

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

LOURDES MANRESA CAMARGOS

**Geovisualização e seu potencial na inclusão da infraestrutura azul no planejamento territorial: estudos de caso em escalas regional e local no Quadrilátero Ferrífero/MG**

BELO HORIZONTE

2020

LOURDES MANRESA CAMARGOS

**Geovisualização e seu potencial na inclusão da infraestrutura azul no planejamento territorial: estudos de caso em escalas regional e local no Quadrilátero Ferrífero/MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia – Geotecnologias e Geografia Aplicada.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura.

BELO HORIZONTE  
2020

C172g  
2020

Camargos, Lourdes Manresa.

Geovisualização e seu potencial na inclusão da infraestrutura azul no planejamento territorial [manuscrito] : estudos de caso em escalas regional e local no Quadrilátero Ferrífero/MG / Lourdes Manresa Camargos. – 2020.

xvi, 141 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Ana Clara Mourão Moura.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2020.

Bibliografia: f. 134-141.

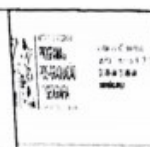
1. Drenagem – Teses. 2. Planejamento urbano – Quadrilátero Ferrífero (MG) – Teses. 3. Planejamento urbano – Processamento de dados – Teses. I. Moura, Ana Clara Mourão. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geografia. III Título.

CDU: 711.4(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Geovisualização e seu potencial na inclusão da infraestrutura azul no planejamento territorial: estudos de caso em escalas regional e local no Quadrilátero Ferrífero/MG.**

### LOURDES MANRESA CAMARGOS

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 23 de março de 2020, pela banca constituída pelos membros:

*Ana Clara Moura*  
Prof(a). Ana Clara Moura Moura - Orientador  
UFMG

*Nilo de Oliveira Nascimento*  
Prof(a). Nilo de Oliveira Nascimento  
UFMG

*Wellington Lopes Assis*  
Prof(a). Wellington Lopes Assis  
UFMG

*Monica Amaral Haddad*  
Prof(a). Monica Amaral Haddad  
Iowa State University

Belo Horizonte, 23 de março de 2020.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família pelo apoio. Ao Rodrigo, pelo companheirismo e paciência. À Professora Ana Clara, pela orientação e incentivo. Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG. Obrigada!

## CRÉDITOS OU AGRADECIMENTOS

Contribuição ao projeto apoiado pelo CNPq: “*Geodesign* e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero-MG”, Processo 401066/2016-9, Edital Universal 01/2016, e apoio complementar FAPEMIG processo PPM-00368-18.

## RESUMO

Diante dos problemas provenientes de um planejamento urbano higienista e ultrapassado, e da crescente sobrecarga nas infraestruturas de drenagem e controle de inundação, tem-se a necessidade de pensar o planejamento urbano com práticas inovadoras de drenagem. Neste contexto, o conceito de infraestrutura azul propõe uma abordagem voltada ao manejo de águas pluviais, através de sistemas para captar, limpar e reduzir o impacto das águas pluviais no escoamento superficial direto. Este trabalho busca aplicar o recurso da geovisualização para propor projetos e políticas de infraestrutura azul e ampliar a compreensão desta temática no processo de planejamento em diferentes escalas de abordagem territorial. Para isso, foram realizados dois estudos de caso em diferentes escalas: o primeiro, definido pelo Conjunto Paulo VI e o segundo abordando todo o território do Quadrilátero Ferrífero. De forma geral, as pessoas tiveram adesão em relação às propostas envolvendo técnicas de infraestrutura azul e foi possível perceber o processo de geovisualização como importante recurso na ampliação da compreensão e consequente incorporação da temática em processos de construção de opinião e de tomada de decisão. No entanto, após a experiência dos dois estudos de caso, observou-se que o método de *Geodesign* para proposição de técnicas de infraestrutura azul funcionou melhor no estudo da escala de bairro, em que há maiores detalhes do território e o usuário consegue ter mais claro o tipo de proposta que se pode fazer como contribuição ao planejamento. Observa-se que o domínio dos participantes do *workshop* com relação ao território estudado se mostra um facilitador para se entender as limitações e demandas do território e propor projetos e políticas que conversem com as necessidades do local. No recorte territorial de menor escala (Quadrilátero Ferrífero), os participantes elaboraram, de uma forma geral, políticas mais abrangentes, envolvendo grandes áreas do território. As propostas mais pontuais de infraestrutura azul só foram possíveis devido aos detalhes cartográficos dos mapas temáticos que compunham o *WebGis*, já que apenas com os mapas de avaliação do *Geodesign* a escala não favorecia para este tipo de proposta.

**Palavras-Chave:** Drenagem; Infraestrutura Azul; Planejamento urbano; Planejamento territorial; Geovisualização.

## ABSTRACT

In view of the problems arising from hygienic and outdated urban planning, and the increasing burden on drainage and flood control infrastructures, there is a need to think about urban planning with innovative drainage practices. In this context, the concept of blue infrastructure proposes an approach more focused on the management of rainwater, through systems to capture, clean and reduce the impact of rainwater on direct runoff. This work seeks to apply the resource of geovisualization to propose blue infrastructure projects and policies and expand the understanding of this theme in the planning process at different scales of territorial approach. To this end, two case studies were carried out at different scales: the first, defined by the Paulo VI, and the second covering all the territory of the Quadrilátero Ferrífero. In general, people adhered to the proposals involving blue infrastructure techniques and it was possible to perceive the process of geovisualization as an important resource in broadening the understanding and the consequent incorporation of the theme in opinion-making and decision-making processes. However, after the experience of the two case studies, it was observed that the Geodesign method for proposing blue infrastructure techniques worked best in the study of the neighborhood scale, in which there are more details of the territory and the user is able to have more clarity the type of proposal that can be made as a contribution to planning. It is observed that the domain of the workshop participants in relation to the studied territory proves to be a facilitator to understand the limitations and demands of the territory and to propose projects and policies that talk to the needs of the place. In the smallest territorial area (Quadrilátero Ferrífero), the participants developed, in general, more comprehensive policies, involving large areas of the territories. The most punctual proposals for blue infrastructure were only possible due to the cartographic details of the thematic maps that comprised the WebGis, since only with the Geodesign evaluation maps the scale did not favor this type of proposal.

**Keywords:** Drainage; Blue infrastructure; Urban planning; Territorial planning; Geovisualization.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Biodiversidade de um rio em seu estado natural e retificado.....	7
Figura 2 - Efeitos da urbanização nos corpos d'água e no ciclo hidrológico .....	9
Figura 3 - Jardim de chuva.....	15
Figura 4 - Exemplo de canteiro pluvial.....	16
Figura 5 - Biovaletas .....	17
Figura 6 - Lagoa pluvial no Parque Primeiro de Maio em Belo Horizonte.....	18
Figura 7 - Cisterna.....	18
Figura 8 - Pavimento drenante .....	19
Figura 9 - Teto verde.....	20
Figura 10 - Córrego 1º de Maio, na Zona Leste de Belo Horizonte. ....	22
Figura 11 - Nascente Felicidade, na Zona Norte de Belo Horizonte. ....	23
Figura 12 - Parque "du Chemin de Lie", Paris.....	24
Figura 13 - Revitalização de canal em Fuzhou, China .....	25
Figura 14 - Obras de canalização do Leitão para a abertura da Avenida Prudente de Moraes	30
Figura 15 - Placa de renaturalização do Córrego do Leitão instalada na Rua Padre Belchior	31
Figura 16 - Diagrama ilustrativo que evidencia os diferentes conhecimentos envolvidos no Geodesign.....	35
Figura 17 - <i>Framework do Geodesign</i> .....	36
Figura 18 - Exemplo de como são estruturados os modelos de Representação, Processo e Avaliação. ....	37
Figura 19 - Exemplo de como são estruturados os modelos de Mudança, Impacto e Decisão. ....	39
Figura 20 - Variáveis não normalizadas e variáveis normalizadas .....	43
Figura 21 – Análise de Multicritérios pelos processos de Análise Combinatória e de Pesos de Evidência.....	44
Figura 22 - Raciocínio da Análise Combinatória.....	45
Figura 23 - Raciocínio do método de Pesos de Evidência.....	47
Figura 24 - Exemplo de Visual Driven para Análise Combinatória .....	49
Figura 25 - Exemplo de knowledge-driven para Pesos de Evidência.....	49
Figura 26 - Áreas de estudo .....	51

Figura 27 - Localização Conjunto Paulo VI .....	52
Figura 28 - ZEIS e AEIS de Belo Horizonte. ....	54
Figura 29 - Localização Quadrilátero Ferrífero MG.....	56
Figura 30 - Fluxograma da metodologia.....	60
Figura 31 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelos de Representação e Processo.....	63
Figura 32 - Modelo de Representação 1 - Drenagem e nascentes .....	64
Figura 33 - Modelo de Representação 2 - Hipsometria e Vias .....	64
Figura 34 - Modelo de Representação 3 - Imagem Sentinel.....	65
Figura 35 - Modelo de Processo 1 - Faixa de domínio de nascentes. ....	66
Figura 36 - Modelo de Processo 2 - Faixa de domínio de cursos d'água. ....	66
Figura 37 - Modelo de Processo 3 - Declividade das vias. ....	67
Figura 38 - Modelo de Processo 4 - NDVI .....	68
Figura 39 - Modelo de Processo 5 - Permeabilidade do solo.....	68
Figura 40 - Modelo de Processo 6 – Linha de transmissão .....	69
Figura 41 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelos de Avaliação.....	70
Figura 42 - Legenda do Modelo de Avaliação.....	70
Figura 43 - Modelo de Avaliação para o Sistema Água .....	71
Figura 44 - Modelos de Avaliação dos Sistemas Workshop Acadêmico .....	71
Figura 45 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelo de Mudança.....	72
Figura 46- Interface da plataforma <i>Geodesign Hub</i> .....	72
Figura 47 - Imagem do Modelo 3D do Conjunto Paulo VI .....	73
Figura 48 - Proposta "Sistema de captação de água da chuva" .....	74
Figura 49 - Proposta "Parque permeável" .....	74
Figura 50 - Proposta.....	74
Figura 51 - Destamponamento e revitalização de corpos d'água .....	74
Figura 52 - Proposta "Proteção de nascentes".....	74
Figura 53 - Proposta "Política educação ambiental para proteção de nascentes" .....	74
Figura 54 - Proposta "Área permeável" .....	75
Figura 55 - <i>Geodesign</i> parcial 3 Sistemas - Workshop Acadêmico .....	76
Figura 56 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelo de Impacto .....	76
Figura 57 - Definição de área máxima para cada projeto .....	77
Figura 58 - Exemplo de identificação de conflito de área .....	78
Figura 59 - Cross-table de impacto .....	79

Figura 60 - Mapa de Impacto Workshop acadêmico .....	80
Figura 61 - Mapas síntese e impactos workshop acadêmico – 3 sistemas.....	81
Figura 62 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelo de Decisão.....	82
Figura 63 - Diagrama de frequência 3 .....	82
Figura 64 - Diagrama de frequência 2 .....	83
Figura 65 - Diagrama de frequência 1 .....	83
Figura 66 - Modelo de Decisão Workshop Acadêmico.....	84
Figura 67 - Diagrama de frequência Workshop Acadêmico.....	85
Figura 68 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelos de Avaliação.....	86
Figura 69 - Modelo de Avaliação para o Sistema Água do Workshop Jovens.....	88
Figura 70 – Modelos de Avaliação dos Sistemas Workshop Jovens.....	88
Figura 71 - Etapas do Geodesign - Modelo de Mudança.....	89
Figura 72 - Folder de divulgação do Workshop Paulo VI. ....	90
Figura 73 - Workshop Jovens Paulo VI.....	91
Figura 74 - Cartaz de auxílio.....	92
Figura 75 - Plataforma Geodesign Hub .....	93
Figura 76 - Proposta Jardim .....	94
Figura 77 - Proposta Canteiros.....	94
Figura 78 - Proposta Clube .....	94
Figura 79 - Proposta "Horta" .....	95
Figura 80 - Proposta "praça amigos" .....	96
Figura 81 - Proposta "projeto árvore" .....	96
Figura 82 - Proposta "enxurrada".....	96
Figura 83 - Proposta "desabamento".....	96
Figura 84 - Negociações parciais - workshop jovens .....	97
Figura 85 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelo de Impacto .....	98
Figura 86 - Definição de área máxima para cada projeto .....	99
Figura 87 - Exemplo de identificação de conflito de área .....	100
Figura 88 – <i>Cross-table</i> de impacto.....	101
Figura 89 - Mapa de Impacto Workshop jovens.....	102
Figura 90 - Mapas síntese e impactos workshop jovens.....	103
Figura 91 - Etapas do <i>Geodesign</i> - Modelo de Decisão.....	104
Figura 92 - Diagrama de frequência 4 .....	104

Figura 93 - Diagrama de frequência 3 .....	105
Figura 94 - Diagrama de frequência 2 .....	105
Figura 95 - Diagrama de frequência 1 .....	106
Figura 96 - Modelo de Decisão Workshop Jovens .....	107
Figura 97 - Diagrama de frequência Workshop Jovens.....	108
Figura 98 - Etapas do <i>Geodesign</i> .....	109
Figura 99 - Hipsometria QF .....	110
Figura 100 - Drenagem QF .....	111
Figura 101 - Porosidade QF .....	111
Figura 102 - UC Proteção Integral QF.....	112
Figura 103 - UC Uso Sustentável QF .....	112
Figura 104 - Declividade QF .....	113
Figura 105 - Áreas Protegidas QF.....	113
Figura 106 - Uso e Ocupação do Solo QF .....	114
Figura 107 - Modelo de Avaliação para o Sistema Água .....	115
Figura 108 - Interface da plataforma online <i>WebGis</i> .....	116
Figura 109 - Interface dos Eixos do <i>WebGis</i> .....	116
Figura 110 - Workshop Quadrilátero Ferrífero.....	117
Figura 111 - Interface da plataforma <i>GeoDesign Hub</i> .....	117
Figura 112 - Parque Linear Rio Maracujá .....	118
Figura 113 - Jardim de chuva Via Expressa .....	118
Figura 114 - Canteiro Pluvial.....	119
Figura 115 - Proteção de cabeceiras .....	119
Figura 116- ETA Acurui.....	119
Figura 117 - Programa de Monitoramento.....	119
Figura 118 - Política de Saneamento Básico .....	120
Figura 119 - Parque Curva das Serras.....	121
Figura 120 - Parque Linear .....	121
Figura 121 - Águas do amanhã .....	121
Figura 122 - Geodesign parcial.....	123
Figura 123 - Mapa síntese e impactos.....	124
Figura 124 - Diagrama de frequência 4 .....	125
Figura 125 - Diagrama de frequência 3 .....	125

Figura 126 - Diagrama de frequência 2 .....	126
Figura 127 - Diagrama de frequência 1 .....	127
Figura 128 - Modelo de Decisão Quadrilátero Ferrífero .....	128
Figura 129 - Diagrama de frequência Quadrilátero Ferrífero .....	129
Figura 130 - Questionário de validação .....	130
Figura 131 - Questionário de validação .....	131
Figura 132 - Questionário de validação .....	131
Figura 133 - Questionário de validação .....	132

## LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Conceitos higienistas e conceitos inovadores e melhores práticas de drenagem. .	11
Tabela 2 - Identificação dos valores das variáveis – Soma/2 .....	46
Tabela 3 - Identificação dos valores das variáveis - Soma .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

APP – Área de Preservação Permanente

BMPs – *Best Management Practices*

CERH-MG - Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

SASE - *Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation*

SIG - Sistemas de informação Geográfica

SNGHR - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO E OBJETIVO .....	1
2.	PRÁTICAS HIGIENISTAS NO BRASIL .....	5
2.1	Soluções inovadoras e melhores práticas de drenagem .....	10
3.	INFRAESTRUTURA AZUL .....	13
3.1	Infraestrutura azul no planejamento territorial e participativo .....	25
3.2	Participação pública no planejamento territorial da infraestrutura azul .....	28
4	TECNOLOGIAS DE GEOINFORMAÇÃO .....	32
4.1	Geovisualização .....	32
4.2	Geodesign .....	35
4.3	Análise de Multicritérios .....	39
4.3.1	Identificação e discretização das variáveis .....	42
4.3.2	Normalização das variáveis .....	42
4.3.3	Integração e combinação das variáveis .....	43
5	ÁREAS DE ESTUDO .....	51
6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	58
7	DESENVOLVIMENTO .....	61
7.1	ESTUDO DE CASO CONJUNTO HABITACIONAL PAULO VI .....	61
7.1.1	Conjunto habitacional Paulo VI – Geodesign Acadêmico .....	69
7.1.2	Conjunto habitacional Paulo VI – Geodesign Jovens .....	86
7.2	ESTUDO DE CASO QUADRILÁTERO FERRÍFERO .....	109
7.2.1	Questionários .....	130
8	DISCUSSÃO .....	133
9	CONCLUSÃO .....	138
10	REFERÊNCIAS .....	140



## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Através de um conceito higienista de drenagem, a estratégia da engenharia hidráulica foi orientada, durante muito tempo, no sentido de retificar o leito dos rios e córregos para que suas vazões fossem dirigidas para jusante pelo caminho mais curto e com a maior velocidade de escoamento possível. Isso ocorreu para tentar controlar as inundações e para esconder os rios poluídos por esgotos e lixos. (BINDER, 2001).

Contudo, essas medidas são um falso saneamento, pois apenas escondem os problemas, não os resolvem e nem combatem suas causas. Uma das questões críticas nas cidades brasileiras continua sendo a intensificação de inundações e enchentes, consequências de um processo de ocupação e urbanização acelerados, tendo como resultado a impermeabilização excessiva do solo, a remoção da vegetação ciliar, o tamponamento e assoreamento dos rios e córregos, a poluição das águas, entre outros.

Diante dos problemas provenientes de um planejamento urbano higienista e ultrapassado, e da crescente sobrecarga nas infraestruturas de drenagem e controle de inundação, tem-se a necessidade de pensar o planejamento urbano com as “*best management practices*” (BMPs), ou melhores práticas inovadoras que auxiliem no manejo das águas pluviais, no aumento de áreas permeáveis, no controle de inundações, na regularização do clima e na ecologia urbana.

O termo “*best management practices*”, as melhores práticas, tem sido aplicado desde o 1970 como uma alternativa para abordar as questões de quantidade e qualidade do escoamento, pois reduzem o escoamento superficial, aumentam a infiltração e removem os poluentes difusos antes de atingirem os recursos hídricos (NASCIMENTO & BAPTISTA, 2009; DEBUSKAND & WYNN, 2011; NOVOTNY et al., 2010).

Neste contexto de visões inovadoras de drenagem, surge da ecologia da paisagem o termo Infraestrutura Azul, que se propõe a resolver os problemas funcionais urbanos relacionados à drenagem de maneira mais econômica, em uma abordagem mais voltada ao manejo de águas pluviais, através de sistemas para captar, limpar e reduzir o impacto das águas pluviais no escoamento superficial direto.

Trata-se da formação de um sistema misto em que a canalização recebe o auxílio de processos comuns na natureza. Sendo assim, dentro deste modo de planejamento, obras de infraestrutura tradicionais (canalizações subterrâneas), funcionam em conjunto com tipologias

como lagos, bacias, gramados, jardins e cursos d'água, atuando, juntos, no manejo das águas pluviais.

Além dos aspectos ambientais e urbanísticos, há uma grande vantagem econômica nos processos inovadores de drenagem. Segundo Zahed Filho (2009), os custos de implantação destas medidas são menores se comparados com os transtornos físicos e financeiros gerados pelas enchentes.

Contudo, a sociedade ainda tem resistência à implantação de soluções inovadoras de drenagem e ainda prevalece a visão das medidas higienistas como solução para a paisagem urbana, tais como a canalização e retificação dos rios.

A inclusão mais efetiva das práticas inovadoras de drenagem no planejamento territorial ainda necessita avançar muito nas cidades brasileiras e sua concretização depende fundamentalmente do modo como a população da cidade participa deste processo (MEDEIROS, 2009).

Neste contexto, tendo em vista a resistência da população na implantação destas soluções, este trabalho busca técnicas de geovisualização que envolvam a sociedade nos processos de decisão das questões relacionadas à drenagem no planejamento do território.

A geovisualização pode ser caracterizada como um tipo de recurso com ênfase no uso de ferramentas visuais interativas dedicado à visualização de dados espaciais. O recurso favorece o suporte às decisões de planejamento, por ser um meio de tradução visual de números e textos, e um apoio à estruturação de processos, colaborando na organização de conexões entre diferentes elementos (atores, ações e processos), pois permite que a informação seja localizada e compreendida (BATTY et al., 2000).

A partir destas questões apresentadas, entende-se que o presente trabalho se justifica em dois aspectos: o primeiro é que o modelo rígido aplicado para o dimensionamento e design das infraestruturas de drenagem não é mais suficiente, havendo uma sobrecarga nos sistemas de drenagem urbana e as inundações susceptíveis a aumentar (DENAULT et al., 2006; GUO, 2006). Portanto, supõe-se a implementação de infraestruturas azuis como alternativa para a drenagem, levando em consideração todos os aspectos relativos às “*best management practices*”, como o aumento das áreas permeáveis, o favorecimento à infiltração, a valorização da presença de água, entre outros.

O segundo aspecto que justifica o trabalho é a tentativa de envolver as pessoas nos processos de implementação de infraestrutura azul, temática ainda pouco discutida e pouco aceita por parte da população, que ainda tem resistência à implantação de soluções inovadoras.

Neste sentido, apresenta-se como pergunta norteadora: como as técnicas de geovisualização podem ser empregadas para auxiliar a compreensão sobre infraestrutura azul e sua aplicação no processo de planejamento territorial em diferentes escalas?

Sendo assim, tem-se como objetivo principal do trabalho aplicar o recurso da geovisualização para propor projetos e políticas de infraestrutura azul e ampliar a compreensão desta temática no processo de planejamento em diferentes escalas de abordagem territorial.

Como objetivos específicos, temos:

- Aplicar as técnicas de geovisualização, com auxílio da metodologia do Geodesign, no planejamento participativo da infraestrutura azul em duas escalas distintas.
- Observar o entendimento e a adesão das pessoas em relação às propostas inovadoras de drenagem/ infraestrutura azul.

É importante salientar que o termo infraestrutura azul é muito relacionado com o termo infraestrutura verde, que consiste em uma rede de áreas abertas com vegetação que são fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para melhorar a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida das pessoas (FERREIRA e MACHADO, 2010).

No entanto, este último é mais comumente abordado no planejamento, além de ser mais aceito e implementado nas cidades brasileiras. Já a infraestrutura azul, está em processo de entendimento e ainda é pouco abordado. Neste sentido, por motivos de investigação, preferiu-se separar os termos para que o foco fosse a avaliação do entendimento e da adesão das pessoas às soluções inovadoras relacionadas à drenagem.

Para atingir o objetivo da pesquisa, são investigados dois estudos de caso, em diferentes escalas: o primeiro, definido pelo bairro Conjunto Paulo VI; e o segundo abordando todo o território do Quadrilátero Ferrífero.

Para os dois estudos de casos desenvolvidos, a metodologia utilizada foi a aplicação da estrutura de *Geodesign* de Steinitz (2012). Para isso, foram empregados amplos recursos de geovisualização para favorecimento das discussões e criação de consciência cidadã, seguindo todos os modelos do *Geodesign*. Para o desenvolvimento dos modelos de processo e avaliação

(etapas do *Geodesgin*) utilizou-se ferramentas de integração e combinação de variáveis, como análises multicritérios por pesos de evidência e por análise combinatória.

A expectativa com a implementação dos estudos de caso era que a geovisualização e o *Geodesign* auxiliassem no planejamento participativo da infraestrutura azul no Conjunto Paulo VI e no Quadrilátero Ferrífero. Além disso, esperava-se que os participantes se envolvessem nas discussões sobre técnicas inovadoras de drenagem e utilizassem as ferramentas de geovisualização para discutirem e proporem sistemas de infraestrutura azul para cada área de estudo.

O presente trabalho apresenta como estrutura básica: fundamentação teórica e bases conceituais, em que são apresentados temas como as práticas higienistas no Brasil, Infraestrutura Azul e Tecnologias de Geoinformação. Em seguida, são apresentadas as áreas de estudo e os procedimentos metodológicos. Por último é apresentado o desenvolvimento do trabalho, com os estudos de caso do Conjunto Paulo VI e do Quadrilátero Ferrífero, seguido das discussões e conclusões. Ressalta-se que, como característica de um trabalho envolvendo geoprocessamento, o desenvolvimento do trabalho é metodológico, sendo a metodologia/desenvolvimento a principal contribuição do trabalho.

## **2. PRÁTICAS HIGIENISTAS NO BRASIL**

O desenvolvimento das cidades desde civilizações antigas ocorreu ao longo dos corpos hídricos, por razões funcionais, estratégicas ou culturais. Os cursos d'água são elementos muito importantes da paisagem, atuando como estruturadores do desenvolvimento urbano e também como limitadores e barreiras.

Contudo, na Europa do século XVIII começou a ser elaborada uma política pública baseada na higiene, a partir do desenvolvimento de uma medicina que relacionava as doenças com o meio ambiente (COSTA, 2013).

O paradigma higienista iniciou-se na França e teve grande influência de Alexandre Parent – Duchatelet, médico considerado o “pai da higiene pública” que estava convencido do papel protagonizado pelo ar e pela água na saúde das populações urbanas. A partir do século XIX em Paris, uma nova cidade foi sendo construída a partir dos princípios higienistas do saneamento (CHASLES, 2016).

O modelo higienista francês tinha como característica as intervenções nas cidades através de um conceito sanitaria e estético, buscando o embelezamento do ponto de vista de uma concepção europeia.

Com a concepção de que o meio é a origem da maior parte das doenças, o higienismo se justificou na época como alternativa para evitar epidemias e a mortalidade causadas pelas péssimas condições sanitárias nas cidades (CHASLES, 2016).

Assim, o higienismo é caracterizado por um urbanismo subterrâneo que esconde as redes de escoamento a fim de conduzir as águas aos lares e evacuar para fora da cidade as águas servidas e contaminadas. Além disso, no higienismo defende-se a construção de vias largas retilíneas através da cidade para ligar rapidamente estações e para favorecer uma melhor ventilação da cidade.

De fato, segundo Chasles (2016), a partir do século XIX, observa-se um retrocesso da mortalidade devido ao efeito conjunto dos progressos da medicina e da higiene, assim como da melhoria dos meios e condições de vida.

No entanto, com o crescimento das cidades, o higienismo acaba por se tornar um problema. Do ponto de vista da drenagem, entende-se que as práticas higienistas no Brasil são aplicadas sob influência de duas perspectivas: o contexto histórico de paradigmas de artificialização de cursos d'água em áreas urbanas e medidas emergenciais de combate aos danos de inundações.

A concepção higienista de artificialização de cursos d'água prevalece nas cidades brasileiras, onde muitas vezes os cursos d'água urbanos são cobertos, tornando-se dutos de esgoto. Com o acelerado processo de urbanização com poucos investimentos na infraestrutura básica e também no saneamento básico, os rios se transformaram em meios receptores de esgoto e lixo. Assim, para evitar os transtornos dos rios poluídos, a maioria dos corpos d'água foram canalizados e ocultados da paisagem urbana, tornando difícil encontrar um córrego ou rio que não tenha sido de alguma maneira alterado por atividades humanas.

A ideia de utilização de práticas higienistas para medidas emergenciais de combate aos danos de inundações também é recorrente nas cidades brasileiras. Para Binder (2001) a estratégia da engenharia hidráulica foi orientada, durante muito tempo, no sentido de retificar o leito dos rios e córregos para que suas vazões fossem dirigidas para jusante pelo caminho mais curto e com a maior velocidade de escoamento possível. Esta estratégia visava ganhar novas terras para a agricultura, novas áreas para a urbanização e minimizar os efeitos locais das cheias.

A realização dessas obras hidráulicas consistiu em reduzir o perfil do rio e aprofundar o seu leito, aumentando a velocidade da corrente. A frequência de transbordamento das cheias menores e médias diminuiu com o aumento da capacidade de vazão, porém permaneceram as grandes enchentes, que causam estragos ainda maiores (BINDER, 2001).

Segundo o Programa Municipal de Saneamento de Belo Horizonte(2015), as justificativas apresentadas para essa exclusão e canalização dos cursos d'água em Belo Horizonte eram feitas sob os seguintes argumentos: o curso d'água transformou-se em esgoto a céu aberto; a comunidade deseja a canalização; a canalização é necessária para viabilizar a implantação de uma via; a canalização possibilita a implantação dos interceptores de esgotos; a canalização facilita a manutenção do córrego e o córrego deve ser canalizado para aumentar a velocidade de escoamento e reduzir os níveis de pico das cheias e, conseqüentemente, reduzir as ocorrências de inundações.

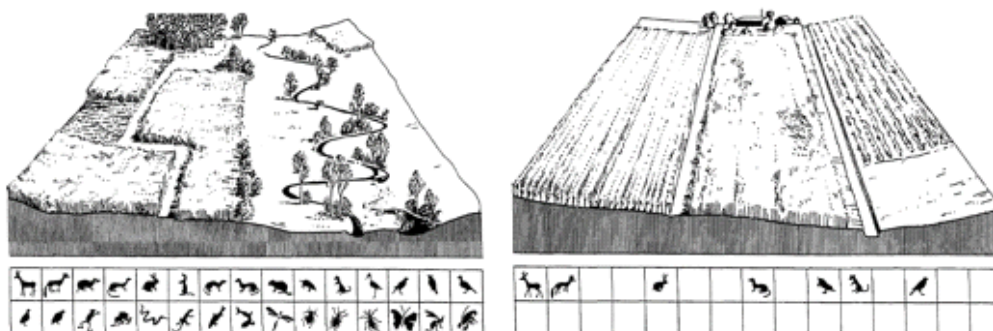
Contudo, medidas higienistas de drenagem são um falso saneamento, pois apenas escondem os problemas, não os resolvem e nem combatem suas causas. Ao desvalorizar os rios urbanos, perdem-se as suas atribuições ecológicas como: a condução da água da chuva, a drenagem dos terrenos da bacia hidrográfica a que pertence, a fertilização das suas várzeas, dos oceanos e lagos; fornecer água para o lençol freático; controlar o nível do lençol freático; formação e manutenção dos nichos ecológicos; servir de alimento e refúgio para a flora e a

fauna; dar sustentação à mata ciliar; autodepuração de poluentes; a formação de meandros, deltas e mangues e equilibrar a salinidade dos lagos e oceanos.

Segundo Binder (2001), com a realização de obras de canalização dos cursos d'água, a relação entre rio e planície inundável é interrompida, contribuindo, por exemplo, para o desaparecimento de locais para a desova de peixes.

Dessa forma, outra consequência da canalização dos rios refere-se às perdas das características naturais e comprometimento das relações biológicas, afetando fauna e flora. A Figura 1, de Binder (2001), representa o ecossistema de um rio em seu estado natural e o ecossistema de um rio que sofreu retificação. Nota-se que o ecossistema de um rio em seu estado natural, com suas sinuosidades, possui maior variedade de espécies, em relação ao rio que sofreu retificação. Para o autor, a fauna característica do leito depende diretamente de condições naturais, como da renovação contínua dos seixos rolados e da presença de margens íngremes. Em rios regulados não se verifica esta condição<sup>1</sup>, resultando na perda de biodiversidade local (Figura 1).

Figura 1 - Biodiversidade de um rio em seu estado natural e retificado.



Fonte: Binder (2001).

Além disso, um dos objetivos da canalização dos cursos d'água, que é evitar inundações, não é atendido, como explica o Programa Municipal de Saneamento de Belo Horizonte:

*O avanço da urbanização e o conseqüente uso do solo provocaram a redução do armazenamento natural dos deflúvios, os quais se transferiram para outros locais no interior da Cidade, gerando novas ocorrências de inundações, repetidas a cada estação chuvosa e sempre de forma evolutiva. Além disso, devido à predominante alteração do sistema de drenagem, por canalizações e retificações dos cursos de água naturais e ao lançamento de efluentes não*

<sup>1</sup> No entanto, é importante salientar que a maior parte dos rios urbanos brasileiros não possuem mais esta função ecológica, independente da canalização. Isso porque a modificação da percepção acerca do curso d'água de canal de transporte de esgoto para rio nem sempre é direta, já que dentro das áreas urbanas brasileiras dificilmente os cursos d'água têm condições de se comportarem de modo parecido com a dinâmica de cursos d'água em situação mais natural (PARK, 2008).

*tratados, são notórios os estrangulamentos do fluxo, em canais e galerias, causando transbordamentos e alagamentos das vias da cidade. O aumento das vazões, transferidas de montante para jusante nas bacias, também contribui para a ocorrência de inundações (PROGRAMA MUNICIPAL DE SANEAMENTO, 2015).*

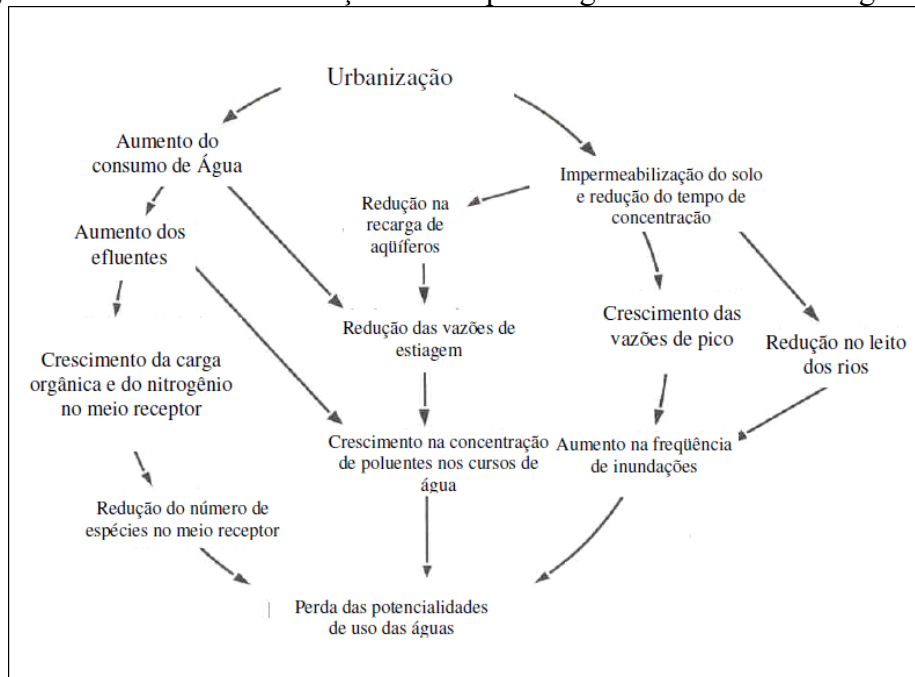
Bontempo et al. (2012) enfatizam que a canalização pode produzir o efeito contrário, pois ao retificar os cursos d'água, o excesso de água é direcionado e conduzido de forma mais intensa a jusante, devido à redução dos meandros, o que aumenta a velocidade da água.

