figura 27** mostra a sequência utilizada para o projeto da via existente, com uma representação visual do cenário bastante detalhada.

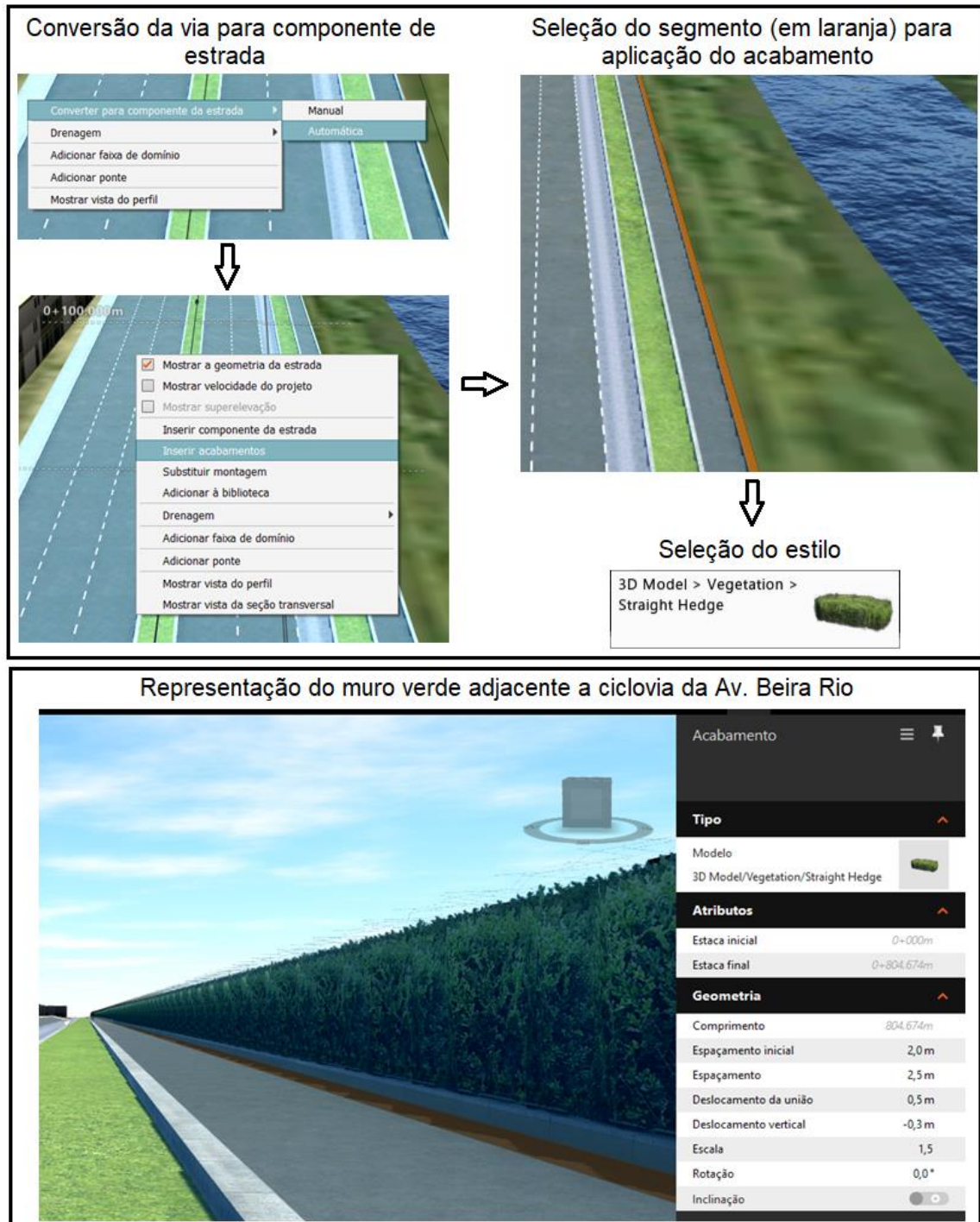
Figura 27 – Representação da via à margem oeste do Rio Cachoeira.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A partir da via esboçada, pode-se começar a trabalhar com cada componente da via, afim de representar todos os elementos que compõe a via existente. A **Figura 28** apresenta a sequência utilizada para conversão da via, inserindo o muro verde existente da Avenida Beira Rio, adjacente a ciclovia.

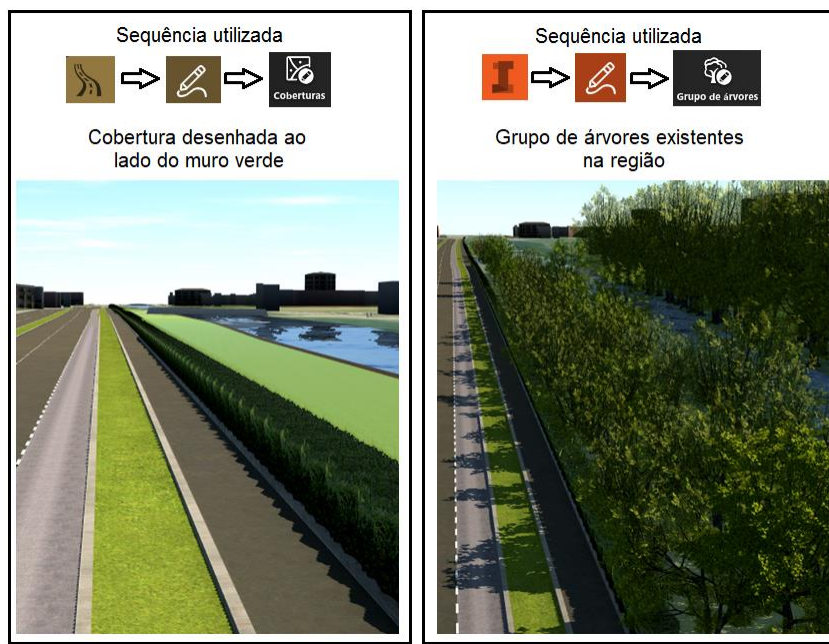
Figura 28 – Representação do muro verde da Avenida Beira Rio.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

De forma similar, para a representação do conjunto de árvores existentes às margens do rio, primeiramente é desenhada a cobertura do local. Na sequência é inserido o grupo de árvores na região, conforme é mostrado na **Figura 29**.

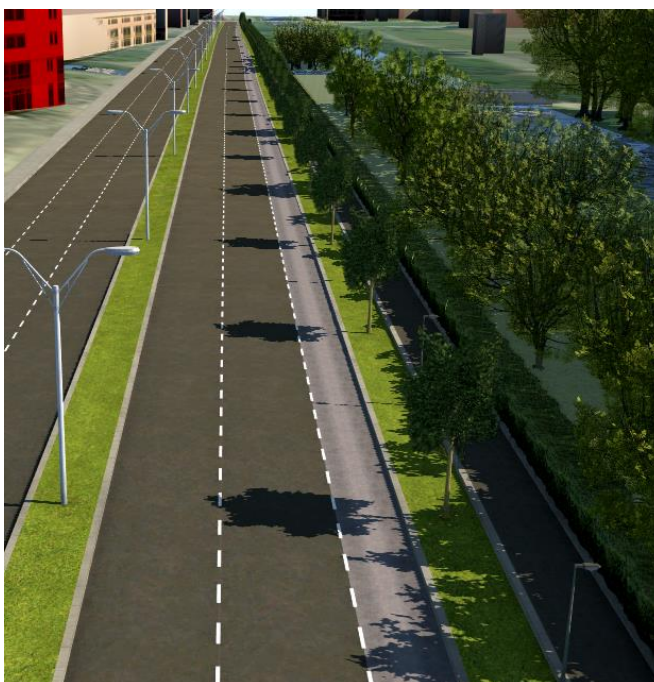
Figura 29 – Grupo de árvores existentes.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Por fim, é inserido os postes de luz do canteiro lateral e central da avenida Beira Rio, conforme mostra a **Figura 30**. Desta maneira, finalizando a criação do cenário de referência da região de estudo.