Magalhães e Marques (2014) levanta reflexões sobre os efeitos socioambientais das intervenções estruturais em cursos d'água urbanos, assim como os conflitos municipais resultantes de transferência de passivos ambientais entre municípios. Segundo o autor, com a canalização do Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte e o excesso de áreas impermeabilizadas na capital, Sabará recebeu os impactos negativos desta intervenção. Sabará herdou passivos ambientais derivados do modelo de urbanização empregado em Belo Horizonte, pois além de receber as águas poluídas pelos resíduos despejados no Ribeirão na capital, a cidade passou a sofrer os efeitos dos maiores picos hidráulicos e da maior energia das águas, uma vez que neste município o Ribeirão volta a drenar sobre a condição de leito natural.

A Figura 2, de Chocat (1997, apud Batista & Cardoso, 2013), esquematiza um fluxograma dos impactos da urbanização nos corpos de água e no ciclo hidrológico. A urbanização gera um aumento do consumo de água e, conseqüentemente, o aumento de efluentes gerados. Com isso, há um aumento da poluição dos cursos d'água (com crescimento da carga orgânica e nitrogênio). Conseqüentemente, há uma redução da biodiversidade dos cursos d'água e diminuição das possibilidades de seu uso (pesca, recreação, paisagística, ambiental, entre outras).



Figura 2 - Efeitos da urbanização nos corpos d'água e no ciclo hidrológico



Fonte: Chocat (1997, apud Batista & Cardoso, 2013).

Além disso, a urbanização e canalização dos rios diminuem as áreas permeáveis, reduzindo o potencial de infiltração das chuvas, fazendo com que haja aumento do escoamento superficial das águas. A diminuição da taxa de infiltração resulta no aumento da intensidade das cheias das bacias urbanas, com aumento da velocidade e da vazão das águas. Com a menor infiltração das chuvas no solo, diminuiu-se também o potencial de recarga das águas subterrâneas.

As infraestruturas de drenagem das cidades são projetadas baseadas em análises estatísticas da intensidade, duração e frequência dos eventos de chuva que já ocorreram. Essa infraestrutura é dimensionada para suportar fluxos específicos de eventos com maiores magnitudes como o de um período de retorno de 100 anos, por exemplo (DENAULT et al., 2006).

Com o crescimento acelerado da urbanização que diminui as áreas permeáveis, esse modelo rígido aplicado para o dimensionamento e design das infraestruturas de drenagem não é mais suficiente. Além disso, quando esse modelo rígido de drenagem prevalece como único método usado nas cidades, ocorre uma sobrecarga nos sistemas de drenagem urbana e as inundações ficam susceptíveis a aumentar (DENAULT et al., 2006; GUO, 2006).

Vale ressaltar que as inundações e enchentes são fenômenos naturais que ocorrem com frequência nos cursos d'água. Contudo, estes fenômenos são intensificados nas áreas urbanas devido a alteração no estado natural dos terrenos e dos cursos d'água (impermeabilizações, canalização e retificação dos rios, como citado anteriormente).

## 2.1 Soluções inovadoras e melhores práticas de drenagem

Em vista dos problemas de drenagem originados pela urbanização e descaso com os rios, têm-se a necessidade da substituição dos paradigmas ultrapassados de drenagem por soluções inovadoras.

De acordo com a Science Magazine (Cohen, 2003) a população urbana crescerá de 75% para 83% nos países desenvolvidos e de 40% para 56% nos países em desenvolvimento até 2030, indicando que as superfícies impermeáveis e seus efeitos ambientais associados também expandirão.

Com a crescente demanda e sobrecarga nas infraestruturas de drenagem e controle de inundação, as chamadas ‘*best management practices*’ (BMPs) – ou melhores soluções de controle - devem ser consideradas como possibilidade técnica para as cheias (MOURA et al., 2016).

Os BMPs podem mitigar o problema da sobrecarga das estruturas de drenagem convencional e garantir maior longevidade aos sistemas de drenagem, melhorando a qualidade da água que atinge os córregos urbanos e rios (DIETZ, 2007).

De acordo com Nascimento e Batista. (2009), os BMPs têm sido aplicados no mundo desde o 1970 como uma alternativa para abordar as questões de quantidade e qualidade do escoamento, pois reduzem o escoamento superficial, aumentam a infiltração e removem os poluentes difusos antes de atingirem os recursos hídricos.

As BMPs se baseiam em princípios de biorretenção que procuram imitar condições hidrológicas naturais através do uso de técnicas de retenção, infiltração e evapotranspiração, de forma que haja uma diminuição do volume de escoamento e a remoção de nutrientes, metais e patogênicos (DEBUSKAND & WYNN, 2011; NOVOTNY et al., 2010).

A Quadro 1 de Nascimento (1999), faz uma comparação das ideias higienistas de drenagem consideradas ultrapassadas e dos conceitos inovadores de drenagem, que englobam as BMP. Para o autor, os conceitos higienistas abordam a ideia de drenagem rápida das águas pluviais, canalização de cursos d’água e associação do sistema de drenagem ao sistema viário, enquanto os conceitos inovadores de drenagem se baseiam no favorecimento da infiltração, no aumento do percurso de escoamento, no sistema de drenagem associado a áreas verdes e multifuncionais, preocupando-se com a garantia de condições adequadas de saúde pública e conforto no meio urbano.

Quadro 1 - Conceitos higienistas e conceitos inovadores e melhores práticas de drenagem.

<b>Conceitos Higienistas</b>	<b>Conceitos Inovadores</b>
Drenagem rápida das águas pluviais, transferência para a jusante.	Favorecimento à infiltração, ao armazenamento e ao aumento de percurso do escoamento.
Redes subterrâneas, canalização de cursos d'água naturais.	Valorização da presença de água na cidade, busca de menor interferência sobre o sistema natural de drenagem.
Associação do sistema de drenagem ao sistema viário.	Soluções técnicas multifuncionais: sistema de drenagem associado a áreas verdes, terrenos de esporte, parques lineares, etc.
Não analisa o sistema no contexto de eventos de tempo de retorno superior ao de projeto.	Avaliação da operação do sistema para eventos de tempo de retorno superior ao de projeto, gestão de risco e inundação.
Objetivos de saúde pública e de conforto no meio urbano, preocupação com impactos da urbanização sobre meios receptores.	Preocupação com a garantia de condições adequadas de saúde pública e conforto no meio urbano e de redução dos impactos da urbanização sobre os meios receptores.

Fonte: Adaptado pela autora de Nascimento (1999).

A implantação de técnicas inovadoras de drenagem busca remediar ou recuperar partes dos processos naturais do ciclo hidrológico que foram impactados, adotando como conceitos básicos: a permeabilidade máxima das águas de chuva ao longo do curso d'água, a manutenção das propriedades naturais dos leitos (sinuosidades) e as margens com presença de mata ciliar (SANCHES, 2007).

Além dos aspectos ambientais e urbanísticos, há uma grande vantagem econômica nos processos inovadores de drenagem. Segundo Zahed Filho (2011), os custos de implantação destas medidas são menores se comparados com os transtornos físicos e financeiros gerados pelas enchentes. Os prejuízos causados pela adoção de um modelo defasado de drenagem são enormes e provém de maiores custos e maiores perdas. Ao longo prazo, reduz-se o valor dos imóveis das regiões sujeitas a inundações como também a qualidade de vida dos moradores.

Alguns estudos sugerem que, ao considerar os altos investimentos necessários para adaptar os sistemas convencionais a um aumento do escoamento, abordagens alternativas e mais naturalizadas, como retenção e infiltração de águas pluviais, podem ser empregadas como uma solução complementar para mitigar o problema e reduzir os custos de adaptação. Estes estudos também reconhecem a importância de estabelecer o planejamento urbano a longo prazo como uma estratégia fundamental para evitar novos problemas no quesito drenagem. (WATERS et al., 2003; FARAM et al., 2010).

### 3. INFRAESTRUTURA AZUL

Diante dos problemas provenientes de um planejamento urbano higienista e ultrapassado, e da crescente sobrecarga nas infraestruturas de drenagem e controle de inundação, tem-se a necessidade de pensar o planejamento urbano com as “*best management practices*” (BMPs), ou melhores práticas inovadoras que auxiliem no manejo das águas pluviais, no aumento de áreas permeáveis, no controle de inundações, na regularização do clima e na ecologia urbana.

Neste contexto, surge da ecologia da paisagem o termo Infraestrutura Verde em meados dos anos 1990 para designar as formas de aproveitar os serviços que a natureza pode prover em ambientes urbanos (Cormier e Pellegrino, 2008).

Infraestrutura Verde consiste em uma rede de áreas abertas com vegetação que são fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para melhorar a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida das pessoas (FERREIRA e MACHADO, 2010).

É importante salientar que a Infraestrutura Verde não trata de um paisagismo como mero embelezamento das cidades, mas sim, uma rede de espaços abertos que podem contribuir decisivamente para a solução dos problemas associados ao clima, à água e à ecologia urbana, assim como na criação de uma imagem local e de espaços públicos mais estimulantes e sustentáveis (ZAHED FILHO, 2008).

A Infraestrutura verde, no entanto, também engloba elementos naturais que não se restringem à vegetação. Benedict e McMahon (2006), afirmam que os sistemas naturais protegidos por uma rede de infraestrutura verde não são todos verdes, já que rios e córregos são elementos críticos de quase todos os sistemas deste tipo de infraestrutura.

A Infraestrutura Verde também é pensada como parte de uma estratégia sustentável de controle das águas da chuva que existe para estar em conformidade com a legislação, reduzindo o volume de escoamento das águas pluviais e melhorando a qualidade da água (KRUDNER et al., 2013).

Neste contexto, a partir do conceito de Infraestrutura Verde, surge o conceito de Infraestrutura Azul, que propõe uma abordagem mais voltada ao manejo de águas pluviais, através de sistemas para captar, limpar e reduzir o impacto das águas pluviais no escoamento superficial direto.

Sendo assim, a chamada *Blue Infrastructure*, ou infraestrutura azul, se propõe a resolver os problemas funcionais urbanos relacionados à água de maneira mais econômica, privilegiando a preservação ambiental e beneficiando as pessoas. Este tipo de conceito veio para complementar o modelo tradicional de drenagem urbana formado por redes interligadas de canalização subterrânea. A infraestrutura azul trata-se da formação de um sistema misto em que a canalização recebe o auxílio de processos comuns na natureza. Sendo assim, dentro deste modo de planejamento, obras de infraestrutura tradicionais (canalizações subterrâneas), funcionam em conjunto com tipologias como lagos, bacias, gramados, parques lineares, jardins e cursos d'água, atuando, juntos, no manejo das águas pluviais.

Infraestruturas azuis, são um tipo das chamadas melhores soluções de controle (BMP- *Best Management Practices*) que além de contribuir para a drenagem pluvial, dão condições para utilização dos espaços criados como lugares de lazer além de poder dar espaço a novos fluxos de mobilidade, como o cicloviário.

Cormier e Pellegrino (2008), abordam diferentes tipologias de infraestrutura azul que podem ser implantadas em ambientes urbanos. Elas são, segundo os autores, jardins de chuva, canteiro pluvial, biovaleta, lagoa pluvial, cisterna e pavimento drenante:

#### **a) Jardins de chuva**

Os jardins de chuva ( Figura 3) podem ser caracterizados por depressões topográficas compostas de solo e plantas que têm a função de receber o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e regiões impermeabilizadas.

Segundo Cormier e Pellegrino (2008), o solo geralmente é tratado com alguns compostos e outros materiais que aumentam sua porosidade, semelhando-se a uma esponja e fazendo com que a água seja percolada. Além disso, microrganismos e bactérias no solo removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. A presença das plantas nos jardins de chuva, faz com que ocorra um aumento da evapotranspiração e também auxilia na remoção de poluentes.

Tal característica de remoção de poluentes do solo e das plantas torna os jardins de chuvas muito eficazes na melhoria da qualidade da água, já que as águas pluviais carregam considerável concentração de poluentes e é reconhecido que a parcela inicial do volume de escoamento pluvial carrega a maior carga poluidora de um evento de precipitação, fenômeno conhecido como “first flush” ou “carga de lavagem” (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2005).

Segundo Porto (1995), boa parte da poluição que cai nos corpos d'água urbanos, são provenientes do transporte da água de chuva. Além de apresentar variações em um determinado evento de chuva, a qualidade das águas pluviais está relacionada também com a ocupação da bacia, referente tanto à área ocupada quanto ao tipo de ocupação.

Sendo assim, os jardins de chuva atuam como reguladores da carga poluidora de forma que a filtragem das águas pluviais acontece pelo carácter de bacia de infiltração composta de cascalho dos jardins, pela ação de bactérias e microrganismos presentes no solo e pela ação da vegetação que remove os poluentes.

Weiss et al. (2007) investigaram modelos de biorretenção e constataram reduções mensuradas de 85% em sólidos suspensos e de 72% no fósforo total em jardins de chuva. Dietz (2007) demonstrou reduções nas concentrações de metais acima de 90%, testando protótipos laboratoriais e de campo.

Moura et al. (2016) simulam uma distribuição de técnicas de infraestrutura azul em um bairro em São Paulo para avaliarem a capacidade de retenção de jardins de chuva e obtém como resultado que o volume total de retenção do escoamento por essa técnica corresponde a aproximadamente 41% do volume de detenção do escoamento em reservatórios comuns. Os autores ressaltam que alternativas mais sustentáveis, combinadas com as soluções de detenção existentes, garantem maior longevidade e resiliência às infraestruturas de drenagem, além de contribuir para a prevenção de inundações e para a qualidade das águas urbanas.

As limitações dos jardins de chuva estão relacionadas à sua capacidade limitada pelo espaço disponível e pelas condições geotécnicas locais, já que a capacidade de infiltração ou transbordamento das águas pluviais nos momentos de maior fluxo serão definidas pelas características geotécnicas da área (CORNIER e PELLEGRINO, 2008).

Figura 3 - Jardim de chuva



Fonte: Yazaki, 2013.

### **b) Canteiro pluvial**

Os canteiros pluviais (Figura 4) podem ser caracterizados como jardins de chuvas de dimensões reduzidas. Sendo assim, o seu princípio de funcionamento se baseia em uma camada de solo misturado com composto orgânico para aumentar a porosidade e capacidade de retenção da camada drenante do canteiro.

O papel principal dos canteiros urbanos no contexto urbano é a requalificação do espaço, o controle das vazões de chuva e do microclima local. Apesar do seu potencial como área de lazer ser limitado (devido ao tamanho reduzido dos canteiros), estes podem ser uma ferramenta para conscientização da população para a importância das áreas permeáveis, já que é uma tipologia que pode ser mantida pela própria vizinhança.

Por serem menores que os jardins de chuva, os canteiros pluviais podem ser implantados em praticamente qualquer espaço do ambiente construído, mas uma forma de maximizar seu potencial drenante é a sua construção junto às descidas verticais de calhas ou coletores de chuva superficiais, diminuindo assim a vazão de pico de áreas de contribuição como telhados e marquises (CORNIER e PELLEGRINO, 2008).

Figura 4 - Exemplo de canteiro pluvial



Fonte: [www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202007/Infra-estrutura%20verde.pdf](http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202007/Infra-estrutura%20verde.pdf)

### **c) Biovaleta**

As biovaletas (Figura 5) podem ser definidas como elementos de tipologia linear com função de retenção e condução de águas de áreas impermeabilizadas. Estas estruturas conduzem



a água para outras estruturas de detenção associadas a ela, como os jardins de chuva e bacias de detenção (ou lagoas pluviais).

Cabe aos jardins de chuva associados às biovaletas fazerem a maior parte do trabalho de infiltração no solo, contudo as biovaletas também filtram os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo do seu substrato e da vegetação implantada (CORNIER e PELLEGRINO, 2008)

As biovaletas podem ser implementadas ao longo das áreas pavimentadas e podem ser mantidas pelos próprios proprietários dos terrenos, havendo a valorização da região onde está implantada (ZAHED FILHO, 2011).

Em um estudo sobre biovaletas, Debusk e Wynn (2011) descobriram que esta técnica implementada em estacionamento reduz o volume total de escoamento de áreas impermeáveis em 97 – 99% e também diminui a massa de sedimentos, nitrogênio total e fósforo total em 99%.

Figura 5 - Biovaletas



Fonte: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202007/Infra-estrutura%20verde.pdf>

#### **d) Lagoa pluvial**

A lagoa pluvial (Figura 6) é uma estrutura que recebe água da chuva por drenagem superficial, para liberar lentamente a água acumulada durante o período da precipitação para um curso d'água ou para o sistema de drenagem.

Este tipo de estrutura traz inúmeros benefícios para o sistema hidrológico urbano, além de ter um grande potencial para ser área de lazer, podendo integrar um sistema de áreas livres urbanas compondo parques nas cidades (CORNIER e PELLEGRINO, 2008)

Por ser uma estrutura maior do que as outras tipologias sua implantação se torna mais difícil, devido ao espaço demandado e também à dificuldade de manutenção dos componentes do sistema dessa estrutura. Além disso, é necessário ter um controle de mosquitos e de

poluentes. Nenhum tipo de esgoto doméstico ou efluente industrial pode chegar a desaguar nela, pois isso prejudicaria a qualidade da água.

Figura 6 - Lagoa pluvial no Parque Primeiro de Maio em Belo Horizonte.



Fonte: DRENURBS (2011).

#### e) Cisterna

As cisternas (Figura 7) consistem em reservatórios de armazenamento de águas pluviais e os seus benefícios são o aproveitamento da água obtida para utilização no consumo (alimentação e limpeza) e na irrigação. Ao armazenar a água pluvial, contribui-se para a diminuição do escoamento superficial, evitando também inundações e alagamentos.

No Brasil, a cisterna é um recurso muito importante na região do semiárido, pois estes reservatórios armazenam a água durante o período de chuva, para que seja possível seu uso durante a estiagem, levando a democratização do uso da água.

Figura 7 - Cisterna



Fonte: <https://ama-al.com.br/exercito-retoma-operacao-caminhao-pipa-na-proxima-segunda-feira-em-alagoas/>

#### **f) Pavimento drenante**

Pavimento drenante (Figura 8) é uma técnica de infiltração feita com material destinado à pavimentação que permite a permeabilização da água das chuvas. Sua utilização diminui o acúmulo de água pluviais e seu escoamento direto.

Contudo, em áreas onde o solo ou a água estejam contaminados, como postos de gasolina por exemplo, esta técnica de infiltração deve ser aplicada com cuidado, para evitar uma maior contaminação das águas. Além disso, para um funcionamento adequado, essa técnica deve ser bem executada e ter constante manutenção (ZAHED FILHO, 2011).

Figura 8 - Pavimento drenante



Fonte: [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/pavimentos-permeaveis-evitam-acumulo-de-agua-no-piso\\_10955\\_10\\_15](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/pavimentos-permeaveis-evitam-acumulo-de-agua-no-piso_10955_10_15)

#### **g) Teto verde**

Os tetos verdes (Figura 9), ou coberturas verdes, são coberturas com vegetação plantada em cima de um solo leve, uma barreira contra raízes, um reservatório de drenagem e uma membrana à prova de água. Estas estruturas absorvem e armazenam as águas pluviais e depois, devolvem umidade para o ambiente através da evapotranspiração (CORMIER, 2006)

Podem ser implantados em edifícios comerciais, industriais ou residenciais e dentre as vantagens, estão: redução do impacto das chuvas no sistema de drenagem, diminuição do efeito da ilha de calor urbano, criação de habitat para vida silvestre e isolamento térmico das coberturas.

Figura 9 - Teto verde



Fonte: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202007/Infra-estrutura%20verde.pdf>

Alencar et al. (2018) propuseram a aplicação de técnicas de Infraestrutura Verde e Azul para a redução da vazão de pico na Bacia do Córrego Jacarezinho, em São Paulo, minimizando os problemas existentes relacionados à drenagem e consequentemente aumentando a segurança hidrológica da Bacia. Simulações hidrológicas do estudo apontaram uma redução de cerca de 36% da vazão de pico com a adoção das soluções propostas, o que destaca a importância das técnicas consideradas não convencionais. Dietz (2007) ressalta que estas técnicas e práticas de gestão da água de chuva são relativamente novas, mas têm demonstrado um grande potencial para atenuar os problemas do desenvolvimento urbano nos corpos hídricos. No entanto, o mesmo autor observa que a eficiência dos elementos de biorretenção pode ser comprometida por aspectos inadequados de concepção e implementação, tais como o uso de substratos de argila que podem evitar a infiltração ou assentamento em terrenos inclinados ou sobre solos rasos.

### **g) Parques lineares e revitalização de cursos d'água**

Renaturalização, revitalização, reabilitação, remediação e restauração são alguns termos que são usados para caracterizar essa abordagem de valorização dos cursos d'água urbanos. Alguns autores caracterizam estes termos de diferentes formas.

De acordo com Findlay e Taylor (2006), o termo restauração refere-se ao retorno original e recuperação completa de um ecossistema natural. O termo reabilitação descreve a retomada de alguns elementos do sistema biofísico natural, mas não todos. Já a remediação significa a modificação do ecossistema em uma determinada área e não do retorno ao ecossistema original.

Segundo Clewell et al. (2000), a restauração dos rios não pode ser realizada porque transformações causadas pelos impactos ambientais, como a alteração do ciclo hidrológico, são irreversíveis. Sendo assim, o termo mais apropriado é o de reabilitação.

No Brasil, a definição de reabilitação apresentada por Findlay & Taylor (2006), apresenta como sinônimos os termos renaturalização e revitalização.

Blinder (2001), também aponta que a revitalização não significa a volta a um ambiente original sem interferência humana, mas o processo desenvolvimento sustentável dos rios e da paisagem em conformidade com as necessidades e conhecimentos contemporâneos.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2006) o termo revitalização de cursos de água compreende o “processo de recuperação, conservação e preservação ambiental, por meio da implementação de ações integradas e permanentes, que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade da água para usos múltiplos”.

Atualmente, diversos países investem na revitalização de rios urbanos através da criação de parques lineares, melhorando sua qualidade ambiental e introduzindo-os na paisagem. O Brasil ainda anda em passos lentos nessa mudança, mas já existem alguns programas e projetos com a proposta de recuperar os rios urbanos. Dentre eles, podemos citar o DRENURBS, Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural do Município de BH, lançado no ano de 2001 e que se encontra atualmente parado. Segundo a Secretaria Municipal de Belo Horizonte é um programa de recuperação ambiental de Belo Horizonte e foi lançado pela Secretaria Municipal de Política Urbana de Belo Horizonte, originado pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) da cidade. O Programa teve como principal proposta priorizar a reintegração dos cursos d'água à paisagem, não

colocando a canalização como única solução para a drenagem. Possui uma área de abrangência de 51% da área total do Município, envolvendo 47-sub-bacias.

Através do deste programa, foi possível a recuperação ambiental do Córrego 1º de Maio (Figura 10), localizado na rua Joana D´arc, no bairro Minaslândia. O projeto de recuperação baseou-se na construção de um parque linear e incluiu diversas intervenções como: herbanário, pomar, irrigação automatizada, bacia de controle de cheias com espelho d´água, interceptores de esgoto, entre outras (PROGRAMA DRENURBS, 2011).

Figura 10 - Córrego 1º de Maio, na Zona Leste de Belo Horizonte.



Fonte: Programa Drenurbs, 2011.

Embora tenha sido considerado um programa inovador para a drenagem urbana de Belo Horizonte, o DRENURBS teve pouca abrangência no município, sendo que apenas seis cursos d´água foram objeto de intervenção, dentre os 14 inicialmente previstos.

O Projeto Manuelzão foi desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para revitalizar a Bacia do Rio das Velhas, no Estado de Minas Gerais, visando melhorar a saúde pública por meio da melhoria da qualidade da água, tendo como um dos principais parceiros o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - CBH-Velhas (PROJETO MANUELZÃO, 2015).

Os idealizadores acreditam que a melhoria da qualidade de vida e saúde da população depende da melhoria da qualidade do rio, atuando ambas de forma integrada. Assim, o Projeto visa lidar com questões de saúde de forma a atacar as causas das doenças em vez de tentar curar os pacientes com base nos sintomas (PROJETO MANUELZÃO, 2015).

Atualmente, o Projeto Manuelzão trabalha com cinco eixos: mobilização social, educação, artes e cultura, comunicação e vem desenvolvendo importantes atividades de pesquisa de diversas áreas como o biomonitoramento, o geoprocessamento e a recuperação de matas ciliares (PROJETO MANUELZÃO, 2015).

O Projeto teve como foco principal a Meta 2010 com objetivo principal de “navegar, pescar e nadar no Rio das Velhas”. A meta se tornou uma política pública do Estado de Minas

Gerais, e os recursos obtidos foram utilizados na construção de usinas de tratamento de esgoto, instalação de coletores e interceptores de esgoto, na plantação de vegetação ribeirinha, em estudos de navegabilidade de trechos do rio, em educação ambiental, na mobilização e comunicação social e na criação de áreas de conservação (PROJETO MANUELZÃO, 2015).

Outro projeto importante no tema das águas urbanas de Belo Horizonte é o Projeto de Valorização das Nascentes Urbanas, proposta do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e dos Subcomitês dos Ribeirões Arrudas e Onça e financiado pela cobrança relativa ao uso de recursos hídricos na Bacia do Rio das Velhas. O objetivo deste projeto é ressaltar a importância de se preservar as características naturais dos cursos d'água em áreas urbanas e o valor do equilíbrio ambiental proporcionado pela água.

O programa visa definir ações prioritárias de identificação e valorização das nascentes localizadas nas bacias dos Ribeirão Arrudas e Onça. Com isso, o projeto tinha como meta cadastrar as nascentes em que houvesse “cuidadores de nascentes”, que são pessoas envolvidas voluntariamente na sua preservação. Posteriormente, mapearam-se as nascentes urbanas e o cadastramento de seus respectivos “cuidadores” (PROJETO DE VALORIZAÇÃO DAS NASCENTES URBANAS, 2013).

Dessa forma, as nascentes foram mapeadas e foi elaborado um diagnóstico de suas principais características. Houve também um trabalho de educação ambiental, sensibilização e comunicação junto às comunidades.

Um exemplo de valorização de nascente urbana em Belo Horizonte é a nascente Felicidade, no bairro Jardim Felicidade, na região Norte da Capital. A nascente foi recuperada em março de 2017 e serve como área de lazer para as crianças da região (Figura 11).

Figura 11 - Nascente Felicidade, na Zona Norte de Belo Horizonte.



Fonte: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/revitalizacao-de-nascentes-gera-lazer-para-comunidades>.

Fora do Brasil, também existem diversos exemplos de projetos de valorização dos cursos d'água urbanos. Na França, um sistema de tratamento por *wetlands* localizado no Parque

“du Chemin de Lie” limpa as águas do Rio Sena em um ambiente agradável que é também utilizado como área de lazer, conforme ilustrado na Figura 12, que mostra parte do jardim filtrante que limpa as águas do Rio Sena. O sistema conta com jardins de aproximadamente 4,5 hectares que recebe água poluída do rio e, ao final do percurso, apresenta água límpida com uma concentração três vezes maior de oxigênio na água, ajudando na restauração da vida aquática (JULIETTE, 2013).

Figura 12 - Parque "du Chemin de Lie", Paris.



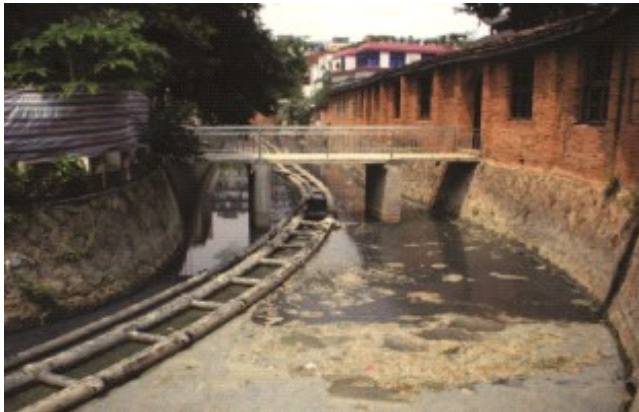
Fonte: Juliette (2013).

Na Holanda, se encontram outros projetos que também aplicam conceitos inovadores de drenagem, como o Projeto *Water Squares*, em Roterdã. Tratam-se de quadras esportivas para uso da população, mas que também funcionam como área de detenção de águas, em caso de enchurradas. Além disso, o Programa Holandês “Room for the River”, ou Espaço para o Rio, tem como objetivo dar mais espaço para as águas, para que o próprio rio possa administrar suas águas, em caso de cheias (HUMANITAT, 2017).

Em Fuzhou, na China, adotou-se uma solução para revitalizar e limpar os canais cheios de lixo e esgoto da bacia hidrográfica do Min River. A Figura 13 mostram o canal antes da revitalização e depois de revitalizado, respectivamente. Nesta revitalização, foram instalados Living machines ao longo de 600 m do canal de Baima, que recebia esgotos de 12.000 pessoas, resultando em uma bela estrutura e um jardim funcional que custou 1/8 do orçamento de um tratamento convencional de esgotos (YAMAMOTO & CANALI, 2012). Nota-se pelas figuras, a diferença das paisagens antes e depois da revitalização, resultando em um cenário que além de mais funcional, também é muito mais agradável visualmente.



Figura 13 - Revitalização de canal em Fuzhou, China



Fonte: Urban Municipal Canal Restorer Fuzhou, China (2015).

Em Boston, nos Estados Unidos, um parque linear é formado pela junção de vários parques menores interligados pelas matas ciliares dos rios Stony e Muddy. O parque foi construído com o objetivo de resolver problemas de poluição e para reestabelecer a dinâmica hídrica da região.

Na Coreia do Sul, em Cheonggyecheon, um viaduto foi substituído pela construção de um parque linear. Com o parque e a despoluição do canal ali presente, houve uma queda significativa da ilha de calor na cidade e os habitantes mudaram o estilo de vida, reaproximando o contato com o rio (Martins, 2015).

Na Austrália, o parque linear construído ao longo do *River Torrens*, conta com 35 km de extensão percorrido por uma ciclovia, praças e *playgrounds* infantis nas margens do rio. O projeto foi idealizado como parte do plano de controle de cheias do rio (Martins, 2015).

### 3.1 Infraestrutura azul no planejamento territorial e participativo

O planejamento urbano é definido por Campos Filho (1989), como o processo de ordenar as cidades e resolver os seus problemas, de forma que seria necessário listar estes problemas, definir uma ordem de prioridades e finalmente implementá-los com técnicas adequadas, de acordo com os recursos disponíveis.

Além de considerar as questões de infraestrutura básica, questões sociais e culturais, o viés ambiental se faz necessário no planejamento urbano e neste sentido, Costa e Costa (2005), defendem que o planejamento urbano contemporâneo vem introduzindo critérios ambientais em suas propostas políticas e que “a participação política apresenta um amplo potencial de articular as desigualdades sociais e ambientais que se expressam nas áreas de urbanização extensiva”.

Em *Design with Nature*, McHarg (1969) incorpora ao planejamento urbano uma dimensão ecológica, através de seu método de sobreposição de mapas temáticos, ainda referência para o ordenamento do território e que também será utilizado ao longo deste trabalho. Além disso, McHarg conferiu papel de destaque para o papel das bacias hidrográficas no planejamento urbano e regional.

Neste sentido, o planejamento urbano esbarra com o planejamento ambiental, que segundo Almeida et al. (2002, p. 14), pode ser definido como “grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as consequências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a essa ação” e “conjunto de metodologias e procedimentos para avaliar as contraposições entre as aptidões e os usos dos territórios a serem planejados”.

Em um sentido mais amplo do planejamento tem-se o planejamento territorial. Para Milton Santos (2001), território caracteriza-se pela identidade da população, o fato e o sentimento de pertencer ao lugar, sendo a base do trabalho, da residência, das trocas materiais e espirituais da vida. Território pode ser definido, portanto, como onde as pessoas estão e onde as relações entre essas pessoas se desenvolvem, sendo estes os principais fatores de interferência no processo do ordenamento ou planejamento territorial.

A respeito do planejamento do território levando em consideração a drenagem, a Nova Agenda Urbana (2017)<sup>2</sup>, tem como orientações promover investimentos adequados em infraestruturas sustentáveis de drenagem urbana. A recomendação é que “essas infraestruturas sejam resistentes às mudanças climáticas e façam parte dos planos integrados de desenvolvimento urbano e territorial, incluindo os de habitação e mobilidade, entre outros, e sejam implementadas de forma participativa, considerando soluções sustentáveis, inovadoras,

---

<sup>2</sup> Documento elaborado por programas das Nações Unidas e sociedade civil em 2017 com orientações com o objetivo de repensar a maneira como as cidades e aglomerados humanos são planejados e desenvolvidos.

eficientes no uso de recursos, acessíveis, específicas ao contexto e sensíveis a questões culturais”.