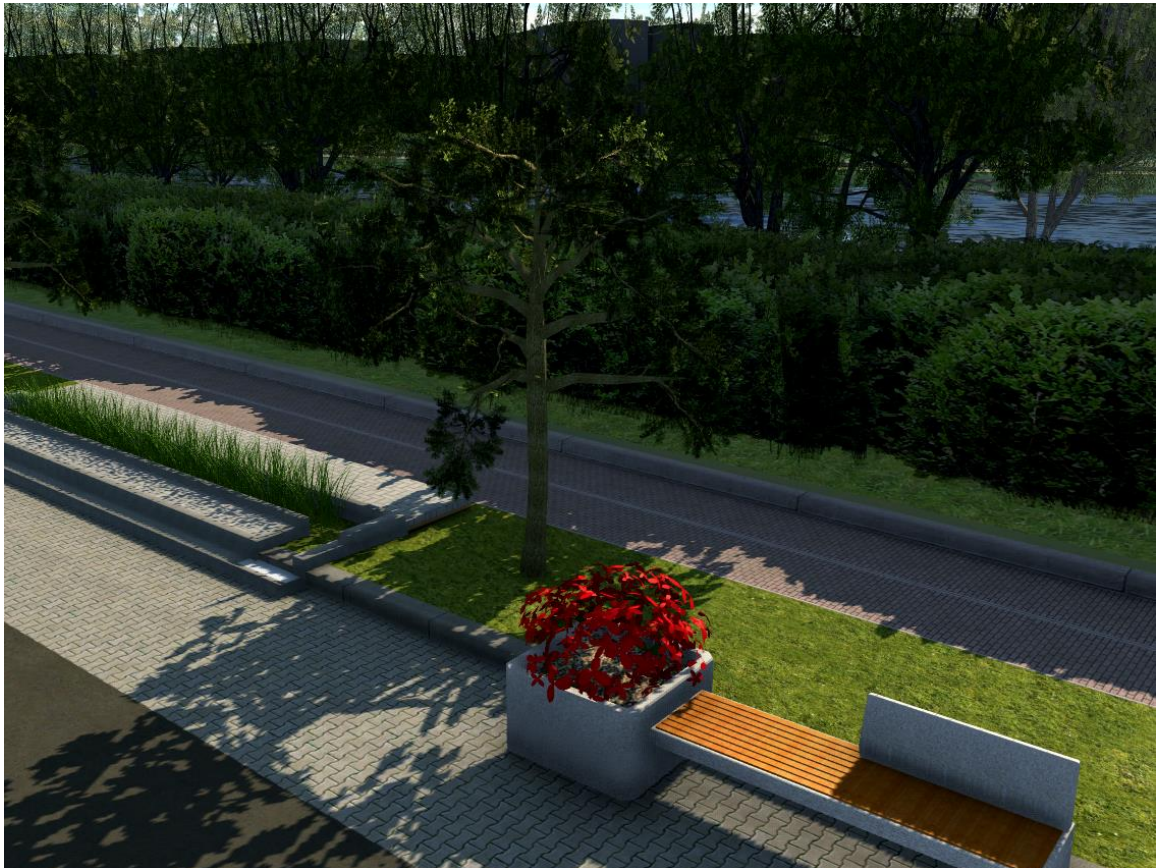
Figura 30 – Cenário de referência da região de estudo.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Após a criação do cenário de referência foi trabalhado em cima das propostas sugeridas por Schubert (2016). A representação final das alterações feitas pode ser observada através da **Figura 31**.

Figura 31 – Proposta de Infraestrutura Verde para a Avenida Beira Rio.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Diante deste cenário, uma infraestrutura verde integrada e bem planejada, além de oferecer funções para melhor gerenciamento de águas e manutenção da biodiversidade, acabam tendo como resultados a circulação viária mais restrita, abrigo para pedestres e ciclistas aliadas a áreas de lazer e contemplação.

O InfraWorks, é uma ferramenta para criação de modelos digitais composto por um banco de dados que permite agregar informações para diversas finalidades, além de aumento de produtividade e racionalização do processo. Além disso, a ferramenta permite simular modos motorizados e não motorizados, enriquecendo a atmosfera simulada, e colaborando para a aplicação da Infraestrutura Verde, onde se

utiliza o equilíbrio entre modos de transportar as pessoas. Conforme abordado no **Capítulo 2**, as ruas completas conciliam estas diversas utilizações, que tem como funções principais proporcionar melhores conexões, estimulando a circulação de baixo impacto. A **Figura 32** mostra uma proposta de Rua Completa criada no InfraWorks, em frente ao Centro de Eventos, na Avenida Beira Rio.

Figura 32 – Proposta de Rua Completa em frente ao Centro de Eventos, Av. Beira Rio.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Dentre os *outputs* que o modelo gera para simulação da mobilidade, por exemplo, são: nome do agente, tipo de veículo, sua origem, seu destino, a hora de partida, hora de chegada, tempo em trânsito, distância percorrida, quantidades de paradas, e as emissões de gases poluentes por veículo, conforme é mostrado na **Figura 33**.

Figura 33 – Resultados da simulação de mobilidade do InfraWorks, gerados em uma planilha do Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Name	Type	Origin	Destinatic	Depart	Arrive	Time	Distance	Stops	CO2	NOx	PM10
2	S	S	S	S	T	T	T	D	I	D	D	D
3	DV563	103: Large Car	2	1	08:00:01.614	08:00:23.400	00:00:21.786	0.27	0	43.602	0.084068	0.000367
4	DV64	103: Large Car	1	2	08:00:05.394	08:00:27.200	00:00:21.806	0.286	0	48.814	0.099743	0.000361
5	DV995	102: Medium Car	3	2	08:00:05.894	08:00:17.200	00:00:11.306	0.148	0	24.03	0.047163	0.000195
6	DV47	101: Small Car	1	2	08:00:06.784	08:00:31	00:00:24.216	0.286	0	48.502	0.093425	0.000409
7	DV440	104: SUV	2	1	08:00:16.753	08:00:36.400	00:00:19.647	0.27	0	46.682	0.096967	0.000335
8	DV501	104: SUV	2	1	08:00:20.010	08:00:44	00:00:23.990	0.272	0	47.12	0.090207	0.000402
9	DV771	101: Small Car	3	1	08:00:24.794	08:00:53.400	00:00:28.606	0.305	1	56.985	0.108	0.00046
10	DV89	101: Small Car	1	2	08:00:28.314	08:00:49.400	00:00:21.086	0.286	0	48.266	0.099	0.000355
11	DV826	101: Small Car	3	2	08:00:28.543	08:00:40	00:00:11.457	0.148	0	24.197	0.047417	0.000197
12	DV689	101: Small Car	3	1	08:00:31.913	08:00:58.600	00:00:26.687	0.305	1	55.501	0.108	0.000424
13	DV189	101: Small Car	1	2	08:00:45.184	08:01:10.200	00:00:25.016	0.285	0	49.897	0.095936	0.000422
14	DV488	101: Small Car	2	1	08:00:46.333	08:01:07.400	00:00:21.067	0.271	0	42.581	0.082257	0.000357
15	DV802	104: SUV	3	2	08:00:53.334	08:01:05.200	00:00:11.866	0.148	0	24.153	0.046544	0.000203
16	DV568	104: SUV	2	1	08:00:58.210	08:01:19.200	00:00:20.990	0.271	0	42.314	0.081883	0.000353
17	DV345	103: Large Car	1	4	08:01:03.959	08:01:12.400	00:00:08.441	0.104	0	18.173	0.036027	0.000144
18	DV734	101: Small Car	3	1	08:01:07.932	08:01:39.400	00:00:31.468	0.303	1	54.222	0.09524	0.000478
19	DV507	101: Small Car	2	1	08:01:08.218	08:01:27.600	00:00:19.382	0.27	0	45.921	0.09537	0.000329
20	DV343	101: Small Car	1	4	08:01:12.219	08:01:21.800	00:00:09.581	0.105	0	17.31	0.031651	0.000162

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Vale ressaltar que este cenário criado no InfraWorks, para determinada área de estudo, serve como referência para amostragem de como ela pode dar suporte ao planejamento urbano. Por isto, salienta-se que ao trabalhar em um planejamento integrado, devemos levar em consideração as diferentes fases de estudo. A fase inicial do projeto é o diagnóstico, o qual busca definir a área de atuação. A partir desta demarcação, identifica os instrumentos de estudo, as políticas e estratégias presentes atualmente. A fase seguinte é o prognóstico, que superficialmente identifica os problemas, coletar dados e pesquisas bibliográficas auxiliares. Neste sentido, estudam-se as consequências que esta área teria se nenhuma nova política fosse tomada. A terceira fase do projeto é a de avaliação, neste momento os dados coletados, servirão para alimentar diferentes softwares de simulação, criando assim cenários e análises. No caso do InfraWorks, as análises são mais desagregadas, ou seja, consideram-se o comportamento e a interação dos diferentes agentes que compõe o sistema urbano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho propôs um método com o intuito de concentrar suas análises na potencial aplicação de um software como ferramentas de suporte ao planejamento, com foco em áreas urbanas resilientes. No entanto, em primeiro lugar, algumas diretrizes de projeto foram estabelecidas. Para redução do impacto da infraestrutura ao meio ambiente, medidas que envolvam o conceito de Infraestrutura Verde deveriam ser consideradas. Do ponto de vista da mobilidade sustentável, deveriam ser priorizados meios de transportes não motorizados.

As pesquisas realizadas através deste trabalho serviram de suporte para entender melhor os conceitos de Infraestrutura Verde aplicados no ambiente urbano, como forma de promover a mobilidade sustentável. Além disso, ao longo do desenvolvimento do trabalho, houve a participação ativa em projetos, disciplinas e grupos de discussão sobre mobilidade coordenados pela Administração Pública, e ainda, apresentações e palestras para alunos, gestores municipais e empresários. Complementarmente, o estágio obrigatório, realizado no semestre de 2016.2, permitiu a compreensão sobre o planejamento integrado das cidades e os tipos de ferramentas que dão suporte a diferentes níveis de planejamento, que de certa forma, considera diferentes subsistemas urbanos. Por outro lado, salienta-se que a abordagem de planejamento e de desenvolvimento de projetos urbanísticos de forma integrada se torna imprescindível e a busca por modelos computacionais que suportem estas características, através da Modelagem da Informação, foram avaliados em todo seu potencial neste trabalho.