No Brasil, a drenagem urbana faz parte do planejamento do espaço urbano e se realiza em conformidade ao Plano Diretor Urbano (PDU), cuja exigência está regulamentada no Estatuto das Cidades e na Lei de Saneamento. O Estatuto da Cidade (EC), lei federal brasileira nº10.257, aprovada em 2001, reúne diversos aspectos relativos ao governo democrático da cidade, à justiça urbana e ao equilíbrio ambiental e estabelece a aplicação de medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos e desastres. A Lei nº 11.445 que institui a Lei Nacional do Saneamento Básico, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, tendo como um dos princípios a disponibilidade em todas as áreas urbanas de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, para assegurar a saúde pública e a segurança da vida e do patrimônio público e privado.

No entanto, a implantação de soluções inovadoras de drenagem nos processos de planejamento territorial ainda é recente no Brasil. Na França, desde 2000 vem sendo desenvolvida uma proposta de planejamento urbano e territorial chamada *Trame Verte et Bleue du Bassin minier de Nord-Pas de Calais*, em tradução para o português é ‘Trama Verde e Azul da região minerária de Nord-Pas de Calais’. Tal proposta francesa inspirou pesquisadores da UFMG na elaboração do projeto de Macrozoneamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH, desenvolvido entre 2013 e 2015, como desdobramento do processo de elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado – PDDI, 2011 (OLIVEIRA, 2018).

Apresentada na VI Conferência Metropolitana da RMBH, em 2017, a Trama Verde e Azul visa recuperar e ampliar os espaços verdes das áreas urbanas, assegurar continuidade entre espaços naturais, rurais e urbanos, reforçar identidades culturais, criar novas possibilidades democráticas de uso do espaço, incluindo atividades de lazer e prática de esportes (UFMG, 2014).

Segundo Tonucci Filho (2012), o PDDI teve como orientação uma perspectiva crítica e transdisciplinar, participativa e experimental-processual, trazendo importante avanço em relação aos tradicionais paradigmas de planejamento territorial vigentes no Brasil.

A ideia era de se pensar nessa trama como uma maneira de colocar no centro do debate da estruturação metropolitana, elementos como os rios, suas margens, as áreas livres (ou não construídas), vegetada e permeáveis, com todo potencial que podem ter na conformação de um espaço urbano mais inclusivo, diverso e democrático (OLIVEIRA, 2018).

### **3.2 Participação pública no planejamento territorial da infraestrutura azul**

A participação pública pode ser definida como um conjunto de procedimentos destinados a consultar, envolver e informar o público, de forma que as pessoas afetadas por uma decisão possam fornecer um input sobre essa decisão (SMITH, 1993).

Rowe (2005) define participação pública como o envolvimento da sociedade na construção das agendas, na tomada de decisão e nas atividades de formação de políticas de organizações responsáveis pela elaboração de políticas. Neste sentido, as metodologias vão desde consulta em formulário de opiniões até as que provocam julgamentos e decisões a partir dos quais podem ser derivadas políticas reais.

Para uma participação realmente significativa, socialmente inclusiva e que contribua para o planejamento urbano, é preciso: um sistema político que permita e incentive a participação ativa dos cidadãos; uma base jurídica para a política e planejamento que especifique como os resultados dos processos participativos vão influenciar a preparação do plano e a tomada de decisões locais; e a garantia de que mecanismos de grupos socialmente ativos tenham voz nas políticas representativas e processos de planificação participativa (UN-HABITAT, 2009).

Considerando-se as medidas inovadoras de drenagem e infraestrutura azul, existe ainda uma resistência da própria população com relação às suas aplicações no planejamento territorial.

Os novos modelos de gerenciamento dos rios urbanos, buscam soluções inovadoras de drenagem com enfoque integrado, incluindo uma parceria entre o Poder Público, os usuários e as comunidades locais. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, busca-se assim, o equilíbrio entre os requisitos técnicos das obras e as expectativas sociais da população (BRASIL, 1997).

Contudo, para Bontempo et al (2012), tais avanços vêm com novos desafios, impasses, dificuldades e inúmeros conflitos no debate político e na prática das políticas ambientais, assim como nas intervenções urbanas realizadas por órgãos públicos. Segundo o autor, “a busca por mudanças encontra quase sempre um caminho tortuoso, tanto na conceituação como na prática. E também a gestão referente ao saneamento em Belo Horizonte encontra obstáculos e apresenta contradições. São resistências manifestadas pelos próprios gestores e pela população, que está acostumada a ver a canalização como garantia de resolução dos problemas sanitários e de saúde pública”.

Para Tucci (2008), o desconhecimento técnico de parte importante dos profissionais que atuam em drenagem, da população e dos tomadores de decisão tem mantido um cenário ultrapassado de drenagem urbana, com aumento da frequência e magnitude de inundações.

A visão de que medidas higienistas como a canalização e retificação dos rios na paisagem é solução para a paisagem urbana ainda prevalece na sociedade. Como exemplo disso, temos o fato de que paralelamente aos programas inovadores de intervenções do DRENURBS, citado anteriormente, foram realizadas em Belo Horizonte obras de fechamento do canal do rio Arrudas para criação do Boulevard Arrudas. Tais obras levaram como premissa princípios tradicionais higienistas de saneamento, fazendo com que a cidade regredisse no quesito de soluções para os problemas urbanos. Dessa forma, nota-se dificuldades para consolidar soluções inovadoras de drenagem como um modelo para a gestão de águas urbanas no Brasil.

Contudo, é preciso deixar no passado ideias higienistas e imediatistas de drenagem e implementar conceitos inovadores referentes à gestão dos corpos hídricos. O Programa Municipal de Saneamento (2015) destaca este conceito de planejamento urbano:

*As modernas concepções de planejamento urbano integrado exigem um tratamento multidisciplinar dos problemas e pressupõem soluções a longo prazo, negociação política e participação social. Priorizam metas de desenvolvimento que têm por finalidades a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, a busca de uma melhor organização econômica para a sociedade e a garantia da conservação do meio ambiente. Desse modo, as soluções de planejamento que se subordinam a uma visão de emergência ou de urgência, imediatista, ou então meramente tecnicista e desvinculada do contexto econômico e social, devem ser descartadas. (PROGRAMA MUNICIPAL DE SANEAMENTO, 2015).*

Medeiros (2009) realizou um Diagnóstico de Percepção Sócio-ambiental do sentimento de moradores em relação aos córregos contemplados pelo Programa Drenurbs. O resultado da pesquisa demonstrou que a maioria da população tinha um sentimento de nojo ou indiferença dos córregos antes das intervenções do Drenurbs. Após as ações do Programa, a pesquisa demonstrou que a população se mostrou muito satisfeita e com sentimento de admiração pelos córregos.

No entanto, neste mesmo trabalho, mesmo dizendo se sentirem admirados com as intervenções do Programa, quase 60% dos entrevistados afirmaram que preferiam a canalização com implantação de avenida sanitária como melhor solução (MEDEIROS, 2009).

Ainda em Belo Horizonte, as obras de fechamento e cobertura do córrego do Leitão (Figura 14), localizado na Bacia do Rio Arrudas, iniciaram-se na década de 60 com o objetivo de melhorar o fluxo viário e diminuir as inundações (BORSAGLI & MEDEIROS, 2011).

Figura 14 - Obras de canalização do Leitão para a abertura da Avenida Prudente de Morais



Fonte: APCBH apud Borsagli e Medeiros, 2011.

No entanto, as canalizações dos cursos d'água em Belo Horizonte não resolveram o problema das enchentes e periodicamente, as ruas e avenidas sobre os córregos sofrem devido ao grande escoamento das vertentes impermeabilizadas para os fundos de vale também impermeabilizados.

No dia 25 de maio de 2013, foi instalada uma placa (Figura 15) na Rua Padre Belchior em Belo Horizonte. A placa indicava uma obra pública de “Renaturalização do Córrego do Leitão”, cujo objetivo era desfazer as quatro pistas e, em seu lugar, fazer emergir novamente o córrego (PISEAGRAMA, 2015).

Figura 15 - Placa de renaturalização do Córrego do Leitão instalada na Rua Padre Belchior



Fonte: PISEAGRAMA, 2015.

Em três dias, a placa já não estava mais no passeio e a Prefeitura de Belo Horizonte declarou que se tratava de uma “brincadeira com obra fictícia” com uso indevido de logomarcas do governo e dos ministérios. Durante as poucas horas em que permaneceu no passeio público, a placa causou polêmica entre os moradores, comerciantes e passantes. Enquanto poucos elogiavam a proposta, muitos atacavam com argumentos de que o projeto iria afetar o trânsito e o comércio, iria atrair mendigos e moradores de rua ou que no Brasil essa ideia não funciona (PISEAGRAMA, 2015).

A inclusão mais efetiva das práticas inovadoras de drenagem no planejamento territorial ainda necessita avançar muito nas cidades brasileiras e sua concretização depende fundamentalmente do modo como a população da cidade participa deste processo (MEDEIROS, 2009).

Neste contexto, este trabalho busca metodologias que envolvam a sociedade nos processos de decisão das questões relacionadas à drenagem e à implantação de infraestrutura azul no planejamento do território.

## 4 TECNOLOGIAS DE GEOINFORMAÇÃO

As tecnologias de geoinformação são instrumentos utilizados para dar suporte aos diagnósticos territoriais, subsidiando nas tomadas de decisão voltadas para o planejamento e gestão. A evolução das tecnologias permitiu grandes avanços na cartografia, auxiliando no reconhecimento do território e permitindo que os mapas fossem mais utilizados nas ações de planejamento. Destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que armazenam e manipulam informações espaciais, para que sejam processadas e analisadas, auxiliando na definição sobre o mundo real (ARONOFF, 1995).

A disponibilidades de SIGs na Internet, fez com que houvesse um aumento do acesso do público à essa ferramenta. As plataformas web (*web-based*), por exemplo, são tipos de SIGs que, se bem utilizadas, têm um grande potencial na inclusão do cidadão nas tomadas de decisão sobre o planejamento territorial. O WebMap é um sistema web definido como um sistema de visualização e iteração com mapas em sistemas de informação geográfica via internet. Através desta plataforma é possível transmitir informações importantes que podem contribuir nas discussões sobre o espaço a ser planejado (PIMENTA, 2012).

No presente trabalho, busca-se avaliar o uso de metodologias de geoinformação que envolvam as pessoas nos processos de decisão para propostas relacionadas à água. Para isso, será utilizada a geovisualização como recurso principal nos processos de planejamento, além do auxílio de plataformas web.

De forma simplificada, a geovisualização se baseia uso de imagens geográficas com tecnologia digital para facilitar a compreensão, o raciocínio e a solução de problemas. Este recurso favorece o suporte às decisões de planejamento, por ser um meio de tradução visual de números e textos, e um suporte à estruturação de processos, permitindo que a informação seja localizada e compreendida (BATTY et al., 2000).

Nos tópicos seguintes, é feita uma revisão sobre o que se entende por geovisualização, e das metodologias que se utilizam deste recurso e que serão utilizadas neste trabalho, como o Geodesign e a Análise Multicritérios.

### 4.1 Geovisualização

Um dos recursos utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho é a visualização de informação geográfica, ou a geovisualização. A visualização é um método computacional que transforma o simbólico em geometrias, possibilitando os pesquisadores a



observarem suas simulações e cálculos. Em outras palavras, trata-se de um método que oferece uma maneira de ver o invisível (*to see the unseen*) através do auxílio de computadores (McCORMICK et al., 1987).

Earnshaw e Wiseman (1992) também descrevem visualização como um campo científico no qual se tem o uso da tecnologia como ferramenta para que o leitor estabeleça uma análise crítica através da construção do pensamento:

“A visualização científica pode ser definida como o uso da tecnologia computacional para criar visualizações, com o objetivo de facilitar a compreensão, o raciocínio e a solução de problemas. A ênfase não está no armazenamento da informação, mas na construção do pensamento (Earnshaw e Wiseman, 1992).”

Para Batty, Steadman e Xie (2004) a visualização é um conceito ligado à modelagem de dados espaciais, mas que pode ter variedades diversas dependendo do contexto. Os autores definem três variedades que apontam caminhos de investigação: (i) a visualização de sistemas complicados para tornar as coisas simples, ou pelo menos explicáveis; (ii) a visualização exploratória visando à busca por resultados imprevistos e para refinar os processos que interagem de formas imprevistas; (iii) a visualização para permitir que os usuários finais, sem entendimento prévio da ciência, mas com conhecimento profundo do problema apresentado, possam se envolver usando modelos para previsão, prescrição e controle.

MacEachren (1990) descreve visualização como uma habilidade humana de desenvolver imagens mentais de relações que, muitas vezes, não possuem formas visíveis. Essa habilidade pode ser facilitada com o uso de ferramentas que produzem representações visíveis. O autor define que o objetivo mais importante da visualização cartográfica é instigar a visualização mental de padrões espaciais e relações. As ferramentas cartográficas podem permitir que cientistas visualizem complexos fenômenos ou processos, mesmo que a visualização mental não apareça facilmente.

A interface entre visualização científica e cartografia é chamada de geovisualização. Geovisualização vem sendo caracterizado como um tipo de geoinformação com ênfase no uso de ferramentas visuais interativas (MacEACHREN, 1990). Trata-se de um ramo específico da visualização dedicado à visualização de dados espaciais.

Existem diversas ferramentas de geovisualização que auxiliam no planejamento e design. No planejamento urbano, essas ferramentas apoiam diferentes estágios do processo de planejamento, que envolvem: a recuperação e armazenamento rápido e efetivo de informações;

vários tipos de visualização que informam análise e pesquisa; e diferentes estratégias de comunicação para diversos públicos, de profissionais de planejamento até a comunidade afetada (BATTY, 2000).

Dessa forma, a geovisualização favorece o suporte às decisões de planejamento, por ser um meio de tradução visual de números e textos, e um suporte à estruturação de processos, colaborando na organização de conexões entre os diferentes elementos (atores, ações e processos), permitindo que a informação seja localizada e compreendida (BATTY, 2000).

No entanto, para a pesquisa de geovisualização, cartografia interativa e análises geovisuais, é essencial o conceito de integração cartográfica, definido pelo diálogo entre uma pessoa e o mapa, mediada por um computador (ROTH, 2013).

Segundo Roth (2013), um mapa pode ser pensado como uma externalização abstrata do conhecimento do criador do mapa, a respeito do fenômeno mapeado. As externalizações visuais permitem que os indivíduos descarreguem o pensamento e ideias em gráficos informativos, usando processos perceptuais (vendo-o), processos cognitivos (raciocínio) e processos motores (interativo) para reintegrar o conhecimento externo em um esquema interno existente. Em outras palavras, os mapas permitem que as pessoas consigam visualizar um produto final, de algo que ainda não existe.

A geovisualização em sistemas de informação Geográfica (SIG) está sendo crescentemente empregada em pesquisa e desenvolvimento de projetos que incorporam participação pública (WEINER, et al., 2002). Para o autor, os Sistemas de Informação Geográfica podem auxiliar e apoiar organizações comunitárias no processo de participação e decisão. Melhores informações podem ajudar a desenvolver respostas apropriadas e, com o auxílio da tecnologia, dar suporte à criação de produtos e análises de mapas.

Para Carver (2001), a habilidade de indivíduos e grupos sociais para mapear suas visões de futuro ideal, em um senso de geografia verdadeiro, é um pré-requisito para a realização de um planejamento sustentável (CARVER, 2001). Entretanto, obter dados de entrada representativos de uma população, normalmente é mais difícil devido à ausência de conectividade entre os *stakeholders* envolvidos.

Contudo, a disponibilidade de SIGs na Internet, fez com que houvesse um aumento do acesso do público à essa ferramenta, colocando as partes interessadas com maior acesso à essa tecnologia, auxiliando a participação pública nos processos de decisão (CARVER, 2001).

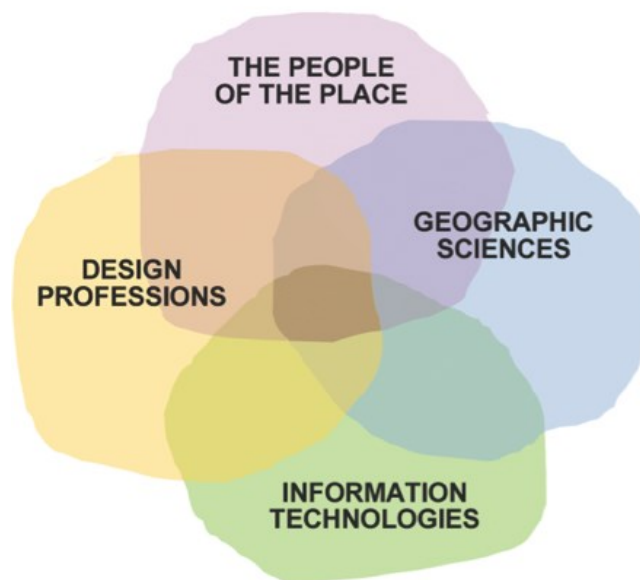
Nos últimos anos, houve um aumento no interesse do público em utilizar SIGs como ferramentas para tomadas de decisão. Novos métodos de uso do mapeamento interativo on-line

são utilizados pelos cidadãos para a participação do gerenciamento dos serviços da sua vizinhança. Neste sentido, o mapeamento pela Internet é utilizado pelo público, de forma a fornecer melhores serviços às comunidades locais por meio da integração de Sistemas de Informação Geográfica e serviços públicos (KINGSTON, 2007).

## 4.2 Geodesign

Segundo Steinitz (2012), Geodesign é uma metodologia que usa o conhecimento geográfico para o ordenamento do território, com o intuito de promover um planejamento compartilhado. De acordo com o autor, essa metodologia ocorre com a colaboração de diferentes conhecimentos (Figura 16), sendo eles os das tecnologias da informação, os conhecimentos dos profissionais das ciências geográficas, dos profissionais do design (engenheiros, arquitetos e urbanistas) e das pessoas do lugar, que são aquelas diretamente envolvidas com a área de estudo.

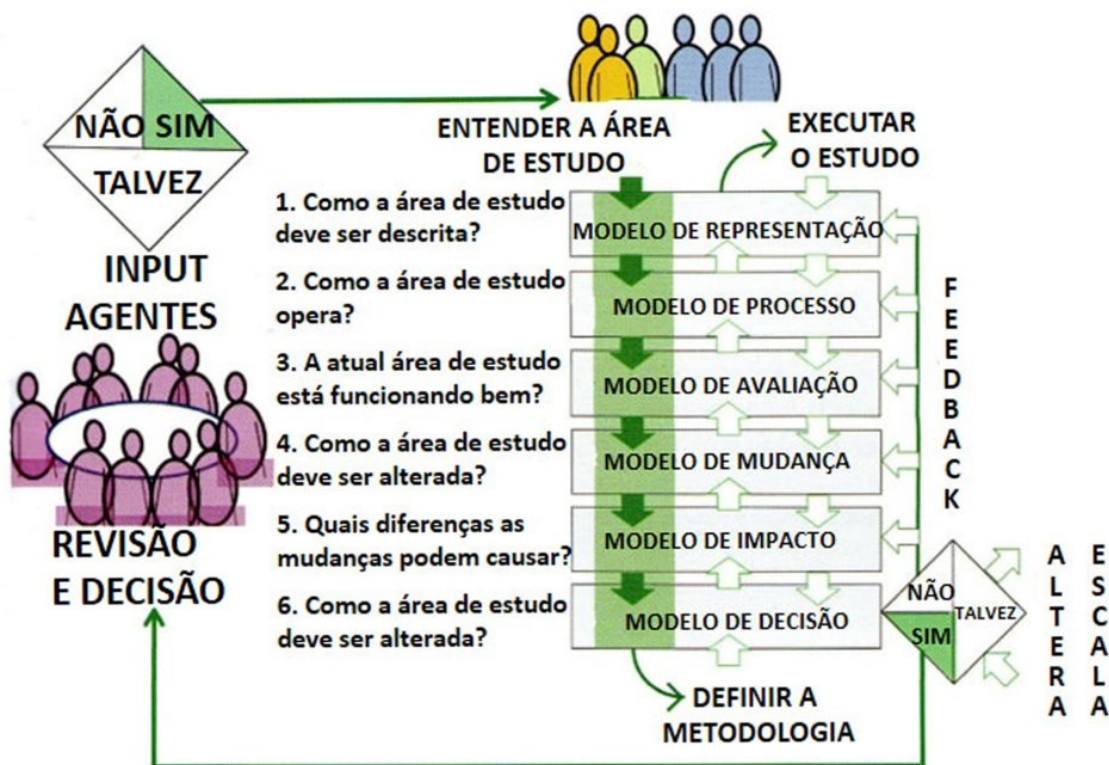
Figura 16 - Diagrama ilustrativo que evidencia os diferentes conhecimentos envolvidos no Geodesign.



Fonte: Steinitz (2012).

A estrutura desta metodologia se baseia nas seguintes etapas caracterizadas por modelos: Modelo de Representação, Modelo de Processo, Modelo de Avaliação, Modelo de Mudança, Modelo de Impacto e Modelo de Decisão (Figura 17).

Figura 17 - *Framework do Geodesign*



Fonte: Steinitz (2012), tradução de Moura (2016).

A primeira etapa consiste nos Modelos de Representação, que têm o objetivo de decompor a realidade de um território em variáveis que representem as suas principais características, na forma de temas. Os temas são representados por ‘Sistemas’, que compreendem um conjunto de temáticas selecionadas dentro de um determinado contexto de pesquisa ou recorte espacial de estudo. Para isso é necessária a construção de uma base de dado do território.

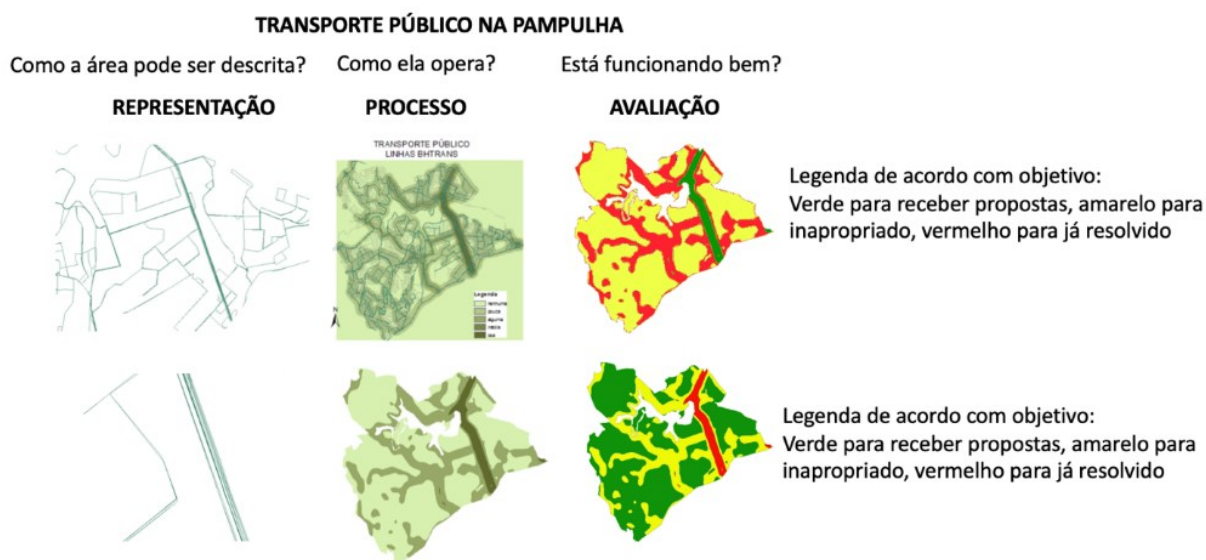
A segunda etapa consiste no tratamento dos dados, de forma a demonstrarem como as variáveis se distribuem e operam espacialmente no território, compondo assim os Modelos de Processos. Segundo Steinitz (2012), o Modelo de Representação visa responder a pergunta ‘Como deveria ser descrita a área de estudo em relação aos seus elementos, no espaço e no tempo?’ e o Modelo de Processo visa responder a pergunta ‘Como funciona a área de estudo?’.

Após a transformação dos Modelos de Representação em Modelos de Processos, ocorre a etapa dos Modelos de Avaliação que visa responder ao questionamento ‘A área de estudo está funcionando bem atualmente?’. Os Modelos de Avaliação são formados pela combinação de um conjunto de Modelos de Processos, de forma que ocorre um julgamento, por parte do pesquisador ou do grupo de usuários do Geodesign, sobre as potencialidade e vulnerabilidades

do território de acordo com um determinado Sistema. Assim, indica-se áreas adequadas ou não para a realização de proposições.

Como exemplo, observa-se a Figura 18. Inicialmente são coletados ou organizados dados sobre um tema, a exemplo a distribuição de linhas de ônibus na Regional Pampulha, compondo o Modelo de Representação. Os dados são trabalhados de modo a demonstrarem sua influência do território, o que compõe o Modelo de Processo, onde se pode observar a grande concentração de serviços no eixo principal e onde o serviço ocorre no território. Finalmente, acontece um julgamento, por parte dos técnicos que estão preparando o workshop ou mesmo através de escuta cidadã, e são elaborados os Modelos de Avaliação, cujo objetivo é indicar as áreas para receberem propostas ou ideias. No exemplo, é demonstrado que o julgamento depende dos objetivos estabelecidos, pois pode-se decidir por receber propostas para as áreas onde há concentração do serviço, com vistas a melhor explorar o potencial existente, ou se decidir por receber propostas para as áreas que ainda não foram contempladas por ônibus e que precisam da ampliação do recurso.

Figura 18 - Exemplo de como são estruturados os modelos de Representação, Processo e Avaliação.



Fonte: Moura (2019).

Os Modelos de Representação, Processos e Avaliação são desenvolvidos por profissionais do tema de pesquisa e profissionais de SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Tais Modelos são desenvolvidos de forma prévia ao Workshop, podendo contar com a participação dos cidadãos em processos de escuta sobre valores e expectativas de temáticas a serem contempladas. Uma vez preparadas todas as informações sobre como funciona a área e

o julgamento de onde ela precisa de ideias para desenvolver seus potenciais ou solucionar seus problemas, é organizado o workshop para a construção coletiva de propostas.

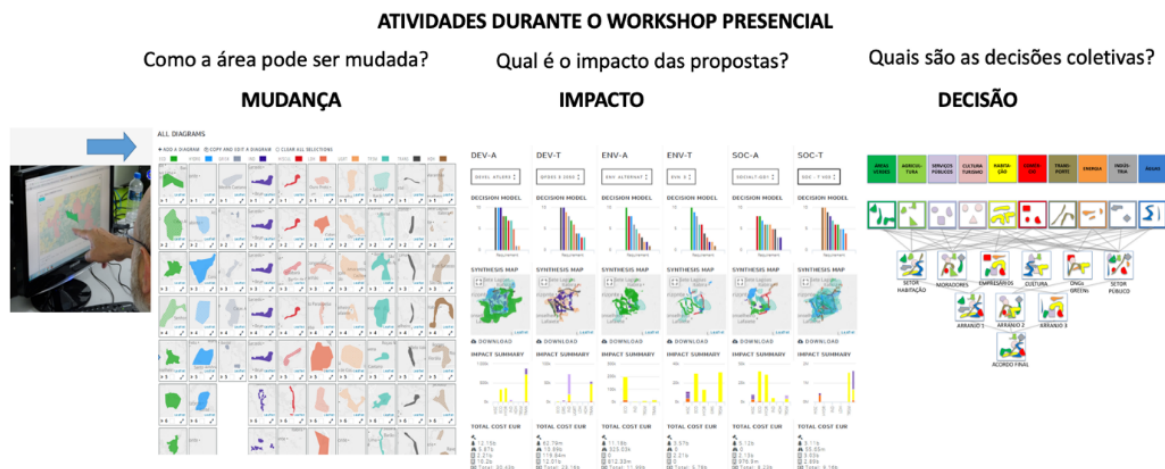
O Workshop é um encontro com atividades em que são desenvolvidos os Modelos de Mudança, Impacto e Decisão. É nele que ocorre a participação mais efetiva das pessoas do lugar, com a proposição de ideias. Antes do seu início é importante explicar para aos representantes de setores da sociedade, caso nem não tenham participado das etapas anteriores, sobre como foram elaborados os Modelos de Avaliação (por sua vez resultantes de modelos de Representação e de Processos) que compõe cada Sistema, assim como o significado das legendas dos mapas, que indicam ondem devem ser propostas, preferencialmente, ideias de aproveitamento de recursos ou de solução de problemas.

Sendo assim, na etapa do workshop, ocorre o desenvolvimento do Modelo de Mudança, que para Steinitz (1995), deve ser baseado no questionamento ‘Como poderia ser modificada a área de estudo?’. O Modelo de Mudança se baseia nas propostas de intervenção para a área de estudo que podem ser feitas em formato de projetos ou políticas e são representadas em forma de diagramas pelos participantes. Para a realização deste Modelo, os participantes devem ser divididos em grupos de acordo com suas áreas de atuação ou afinidade pelo tema, para que sejam criados os primeiros projetos ou políticas.

O Modelo de Impacto transforma dados em informação, de forma que a partir dos dados apresentados na etapa de mudança são calculados os impactos a serem gerados, produzindo informações sobre as conseqüências dos projetos e políticas. Neste Modelo, o questionamento principal é ‘Que diferenças podem causar as mudanças?’. A última etapa, denominada Modelo de Decisão, é quando as decisões finais são tomadas pelos participantes, de forma coletiva.

No exemplo da Figura 19 são demonstrados como funcionam os modelos de Mudança, Impacto e Decisão. Os modelos de Mudança são as ideias, na forma de diagramas desenhados pelos participantes, para a instalação de projetos ou políticas para a área. Os modelos de Impacto calculam o que significa colocar aquelas ideias nas posições escolhidas, pois os impactos podem ser positivos (escolha de local adequado) ou negativos (ideia que causa conflitos com outros interesses ou que não está na posição mais indicada, segundo o julgamento do corpo técnico envolvido). Finalmente, por processo de maximização de consensos se chega ao Modelo de Decisão, que é a proposta construída coletivamente para o território.

Figura 19 - Exemplo de como são estruturados os modelos de Mudança, Impacto e Decisão.



Fonte: Moura (2019).

O conjunto dos seis modelos é utilizado três vezes, de forma que em cada vez tem-se um objetivo principal. Neste sentido, na primeira rodada, o objetivo é entender e fixar os motivos pelos quais se está realizando os estudos (Por quê?). Na segunda iteração, o objetivo é entender como realizar melhor o estudo e rever a metodologia (Como?). Por último, objetiva-se chegar a decisões finais sobre o estudo (Onde? Quando? O quê?).

O processo de Geodesign ocorre de forma conjunta entre os participantes envolvidos, de forma que há uma integração de conhecimentos e ideias a fim de chegar a um produto final, que pode ser usado como base de suporte para criação de um futuro alternativo para a área de estudo. A visualização, ou geovisualização, é um recurso utilizado durante as etapas do Geodesign pelos participantes envolvidos e é extremamente importante para a construção de ideias, decisões e análises de impactos.

### 4.3 Análise de Multicritérios

Outra técnica que pode utilizar a geovisualização como recurso é a Análise de Multicritérios. A Análise de Multicritérios é um método de análise espacial que tem sido amplamente utilizado durante os últimos vinte anos, pois se baseia na integração de dados segundo os objetivos de análise, levando em consideração múltiplos critérios (MOURA & JANKOWSKI, 2015).

Através da análise e síntese de dados cartográficos, pode-se desenvolver uma variedade de modelos cartográficos para representar fatos, simular processos, expressar julgamentos, ou

interpretar fenômenos geográficos. Tais técnicas ampliam a modelagem cartográfica de somente modelos descritivos (que respondem perguntas) para modelos prescritivos, que solucionam problemas (TOMLIN, 1990).

A Análise de Multicritérios é uma das técnicas para modelagem cartográfica com o objetivo de desenvolver tanto modelos descritivos como modelos preditivos em diferentes escalas e para diferentes aplicações. A ideia de multicritério começou em 1950 com a abordagem sistêmica, com as pesquisas de Ludwig Von Bertalanffy (1968), que propuseram estudos interdisciplinares segundo a teoria geral dos sistemas. Em suas investigações, a realidade é vista como um sistema de variáveis justapostas interdependentes, de forma que qualquer alteração das variáveis resulta em alterações de todo o conjunto.

Na década de 1960, Chorley e Hagget (1967), desenvolveram estudos sobre construção de modelos baseados na decomposição, composição e recomposição sobre a realidade geográfica. Contudo, Moura (2016) enfatiza que “a abordagem sistêmica não é apenas a decomposição em partes e reconhecimento do fenômeno através de seus componentes, mas é, acima de tudo, a compreensão de que essa decomposição só faz sentido se os elementos são analisados em relação ao contexto em que eles estão inseridos. Os elementos têm características que os definem (intensidade, massa, idade, localização, entre outras) e os valores dessas características significam os estados dos elementos em um determinado local em um determinado período de tempo”.

McHarg (1969) publicou a mais importante obra para demonstrar o uso prático da análise no planejamento territorial. Em “Design With Nature” o autor propôs o uso de camadas de informações de forma a integrar as variáveis, sobrepondo-as e permitindo a elaboração de mapas temáticos. Através das camadas é possível decompor a realidade nas variáveis principais e cruzar mapas para obter informações e compor análises indicativas de áreas adequadas para um determinado tipo de planejamento territorial.

Tomlin (1990) no livro “GIS and Cartographic Modeling” cita pela primeira vez o termo Álgebra de Mapas, se referindo à lógica de associação de variáveis de mapas a valores numéricos e a respectiva realização de processos matemáticos (somadas, subtrações, multiplicações ou divisões), de acordo com o objetivo das integrações dos mapas e das análises pretendidas para o território em questão.