Neste sentido, o software InfraWorks foi a ferramenta selecionada por se enquadrar nos requisitos considerados e por ser acessível. Esta ferramenta trabalha no conceito da Modelagem da Informação e visa um desenvolvimento colaborativo, permitindo aos projetistas e urbanistas trabalharem em equipes no processo de modelagem das cidades. Neste âmbito, o software permite o compartilhamento e tratamento de dados urbanísticos de múltiplas fontes.

A partir da capacitação para o seu uso, e exploração dos recursos e instrumentos que possui, foi possível identificar suas diferentes potencialidades. Diante disto, a ferramenta se mostrou capaz de representar cenários de infraestrutura urbana, criados a partir de fontes de dados existentes e importados. Além da criação de propostas de projeto, no início, com mais eficiência, no contexto do ambiente natural e construído.

Por outro lado, o InfraWorks possibilita representar diferentes práticas de Infraestrutura Verde como alternativas de projetos mais sustentáveis. Assim como, simulação de mobilidade, através da inserção de modos não motorizados, como o modo a pé e bicicleta, e também, outras formas de transporte público, além de outras tecnologias mais sustentáveis, em busca de áreas mais resilientes.

Para avaliar os impactos dos projetos criados no InfraWorks, a plataforma da Autodesk possui extensões que permitem diferentes tipos de análises, e que trabalham no conceito *Smart Cities* ou Cidades Inteligentes. Para infraestrutura verde, por exemplo, é possível medir os impactos causados pelas águas pluviais, analisando sua performance hidrológica. Para mobilidade sustentável, por exemplo, é possível definir as decisões comportamentais das pessoas em um modelo, que incluem a escolha modal, em função do tempo, distância e preços por transportes, de acordo com as condições da infraestrutura adotada. Neste sentido, a ferramenta permite qualificar as análises de diferentes alternativas para se chegar a um projeto mais eficiente para a região. Por isso, uma das qualidades desta ferramenta é a representação visual realista e em 3D. A qualidade do ambiente urbano, a apazibilabilidade e a infraestrutura apropriada para modos não motorizados, são fatores preponderantes na decisão de se locomover a pé ou de bicicleta. Através da ilustração e simulação de diferentes cenários, será possível representar de forma mais fiel uma alternativa de projeto, melhorando entendimento mesmo por gestores e tomadores de decisão, assim com usuários, quando entrevistados em Pesquisa de Preferência Declarada, sobre o que influencia em suas escolhas modais.

Neste contexto, a aplicação da técnica da pesquisa de Preferência Declarada (PD) pode ser adequada, para dar continuidade a este trabalho. Através da visualização complementada com questionários será mais fácil compreender os cenários urbanos, e quais as qualificações de uma infraestrutura são mais importantes. Dessa forma, acredita-se que os resultados serão mais acurados e o

projeto escolhido, quando implantado resultará em real benefício em termos de atrair usuários e incentivar a utilização de modos mais sustentáveis.

De modo geral, o uso da Modelagem da Informação ajuda a estabelecer um ponto de contato entre os diversos atores e disciplinas envolvidas em um projeto urbanístico, em busca de soluções sustentáveis. Diante disto, ressalta-se a importância do trabalho de forma integrada, colaborativa e compartilhada, contribuindo para a formação de profissionais preparados para lidar com os desafios de planejar e projetar cidades mais resilientes.

Portanto, com o intuito de verificar como a Modelagem da Informação pode auxiliar a universidade e a gestão pública na elaboração de propostas urbanas integradas e sustentáveis e que objetivem a eficiência na gestão e planejamento urbano, as pesquisas realizadas neste trabalho visam colaborar diretamente com a UFSC de Joinville, e ainda potencializar o processo de ensino aprendizagem, contribuindo para uma melhor capacitação dos alunos e para a melhoria dos índices de qualidade das instituições de ensino, através da realização de tutoriais e palestras. Além de contribuir para que os administradores públicos e gestores das empresas consigam perceber que, se existir um plano adequado, os resultados tendem a aparecer. Assim, será possível propor e melhorar o processo de decisão das equipes técnicas e dos gestores das políticas urbanas da administração municipal, de forma a possibilitar o desenvolvimento sustentável.

A colaboração com a UFSC e órgão público pode ser válida para os seguintes destaques: fomentar a pesquisa e a capacitação de estudantes, funcionários, empresas privadas e profissionais ligados ao órgão municipal, a respeito dos conceitos aqui apresentados, referentes ao Modelagem da Informação e os diferentes níveis de planejamento, como ferramenta de suporte ao planejamento urbano e desenvolvimento sustentável; aquisição de softwares com conceitos da Modelagem da Informação com foco em visualização e simulação, específicos para o planejamento urbano, incentivando o uso do BIM e CIM dentro das universidades; promover a criação de bancos de dados interoperáveis nos demais órgãos municipais, como a Secretaria de Infraestrutura Urbana (SEINFRA), Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), Secretaria de Administração e Planejamento (SAP), assim como, contribuir para a melhoria do Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas de Joinville (SIMGeo), através da manutenção de um banco de dados sempre atualizado e

completo. E finalmente, chama-se a atenção para a necessidade de efetiva implementação do Observatório Municipal da Mobilidade (OMM) de Joinville, que foi instituído pelo Decreto nº 27.636 de 27 de setembro de 2016, em conformidade com os dispostos no Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob), para garantir desenvolvimento de banco de dados compartilhado, que inclua informações sobre as políticas públicas e a mobilidade, com abertura de canal de informação, comunicação e participação com o objetivo de unificar as informações referente a mobilidade, aos custos e número de internações decorrentes de acidentes de trânsito, ao transporte de pessoas e de bens, das ações educativas de mobilidade, dos projetos de infraestrutura de mobilidade, bem como quaisquer outras informações acerca do tema.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, E. Z. et al. Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis. **XII Safety**, 2012.
- ALMEIDA, G. G. de. Diretrizes para o incremento da infraestrutura verde em Santos, São Paulo. **Revista Labverde**, São Paulo, n. 7, p. 103-119, 2013.
- AMORIM, A. L. de. Cidades Inteligentes e City Information Modeling. **Blucher Design Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 481-488, 2016.
- AMORIM, A. L. de. Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 2, p. 87-100, 2015.
- AMORIM, A. L. de. **Estabelecendo requisitos para a Modelagem da Informação da Cidade (CIM)**. In: IV Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2016, Porto Alegre. Anais do IV ENANPARQ, Estado da Arte. Porto Alegre: PROPARG/UFRGS, 2016.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. SBQP 2009: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, São Carlos, n. , p.01-12, 18 nov. 2009.
- BARROS, A. P. B. G.; GARRIDO MARTÍNEZ, L. M.; VIEGAS, J. M. **Uma nova abordagem para entender a escolha modal e de rotas dos pedestres em Portugal**. 2015.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century**. Washington, DC: Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, 2001.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.
- BENINI, S. M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. 2015. 220 f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente. 2015.
- BONZI, R. S. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas densamente urbanizadas**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. (local e data de defesa).
- BRANDÃO, F. C. A. dos S.; CRESPO, H. de A. **Diretrizes relacionadas à implantação da Infraestrutura Verde para aumentar a resiliência urbana às mudanças climáticas**. 2016. 129 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

BRASIL. Código Civil Brasileiro. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 18.mai.2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **PlanMob — Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Ministério das Cidades. 2015.

BRUNDTLAND, G. H. **Report of the World Commission on environment and development: "our common future."**. United Nations, 1987.

BUENO, E. S.; XIMENES, D. S. S. A importância da infraestrutura verde no desenho ambiental: Estudo da área da Cidade Universitária e Instituto Butantã. **Revista Labverde**, São Paulo, n. 3, p. 128-154, nov. 2011.

CADURIN, L. D. P. **Demanda potencial para um sistema de compartilhamento de bicicletas pedelecs: O caso de um campus universitário**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

CADURIN, L. D. P.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. R.; PROVIDELO, J. K. **Demanda potencial por bicicletas: O caso de pedelecs compartilhadas em um campus universitário**. In: Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXX ANPET), Rio de Janeiro/RJ, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). 2016.

CALIL, L. F. P. et. al. **Projetos e atividades de Pesquisa: Cooperação entre o Município de Joinville e a Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville**. 2014.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CAVALCANTI, A. C. R.; SOUZA, F. A. M. de. O uso do CIM e a difusão das ideias no campo das políticas públicas no setor do gerenciamento das cidades. **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015), Recife**, 2015.

CENTER FOR NEIGHBORHOOD TECHNOLOGY (CNT), **The Value of Green Infrastructure**: A guide to recognizing its economic, environmental and social benefits. 2010.

CLEMENTE, J.; CACHADINHA, N. Building Information Modeling como ferramenta de visualização de realidade aumentada em obras de reabilitação – Um caso de estudo. In: **Congresso Construção 2012**. ITeCons, 2012. p. 1-14.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Paulo, p.01-07, 03-04 nov. 2008.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n. 25, p. 127-142, 2008.

CORRÊA, F. R.; SANTOS, E. T. Na direção de uma Modelagem da Informação da Cidade (CIM). **Blucher Engineering Proceedings**, v. 2, n. 2, p. 344-357, 2015.

COSTA, M. S. (2008). **Um índice de mobilidade urbana sustentável**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos.