De certa forma, pode-se dizer que a Análise de Multicritérios utiliza álgebra de mapas em seus processos, pois ocorre a seleção das principais variáveis de análise, seguido de suas representações em forma numérica e integração através de diferentes operações. Ela é uma



metodologia que pode ser muito facilitada pelo uso de geoprocessamento, uma vez que a modelagem cartográfica auxilia em todos os processos da análise, favorecendo as sínteses das sobreposições de camadas obtidas pelas distintas variáveis. Dessa forma, este método vem sendo constantemente utilizado por usuários de SIG (Sistemas de Informação Geográfica) devido a existência de ferramentas disponíveis em softwares de geoprocessamento, que podem ser usadas para implementar as etapas do processo de análise espacial por combinação de variáveis (MOURA & JANKOWSKI, 2015).

Sintetizando, a função principal da Análise de Multicritérios é utilizar mapas temáticos para integrar variáveis espaciais com o intuito de definir locais adequados para as alocações de recursos espaciais ou atividades humanas. Trata-se de um modelo que promove a simplificação da complexidade espacial, através da organização das principais variáveis em camadas de informações. As camadas são representadas com um valor numérico de acordo com o grau de importância sobre o seu significado para o objetivo da investigação e em seguida é realizada a integração e combinação das variáveis e camadas de acordo com a motivação pretendida para o território (MOURA, 2007).

A integração das camadas, denominada álgebra de mapas, pode acontecer por dois diferentes processos: Pesos de Evidência (Weighted Sum) ou Análise Combinatória (Combinatorial Analysis), sendo que a primeira gera como resultado um ranking no qual se hierarquizam as áreas das mais às menos indicadas para uma potencialidade ou vulnerabilidade, ao passo que o produto da segunda é uma decisão por grau de pertinência de cada fator nas comparações entre camadas (ROCHA, CASAGRANDE e MOURA, 2018).

O método vem sendo aplicado em alguns estudos de caso para a gestão dos recursos hídricos. Yilmaz e Harmanciouglu (2010), usam a Análise de Multicritérios em um estudo de caso na Bacia do Rio Gediz, na Turquia. O estudo se baseia na definição de indicadores do âmbito ambiental, social e econômico, em que cada um possui diferentes pesos atribuídos, com o objetivo final de desenvolver um modelo de gestão dos recursos hídricos para facilitar na tomada de decisões.

Rico (2013) utiliza a Análise de Multicritérios como uma metodologia de auxílio à decisão para priorização de intervenções nos cursos d'água Torrentes Bolonia e Yomasa, em Bogotá, Colômbia. A metodologia do trabalho foi baseada em uma avaliação que considera os impactos sofridos pelos cursos d'água e a pressão por ocupação antrópica que sofreram os trechos. Fundamentou-se na avaliação qualitativa com base em indicadores que integram aspectos sanitários, risco de inundação, ambientais, hidrológicos, sedimentológicos e sociais.

Abrishamchi et al. (2005), aplicam a Análise de Multicritérios como técnica de tomada de decisão para um estudo de caso de gestão da água urbana na cidade de Zahidan, no Irã. Os resultados obtidos revelam que o método é eficiente e pode ser empregado por tomadores de decisão para estudos de gestão da água urbana.

Tckach e Simonovic. (1997) aplicam a Análise de Multicritérios associada à tecnologia GIS para avaliar alternativas potenciais de proteção contra inundações na região do Red River Valley, no Canadá. Os autores afirmam que a análise de recursos hídricos requer o uso de distribuição espacial da informação, para que a melhor alternativa seja escolhida de acordo com cada região.

Após a definição de objetivos e aplicações da investigação, as etapas do processo metodológico da Análise de Multicritérios se baseiam em: identificação e discretização das variáveis; normalização das variáveis; integração e combinação das variáveis; identificação do grau de incerteza da análise; e elaboração de propostas de intervenção, gestão e restrições.

#### **4.3.1 Identificação e discretização das variáveis**

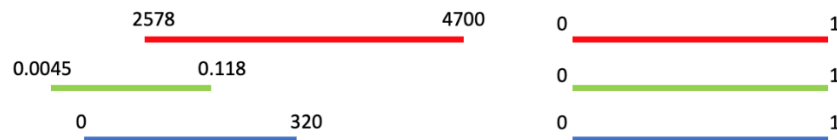
O primeiro passo para a análise é a identificação das variáveis principais de um sistema e a sua representação por discretização territorial. A discretização territorial significa definir a unidade territorial de análise espacial, como um pixel, que seria a menor unidade possível, um lote urbano ou uma bacia hidrográfica. Já a identificação de variáveis significa decompor o território em diversas camadas representadas por variáveis que caracterizam o recorte. Por exemplo, um recorte de uma sub-bacia, poderia ter camadas de sua área urbana (com variáveis de vias, construções e pontos de ônibus) e outra camada representado o meio ambiente (com variáveis de hidrografia, relevo ou vegetação). A identificação e decomposição das variáveis varia de acordo com o objetivo da análise a ser realizada (MOURA, 2019).

#### **4.3.2 Normalização das variáveis**

Para a integração ou a comparação das variáveis é necessário que elas sejam apresentadas de modo normalizado, o que significa que elas devem apresentar o mesmo número mínimo e o mesmo número máximo. Sendo assim, as variáveis devem estar em uma mesma escala de valores para que seja possível a comparação adequada do comportamento entre elas (MOURA, 2019).

De acordo com o apresentado no gráfico (Figura 20) é possível visualizar que a comparação de variáveis normalizadas (à direita, com exemplo de variação de valores entre 0 e 1) se torna muito mais fácil e adequada do que uma comparação com as variáveis não normalizadas (à esquerda, com variação de valores diversos, como no exemplo de 0 a 4700).

Figura 20 - Variáveis não normalizadas e variáveis normalizadas



Fonte: MOURA (2016).

De acordo com Moura (2016), a normalização é feita na forma de aplicação do fator de escala, sendo que para cada pixel da matriz usa-se álgebra (Equação 1) para identificar a sua nova posição proporcional à escala entre zero e um.

Equação 1 - Equação de normalização de variáveis

$$\frac{\text{valor antigo no pixel} - \text{valor mínimo antigo}}{\text{valor máximo antigo} - \text{valor mínimo antigo}} = \frac{\text{novo valor}}{1 - 0}$$

Assim, novo valor = [(valor antigo – valor mínimo antigo) \* (maior valor nova escala – menor valor nova escala)] / (valor máximo antigo – valor mínimo antigo).

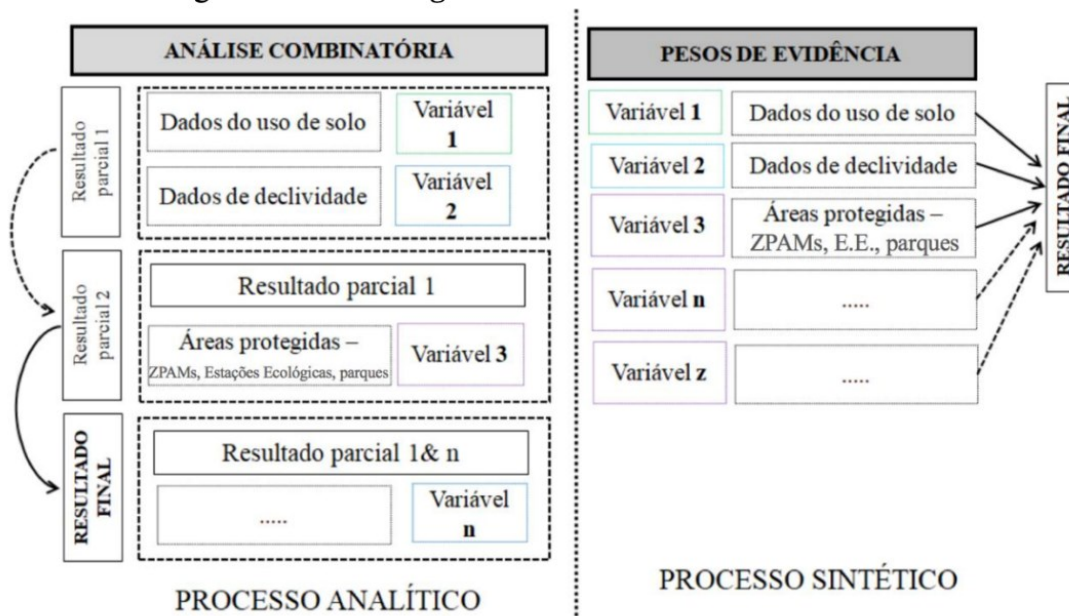
### 4.3.3 Integração e combinação das variáveis

O segundo passo após a decomposição das variáveis é o processo de integração e combinação das variáveis principais com vista a um julgamento. Por isso, é de extrema importância a definição dos objetivos pretendidos a partir da análise e dos motivos de investigação do estudo. O resultado desta etapa precisa ser validade frene a realidade para então serem realizados os estudos propositivos de transformação da realidade (MOURA, 2014).

Na Análise de Multicritérios, a etapa de integração de variáveis pode ocorrer principalmente pelos métodos de Análise Combinatória e de Pesos de Evidência. No primeiro, a combinação das variáveis ocorre par a par, de forma gradual à medida que o pesquisador vai julgando o processo e propondo novas combinações. No segundo método, a combinação das

variáveis ocorre simultaneamente, cada uma com um peso de importância definido, fornecendo um ranking classificatório de um potencial ou de uma vulnerabilidade (Figura 21).

Figura 21 – Análise de Multicritérios pelos processos de Análise Combinatória e de Pesos de Evidência



Fonte: Rocha, Casagrande e Moura, 2018.

A seguir são detalhados os processos e características dos dois métodos citados.

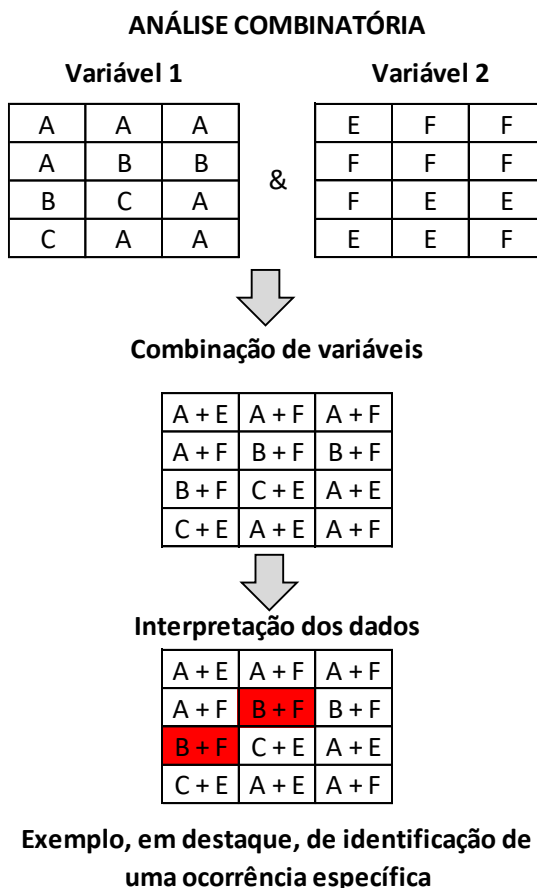
### a) Análise Combinatória

A Análise de Multicritérios por Análise Combinatória é um método no qual os julgamentos das variáveis de interesse são feitos par-a-par, gerando resultados parciais. Dessa forma, há um controle do significado da presença de cada variável e um controle do impacto da combinação de variáveis nos resultados parciais da análise. A análise ocorre de forma gradual à medida que o pesquisador vai propondo novas inserções de variáveis e a combinação com a última variável gera o resultado final da análise (Rocha et al., 2018).

Neste método, o julgamento é qualitativo e seletivo, pois caso haja uma variável muito relevante, é possível que esta seja mantida, sem redução de importância e se sobrepondo às demais, ao longo da análise. Sendo assim, a variável importante se mantém como prioridade até o final da composição, cabendo ao usuário julgar o seu significado nos resultados parciais e finais do processo.

Na Figura 22 é apresentado o raciocínio que ocorre para o desenvolvimento da Análise Combinatória, em que o papel de cada variável ocorre diante dos resultados parciais ou final, de acordo com o significado da combinação obtida, chegando a um resultado qualitativo seletivo.

Figura 22 - Raciocínio da Análise Combinatória



Fonte: Adaptado de Rocha et al., 2018.

Segundo Groenwald et al. (2009), a Análise Combinatória pode ser descrita como parte da matemática que analisa estruturas e relações discretas estudando e desenvolvendo métodos para resolver problemas envolvendo contagem ou existência.

Na Tabela 2 é possível entender o desenvolvimento dos processos que ocorrem em uma análise combinatória. Na tabela, as variáveis representadas pelos elementos A, B e C se relacionam com as variáveis representadas pelos elementos D e E. Para cada uma das variáveis (A, B, C, D e E), são atribuídos valores numéricos de representação, sendo que na linha ABC, são atribuídos valores pares (0, 2 e 4). Na coluna DE é atribuído inicialmente o valor zero e em seguida é feita a soma de valores das linhas e colunas seguida da divisão por dois para se preencher a primeira linha ( $0+0/2=0$ ,  $0+2/2=1$ ,  $0+4/2=2$ ). Sendo 2 o último valor da primeira

linha em cinza, para se ter uma sequência contínua de valores não repetidos, o próximo valor deve ser 3. Para se obter o 3 desejado como primeiro resultado da próxima linha em cinza, na coluna de valores das variáveis correspondentes é necessário atribuir o valor 6 (pois  $6+0/2=3$ ). Na sequência, segue-se o mesmo cálculo anterior de soma e divisão por dois ( $6+0/2=3$ ,  $6+2/2=4$ ,  $6+4/2=5$ ). Todo este procedimento de identificação numérica das combinações de variáveis ocorre para que os números sejam unívocos, permitindo a identificação de todas as combinações, sem que haja valores iguais para diferentes combinações.

Tabela 2 - Identificação dos valores das variáveis – Soma/2

SOMA/2		A	B	C
		0	2	4
D	0	0	1	2
E	6	3	4	5

Fonte: adaptado de Rocha et al. (2018).

Outra estratégia para a identificação de valores para as variáveis e combinações correspondentes é a utilização de valores com unidades decimais diferentes. Aplicando-se os valores 1, 2 e 3 para as variáveis A, B e C, e os valores 100 e 200 para as variáveis D e E, teremos resultados distintos entre si, permitindo a identificação separada de cada combinação, sem que haja nenhuma confusão de valores (Tabela 3).

Tabela 3 - Identificação dos valores das variáveis - Soma

SOMA		A	B	C
		1	2	3
D	100	101	102	103
E	200	201	202	203

Fonte: adaptado de Rocha et al. (2018).

Análises Combinatórias em que se utilizam várias variáveis, estes métodos de identificações de valores são extremamente importantes para evitar confusão de combinações das variáveis. É importante entender também que os valores numéricos empregados não representam um julgamento de pesos ou notas das variáveis, mas são utilizados para possibilitarem a álgebra matemática e identificação das possíveis combinações existentes.

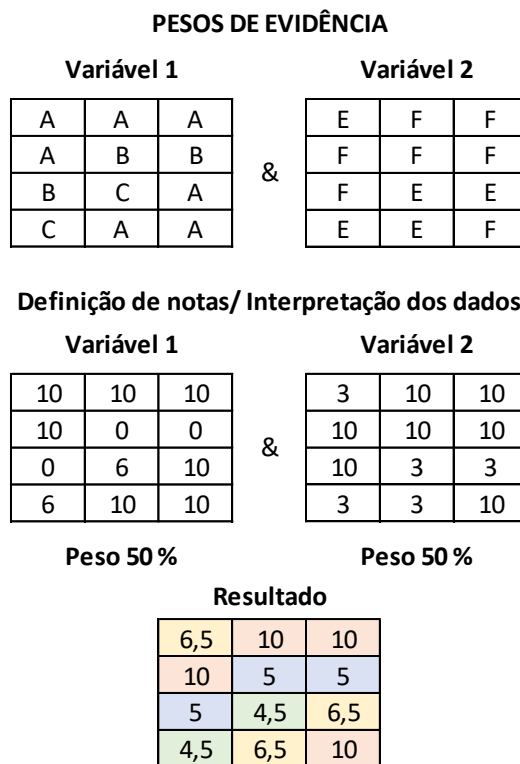
### b) Pesos de Evidência

No método de Análise de Multicritérios por Pesos de Evidência, as variáveis são combinadas simultaneamente e cada variável recebe um peso de importância, fornecendo como resultado final um ranking classificatório (MOURA, 2018).

Primeiramente, o usuário define a relevância de cada variável, atribuindo-lhes pesos de importância. Em seguida, a análise ocorre com todas as variáveis ao mesmo tempo, de forma que não se consegue reconhecer o papel individual de cada variável. O resultado final é um julgamento quantitativo e ordenado, gerando-se um ranking classificatório que pode ser de um potencial ou de uma vulnerabilidade, dependendo do objetivo da análise.

A Figura 23 ilustra o desenvolvimento do método de Análise de Multicritérios por Pesos de Evidência, no qual o usuário realiza o raciocínio sobre a importância de cada variável em uma etapa anterior ao resultado final, obtendo-se um julgamento quantitativo e ordenado.

Figura 23 - Raciocínio do método de Pesos de Evidência



Fonte: Adaptado de Rocha et al., 2018.

### c) Definição da importância de variáveis

Para a definição da importância das variáveis podem ser utilizadas técnicas de Knowledge Driven, Data Driven e Visual Driven.

As técnicas de Knowledge Driven são aquelas baseadas em consulta de especialistas na área estudada, destacando-se o método Delphi desenvolvido por Dalkey e Helmer (1963) ou o método de comparação pareada desenvolvido por Saaty (1990).

O método Delphi consiste na técnica em que especialistas atribuem níveis de importância de cada variável individualmente, de acordo como o motivo de investigação. As decisões são compartilhadas e a escolha do peso inicial é a média das opiniões dos especialistas (indica-se no mínimo 15). Em seguida os especialistas têm a oportunidade de comparar os resultados com a própria opinião e fazer ajustes em suas respostas, em uma segunda rodada de opiniões. O resultado final ocorre de acordo com a lógica de maximização do consenso de opiniões, para que se chegue a um conjunto de valores de modo compartilhado (MOURA, 2007). Observa-se que as pessoas às vezes demoram para entender que devem pensar nas variáveis isoladamente, e não nos “e se” que podem acontecer da integração com as demais, ao passo que conseguem participar melhor das diferentes rodadas de opinião, pois é mais fácil recordar das manifestações realizadas.

O método AHP, Análise Hierárquica de Peso, desenvolvido por Saaty também visa o suporte à definição de pesos de evidência para a integração de variáveis por multicritérios. A diferença é que os colaboradores apresentam suas opiniões por comparação par a par entre as variáveis, indicando a ordem de preferência entre elas segundo uma escala que descreve as relações como: mesma importância, importância pequena de uma sobre a outra, importância grande ou essencial, importância muito grande ou demonstrada, importância absoluta (MOURA, 2007). Observa-se que os colaboradores têm mais facilidade em responder sobre a importância relativa entre pares, mas têm dificuldade em participar de mais de uma rodada, pois se esquecem das opiniões sobre as muitas combinações prévias, uma vez que o processo é fracionado.

As técnicas de Data Driven não consultam pessoas, mas sim os dados existentes. Elas se baseiam em análise de dados sobre a realidade existente, principalmente por mineração de dados, podendo acontecer também por revisão bibliográfica ou comparação com outros estudos já feitos. O princípio é buscar uma lógica a partir das ocorrências registradas, como se aquele comportamento espacial respondesse por um parâmetro reproduzível. Por exemplo: tendo o registro de áreas onde acontecem supermercados lucrativos, quais são as variáveis do lugar que se repetem e que podem ser usadas como parâmetros indicativos para novas ocorrências, e quais são as variáveis de maior destaque?

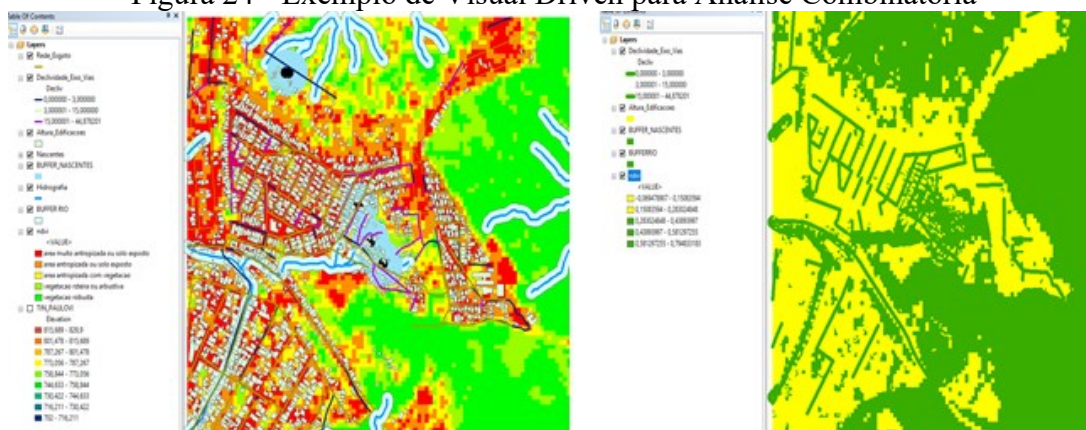
Nos métodos de Visual Driven, o investigador simula dinamicamente os resultados no território de acordo com as mudanças atribuídas às variáveis, o que pode ser alteração da importância por Análise Combinatória ou mudança de pesos por Pesos de Evidência. O método favorece suporte à tomada de decisões sobre o papel de cada variável na integração da Análise de Multicritérios, obtendo simulações visuais como suporte à escolha dos mesmos (Motta et



al., 2017). É uma forma de ampliar as possibilidades da construção de opiniões do Knowledge Driven, apresentando ao colaborador o resultado de suas escolhas, por cartografia dinâmica baseada em *if-then*. Ele emite suas opiniões e visualiza os impactos, podendo entender a distribuição espacial de resultados, o que favorece que ele verifique e ajuste suas opiniões, dinamicamente.

No exemplo a seguir, o grupo de usuários teve acesso a uma ampla coleção de dados sobre a área de estudo. Mediante a análise do significado desses dados, eles escolheram, por inspeção visual, quais deveriam compor a síntese indicativa de áreas prioritárias para se propor um tipo de intervenção. O processo foi de visual-driven para decisão sobre quais e em que hierarquia as variáveis deveriam ser consideradas, ou seja, visual-driven para Análise Combinatória, gerando a escolha por prioridades segundo características específicas das variáveis (Figura 24).

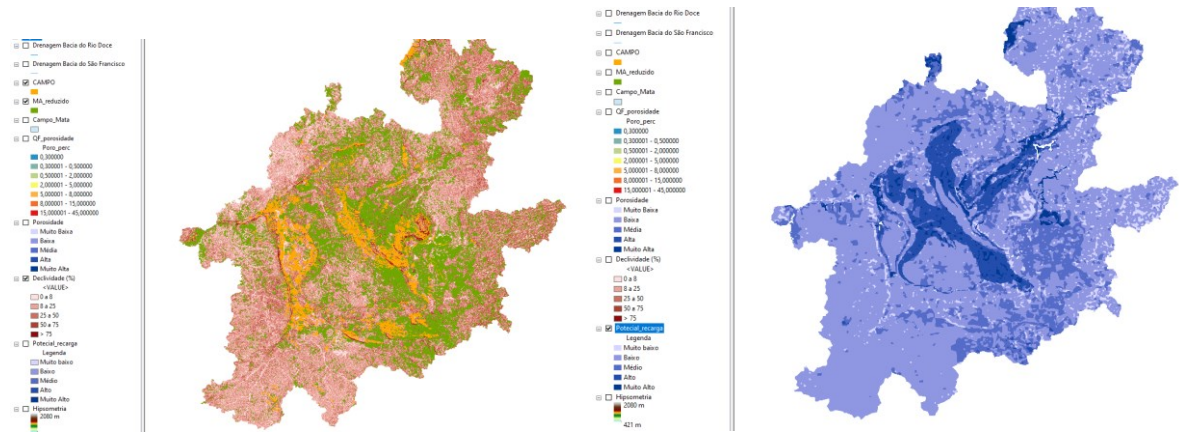
Figura 24 - Exemplo de Visual Driven para Análise Combinatória



Fonte: Elaborado pela autora, a partir dos processos do Geodesign Conjunto Paulo VI, desenvolvido em parceria Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e grupo COMPASSO-EPIC.

Também no exemplo a seguir o grupo de usuários teve acesso a uma ampla coleção de dados sobre a área de estudo. Mediante a análise do significado desses dados, eles escolheram quais deveriam compor a síntese indicativa de áreas com maior potencial para determinado fenômeno. O processo foi de discussão para decisão sobre a importância relativa de cada variável, ou seja, knowledge-driven para Pesos de Evidência, gerando um ranking de prioridades que significa a existência simultânea das condições (Figura 25).

Figura 25 - Exemplo de knowledge-driven para Pesos de Evidência



Fonte: Elaborado pela autora, a partir das proposições produzidas pelos alunos da URB017-B, disciplina de Graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo Noturno, EA-UFMG, 2019.

## 5 ÁREAS DE ESTUDO

Para o desenvolvimento do trabalho serão realizados dois estudos distintos: o primeiro, definido pela área do bairro Conjunto Paulo VI, localizado no município de Belo Horizonte e o segundo abordando todo o território do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. É importante salientar que o conjunto Paulo VI também está inserido no Quadrilátero Ferrífero, como é possível visualizar na Figura 26.

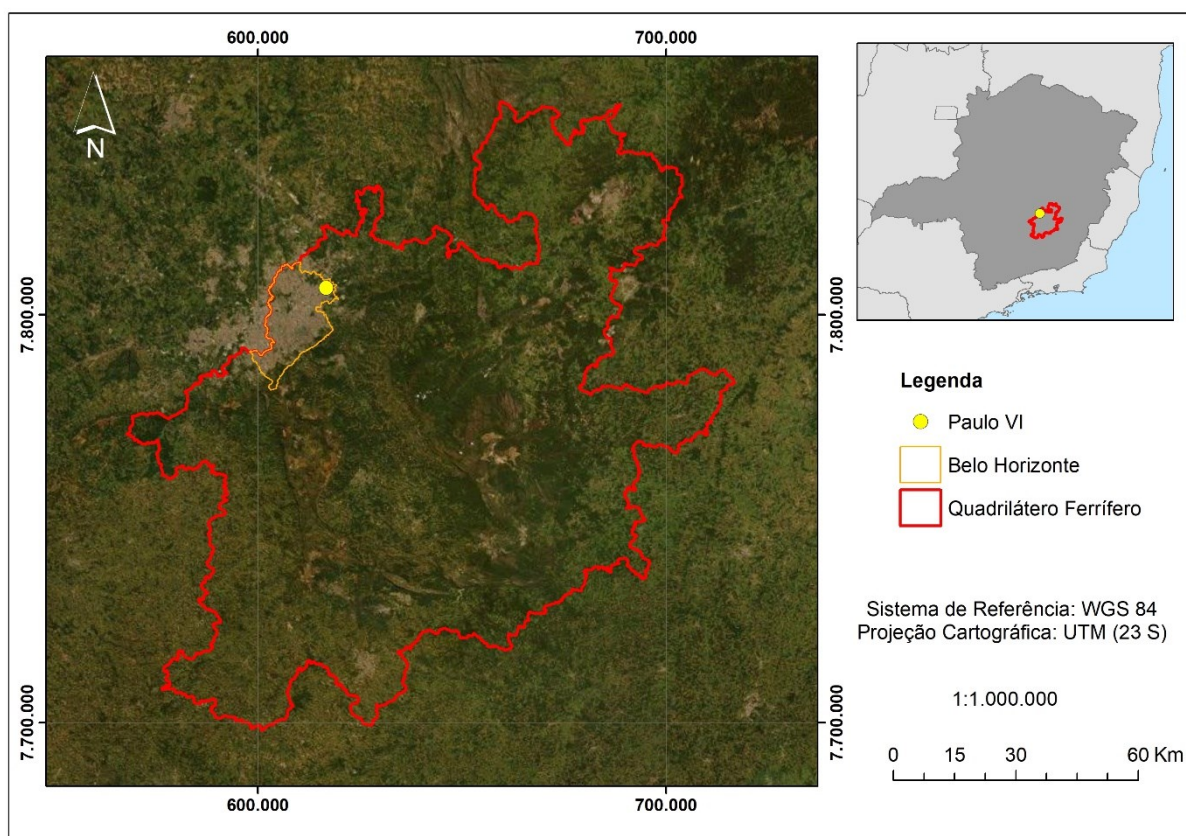


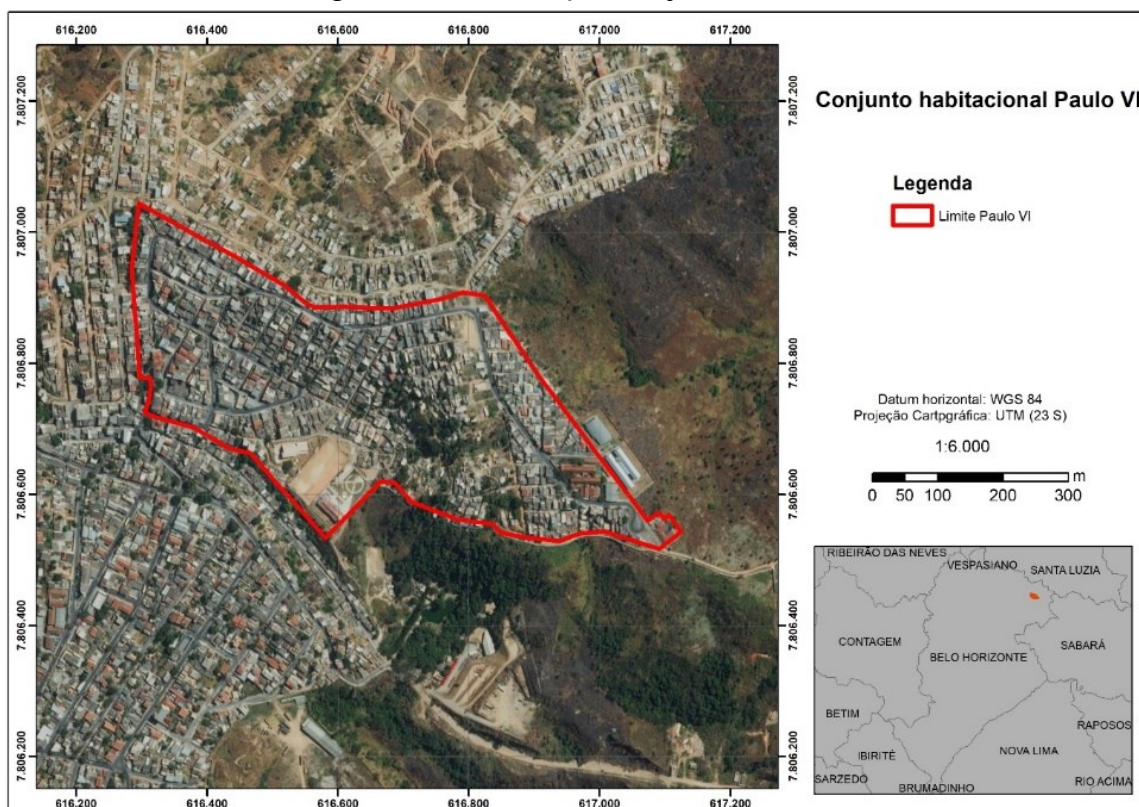
Figura 26 - Áreas de estudo

### 5.1 CONJUNTO PAULO VI

O Conjunto Paulo VI (Figura 27) está localizado na região Nordeste de Belo Horizonte e foi implantado no ano de 1987. Sua criação ocorreu para reassentamento de famílias despejadas de um terreno de propriedade da Minas Caixa, na divisa dos municípios de Belo Horizonte e Santa Luzia. Segundo Houry (2008), os despejados se organizaram e ocuparam a área central de Santa Luzia e consideraram-se como movimento autônomo, apesar de receberem o apoio da Igreja Católica e de entidades do movimento de luta pela moradia.

O governo estadual acabou assumindo a execução do conjunto e negociou a contrapartida com a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, que cedeu um terreno de 205.000 m<sup>2</sup> na Fazenda Capitão Eduardo, de propriedade da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). As casas foram então construídas em regime de mutirão com recursos do PROINCO, obtidos através da Secretaria Especial de Assuntos Comunitários - SEAC (HOURI, 2008).

Figura 27 - Localização Conjunto Paulo VI



Fonte: Elaboração da autora, 2019.

O Conjunto Paulo VI, quando criado, estava inserido em zona rural. Contudo, a partir de 1996, quando houve a aprovação da nova lei de parcelamento do município (BELO HORIZONTE, 2010), a ocupação foi inserida em Zona de Especial Interesse Social (ZEIS), definida como:

Art. 12 - São ZEISs as regiões edificadas, em que o Executivo tenha implantado conjuntos habitacionais de interesse social ou que tenham sido ocupadas de forma espontânea, nas quais há interesse público em ordenar a ocupação por meio de implantação de programas habitacionais de urbanização e regularização fundiária, urbanística e jurídica, subdividindo-se essas regiões nas seguintes categorias: I - ZEISs-1, regiões ocupadas desordenadamente por população de baixa renda, nas quais existe interesse público em promover programas

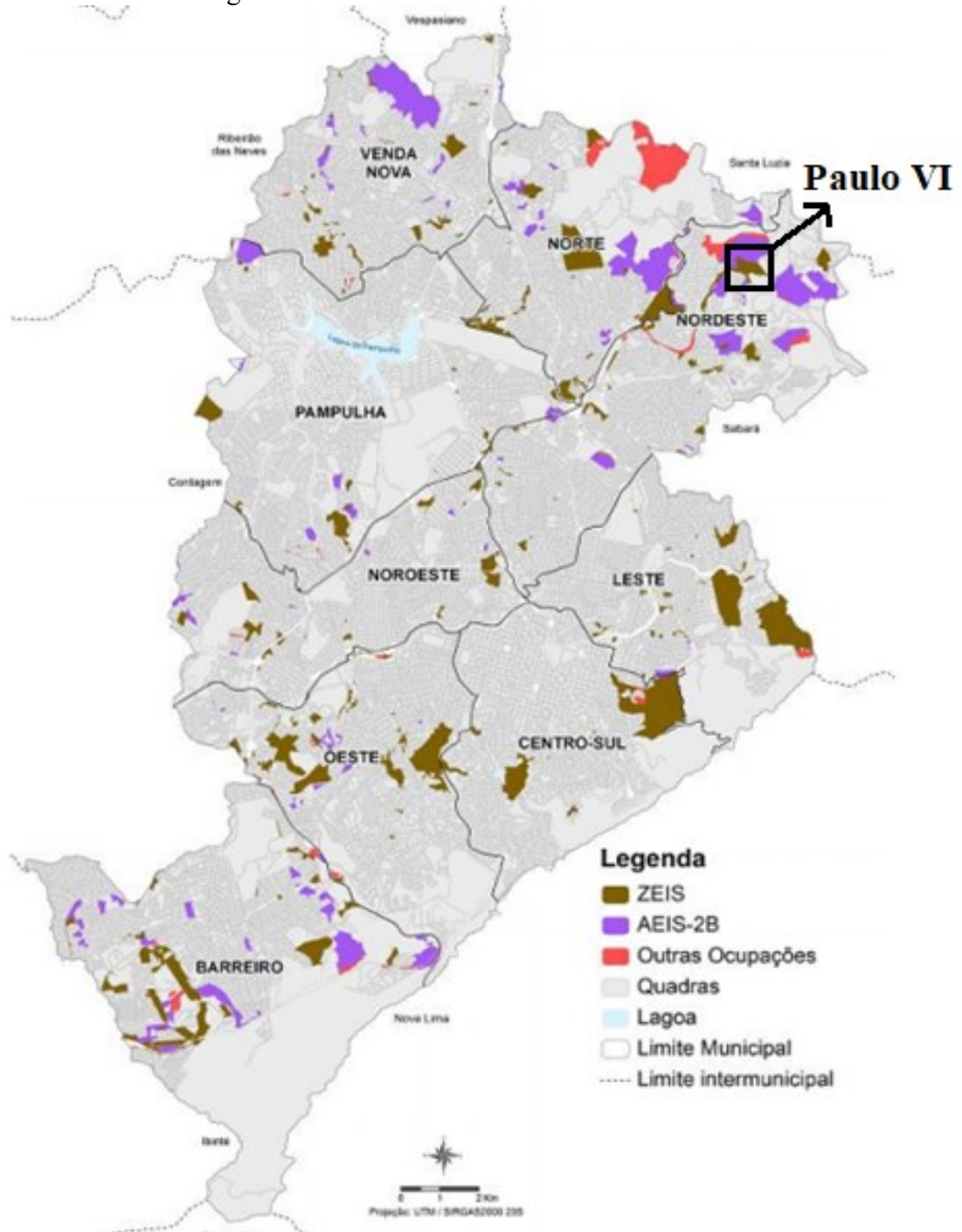
habitacionais de urbanização e regularização fundiária, urbanística e jurídica, visando à promoção da melhoria da qualidade de vida de seus habitantes e à sua integração à malha urbana; II - ZEISs-3, regiões edificadas em que o Executivo tenha implantado conjuntos habitacionais de interesse social. Parágrafo único - As ZEISs ficam sujeitas a critérios especiais de parcelamento, ocupação e uso do solo, visando à promoção da melhoria da qualidade de vida de seus habitantes e à sua integração à malha urbana.

Neste sentido, segundo a Prefeitura de Belo Horizonte, a ZEIS-1 corresponde às vilas e favelas, enquanto a ZEIS-3 se refere aos conjuntos habitacionais populares, como o Conjunto Habitacional Paulo VI. A mesma lei municipal introduziu na Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo – LPOUS as AEIS (Áreas especiais de Interesse Social), que são assim definidas:

Art. 91-F - Áreas de Especial Interesse Social - AEISs - são aquelas edificadas ou não, destinadas à implantação de programas e empreendimentos de interesse social, vinculados ao uso habitacional. § 1º - A instituição das AEISs pode se dar: I - por lei, quando da alteração do zoneamento, observado o disposto no art. 111 desta Lei; II - por ato do Executivo, a partir da proposição do proprietário, caracterizado o interesse público, desde que haja: a) anuência prévia do COMPUR relativa à capacidade da área para receber os parâmetros urbanísticos de AEIS; b) anuência prévia do CMH. § 2º - Ficam classificadas como AEISs-1 as áreas delimitadas no Anexo XIII desta Lei e os terrenos incluídos no Anexo XIV desta Lei. § 3º - Constituem AEISs-2 os loteamentos clandestinos passíveis de regularização, que serão definidas pelo Executivo, no prazo de 6 (seis) meses, contado a partir da data de publicação desta Lei. § 4º - Os critérios e parâmetros urbanísticos das AEISs serão estabelecidos em lei municipal.

Na Figura 28, pode-se observar o mapa de localização das ZEIS e AEIS de Belo Horizonte, incluindo o Conjunto Habitacional Paulo VI.

Figura 28 - ZEIS e AEIS de Belo Horizonte.



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2016).

O Conjunto Paulo VI está inserido na Bacia do Rio das Velhas e na Sub Bacia Aglomerado Beira Linha, passando um curso d'água não cadastrado pela Prefeitura de Belo Horizonte, que se encontra canalizado. Até 2016, o conjunto estava inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) Fazenda Capitão Eduardo, que foi criada em 2001 com o objetivo de proteger o ecossistema natural da região, no limite da capital mineira com Sabará (Lei 13.958, de 2001). Contudo, em 2016 a lei foi revogada com a justificativa de que o processo

acelerado de expansão urbana da região e a ausência de implementação de ações objetivas descaracterizou a área protegida, havendo a necessidade de regulamentação diferenciada, para permitir a preservação das áreas verdes remanescentes e o ordenamento da ocupação territorial.

A altitude da região possui uma variação de 675m a 700m e as principais características geomorfológicas são: colinas com topos aguçados e vertentes na confluência do ribeirão Onça com o Rio das Velhas. O clima da região do Conjunto Paulo VI é tropical de altitude.

A escolha do Conjunto Paulo VI se justifica por se tratar de uma ocupação não regular em área de risco, onde a questão da drenagem urbana e os riscos precisam ser discutidos. No final de 2018 houve deslizamento com morte na área, em função da associação de alta declividade, presença de nascente e curso-d'água, retirada de cobertura vegetal e ocupação indevida.

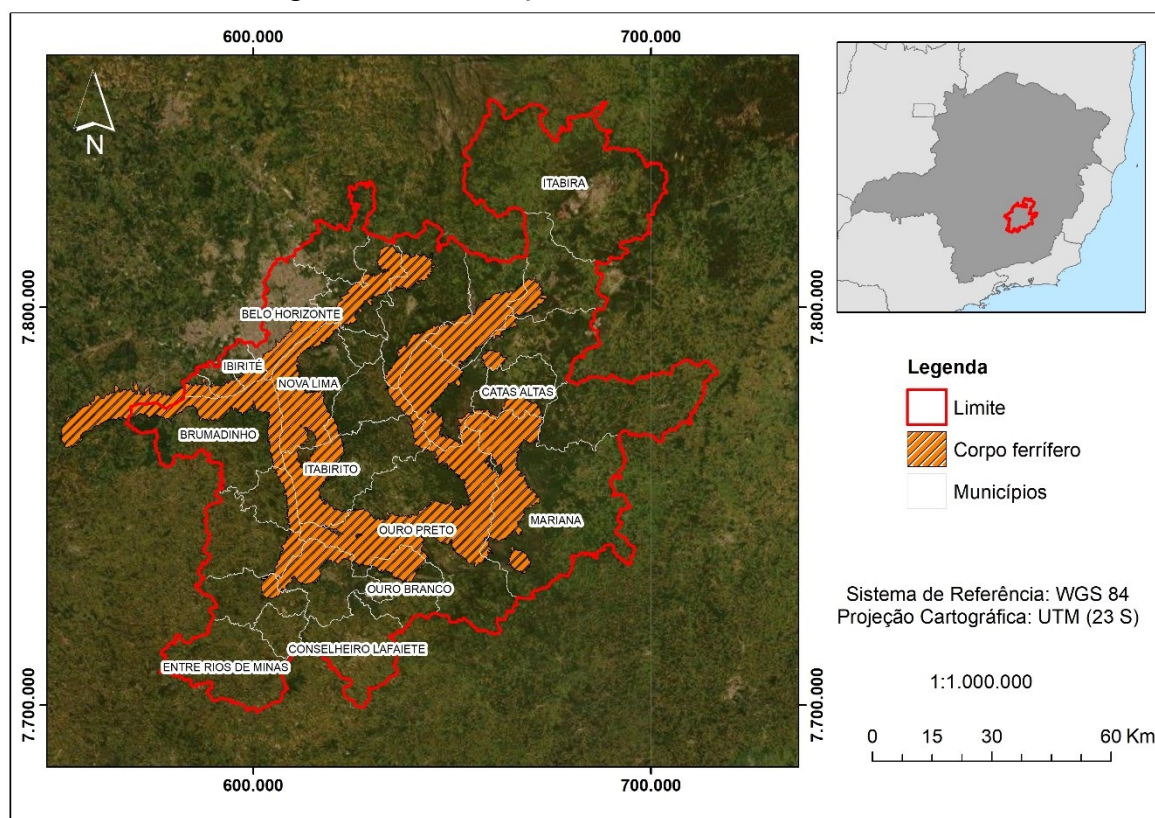
Neste sentido, trata-se de uma área altamente impermeabilizada, com problemas de inundações e deslizamentos e que, como a maioria das áreas urbanas brasileiras, ainda prevalece um modelo higienista de drenagem. Discutir o que significa considerar a infraestrutura azul no planejamento da área, enfrentando a questão dos riscos, seria uma oportunidade de construção do conceito com uma comunidade de fragilidade social e territorial.

Além disso, em um estudo de análise de vulnerabilidade às mudanças climáticas desenvolvido pelo projeto “COMPASSO - EPIC: Parcerias educacionais para inovações em comunidades”, foi identificado o Conjunto Paulo VI como um dos bairros mais vulneráveis às mudanças climáticas em Belo Horizonte. Sendo assim, justifica-se também a discussão da incorporação de infraestrutura azul como alternativa para a regulação climática, tendo em vista que se trata de técnicas que priorizam a utilização de espaços verdes.

## **5.2 QUADRILÁTERO FERRÍFERO**

A região do Quadrilátero Ferrífero (Figura 29) está localizado no Centro-Sul do Estado de Minas Gerais, abrangendo uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>. Ocupa uma região circundada de serras que possuem altitudes em torno de 1.000 metros e há picos com elevação altimétrica superior a 2.000 metros, sendo elas: a Serra do Rola Moça, Serra do Curral, Serra da Piedade, Serra do Espinhaço, Serra do Gandarela, Serra do Caraça, Serra de Ouro Preto, Serra de Ouro Branco e a Serra da Moeda.

Figura 29 - Localização Quadrilátero Ferrífero MG



Fonte: Elaboração da autora, 2019.

O limite do Quadrilátero Ferrífero utilizado no presente trabalho corresponde às divisas dos municípios que estão no corpo ferrífero e foi definido durante estudos do Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG. Esta delimitação foi feita porque o Quadrilátero Ferrífero em si é apenas a delimitação do corpo ferrífero, mas para fins de planejamento territorial decidiu-se por realizar o recorte incluindo toda a área do município e respeitando limites administrativos, pois cabe destacar que ainda não existe a unidade administrativa territorial “Quadrilátero Ferrífero”.

A paisagem do Quadrilátero Ferrífero possui alta complexidade paisagística e riqueza em recursos naturais, principalmente seus recursos hídricos. A área é considerada prioritária para conservação da biodiversidade de Minas Gerais, sendo classificada como “Área de Importância Biológica Especial” (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2005). As florestas e os campos dessa região são de extrema relevância para a manutenção da flora e fauna silvestres, sobretudo das espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção.

Além disso, é importante ressaltar a fundamental importância das áreas de recarga hídrica dos topos de morro do Quadrilátero com vistas ao abastecimento público de água de Belo Horizonte e de outros municípios da Região Metropolitana. Na região estão presentes as



cabeceiras de duas grandes bacias hidrográficas: Bacia do Rio São Francisco e Bacia do Rio Doce. Por essa razão, alguns de seus territórios foram transformados em Unidades de Conservação, como, por exemplo, a Área de Proteção Ambiental (APA) Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (CAMARGOS, 2019).

Atualmente, a Serra do Gandarela é um dos últimos remanescentes físicos e naturais em bom estado de conservação presente no Quadrilátero Ferrífero. A região é de grande importância devido à existência de campos de recarga de aquíferos, devido sua morfologia heterogênea, flora com espécies de Campos, Cerrado e Mata Atlântica, remanescentes de matas primárias, além da existência de patrimônios geológicos (FONSECA, 2014).

O clima predominante é temperado-quente e tem duas estações bem definidas: inverno seco e verão chuvoso. A variação de altitude do Quadrilátero Ferrífero contribui para o surgimento de microclimas com temperatura e umidade bem diferentes da temperatura média anual da região, que se mantém em torno de 20°C e precipitação de 1300mm a 2100 mm por ano (SILVA, 2007).

A escolha do Quadrilátero Ferrífero se justifica por trazer a questão ambiental, sobre a infraestrutura azul, para a discussão em macroescala. O objetivo é vencer o desafio de fazer as pessoas trabalharem em escalas que para elas são geralmente abstratas, explorando as possibilidades do *Geodesign* para discutirem futuros alternativos para o território, com ênfase na infraestrutura azul.

Sendo assim, serão exploradas as possibilidades do *Geodesign* para discutirem futuros alternativos para o território, com ênfase nas questões ambientais. Será observado se o contato com exemplos de melhores práticas mudou o modo de pensar o território, ampliando da visão higienista para conceitos inovadores de drenagem.

## 6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para os dois estudos de casos desenvolvidos, a metodologia utilizada foi a aplicação da estrutura de *Geodesign* de Steinitz (2012). Para isso, foram empregados amplos recursos de geovisualização para favorecimento das discussões e criação de consciência cidadã, seguindo todos os modelos do *Geodesign*. Para o desenvolvimento dos modelos de processo e avaliação (etapas do *Geodesgin*) utilizou-se ferramentas de integração e combinação de variáveis, como análises multicritérios por pesos de evidência e por análise combinatória.

No primeiro estudo de caso, em que se objetiva considerar a infraestrutura azul no planejamento da área, enfrentando a questão dos riscos no Conjunto Habitacional Paulo VI, a metodologia de *Geodesign* foi aplicada com duas iterações distintas (que serão detalhadas no desenvolvimento): a primeira com alunos da pós-graduação em arquitetura e urbanismo no laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG; e a segunda com jovens moradores da comunidade. Para o desenvolvimento da metodologia neste estudo de caso, utilizou-se a plataforma *GeoDesign Hub*.

A primeira iteração envolveu o workshop feito com 27 alunos da pós-graduação em arquitetura e urbanismo no laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG. Parte dos alunos participantes dessa iteração já conheciam o Conjunto Paulo VI por estarem envolvidos em outros projetos no local, o que facilitou no conhecimento do território para proposição de ideias. Os alunos participantes possuíam diferentes especialidades relacionadas ao urbanismo, incluindo conhecimento em temas como infraestrutura verde e azul.

A segunda iteração envolveu o workshop realizado com as pessoas do lugar, no laboratório de informática da Escola Municipal Sobral Pinto no Conjunto Paulo VI. As pessoas do lugar foram 23 estudantes da escola, com uma faixa de idade de em média 8 anos. O objetivo do trabalho com crianças foi, além de darem suas próprias contribuições quanto ao planejamento do território em que vivem, que elas comesçassem um diálogo com os pais para que no futuro, o workshop seja repetido com os adultos.

No estudo de caso do Quadrilátero Ferrífero, em que se objetiva trazer a questão sobre a infraestrutura azul para a discussão em macroescala, a metodologia de *Geodesign* foi aplicada com a participação de alunos da pós-graduação da Escola de Arquitetura da UFMG. Dentre os participantes, havia também gestores públicos do Estado de Minas Gerais e professores. O workshop ocorreu no laboratório da escola e ao todo foram 51 participantes.

Neste caso, para o desenvolvimento da metodologia utilizaram-se tanto a plataforma *GeoDesign Hub*, como a plataforma *WebGis*. A plataforma *WebGis* foi um diferencial desta iteração, pois trata-se de uma plataforma online em que são apresentados diversos dados sobre temáticas diversas da região e que foi utilizada como base para a proposição de ideais.

Para o desenvolvimento da metodologia de *Geodesign*, são selecionados diferentes sistemas com temas variados, como por exemplo: Sistema Verde, em que são propostas ideias que possam favorecer o aumento de parques e áreas vegetadas; Sistema Mobilidade, em que são propostas alternativas de transporte, como ciclovias, ferrovias, etc; No *Geodesign*, os participantes são divididos em grupos que representam cada sistema e que devem ‘defender’ e propor alternativas relacionadas ao tema. Para estes estudos de caso, optou-se por aprofundar no sistema ‘Água’, cujo a proposta foi de reunir projetos que envolviam o tema infraestrutura azul.

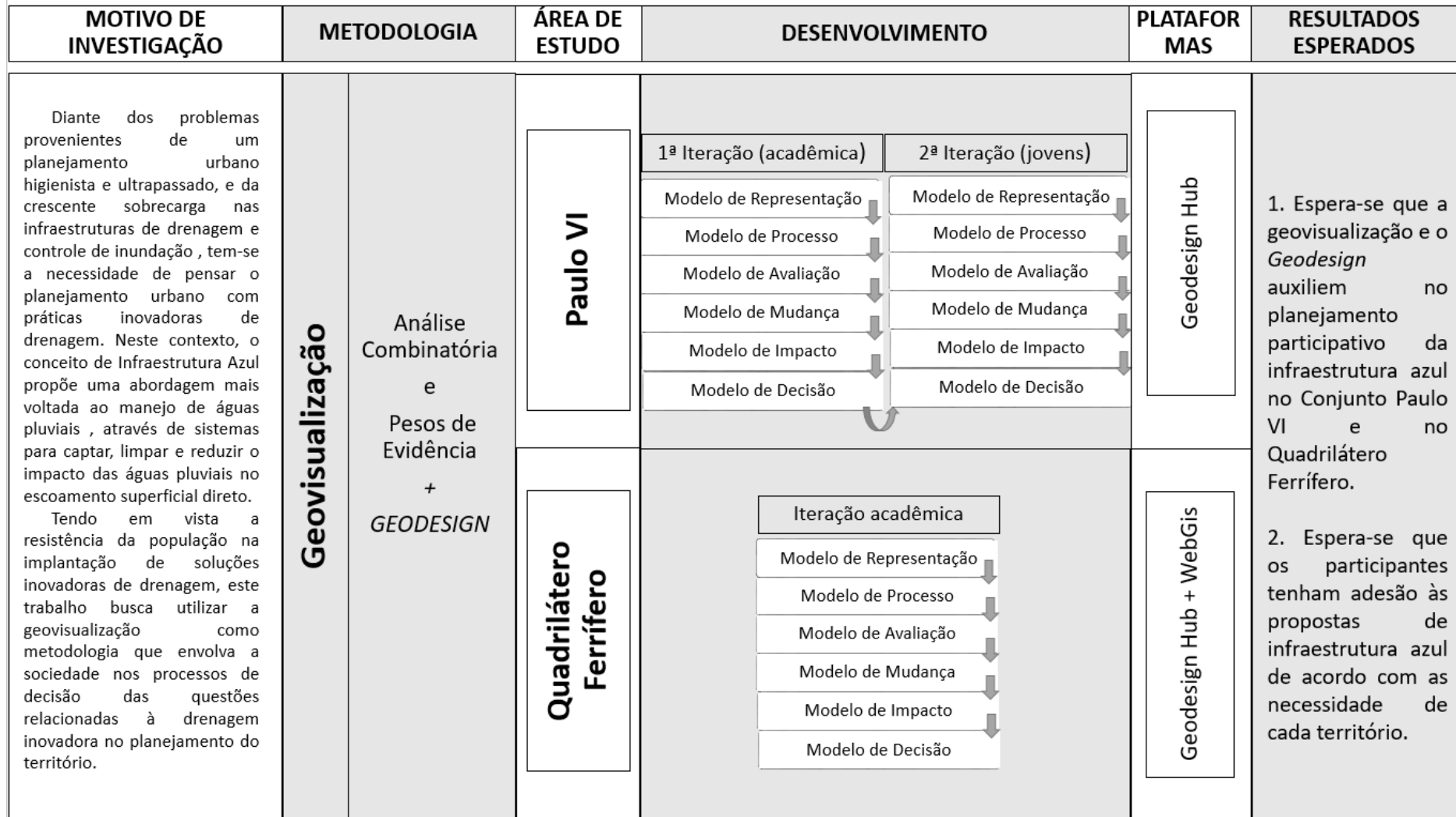
Para que os participantes (dos dois estudos de caso) pudessem se envolver com a temática, antes de se iniciar o workshop, foram apresentados exemplos com explicações sobre a infraestrutura azul. Assim, os alunos tiveram um maior embasamento no desenho de ideias para cada área.

Vale ressaltar que a metodologia do *Geodesign* é possível ser desenvolvida apenas com a participação e envolvimento de um grupo de pessoas. Neste sentido, o papel da autora deste trabalho no desenvolvimento dos estudos de caso, se resume à elaboração dos modelos referentes ao Sistema “Água”, incluindo os mapas, cartazes, participação nos workshops e aplicação de questionários.

A expectativa era que a geovisualização e o *Geodesign* auxiliassem no planejamento participativo da infraestrutura azul no Conjunto Paulo VI e no Quadrilátero Ferrífero. Além disso, esperava-se que os participantes se envolvessem nas discussões sobre técnicas inovadoras de drenagem e utilizassem as ferramentas de geovisualização para discutirem e proporem sistemas de infraestrutura azul para cada área de estudo.

A Figura 30 ilustra de forma simplificada as questões como motivos de investigação, assim como a metodologia utilizada, desenvolvimento, plataformas utilizadas.

Figura 30 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaboração da autora, 2019.

## 7 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do trabalho refere-se à aplicação dos dois estudos de caso: Conjunto Paulo VI (com workshop acadêmico e de jovens); e Quadrilátero Ferrífero, que foram trabalhados respectivamente nesta ordem e serão descritos a seguir.

### 7.1 ESTUDO DE CASO CONJUNTO HABITACIONAL PAULO VI

O estudo de caso do Conjunto Paulo VI, em Belo Horizonte, se baseou na aplicação do *framework* de *Geodesign* proposto por Steinitz (2012). O objetivo foi avaliar o potencial desta metodologia aliada à geovisualização para a participação pública no planejamento da infraestrutura azul em áreas urbanas.

Como explicado na metodologia, para aplicação deste estudo de caso, foram feitas duas iterações. A primeira iteração envolveu o workshop feito com 27 alunos da pós-graduação em arquitetura e urbanismo no laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG. Parte dos alunos participantes dessa iteração já conheciam o Conjunto Paulo VI por estarem envolvidos em outros projetos no local, o que facilitou no conhecimento do território para proposição de ideias. Os alunos participantes possuíam diferentes especialidades relacionadas ao urbanismo, incluindo conhecimento em temas como infraestrutura verde e azul.

A segunda iteração envolveu o workshop realizado com as pessoas do lugar, no laboratório de informática da Escola Municipal Sobral Pinto no Conjunto Paulo VI. As pessoas do lugar foram 23 estudantes, com uma faixa de idade de em média 8 anos. O objetivo do trabalho com crianças foi que elas comesçassem um diálogo com os pais para que no futuro, o workshop seja repetido com os adultos.

Como mencionado, o intuito da metodologia de *Geodesign* é promover um ordenamento do território com a colaboração de diferentes conhecimentos, incluindo o conhecimento das pessoas do lugar, que são aquelas diretamente envolvidas com a área de estudo. Neste sentido, os participantes não são necessariamente especialistas em determinado assunto, mas contribuem com sua experiência vivida no cotidiano do território.

O processo de aplicação do *Geodesign* resultou de uma colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG<sup>3</sup> com o projeto “COMPASSO - EPIC: Parcerias educacionais para inovações em comunidades<sup>4</sup>”. Como parte da colaboração foram conduzidas

---

<sup>3</sup> [www.geoproea.arq.ufmg.br](http://www.geoproea.arq.ufmg.br)

<sup>4</sup> [www.arq.ufmg.br/epic](http://www.arq.ufmg.br/epic)

reuniões de discussão sobre seleção de temáticas, tratamento de variáveis, produção de informações por geoprocessamento e montagem do workshop com uso da plataforma “*GeodesignHub*”<sup>5</sup>.

A metodologia de *Geodesign* conta com diferentes ‘sistemas’, que são definidos segundo as principais características que poderiam representar o território de estudo. Como explicado anteriormente, trata-se de um conjunto de temáticas selecionadas e avaliadas dentro de um determinado contexto de pesquisa.

Para o desenvolvimento da metodologia neste estudo de caso, foram selecionados 8 sistemas: Verde; Moradia; Risco; Infraestrutura; Mobilidade; Água; Empreendimentos e Lazer. Para este estudo de caso, optou-se por aprofundar no sistema ‘Água’, cujo a proposta foi de reunir projetos que envolviam o tema infraestrutura azul. Neste sentido, procurou-se desenvolver essa temática no planejamento da área, enfrentando a questão dos riscos.

Nos próximos itens são explicados o desenvolvimento dos modelos do framework de *Geodesign* do Conjunto Paulo VI nas duas iterações realizadas, que são: Modelo de Representação, Modelo de Processo, Modelo de Avaliação, Modelo de Mudança, Modelo de Impacto e Modelo de Decisão.

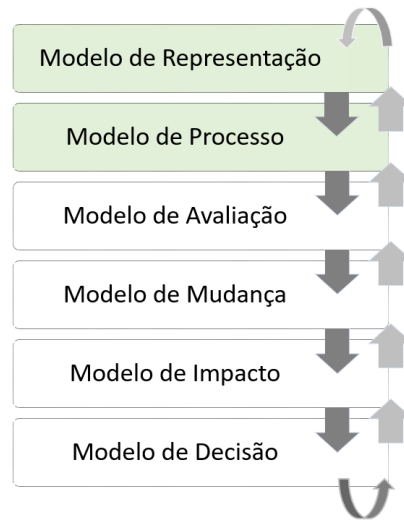
## **Modelos de Representação e Processo**

Para realização da etapa de construção dos Modelos de Representação e dos Modelos de Processos foi obtida a base de dados cartográficos do bairro (Figura 31). Primeiramente foi feita a decomposição da realidade do território em variáveis que representassem as suas principais características, na forma de temas (Modelo de Representação), seguida do tratamento dos dados obtidos, de forma a demonstrarem como as variáveis se distribuem e operam espacialmente no território (Modelo de Processos).

---

<sup>5</sup> [www.geodesignhub.com](http://www.geodesignhub.com)

Figura 31 - Etapas do *Geodesign* - Modelos de Representação e Processo

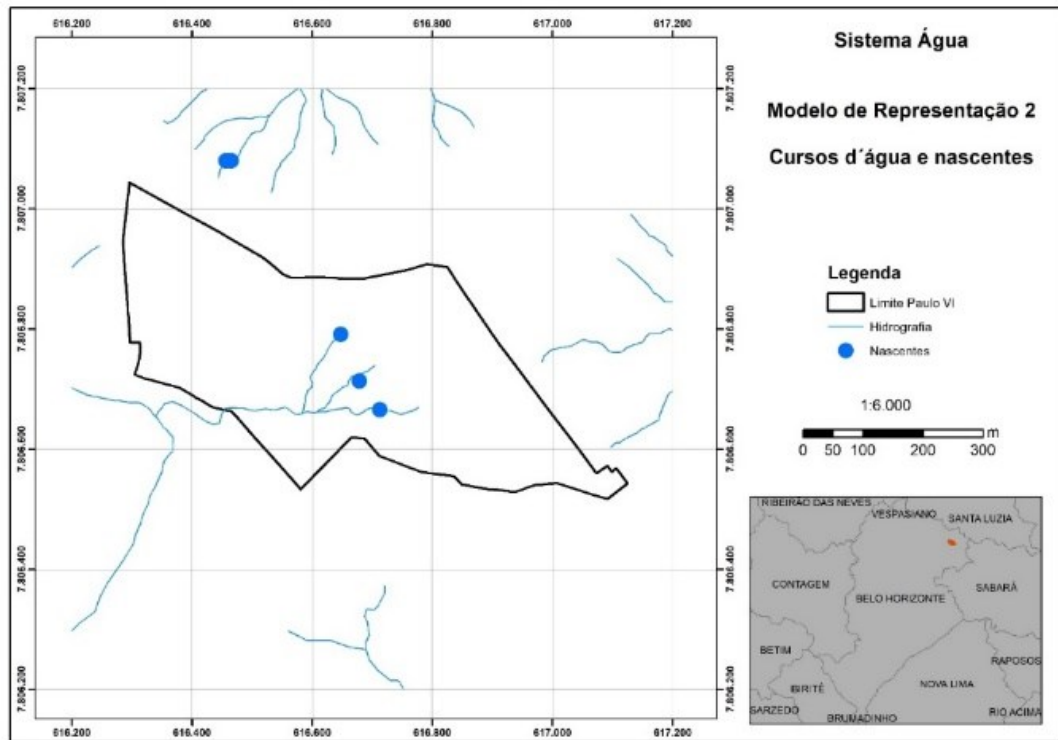


Fonte: Elaboração da autora

A decomposição das variáveis e o tratamento dos dados obtidos ocorreu em plataformas de geoprocessamento com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Optou-se por apresentar o sistema “água” em função de sua importância nas investigações, mas além deste foram construídos também os sistemas empreendimentos, lazer, verde, habitação, riscos, infraestrutura, mobilidade e clima.

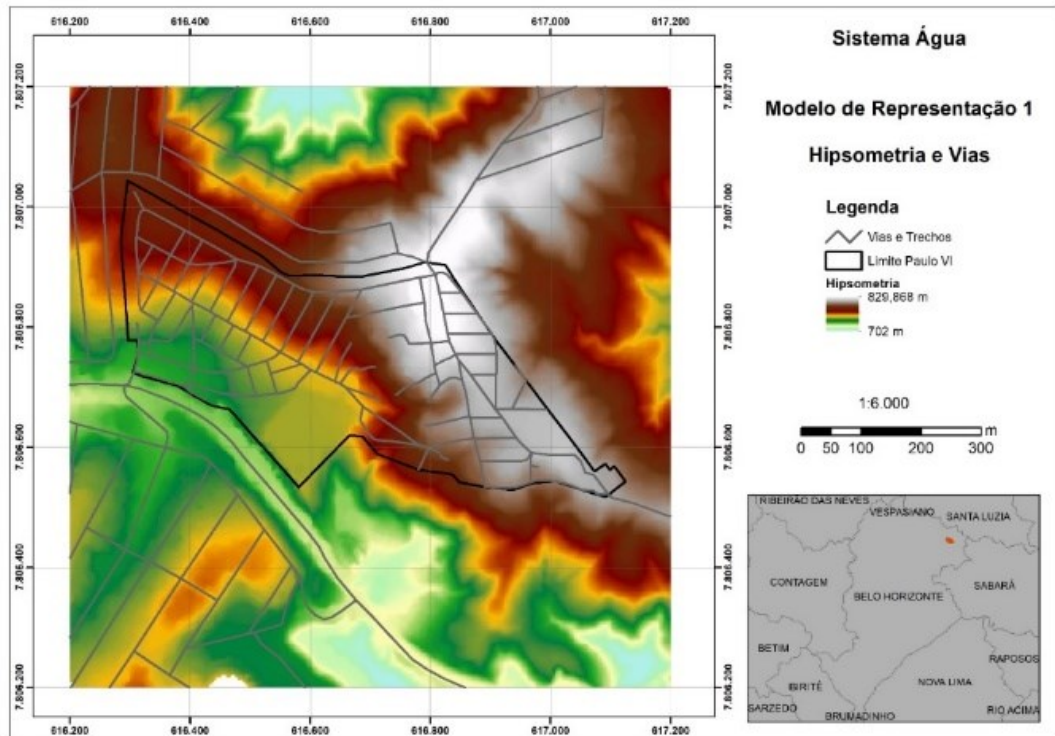
A caracterização do ‘Sistema água’, cujo a proposta foi de reunir projetos que envolviam o tema infraestrutura azul, teve como base três Modelos de Representação. No primeiro Modelo de Representação (Figura 32) foi utilizada a variável drenagem e nascentes, obtida no site do IDE-Sisema. O segundo Modelo de Representação (Figura 33) foi baseado na variável vias e na imagem SRTM (identificando-se a hipsometria do bairro).