COSTA, M. S. **Sustainable urban mobility: A comparative study and the bases for a management system in Brazil and Portugal**. MSc Thesis, University of São Paulo, São Carlos, SP, Brazil. 2003.

COSTA, M. S. **Um índice de mobilidade sustentável**. São Carlos, 2008.

COSTA, M. S. Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2008.

COSTA, M. S.; DICKEY, J.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. **Formulação de políticas de mobilidade sustentável com auxílio dos pacotes Cyberquest e Quantitative Cyberquest. Proceedings**. 18th Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Florianópolis, Brasil, 9-11, nov. 2004. v. II, p. 1443-1454.

CRESPO, C.; RUSCHEL, R. C. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 2007, Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1-9.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. (referência em ptg).

EMBARQ BRASIL. **Passo a passo para a construção de um plano de mobilidade urbana**. 2014.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Green Infrastructure**. Disponível em: <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/index.cfm#Principles_of_Green_Infrastructure>. Acesso em: 20 de abril de 2017.

FERREIRA, J. C. Estrutura ecológica e corredores verdes: Estratégias territoriais para um futuro urbano sustentável. In: **4º Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado, sustentável**. Universidade do Algarve. Faro, Portugal. 2010.

FETRANSPOR. **Guia da mobilidade sustentável**. 2014.

FORMAN, R. T. T. Some general principles of landscape and regional ecology. **Landscape ecology**, v. 10, n. 3, p. 133-142, 1995.

FRANCO, M. de A. R. Infraestrutura verde em São Paulo: O caso do corredor verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Revista Labverde**, n. 1, p. 135-154, 2010.

FRANCO, M. de A. R.; OSSE, V. C.; MINKS, V. Infraestrutura verde para as mudanças climáticas no C40. **Revista Labverde**, n. 6, p. 220-235, 2013.

GOMES A. E. **Proposta de roteiro para plano de mobilidade para Zonas Industriais - PlanMoB.ZI**. 2017. ____ f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transporte e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

GREENE, D.; WEGENER, M. Sustainable transport. **Journal of Transport Geography**, v. 5, n. 3, p. 177-190, 1997.

GRILO, L. et al. Possibilidades de aplicação e limitações da realidade virtual na Arquitetura e na construção civil. **Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização no Trabalho no Ambiente Construído**, v. 2, 2001.

GUDMUNDSSON, H.; HÖJER, M. Sustainable development principles and their implications for transport. **Ecological Economics**, v. 19, 269-282. 1996.

HENNING, Y. **Proposta de aplicativo para coleta de dados de Mobilidade**. 2017. ____ f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transporte e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

HERZOG, C. P. **Guaratiba verde: subsídios para o projeto de Infraestrutura Verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU, 2009.

_____. **Infraestrutura verde para cidades mais sustentáveis**. Produtos e sistemas relativos a infraestrutura. Secretaria do Ambiente (SEA) do Estado do Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Cidade para todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza**. 1 ed. Rio de Janeiro, Mauad Editora Ltda, 2013.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, n. 1, p. 92-115, 2010.

IGNATIEVA, M; STEWART, G. H.; MEURK, C. Planning and design of ecological networks in urban areas. **Landscape and ecological engineering**, v. 7, n. 1, p. 17-25, 2011.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. de. **BIM Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia**. 2015.

KRYGIEL, Eddie; NIES, Bradley. **Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling**. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008. 241 p.

LAH, T. J. **The Dilemma of Cheonggyecheon Restoration in Seoul**. Yonsei University, Seul, Coréia do Sul, 2012.

LIMA, M. Q. C. **Limites e possibilidades do City Information Modeling (CIM) em planejamento urbano**. In: IV Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2016, Porto Alegre. Anais do IV ENANPARQ, Estado da Arte. Porto Alegre: PROPARG/UFRGS, 2016. v. 4.

LOPES, S. B. **Uma ferramenta para planejamento da mobilidade sustentável com base em modelo de uso do solo e transportes**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2010.

LOPES, S.B. et al. **Método de gestão da mobilidade para distritos industriais: Aplicação do MLT-MoMa.BIZ em Joinville**. Projeto de Extensão - No âmbito da Cooperação IPPUJ / UFSC – 2015.

LOPES, S. B. et al. **Modelo dinâmico e integrado de uso do solo e transportes para Joinville – MARS Joinville**. Projeto de Extensão - No âmbito da Cooperação IPPUJ / UFSC – 2015.

LOPES, S. B.; SCHUBERT, T.; CENTENARO, K. S.; PITOMBO, C. S. **Modelo de uso do solo e transportes para planejamento da mobilidade urbana em cidades brasileiras de médio porte**. Projeto de Pesquisa, UFSC - EESC/USP 2016, Relatório de Pós-Doutoramento de Simone Becker Lopes. 2016.