Figura 32 - Modelo de Representação 1 - Drenagem e nascentes



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Figura 33 - Modelo de Representação 2 - Hipsometria e Vias

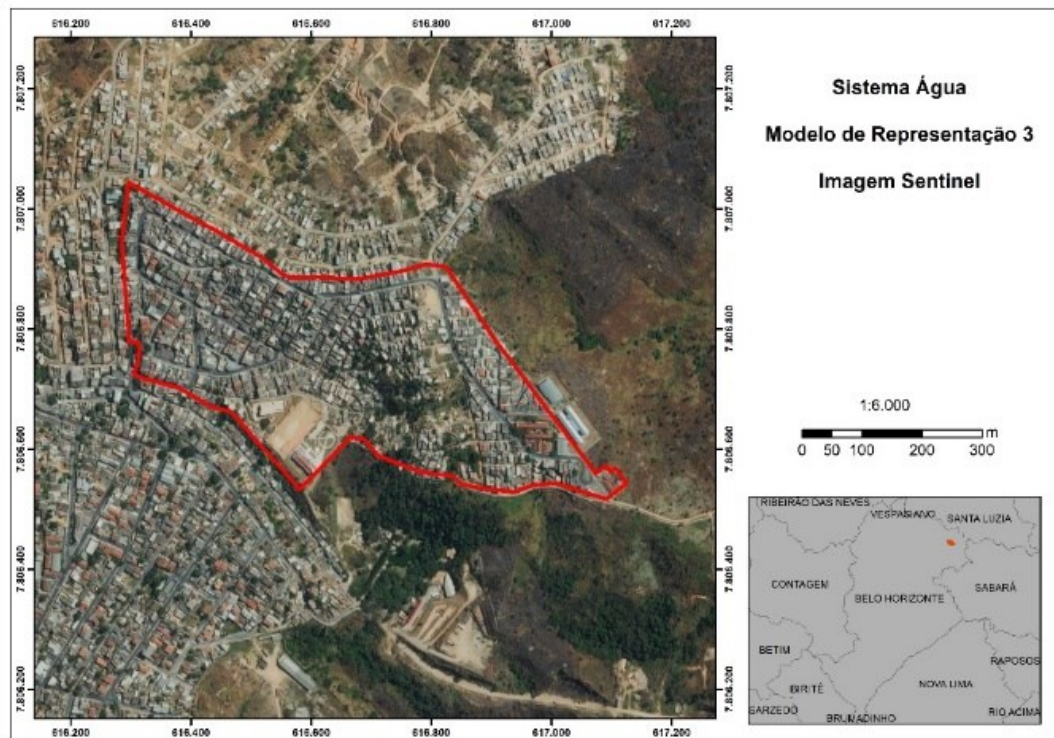


Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

O terceiro Modelo de Representação (Figura 34) foi baseado na Imagem de satélite Sentinel.



Figura 34 - Modelo de Representação 3 - Imagem Sentinel

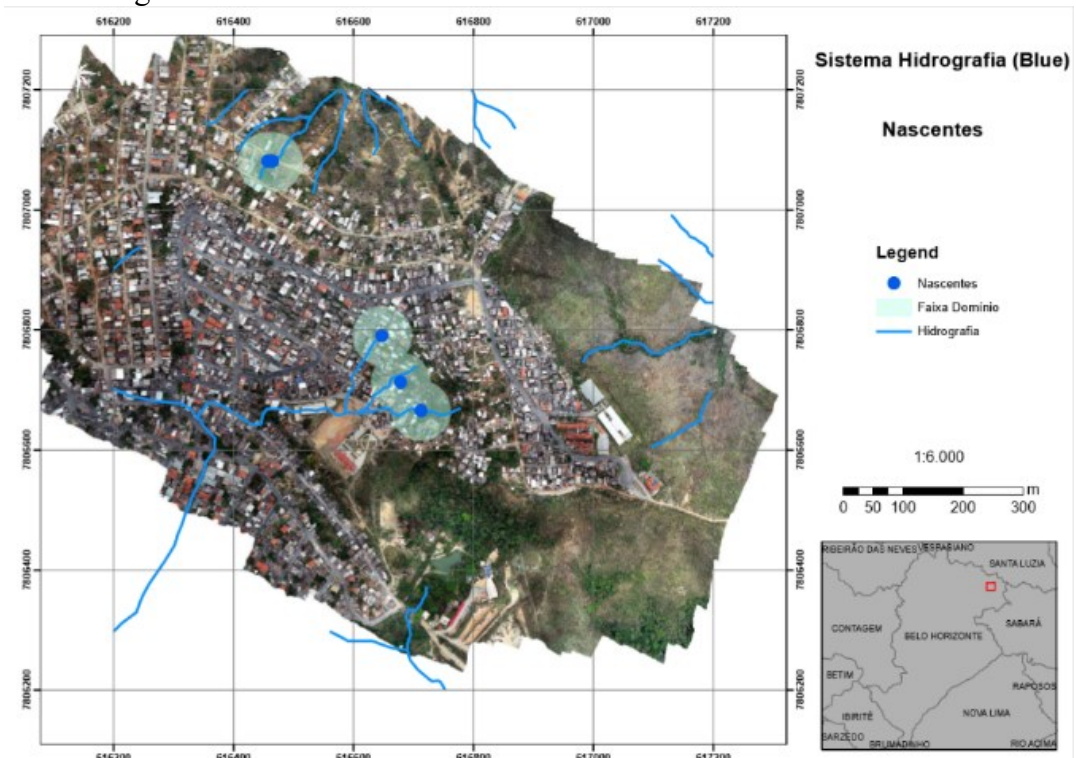


Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Como mencionado, os Modelos de Representação representam variáveis que apresentam características do território, para que estes dados sejam tratados e transformados em Modelos de Processos, representando como estas variáveis se distribuem no território. Neste sentido, os dados de drenagem, nascentes, vias, hipsometria e a imagem Sentinel, vão servir de base para os Modelos de Processos descritos a seguir.

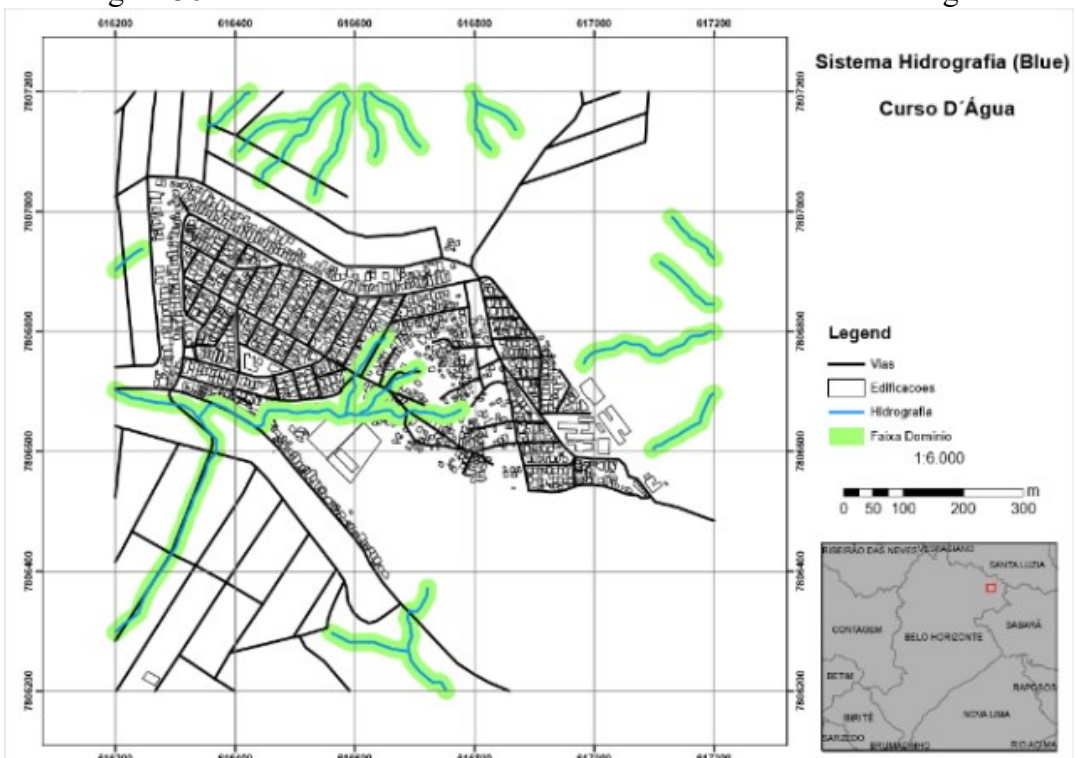
No primeiro Modelo de Processo, a partir da variável drenagem e nascentes, obteve-se a faixa de domínio das nascentes (Figura 35). Assim como no segundo Modelo de Processo, em que se obteve a faixa de domínio da drenagem (Figura 36). As faixas de domínio foram calculadas de acordo com a legislação brasileira, que determina as faixas de APP (Área de Preservação Permanente) e foram obtidas através da ferramenta *buffer*, no ArcGis.

Figura 35 - Modelo de Processo 1 - Faixa de domínio de nascentes.



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

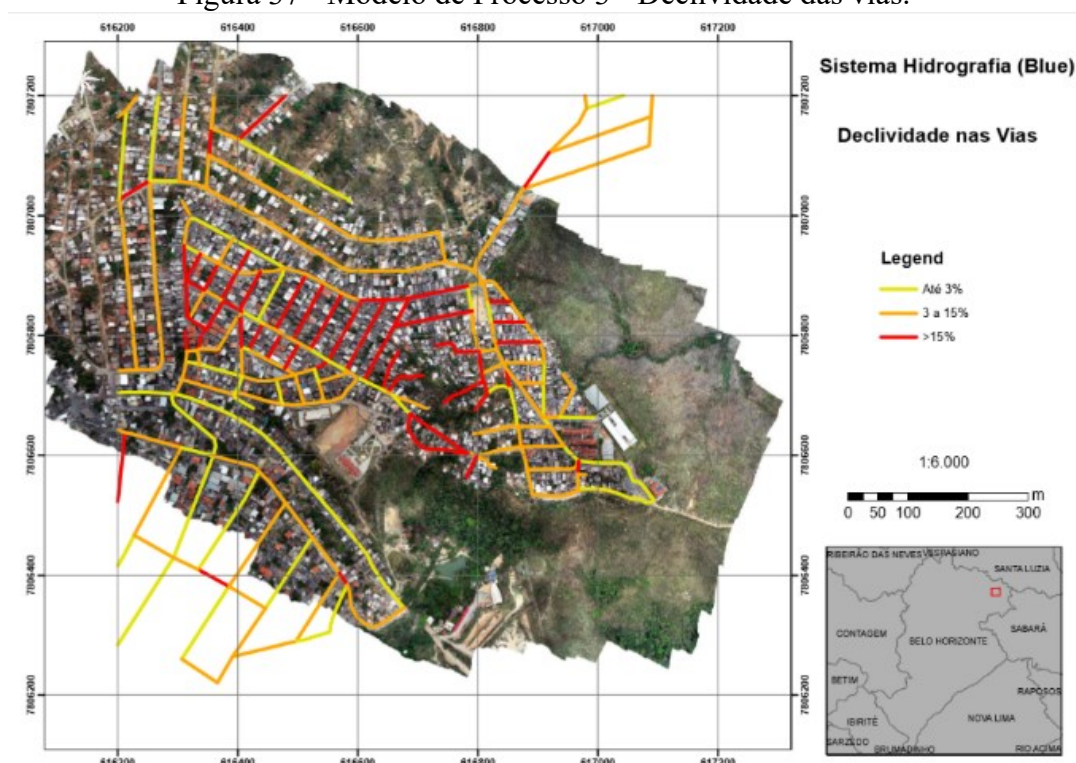
Figura 36 - Modelo de Processo 2 - Faixa de domínio de cursos d'água.



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Com os dados das vias e a imagem *raster* SRTM, obtiveram-se dados de declividade, através da ferramenta *slope*. Assim, pode-se calcular a declividade das vias do bairro Paulo VI, identificando-se as áreas de alta probabilidade de ocorrência de inundações, de acordo com a variável. O cálculo da probabilidade de inundações pode ser medida utilizando-se uma combinação de variáveis como tipo de solo, uso e ocupação do solo e declividade. Contudo, por se tratar de áreas com mesmo tipo de ocupação (vias), optou-se por considerar apenas a variável declividade para identificar as vias com maior probabilidade de inundação. Neste sentido, vias com declividade de 0 a 3% (cor amarela), foram identificadas como as mais propensas para inundação. O resultado foi compatível com as vias que tem um histórico de inundações no Conjunto Paulo VI (Figura 37).

Figura 37 - Modelo de Processo 3 - Declividade das vias.

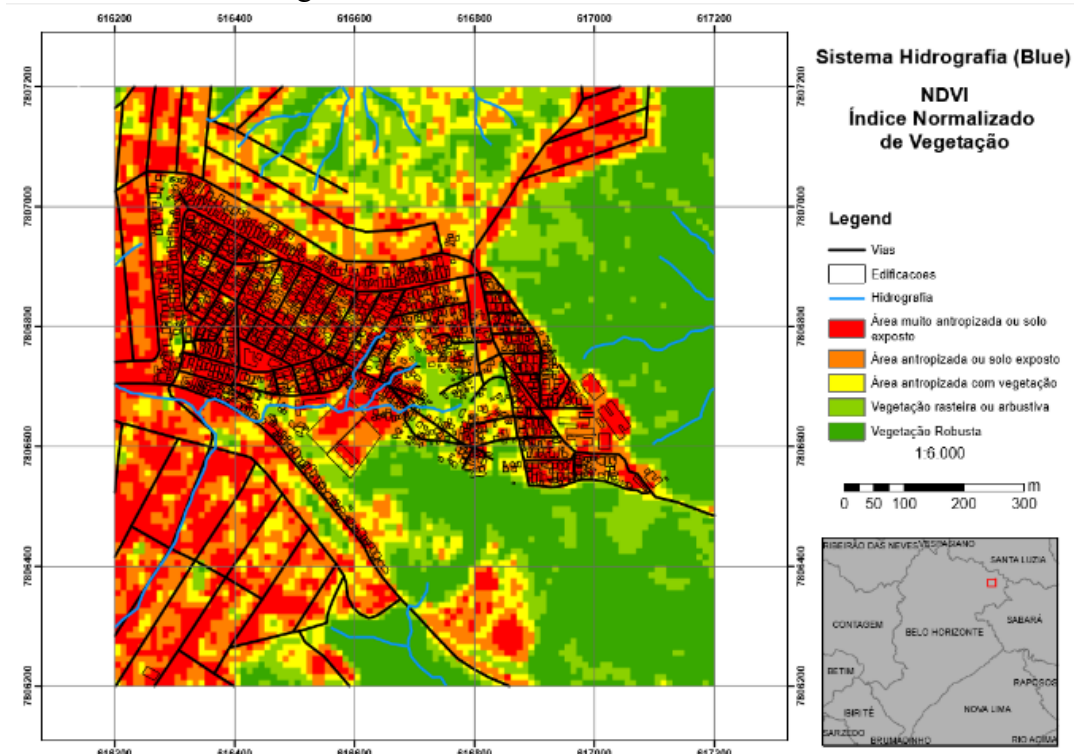


Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019

Os últimos modelos de Processo foram obtidos através do Modelo de Representação 3, a partir da Imagem Sentinel. No Modelo de Processo 4 (Figura 38), classificou-se o solo quanto a cinco categorias de uso na região: área muito antropizada ou solo exposto; área antropizada ou solo exposto; área antropizada com vegetação; vegetação rasteira ou arbustiva e vegetação robusta.

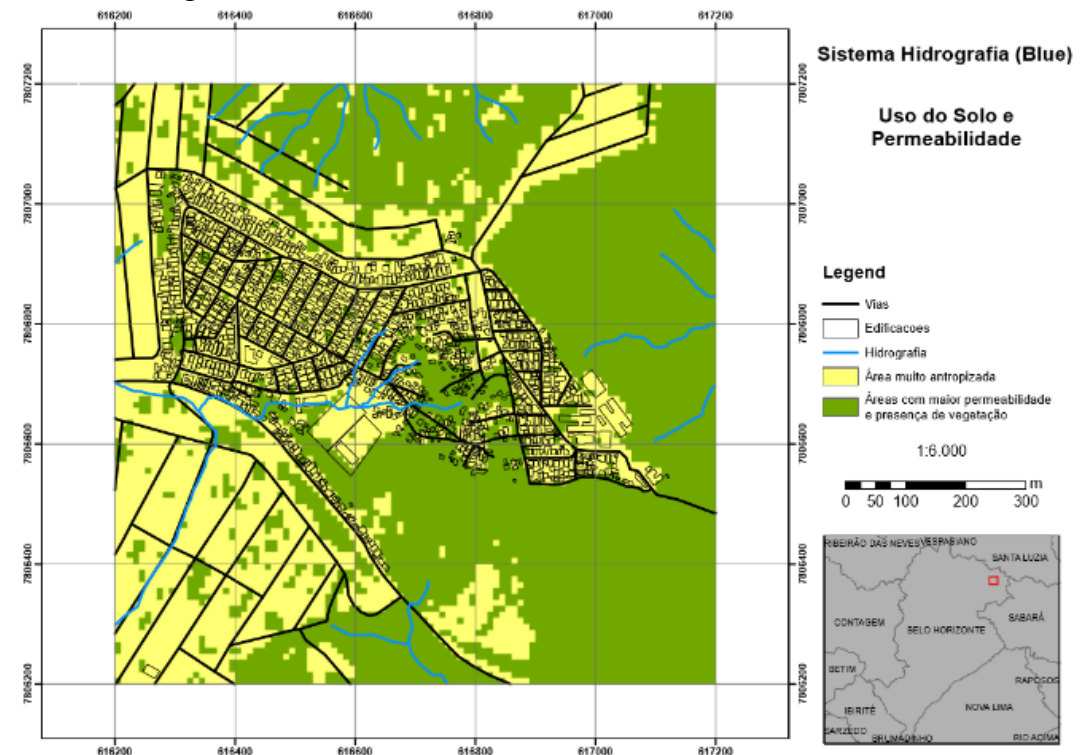
No Modelo de Processo 5, também obtido através do tratamento da Imagem Sentinel, pôde-se identificar as áreas com maior permeabilidade do solo e as áreas impermeáveis (Figura 39).

Figura 38 - Modelo de Processo 4 - NDVI



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

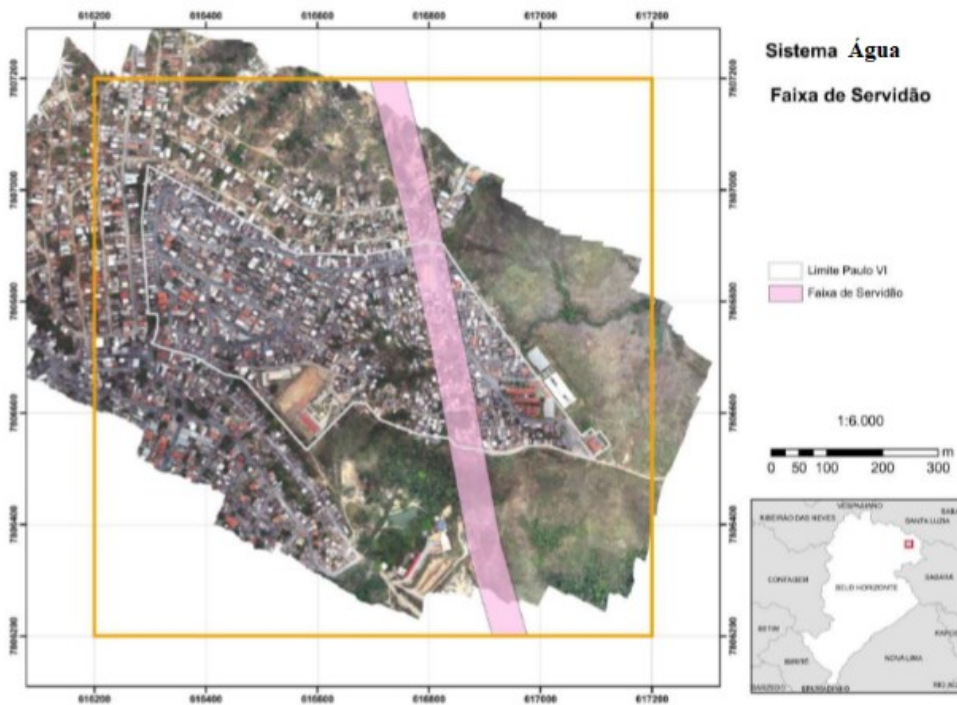
Figura 39 - Modelo de Processo 5 - Permeabilidade do solo.



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Por último, o Modelo de Processo 6, obtido através de fotointerpretação da imagem Sentinel, representa a linha de transmissão localizada no Paulo VI, como pode ser visualizada na Figura 40.

Figura 40 - Modelo de Processo 6 – Linha de transmissão



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

A localização da Linha de Transmissão foi considerada importante neste processo, pois indica uma área de alto risco de ocupação, e como não deve ser ocupada, pode ser considerada para implementação de propostas de infraestrutura azul.

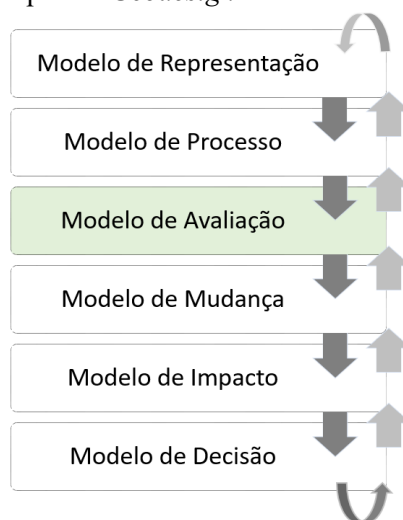
### 7.1.1 Conjunto habitacional Paulo VI – Geodesign Acadêmico

Após o desenvolvimento dos Modelos de Representação e de Processos, inicia-se os próximos modelos, separadamente, de cada um dos dois workshops. Neste tópico, serão descritas as etapas referentes ao workshop acadêmico, relativo à primeira iteração no Paulo VI.

### Modelo de Avaliação

A etapa do Modelo de avaliação (Figura 41) consistiu basicamente em caracterizar os sistemas a serem utilizados, levando em conta as potencialidades, limitações, dinâmicas, demandas e conflitos no território.

Figura 41 - Etapas do *Geodesign* - Modelos de Avaliação



Fonte: Elaboração da autora

A partir dessa avaliação, a área de estudo pode ser classificada em níveis (Figura 42) de acordo com o grau de adequabilidade para intervenção em cada sistema correspondente.

Figura 42 - Legenda do Modelo de Avaliação



Fonte: Elaboração da autora, a partir da legenda usada no GeodesignHub.

No Modelo de Avaliação do Sistema Água do workshop acadêmico obtiveram-se áreas classificadas como ‘muito apropriadas’, ‘apropriadas’ e ‘não apropriadas’ para intervenção de propostas de infraestrutura azul (Figura 43). Para a elaboração do Modelo de Avaliação, optou-se por considerar as áreas muito apropriadas, àquelas correspondentes às áreas de alto risco de inundação considerando apenas a variável declividade (declividade das vias com intervalo de 0% a 3%) e às vias com inclinação muito elevada (maior que 15%). Consideraram-se as áreas apropriadas, as faixas de domínio e as áreas permeáveis, com o objetivo de propor ideias que auxiliem na manutenção destas áreas. Além disso, considerou-se também como apropriada a área embaixo da linha de transmissão, com o objetivo de pensar em propostas que ocupem a área e evite a construção de moradias, já que se trata de um local de risco. Como não

apropriadas, consideraram-se as demais áreas do conjunto não contempladas como ‘muito apropriadas’ ou ‘apropriadas’.

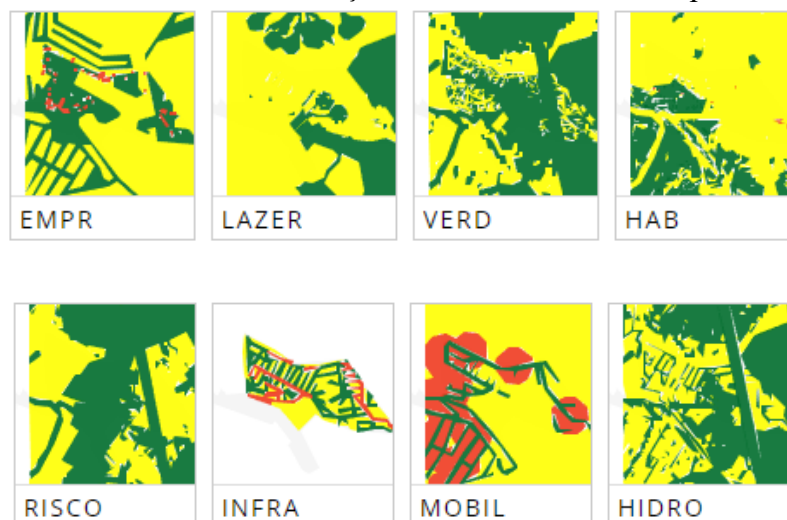
Figura 43 - Modelo de Avaliação para o Sistema Água



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

No workshop acadêmico os Modelos de Representação e Modelos de Processos também foram realizados nos outros sistemas, obtendo-se os seguintes Modelos de Avaliação visualizados na Figura 44.

Figura 44 - Modelos de Avaliação dos Sistemas Workshop Acadêmico

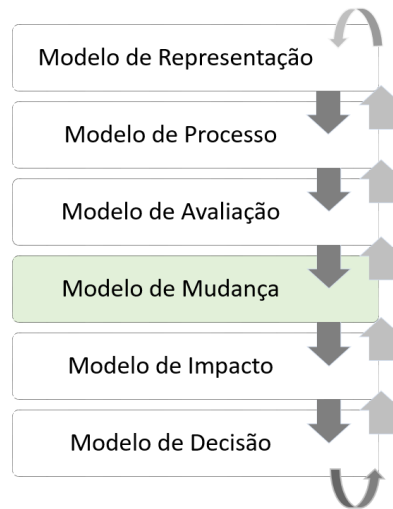


Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

## - Modelos de Mudança

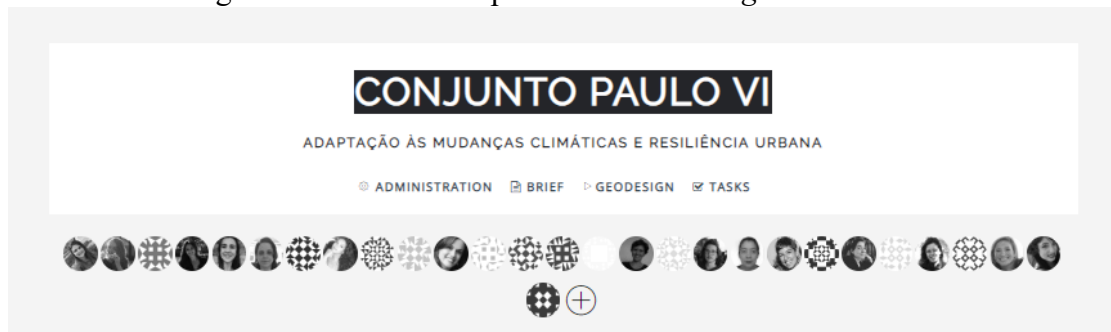
A etapa de Modelo de Mudança é quando se inicia a fase do workshop, que significa o desenho de ideias de políticas e projetos para a área. Neste workshop participaram ao todo 27 alunos e foi utilizada a plataforma *Geodesign Hub* (Figura 46).

Figura 45 - Etapas do Geodesign - Modelo de Mudança



Fonte: Elaboração da autora

Figura 46- Interface da plataforma *Geodesign Hub*



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Para o desenvolvimento desta etapa, os participantes tiveram acesso ao modelo 3D do conjunto Paulo VI (Figura 47) e aos Modelos de Representação, Processos e Avaliação.



Figura 47 - Imagem do Modelo 3D do Conjunto Paulo VI



Fonte: Captura drone elaborada por Danilo Magalhães, Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG, 2019.

Os participantes, divididos nos “Sistemas” (empreendimento; lazer; verde; habitação; risco; infraestrutura; mobilidade; e hidro), se reuniram para discussão e elaboração de propostas. No caso do sistema “Água”, as propostas foram as seguintes:

**a) Proposta “Sistema de captação de água da chuva”**

Proposta de um sistema de captação de água da chuva próximo ao campo de futebol (Figura 48). O objetivo desta proposta foi instalar uma estrutura parecida com a de uma lagoa pluvial, que tem o intuito de receber a água de chuva excessiva.

**b) Proposta “Parque permeável”**

Proposta de instalação de “parque permeável” (Figura 49). O objetivo desta proposta foi aumentar a área permeável do Conjunto Paulo VI e estabilizar o solo a partir de plantios de árvores, em uma região de concentração de nascentes, caracterizada por área de alta declividade e risco de deslizamento.

Figura 48 - Proposta "Sistema de captação de água da chuva"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

Figura 49 - Proposta "Parque permeável"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

#### **c) Proposta “Jardins de chuva”**

Proposta de instalação de jardins de chuva (Figura 50) ao longo de vias do Conjunto Paulo VI. O objetivo dessa proposta foi a instalação de jardins de chuva para receber o escoamento da água pluvial proveniente das regiões impermeabilizadas.

#### **d) Proposta “Destamponamento e revitalização de corpos d’água”**

Proposta de inserção de um trecho do curso d’água na paisagem, por meio de destamponamento e revitalização. O local escolhido foi no trecho entre uma nascente e o início do campinho de futebol (Figura 51). O objetivo desta proposta foi reintroduzir um trecho do curso d’água na paisagem, em um processo de revitalização, contrariando o conceito higienista de drenagem estabelecido.

Figura 50 - Proposta "Jardins de chuva"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Figura 51 - Destamponamento e revitalização de corpos d'água



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

**e) Proposta “Proteção de nascentes” e Proposta “Política educação ambiental para proteção nascentes”**

Projeto de proteção de nascentes com implantação de área vegetada associada à “política de educação ambiental para proteção de nascentes” (Figura 52 e Figura 53). O objetivo desta proposta foi atender a legislação, criando uma área de proteção permanente ao redor das nascentes e, ao mesmo tempo, conscientizando os moradores da importância de sua preservação.

Figura 52 - Proposta "Proteção de nascentes"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Figura 53 - Proposta "Política educação ambiental para proteção de nascentes"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

#### f) Proposta “Área permeável”

Proposta de implantação de área permeável embaixo da linha de transmissão (Figura 54). A localização se justificou por ser uma área de alto risco, que não deve ser ocupada para moradia.

Figura 54 - Proposta "Área permeável"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

As propostas do workshop acadêmico do sistema água tiveram muita influência dos mapas de declividade (risco de inundação e risco de deslizamento), assim como dos mapas de drenagem e nascentes. De forma geral, a preocupação maior foi no sentido de haver adequação técnica das propostas e conformidade com a legislação ambiental.

Após a elaboração das propostas, cada um dos grupos dos oito sistemas, escolheu as propostas que melhor os representava, resultando nos conjuntos de proposta. O objetivo desta etapa foi realizar o primeiro “design” para a área de estudo.

Em seguida, os grupos dos oito sistemas iniciais foram reagrupados em 3 principais eixos: infraestrutura/lazer; ambiental; habitação/mobilidade. O objetivo desta etapa foi realizar o segundo “design” para a área de estudo. Sendo assim, cada novo grupo escolheu as propostas que melhor os representava, resultando nos conjuntos de propostas representados na Figura 55.

Figura 55 - Geodesign parcial 3 Sistemas - Workshop Acadêmico

### GeoDesign parcial

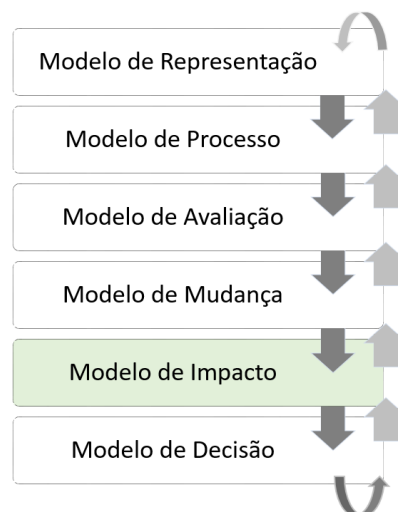


Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

### - Modelo de Impacto

Na metodologia *Geodesign*, o objetivo do Modelo de Impacto é transformar dados em informação, de forma que a partir dos dados apresentados na etapa de mudança são calculados os impactos a serem gerados, produzindo informações sobre as consequências dos projetos.

Figura 56 - Etapas do *Geodesign* - Modelo de Impacto

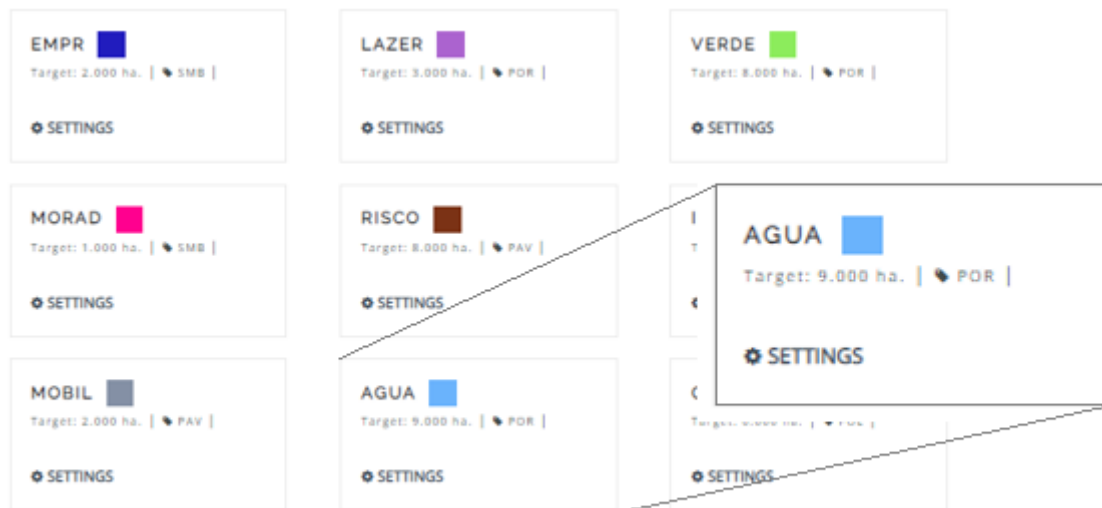


Fonte: Elaboração da autora

Basicamente, existem dois tipos de conflitos que podem influenciar no Modelo de Impacto: o conflito de área e o conflito territorial. Para determinar o impacto de acordo com o conflito de área, foram definidas, a partir de discussões realizadas em sala, um quantitativo de área esperada para cada sistema. Assim, a plataforma *Geodesign Hub* foi alimentada com estes

dados, em que para o ‘Sistema Água’, por exemplo, pode-se esperar que se ocupe 9.000ha da área total, como pode ser observado na Figura 57.

Figura 57 - Definição de área máxima para cada projeto

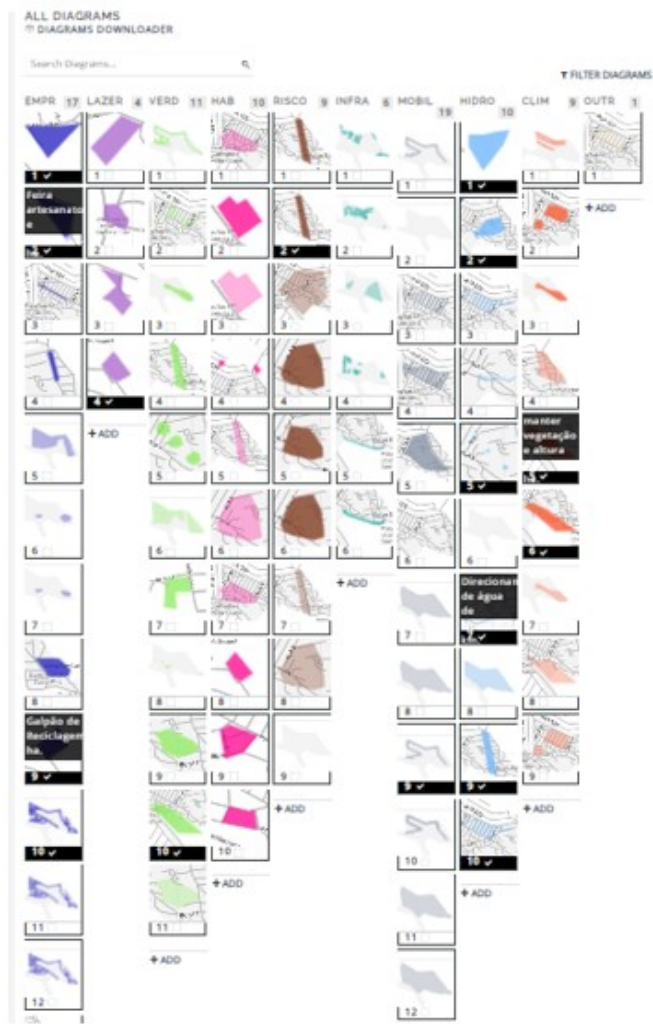


Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

Com o quantitativo de área definido para cada sistema, o impacto relativo à metragem proporcional a cada sistema, pode ser calculado. Assim é possível avaliar ao longo do *workshop* se algum tema deixou de ser contemplado enquanto outro tema foi contemplado muitas vezes. Por exemplo, se um grupo apenas faz propostas para o setor de empreendimentos e não faz propostas suficiente para o meio ambiente, o Modelo de Impactos resalta este impasse.

No exemplo da Figura 58, pode-se visualizar o impacto de metragem de cada sistema, referente à escolha de determinados diagramas. Neste exemplo, foram propostos muitos projetos para o ‘Sistema lazer’ e nenhuma proposta para o ‘Sistema mobilidade’.

Figura 58 - Exemplo de identificação de conflito de área



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

O conflito territorial é quando há a colocação de propostas em locais inadequados: se existe sobreposição de diagramas incompatíveis ou se os projetos desenvolvidos para um determinado sistema, correspondem a um bom nível de adequabilidade de acordo com o Modelo de Avaliação.

O conflito de sobreposição de diagrama foi definido pelos participantes, através do preenchimento de um questionário *cross-table*. Através da coleta de opiniões realizada na plataforma online “*Google Forms*”, pelo método Delphi, os participantes puderam definir se a sobreposição de um sistema com outro resulta em um impacto péssimo, ruim, neutro, bom ou ótimo. Como exemplo, se um diagrama do sistema “água” fica sobreposto a um diagrama do sistema “verde”, o impacto pode ser bom. Contudo, se essa sobreposição ocorre com diagrama do sistema “verde” com o do sistema “empreendimento”, por exemplo, o impacto pode ser péssimo. Vale ressaltar que a matriz de conflito obtida através do diagrama, não é restritiva ou absoluta, mas sim indicativa e relativa. Ou seja, os resultados obtidos nela não impedem a proposição de alguma ideia, servem apenas como indicação mais apropriada. Sendo assim, segundo o diagrama, não é adequado implementar uma proposta do sistema ‘empreendimento’ em cima de uma proposta do sistema ‘verde’. Contudo, o participante não está impedido de fazê-lo.

Assim, a coleta de opiniões teve os seguintes resultados (Figura 59):

Figura 59 - Cross-table de impacto



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

No segundo caso de impacto territorial, ocorre a análise de se os projetos desenvolvidos para um determinado sistema, correspondem a um bom nível de adequabilidade ou não, de acordo com o Modelo de Avaliação.

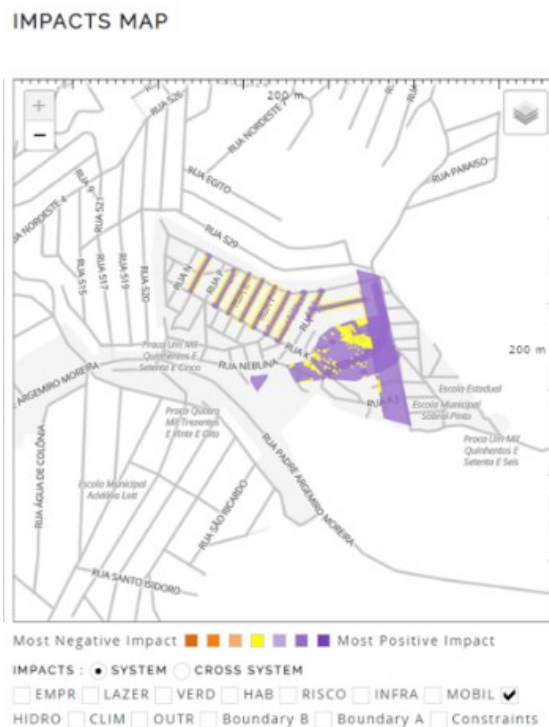
Esta comparação é feita através de uma escala que varia de um maior impacto negativo até um maior impacto positivo. Ou seja, quando o projeto de uma proposta se localiza em uma região com alta adequabilidade, ou ‘muito adequada’ (de acordo com o Modelo de Avaliação),



ela terá um maior impacto positivo. Caso a proposta de enquadre em uma região ‘não adequada’, esta terá um maior impacto negativo.

Avaliando-se o impacto territorial do workshop jovens para o sistema ‘Água’ separadamente, têm-se os seguintes resultados da Figura 60.

Figura 60 - Mapa de Impacto Workshop acadêmico



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

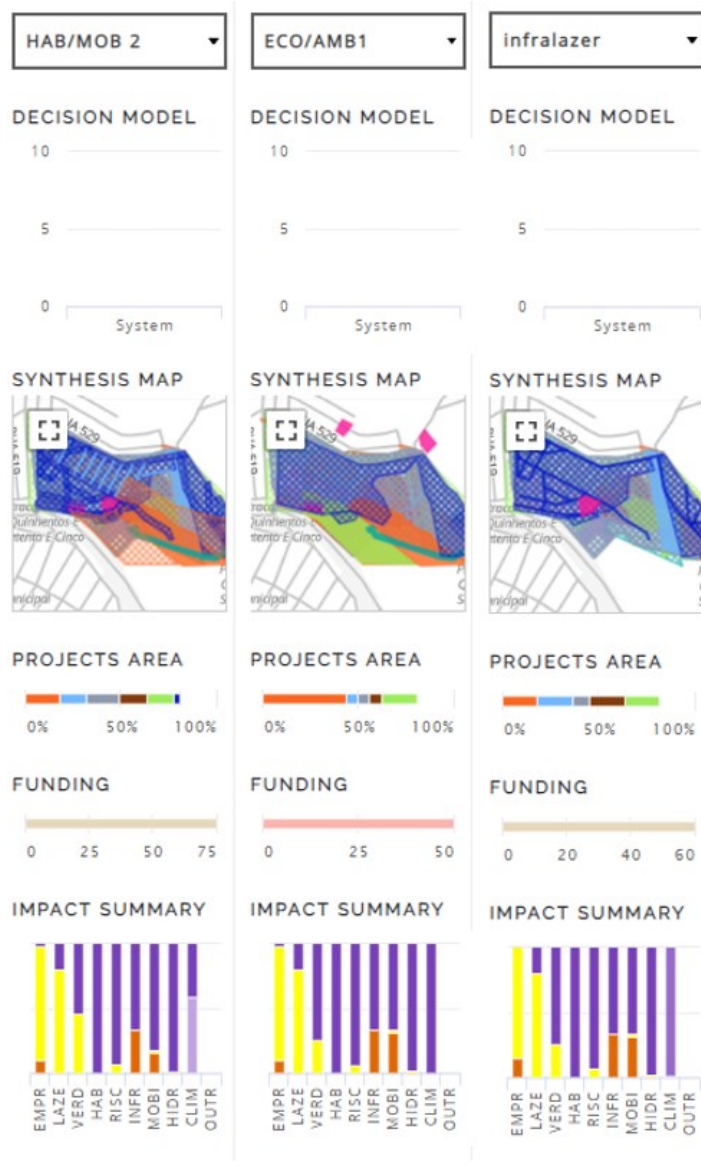
Os projetos propostos no workshop acadêmico se enquadram nas categorias próximas aos impactos positivos (tons roxos) e no meio termo entre os impactos positivos e negativos (tons amarelos).

Os de impactos positivo foram aqueles propostos em área de adequabilidade ou alta adequabilidade (de acordo com o Modelo de Avaliação Figura 43), que coincidiram com: áreas de risco de inundação, vias de alta declividade, área embaixo da linha de transmissão, áreas próximas à nascentes e cursos d’água.

Os projetos com menor impacto positivo (tons amarelos), coincidiram com área com menor adequabilidade para as propostas (de acordo com o Modelo de Avaliação). A proposta de Parque permeável, por exemplo, coincide com as áreas de menor adequabilidade. Da mesma forma, os projetos “jardins de chuvas”, extrapolaram as linhas das vias ao serem desenhados os polígonos, enquadrando-os como propostas de menor impacto positivo.

Na Figura 61 é possível visualizar um resumo do impacto dos mapas síntese, em que se observa a porcentagem de área ocupadas pelos projetos de cada um dos três eixos principais, assim como os diagramas de impacto.

Figura 61 - Mapas síntese e impactos workshop acadêmico – 3 sistemas

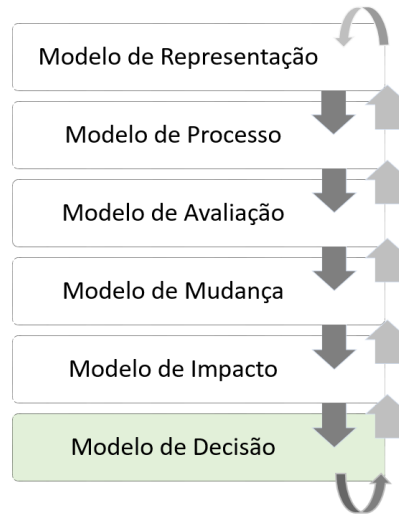


Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

### - Modelo de Decisão

A última etapa, denominada Modelo de Decisão é quando as decisões finais são tomadas pelos participantes, de forma coletiva, a partir do agrupamento de todos os sistemas. Para esta pesquisa optou-se por focar no Sistema Água e não foram detalhados os Modelos de todos os outros sistemas.

Figura 62 - Etapas do *Geodesign* - Modelo de Decisão

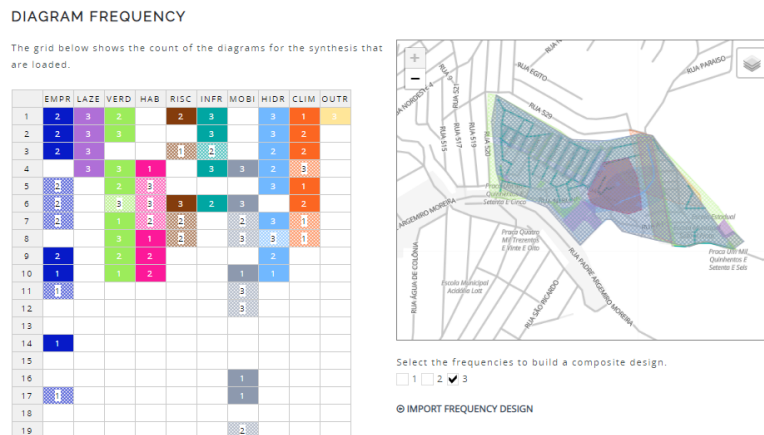


Fonte: Elaboração da autora

Contudo, o Modelo de Decisão final é extremamente importante para este trabalho, para entender o quanto as propostas relacionadas à questão da água são priorizadas ou não no momento do planejamento do território.

Para a elaboração do design final, ou Modelo de Decisão, são observados os diagramas de frequência das propostas em cada um dos quatro eixos/grupos finais. Os diagramas que haviam sido selecionados pelos três grupos (Figura 63) foram considerados relevantes, e, por sua vez, foram aprovados para compor o design final.

Figura 63 - Diagrama de frequência 3

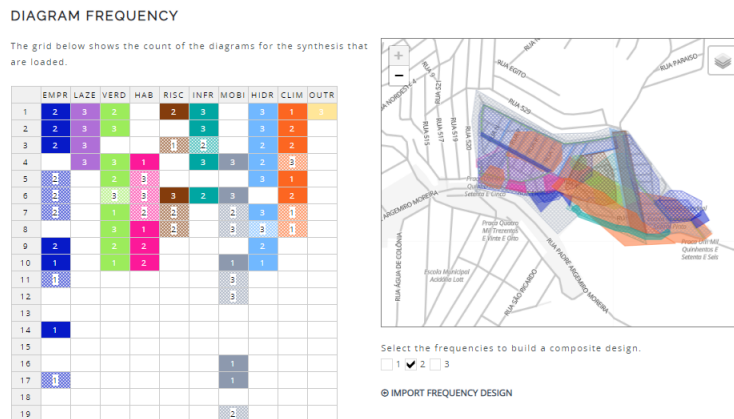


Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Os diagramas com frequência igual a dois (Figura 64) foram analisados um a um. O grupo que não havia escolhido o diagrama, explicava os motivos daquela decisão, ao passo que os dois grupos que haviam escolhido tentavam convencer ao primeiro e aceitar a proposta,

ressaltando a importância da proposta em caso. Caso o grupo que não escolheu a proposta inicialmente, tenha sido convencido de que ela é importante, esta passa a ter frequência três. Caso contrário, a proposta fica de fora do design final.

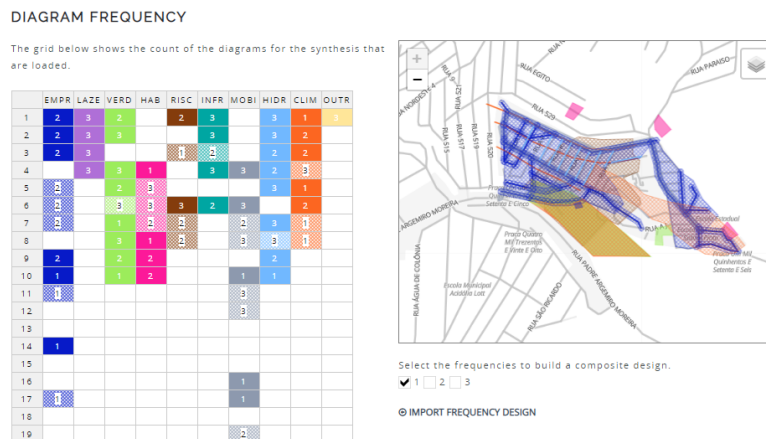
Figura 64 - Diagrama de frequência 2



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Para os diagramas com frequência igual a um (Figura 65), foi realizado o mesmo processo. Contudo, neste caso, o único proponente precisava defender sua ideia e convencer os dois outros grupos que não haviam indicado o diagrama.

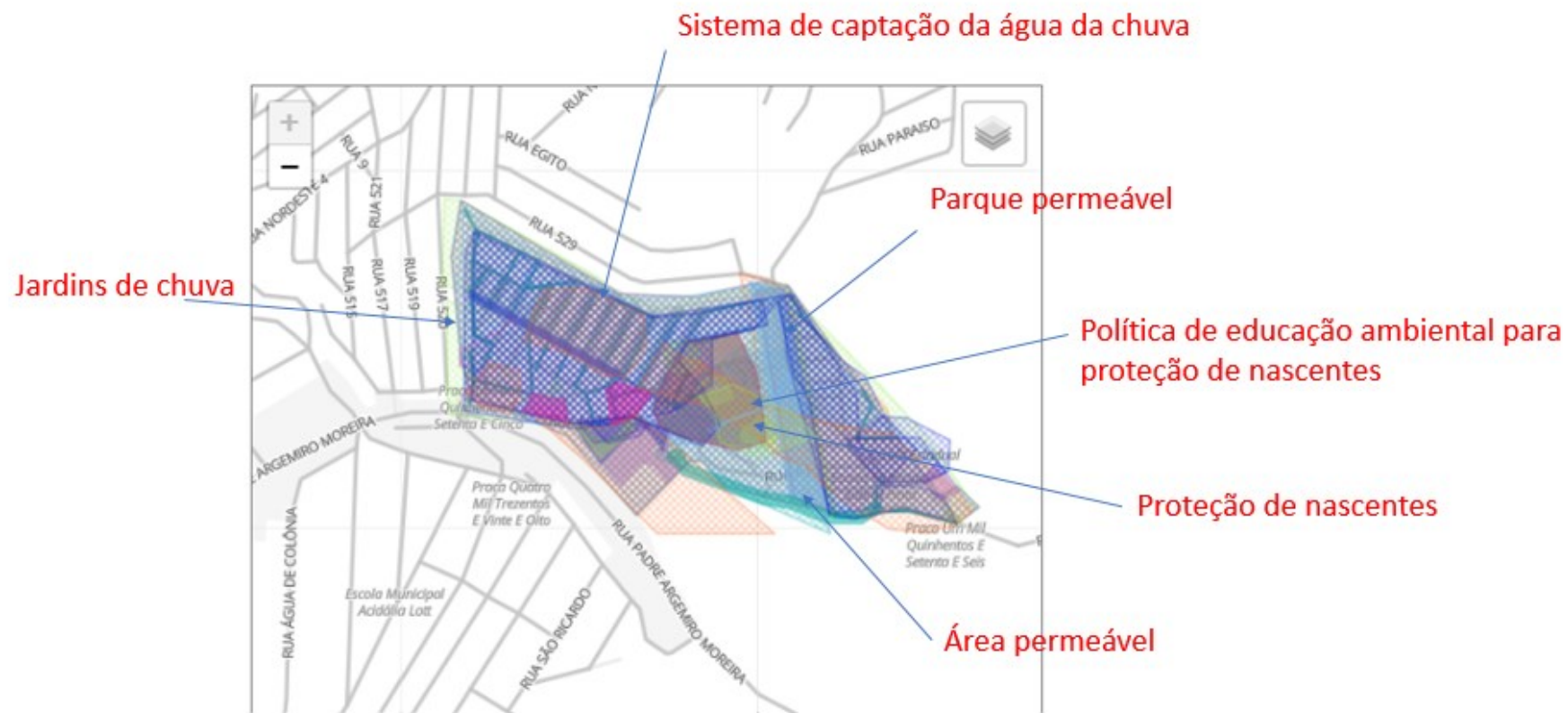
Figura 65 - Diagrama de frequência 1



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Como resultado, obteve-se o produto final para o “Workshop acadêmico- Paulo VI” que o Modelo de Decisão (Figura 66), no qual pode-se visualizar todas as propostas escolhidas na decisão em grupo final.

Figura 66 - Modelo de Decisão Workshop Acadêmico



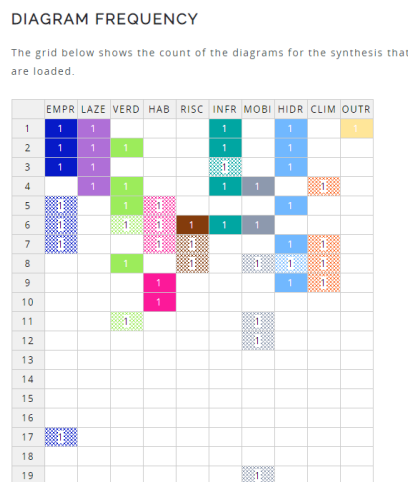
Fonte: Elaboração da autora, a partir da interpretação de resultados do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

O diagrama de frequência (Figura 67) mostra que a variável água foi de grande representatividade no processo de decisão final, sendo as propostas escolhidas do sistema “Água”: “parque permeável”, “sistema de captação da água de chuva”; “jardins de chuva”, “proteção de nascentes”, “política de educação ambiental para proteção de nascentes” e “área permeável”.

O fato dessa alta representatividade da variável água na decisão final do workshop acadêmico pode estar associado ao fato de que os alunos, de forma geral, já estavam envolvidos durante outras aulas com essa temática, pois estão envolvidos no projeto EPIC<sup>6</sup>, que visa estudar mudanças climáticas globais.

O diagrama de frequência do Modelo de decisão pode ser observado na Figura 67. Comparando-se com os outros sistemas, verifica-se que houve uma alta adesão das propostas do sistema ‘hidro’, sendo escolhidas seis propostas relacionadas ao tema.

Figura 67 - Diagrama de frequência Workshop Acadêmico



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

<sup>6</sup> O Programa de Parceria EPIC-N é um modelo de parceria entre a universidade e município para desenvolver processos participativos para elaboração e implementação do Plano de Adaptação e Resiliência de Belo Horizonte. O programa tem objetivos de fortalecer a incidência da população mais vulnerável aos impactos climáticos nas políticas públicas; favorecer engajamento comunitário, principalmente das faixas mais jovens da população; e criar oportunidades de desenvolvimento econômico.

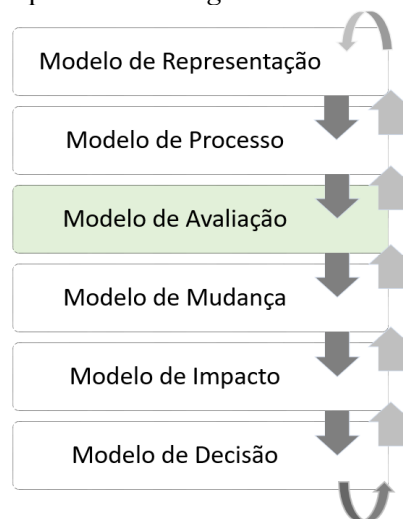
### 7.1.2 Conjunto habitacional Paulo VI – Geodesign Jovens

A partir da primeira iteração, algumas etapas dos Modelos foram revistas de acordo com as necessidades para ajustamento da metodologia. Os Modelos de Representação e de Processo continuaram os mesmo que foram utilizados no workshop acadêmico. Os outros Modelos serão descritos a seguir.

#### - Modelo de Avaliação

Os Modelos de Avaliação (Figura 68) mudaram de um workshop para o outro, pois a partir da primeira iteração, no *workshop* acadêmico, foram ajustadas questões para a segunda iteração, no *workshop* com os jovens. Nesse sentido, a partir da primeira experiência, optou-se por simplificar o Modelo de Avaliação para o *workshop* jovens, como será descrito abaixo. O objetivo foi de fornecer uma base mínima que interferisse o mínimo possível nas opiniões dos participantes, mas que ao mesmo tempo despertasse para os principais problemas

Figura 68 - Etapas do *Geodesign* - Modelos de Avaliação



Fonte: Elaboração da autora

Sendo assim, no Modelo de Avaliação do *workshop* dos jovens obteve-se áreas classificadas como ‘muito apropriadas’ e ‘apropriadas’ para intervenção, como observado na Figura 69. Para sua elaboração, optou-se por considerar as áreas muito apropriadas, àquelas correspondentes às faixas de domínio dos rios e nascentes e às áreas de alto risco de inundação (declividade das vias com intervalo de 0% a 3%). Tais declividades foram obtidas através da ferramenta *slope* no *ArcMap* e foi obtida da imagem SRTM da área de estudo. Optou-se também

por considerar as áreas permeáveis como muito apropriadas, com objetivo de propor ideias que auxiliem na manutenção destas áreas. As áreas permeáveis foram obtidas através da obtenção do NDVI, ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, que analisa a condição da vegetação por imagens de satélite. Contudo, é importante perceber que as áreas impermeáveis também foram consideradas, de certa forma, como muito apropriadas para intervenção, já que as vias com baixa inclinação são impermeáveis.

As áreas consideradas apropriadas foram todas as outras áreas do bairro. Preferiu-se não classificar áreas como ‘pouco apropriadas’ ou ‘não adequadas’ para não inibir as propostas em nenhuma região do bairro. Também não houve classificação de áreas tidas como “existente”, por considerar que nenhuma área se encontra com a situação resolvida para as questões de Infraestrutura Azul.

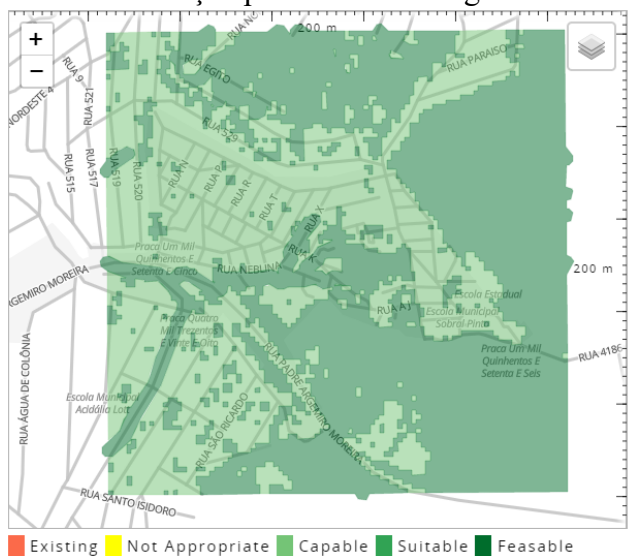
É importante salientar que o modelo de avaliação é um mapa resultante de uma interpretação de algum especialista, de acordo com um ponto de vista específico. A partir de uma combinação de variáveis e a definição de seus pesos de importância, tem-se o mapa resultante com as áreas mais adequadas ou não para intervenções de determinado tema. Sendo assim, o modelo de avaliação é manipulável de acordo com o objetivo.

Neste sentido, a ideia de se retirar as classes pouco apropriadas e não adequadas para intervenção, foi de que o Modelo de Avaliação tivesse o mínimo de interferência possível nas propostas. Trata-se de uma adaptação do método para se deixar as propostas mais livres e menos ‘congeladas’ a uma única visão técnica. Como dito anteriormente, o *Geodesign* busca a colaboração de diferentes atores, inclusive os das ‘pessoas do lugar’ e o objetivo deste workshop foi justamente tentar absorver ao máximo as ideias destas pessoas, sem que houvesse alguma barreira técnica.

Sendo assim, o Modelo de Avaliação do workshop jovens ficou aberto para todo tipo de propostas, com o objetivo de ser um workshop com um maior nível de escuta dos participantes moradores do Conjunto Paulo VI.



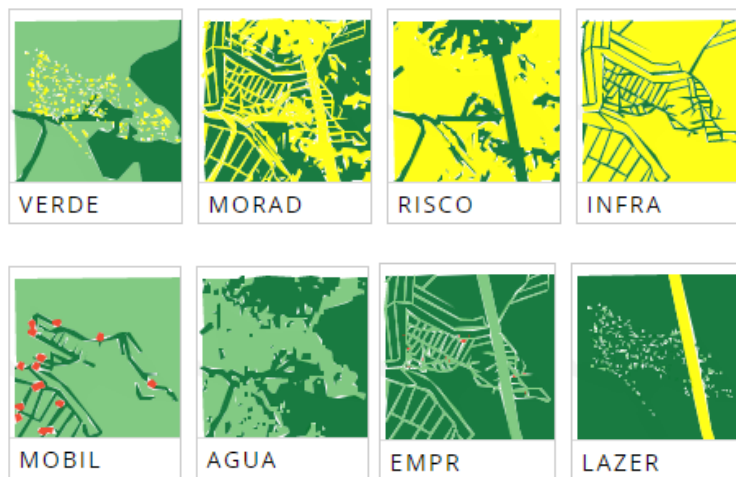
Figura 69 - Modelo de Avaliação para o Sistema Água do Workshop Jovens



Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Além do Sistema Água, os procedimentos de Modelos de Representação e Modelos de Processos também foram realizados nos outros sistemas, obtendo-se os seguintes Modelos de Avaliação visualizados na Figura 70. Como o foco do presente trabalho é a relacionado à água, não se têm a necessidade de detalhamento dos outros sistemas.

Figura 70 – Modelos de Avaliação dos Sistemas Workshop Jovens



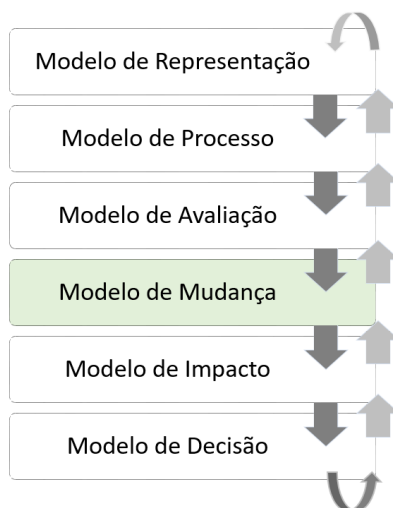
Existing Not Appropriate Capable Suitable Feasible

Fonte: Elaboração da autora, a partir de reuniões com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

### - Modelo de Mudança

A etapa de Modelo de Mudança (Figura 71) é quando se inicia a fase do workshop, que significa o desenho de ideias de políticas e projetos para a área.

Figura 71 - Etapas do Geodesign - Modelo de Mudança



Fonte: Elaboração da autora

O *workshop* jovens foi realizado em parceria entre a Faculdade de Arquitetura da UFMG, Escola Municipal Sobral Pinto e a PBH, nos dias 16 de março de 2019 e 23 de março de 2019 no laboratório de informática da escola do Conjunto Paulo VI. Para divulgar o workshop para os moradores do Conjunto, foram distribuídos folders (Figura 72).

Figura 72 - Folder de divulgação do Workshop Paulo VI.

**CAPACITAÇÃO PARA JOVENS EM CONSTRUÇÃO  
COLETIVA DE IDEIAS PARA O PAULO VI**

**USO DE TECNOLOGIAS PARA CONHECER O TERRITÓRIO**

#GEODESIGN #INFORMÁTICA #AÇÃO PARTICIPATIVA

O uso de drones na  
representação do Paulo VI

<https://sketchfab.com/objetos/490103b2ac9446868a635a2c0f8aa23> ou <https://bit.ly/728Xop07>

Modelos 3D do Paulo VI

Entendendo a área com o uso de tecnologia

Construindo propostas e ideias

**Quando?** Dias **16 e 23 de março**, sábados, das 9 às 12:30  
**Onde?** No Laboratório de Informática da **Em Sobral Pinto**  
**Por que?** Para **aprender** sobre tecnologia e participação  
**Como?** Atividade voluntária, atividade da escola aberta,  
 com recebimento de **certificado**

Realização: UFMG, como apoio da PBH e da Escola Municipal Sobral Pinto

Fonte: Elaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG, em colaboração com o grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Inicialmente, era esperado que os participantes do workshop tivessem uma faixa etária entre 15 e 17 anos. Contudo, os estudantes que participaram tinham uma faixa etária de em média 8 anos e ao todo eram 23 crianças.

Inicialmente pensou-se que o fato de as crianças serem muito novas se tornaria uma limitação metodológica ao workshop. No entanto, as crianças acabaram surpreendendo no quesito de conhecimento do território e proposição de ideias, como será descrito a seguir.

No início do primeiro dia do workshop foram distribuídos aos alunos materiais de auxílio para a atividade. No computador de cada um havia a imagem 3D construída a partir da captura drone do conjunto Paulo VI. Impresso, os jovens receberam os Modelos de Processos, e puderam levar o material para casa para provocarem conversas sobre o tema com os pais (Figura 73).

Os mapas foram explicados aos poucos para os participantes, favorecendo que eles localizassem suas casas, a escola, os mercados, os pontos de interesse. Neste processo de geovisualização, os participantes analisaram o território e deram ideias de novos lugares para

atividades, recursos e necessidades. Como eram crianças, aconteceu também a proposição do lúdico, como a ideia sobre sorveteria, loja de chup-chup ou para um novo parquinho.

Ao mesmo tempo, surgiam algumas indagações. No mapa da hidrografia, veio logo a surpresa: “passa um rio embaixo da rua? ”; “a gente poderia nadar nesse rio? ”; “tem peixes nele? ”.

Surgiram também algumas associações entre os mapas apresentados. A área do deslizamento de terra com morte acontecido em dezembro de 2018 coincidia com as áreas mais íngremes e com presença de nascentes, ao passo que as áreas de inundação coincidiam com as partes mais planas.

Após um primeiro dia extenso de workshop, os estudantes levaram os mapas impressos para casa com o intuito de mostrarem para a família e discutirem vulnerabilidades e potencialidades do bairro, assim como para pensarem sobre possíveis ideias para o planejamento do bairro. O objetivo foi, portanto, que os pais também tivessem um papel nas discussões e propostas, já que estes também conhecem o território pela vivência do cotidiano.