MARTINS, J. P. P.; MONTEIRO, A. **Building Information Modeling (BIM) – teoria e aplicação**. ICEUB2011, 2011.

MASCARÓ, J. J. **A Infraestrutura Verde como estratégia de sustentabilidade urbana**. XIV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora – MG, 2012.

MEDEIROS, L. de. **Obtenção de dados de entrada para um modelo dinâmico e integrado de uso do solo e transportes**. 2017. ____ f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transporte e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

MOORE, J. A.; JOHNSON, J. M. **Transportation, land use and sustainability**. Center for Community Design and Research. Florida. 1994.

OLIVEIRA, M. V. M. de; ROSIN, J. A. R. de G. **Arborização dos espaços públicos: Uma contribuição à sustentabilidade urbana**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 1, n. 3, 2013.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to Simulation Using SIMAN**, McGraw-Hill, New York, USA. v. 2. 1990.

PEREIRA FILHO, Z. R.; SERRA, E. G. **BIM e a gestão integrada de territórios urbanos sustentáveis: um estudo sobre o planejamento urbano integrado e sustentável na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ**. Blucher Engineering Proceedings, v. 2, n. 2, p. 384-396, 2015.

PINTO, T. D. C. et al. **A bicicleta como meio de transporte integrado ao terminal morro alto (Vespasiano/Minas Gerais)**. In: Anais do XXX Congresso de Pesquisa e

Ensino em Transportes (XXX ANPET), Rio de Janeiro/RJ, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). 2016.

RIBEIRO, M. E. J. **Infraestrutura verde: uma estratégia de conexão entre pessoas e lugares. Por um planejamento urbano ecológico para Goiânia.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. (ANO).

RODRIGUES DA SILVA, A. N.; DICKEY, J. W.; WYATT, R. G. **Computer tools to assist in a sustainable mobility planning process.** In: 9th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 2005, Londres. Londres: CASA, University College London, 2005.

ROSIN, J. A. R. G. **Meio ambiente e desenho urbano: Em busca de novas possibilidades para pensar a cidade na contemporaneidade.** In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (III – ENANPARQ), 2014, São Paulo. III ENANPARQ – Arquitetura, Cidade e Projeto: uma construção coletiva., 2014. P. 1-11.

SANTANA, S. A. de. **Geoprocessamento na modelagem parametrizada da paisagem territorial: Aplicações da geovisualização na simulação da paisagem urbana.** Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2014.

SANTOS, A. S. S.; SILVA, R. S.; LOPES, S. B. **Implementação de Infraestrutura Verde em cidades de médio porte brasileiras.** In: Planejamento Urbano regional Integrado e Sustentável (PLURIS), 2012, Brasília - DF. Anais do PLURIS 2012 Planejamento urbano, regional, integrado, sustentável, 2012.

SANTOS, E. C.; AGUIAR, E. M. **Transporte de cargas em áreas urbanas.** In: CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. (orgs.). *Gestão Logística do Transporte de Cargas*, p 182 – 209. São Paulo: Editora Atlas, São Paulo. 2001.

SCARPINELLA, G. D'Almeida; SILVA, R. S. da; OLIVEIRA, S. C. de. **Aplicação de elementos de Infraestrutura Verde em uma microbacia urbana.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. p. 3277-3286.

SCHUBERT, T. F. **Aplicação de conceitos de Infraestrutura Verde na definição de critérios para rede cicloviária.** 2016. 137 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016.

SILVA, B. S. L. da. **Desafios na construção de um plano cicloviário para uma cidade de pequeno porte: O caso de Garopaba, SC.** 2017. ___ f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transporte e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

SPIRN, A. W. The authority of nature: conflict and confusion in landscape architecture. **Nature and Ideology: Natural garden design in the twentieth century**, p. 253-54, 1997.

STERMAN, John D. et al. A skeptic's guide to computer models. **Managing a nation: The microcomputer software catalog**, v. 2, p. 209-229, 1991.

VALENÇA, G. C.; SANTOS, E. M. **A infraestrutura cicloviária e o conceito de ruas completas: Lições da experiência de Toronto, Canadá.** In: VII Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 2016, Maceió. 2016 Pluris: Contrastes, Conctradições, Complexidades, Desafios Urbanos no Século XXI. Maceió: Viva Editora, 2016, v. 1. P. 1-12.

VARGAS, Júlio Celso Borello; URIARTE, Ana Margarita Larranaga; CYBIS, Helena Beatriz Bettella. **Explorando as viagens a pé: Estrutura urbana e sensação de segurança.** Em Anais do XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXX ANPET), Rio de Janeiro/RJ, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). 2016.