Figura 73 - Workshop Jovens Paulo VI



Fonte: Imagens capturadas no Workshop, colaboração Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

O primeiro dia do workshop se baseou em um processo de análise e reconhecimento do território do Conjunto Paulo VI. Na semana seguinte (dia 23 de março de 2019), no segundo dia, os participantes iniciaram a elaboração do Modelo de Mudança, fazendo propostas de intervenção no bairro.

Primeiramente, as crianças foram divididas em grupos, sendo que cada grupo representou um Sistema. No grupo do sistema “Água”, participaram 4 crianças com idade entre 7 e 8 anos.

Antes do início da elaboração das propostas, foi apresentado um cartaz ao grupo (Figura 74) com sugestões de possíveis propostas relacionadas à água, as chamadas “*best management practices*” – BMPs da infraestrutura azul, além da explicação do conceito de APPs. Procurou-se utilizar uma linguagem não técnica, com palavras acessíveis ao conhecimento dos alunos, de acordo com a idade. Por exemplo, as APPs foram caracterizadas como ‘áreas com vegetação para proteger os rios, nascentes e a biodiversidade’, os jardins de chuva como ‘jardins que recebem a água da chuva para evitar inundações’. Assim, com o auxílio também das imagens, as crianças puderam entender os conceitos para aplicá-los no workshop do Conjunto Paulo VI.

Figura 74 - Cartaz de auxílio

**Área de proteção permanente (APP) dos rios e nascentes**

APPs são áreas com vegetação para proteger os rios, nascentes e a biodiversidade. O ideal é que os rios tenham uma área de proteção com vegetação de no mínimo 30 metros em volta deles e que as nascentes dos rios tenham uma área de proteção com vegetação de no mínimo 50 metros em volta delas.

**Jardim de chuva e Canteiro pluvial**

- Jardins de chuva são jardins que recebem a água da chuva, evitando inundações e alagamentos. Podem ser implantados em lugares abertos e espaçosos como praças, escolas ou espaços inutilizados nas ruas.
- Canteiros pluviais são jardins de chuva menores que também ajudam a evitar inundações e alagamentos e que podem ser implantados em lugares reduzidos, como em parte das calçadas.

**Cisterna**

Cisterna é um reservatório que guarda água da chuva, podendo ser aproveitada para diferentes usos como irrigação de hortas ou limpeza de casas. Podem ser instaladas nos quintais das casas.

**Lagoa pluvial**

Lagoas pluviais são lagoas construídas para receberem o excesso da água da chuva, evitando inundações e alagamentos. Devem ser instaladas em lugares baixos, espaçosos e ao ar livre.

Fonte: Elaboração da autora, através de colaboração de Rodrigo Ferraz, 2019.

Houve também uma apresentação em cada grupo sobre como utilizar da plataforma web-based Geodesignhub (Figura 75), antes de se iniciar a atividade de cocriação de propostas.

Figura 75 - Plataforma Geodesign Hub



Fonte: Imagens capturadas do GeodesignHub durante o Workshop, colaboração Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

A elaboração de propostas iniciou-se com uma conversa entre os participantes do grupo, quando discutiram ideias e visões. Em seguida, um participante do grupo ficou responsável pelo desenho dos polígonos que representavam as propostas para o bairro e por escrever o título relativo à proposta. Optou-se por demonstrar os títulos neste trabalho da mesma forma como foram escritos pelas crianças, ainda que com erros ortográficos, já que foram propostas criadas por elas próprias. Os polígonos foram desenhados nas áreas correspondentes à implantação do projeto discutido. Para a categoria água, que é a que nos interessa no presente trabalho, foram feitas três propostas:

**a) Proposta “JARDIM”**

Nesta proposta, a ideia era implementar jardins em uma área ao lado da escola e em uma área na Rua do Dourado, próximo à um campinho de futebol, para captação de água de chuva (Figura 76).

**b) Proposta “CANTEIROS”**

Na proposta “Canteiros” (Figura 77), o objetivo dos participantes foi implementar canteiros ao longo de duas ruas do Conjunto Paulo VI, para infiltração da água da chuva e evitar que ocorram inundações na região.

Figura 76 - Proposta Jardim



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Figura 77 - Proposta Canteiros



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

### c) Proposta “CLUBE DE CRIANÇAS COM ÁGUA”

Na proposta “clube de crianças com água”(Figura 78) os participantes propuseram uma área de lazer próxima a uma nascente do Conjunto Paulo VI. A ideia seria proteger a nascente, mas, ao mesmo tempo, favorecer o bom uso da água pelos moradores.

Figura 78 - Proposta Clube



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

A etapa da elaboração de propostas do sistema “Água” foi realizada com o apoio dos Modelos de Processos, dos Modelos de Avaliação e do modelo 3D. Além disso, foi também baseada no cartaz da Figura 74 e no imaginário dos próprios estudantes.

Pode-se perceber que as propostas podem ser associadas com as técnicas de Infraestrutura Azul. As propostas “jardim” e “canteiros” podem ser comparadas aos jardins de chuva e aos canteiros pluviais, citadas no item 4.1.3. A proposta “clube de crianças com água”

pode ser comparada com um projeto de revitalização de nascentes, associado a uma área de lazer para banho e recreação.

Houve também propostas de outros sistemas que se relacionam diretamente com o sistema água, como é o caso de algumas propostas do sistema verde (propostas d, e, f) e do sistema risco (propostas g, h), apresentadas a seguir.

#### **d) Proposta “HORTA”**

A proposta “Horta” tem como objetivo criar uma horta comunitária próximo à escola (Figura 79).

Figura 79 - Proposta "Horta"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

#### **e) Proposta “PRAÇA AMIGOS**

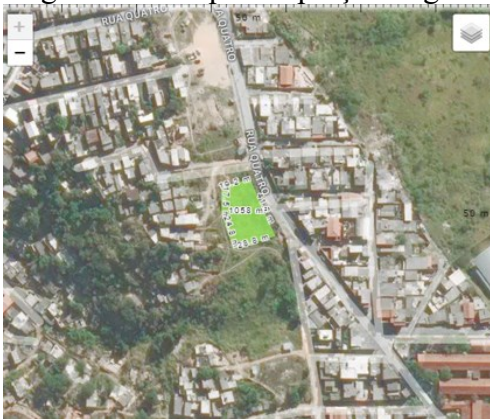
A proposta “praça amigos” tem como objetivo a criação de uma praça próxima à escola (Figura 80). O objetivo é obter uma área vegetada de lazer ao ar livre.

#### **f) Proposta “PROJETO ÁRVORE”**

A proposta “projeto árvore” visa a implantação de mais árvores em uma área próximo ao campinho, que segundo os moradores é uma área muito quente (Figura 81). Neste sentido, o objetivo deste projeto é criar áreas vegetadas para regularização climática.



Figura 80 - Proposta "praça amigos"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Figura 81 - Proposta "projeto árvore"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

### g) Proposta “ENXURRADA”

A proposta “enxurrada” visa chamar atenção para uma região com alta declividade e que apresenta enxurradas quando ocorrem chuvas fortes (Figura 82).

### h) Proposta “DESABAMENTO”

A proposta “desabamento” visa chamar atenção para uma área de alto risco, em que ocorreu um deslizamento de terra no final do ano de 2017 (Figura 83).

Figura 82 - Proposta "enxurrada"



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Figura 83 - Proposta "desabamento"

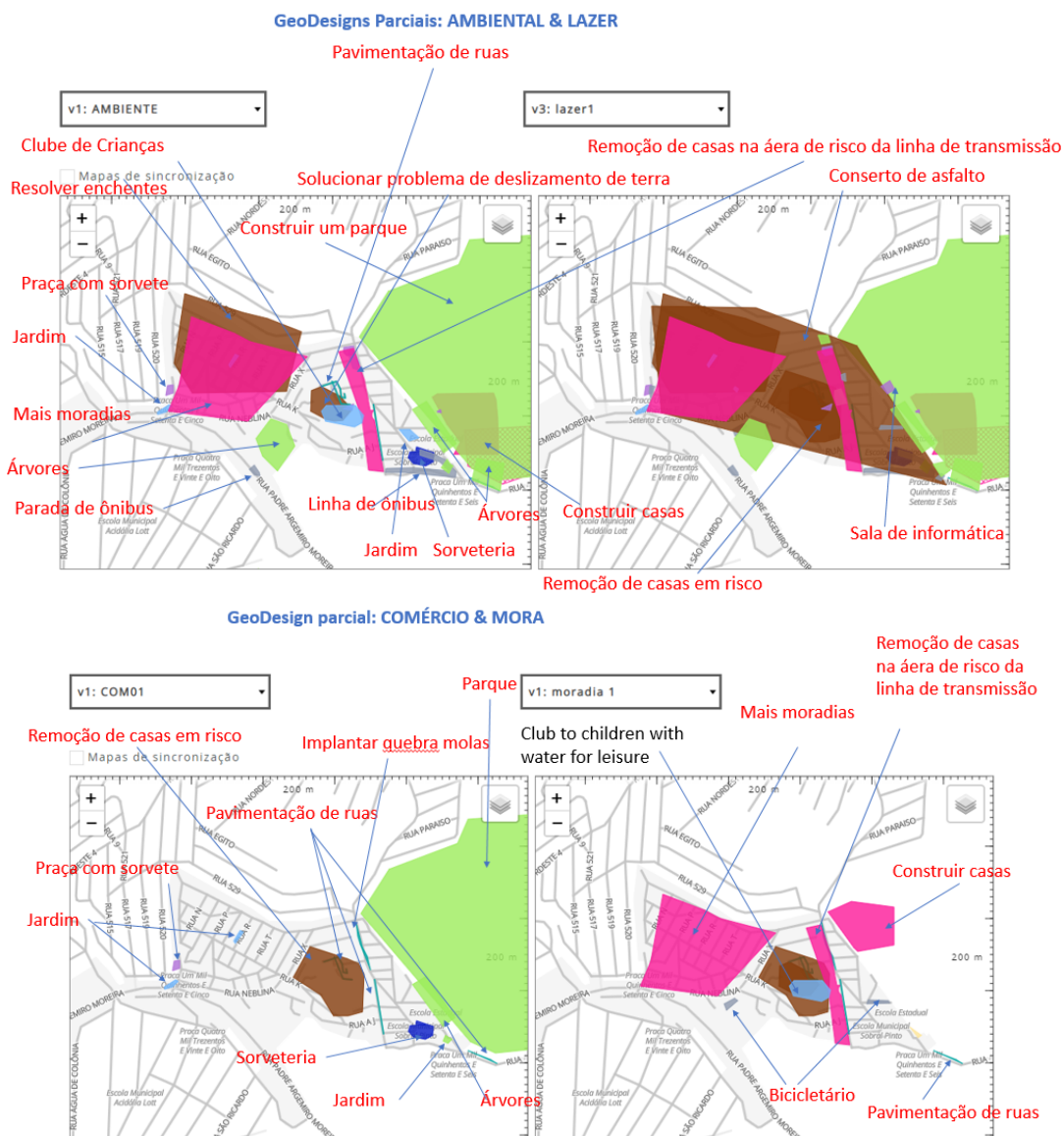


Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Após a elaboração das propostas, os oito grupos (cada um representando um sistema), foram reagrupados em quatro eixos principais, sendo eles denominados como: grupo ambiental, grupo lazer; grupo comércio e grupo moradia. Apesar destes últimos três temas não terem

relação com o presente trabalho, eles foram necessários para a elaboração da metodologia de *Geodesign*, que busca o planejamento do território levando em consideração várias temáticas. O objetivo desta etapa foi realizar o primeiro “design” para a área de estudo no workshop jovens. Cada um dos quatro grupos, se reuniram para escolherem as propostas que mais se identificavam, obtendo-se os resultados representados na Figura 84.

Figura 84 - Negociações parciais - workshop jovens

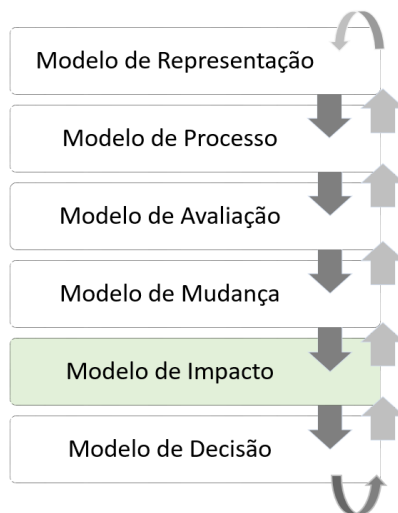


Fonte: Elaboração da autora, a partir da interpretação de resultados do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

## - Modelo de Impacto

Como mencionado anteriormente, na metodologia *Geodesgin*, o objetivo do Modelo de Impacto (Figura 85) é transformar dados em informação, de forma que a partir dos dados apresentados na etapa de mudança são calculados os impactos a serem gerados, produzindo informações sobre as consequências dos projetos.

Figura 85 - Etapas do *Geodesign* - Modelo de Impacto



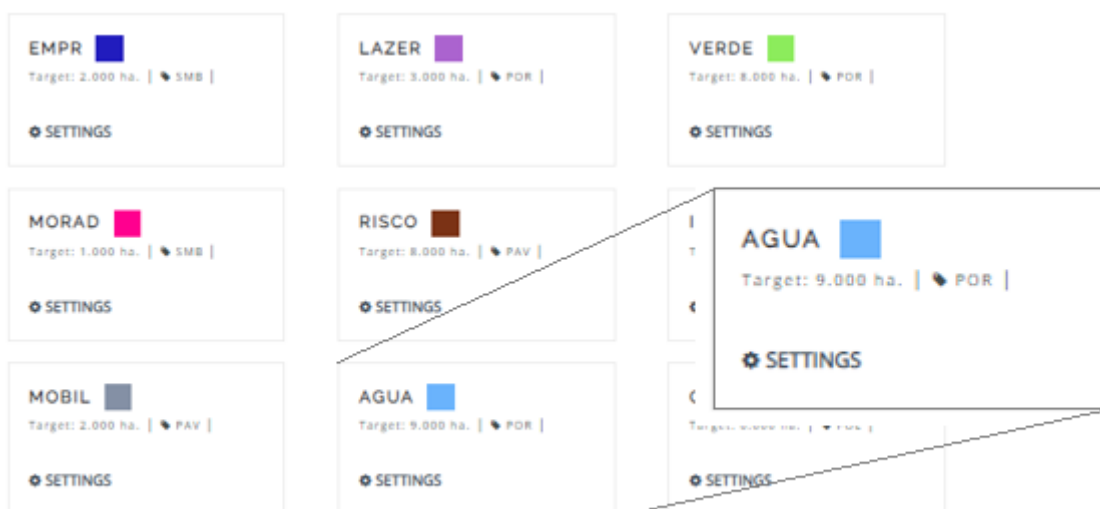
Fonte: Elaboração da autora

No workshop jovens, os processos de análise de conflito para o Modelo de Impacto, foi realizado pelo corpo técnico em sala de aula.

É importante salientar que para este workshop, os jovens não tiveram acesso aos impactos de cada decisão. Como as crianças eram muito novas (em média 8 anos), preferiu-se deixar o Modelo de Impacto apenas para interpretação técnica. Sendo assim, o Modelo de Impacto não interferiu no Modelo de Decisão Final.

Assim como no workshop acadêmico, para determinar o impacto de acordo com o conflito de área, foram definidas, a partir de discussões realizadas em sala, um quantitativo de área esperada para cada sistema. Assim, a plataforma *Geodesign Hub* foi alimentada com estes dados, em que para o ‘Sistema Água’, por exemplo, pode-se esperar que se ocupe 9 ha da área total, como pode ser observado na Figura 86.

Figura 86 - Definição de área máxima para cada projeto



Fonte: Elaboração da autora, a partir da interpretação de resultados do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Com o quantitativo de área definido para cada sistema, o impacto relativo à metragem proporcional a cada sistema, pode ser calculado. No exemplo da Figura 87, pode-se visualizar o impacto de metragem de cada sistema, referente à escolha de determinados diagramas. Neste exemplo, foram propostos muitos projetos para o ‘Sistema verde’, poucas propostas para o ‘Sistema moradia’ e nenhuma proposta para o ‘Sistema de mobilidade’.

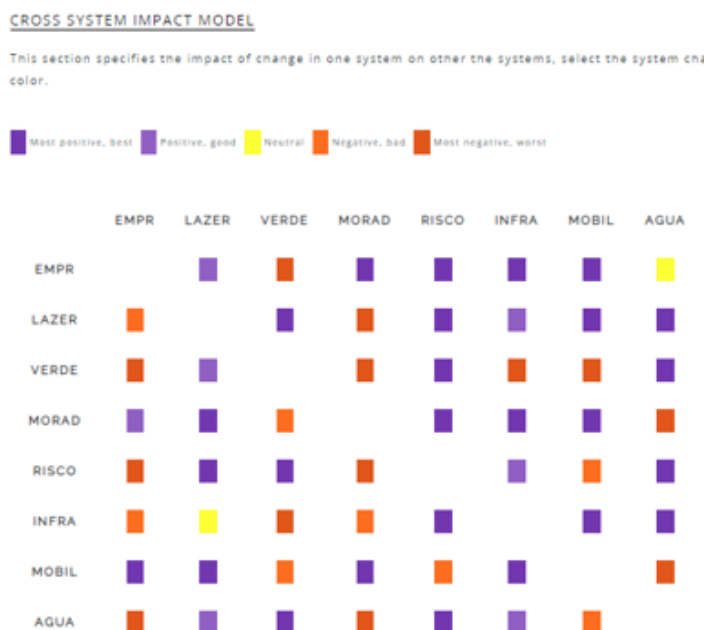
Figura 87 - Exemplo de identificação de conflito de área



Fonte: Elaboração da autora, a partir da interpretação de resultados do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

O conflito territorial de sobreposição de diagrama, assim como no workshop acadêmico, também foi definido pelo corpo técnico, através do preenchimento de um questionário *cross-table*. Com a coleta de opiniões realizada na plataforma online “Google Forms”, pelo método Delphi, os participantes puderam definir se a sobreposição de um sistema com outro resulta em um impacto péssimo, ruim, neutro, bom ou ótimo. Assim, a coleta de opiniões teve os seguintes resultados (Figura 88):

Figura 88 – *Cross-table* de impacto



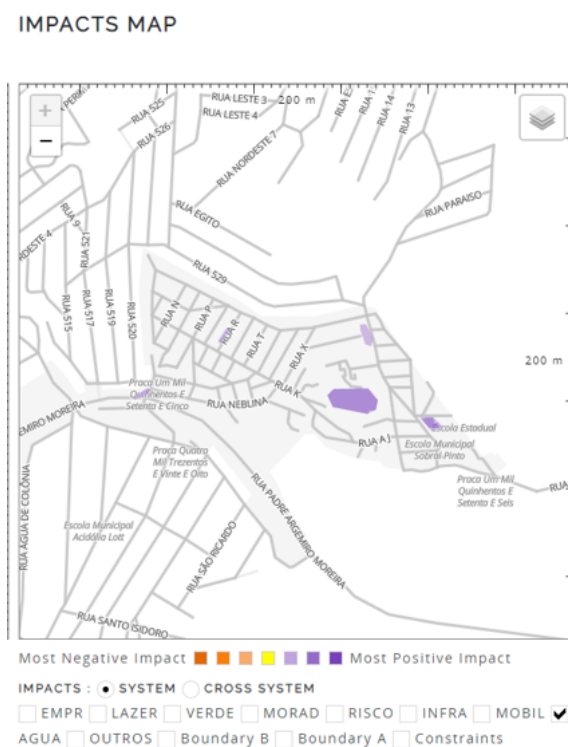
Fonte: Elaboração da autora, a partir da interpretação de resultados do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

No segundo caso de impacto territorial, como mencionado anteriormente, ocorre a análise de se os projetos desenvolvidos para um determinado sistema, correspondem a um bom nível de adequabilidade ou não, de acordo com o Modelo de Avaliação.

Esta comparação é feita através de uma escala que varia de um maior impacto negativo até um maior impacto positivo. Ou seja, quando o projeto de uma proposta se localiza em uma região com alta adequabilidade, ou ‘muito adequada’ (de acordo com o Modelo de Avaliação), ela terá um maior impacto positivo. Caso a proposta de enquadre em uma região ‘não adequada’, esta terá um maior impacto negativo.

Avaliando-se o impacto territorial do workshop jovens para o sistema ‘Água’ separadamente, têm-se os seguintes resultados da Figura 89.

Figura 89 - Mapa de Impacto Workshop jovens



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Pode-se observar que os projetos do sistema “Água” propostos pelos estudantes se enquadram nas categorias próximas aos impactos positivos (apenas nos tons roxos). Os projetos que se enquadram como de maiores impactos positivos, são:

- O jardim de chuva localizado na escola, que está em uma área de muita adequabilidade por apresentar uma situação de risco de inundação.
- Um dos canteiros pluviais, localizado na Rua Padre Argemiro Moreira, que está em uma área de muita adequabilidade para intervenção pois parte do canteiro está localizado em área de risco de inundação.
- O clube de crianças com água, que está localizado em uma área próxima a uma nascente, portanto possui muita adequabilidade para intervenção no sentido de interpretar o clube das crianças como uma área de proteção de nascente associada a um espaço de lazer. Pode-se comparar esta proposta ao projeto de revitalização da nascente Felicidade, citada no item 2.2.1.

É importante salientar que nenhum projeto se enquadrou como proposta de impacto negativo, pois no Modelo de Avaliação optou-se por não classificar nenhuma área como ‘pouco

apropriada’ ou ‘não adequada’. A ideia era justamente não impedir que nenhuma proposta fosse feita devido a sua “não-adequabilidade”.

Na Figura 90 é possível visualizar um resumo do impacto dos mapas síntese, em que se observa a porcentagem de área ocupadas pelos projetos de cada um dos quatro eixos principais, assim como os diagramas de impacto.

Figura 90 - Mapas síntese e impactos workshop jovens



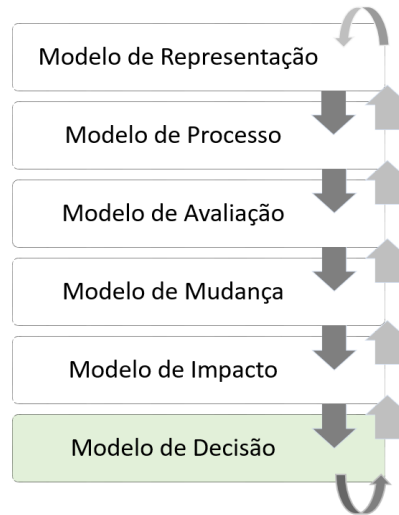
Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.



## - Modelo de Decisão

Para a elaboração do design final do Workshop Jovens no Modelos de Decisão (Figura 91), também foram observados os diagramas de frequência das propostas em cada um dos quatro eixos/grupos finais.

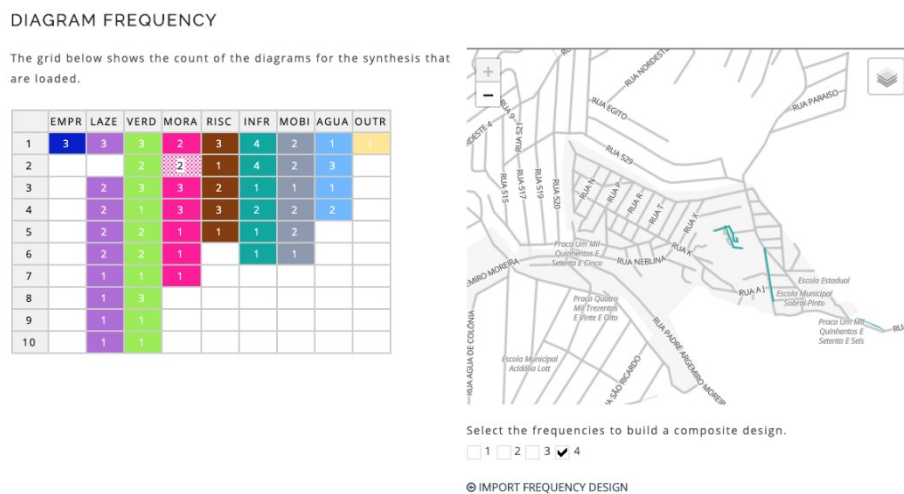
Figura 91 - Etapas do *Geodesign* - Modelo de Decisão



Fonte: Elaboração da autora

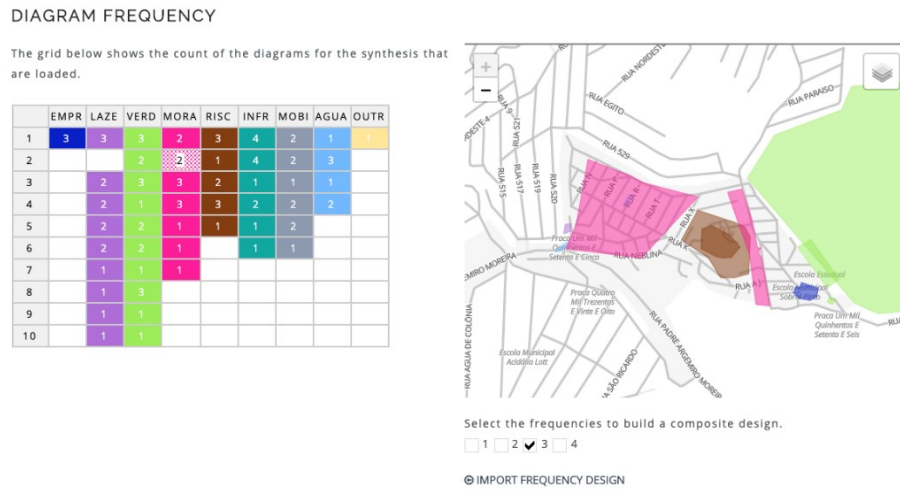
Os diagramas que haviam sido seleccionados pelos quatro grupos (Figura 92) ou por pelo menos três grupos (Figura 93), foram considerados relevantes, e, por sua vez, foram aprovados para compor a o design final.

Figura 92 - Diagrama de frequência 4



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

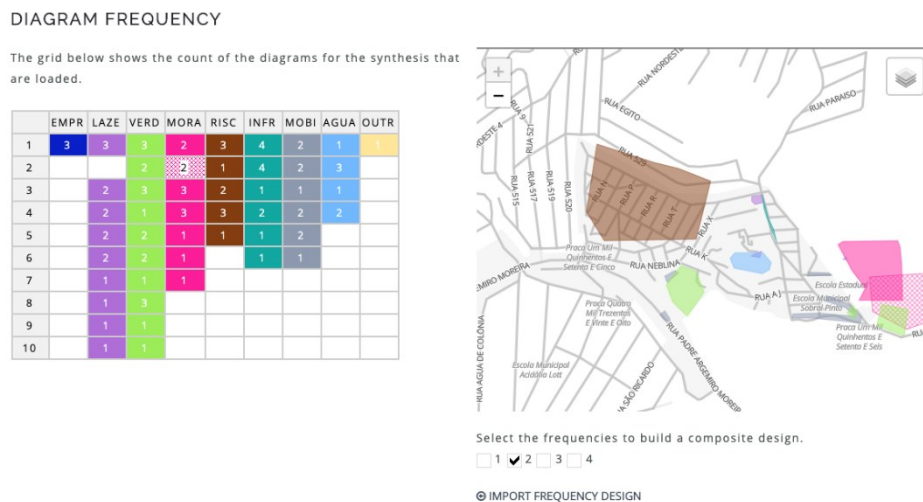
Figura 93 - Diagrama de frequência 3



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Os diagramas com frequência igual a dois (Figura 94) foram analisados um a um. O grupo que não havia escolhido o diagrama, explicava os motivos daquela decisão, ao passo que os dois grupos que haviam escolhido tentavam convencer ao primeiro e aceitar a proposta, ressaltando a importância da proposta em caso. Caso o grupo que não escolheu a proposta inicialmente, tenha sido convencido de que ela é importante, esta passa a ter frequência três. Caso contrário, a proposta fica de fora do design final.

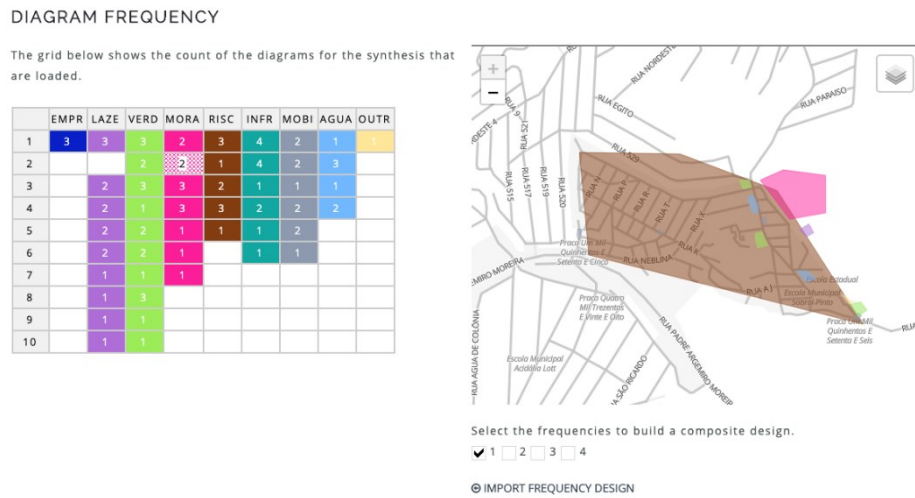
Figura 94 - Diagrama de frequência 2



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFGM e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Por último, para os diagramas com frequência igual a um (Figura 95), foi realizado o mesmo processo. Contudo, neste caso, o único proponente precisava defender sua ideia e convencer os dois outros grupos que não haviam indicado o diagrama.

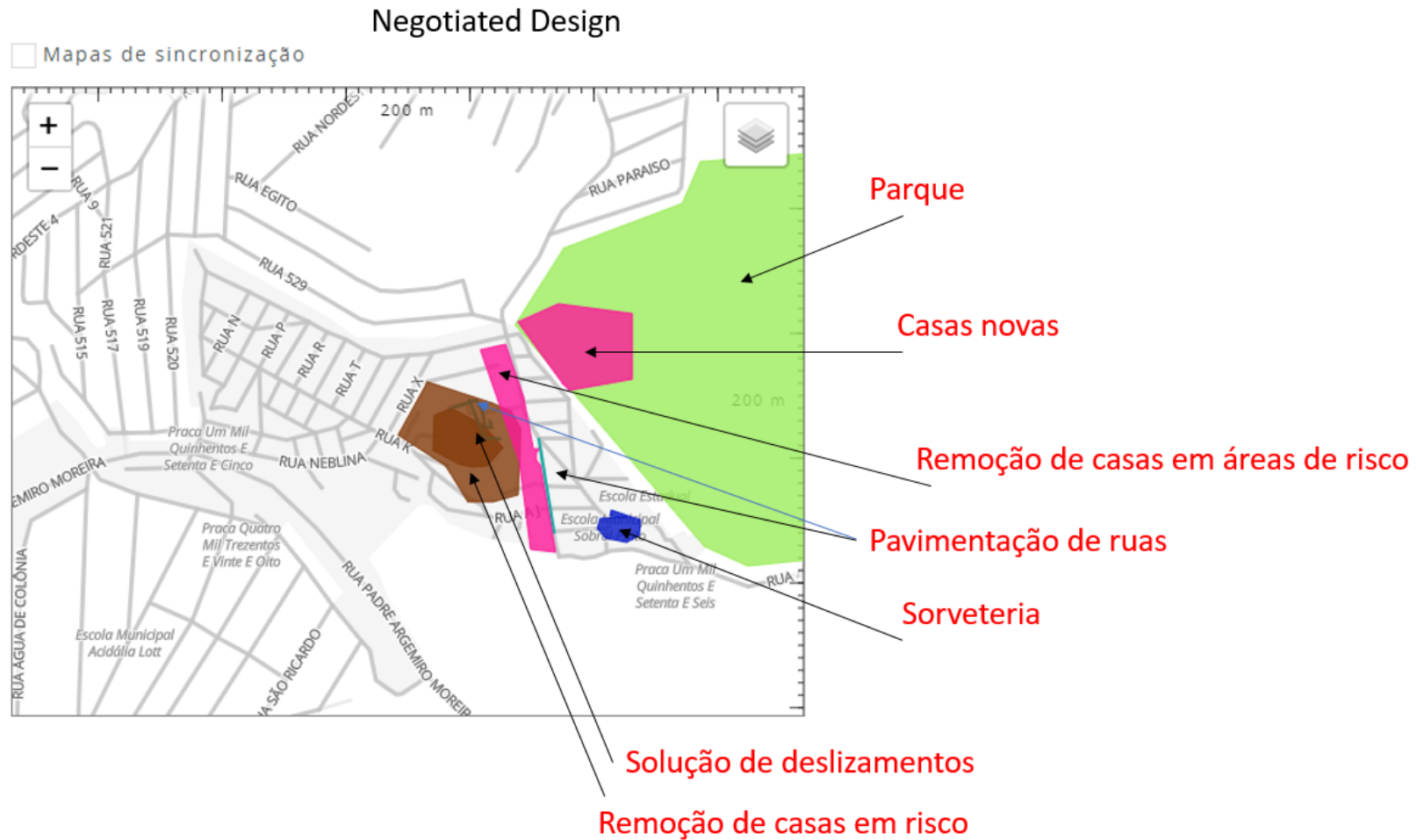
Figura 95 - Diagrama de frequência 1



Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019

Como resultado, obteve-se o produto final para o “Workshop Jovens - Paulo VI”, representado na Figura 96 que apresenta as propostas escolhidas pelos jovens para o Modelo de Decisão. Nota-se pelo Modelo, assim como pelo diagrama de frequência (Figura 97), que nenhuma proposta do sistema “Água” foi escolhida na decisão final. Observamos que eles mantiveram o foco em questões cotidianas de necessidade básica ou de apelo lúdico por serem crianças, pois falar da água ainda é algo muito novo para eles. Contudo, há decisões que favorecem o sistema água, protegendo áreas de risco ou de potencial hídrico, retirando pessoas da área de impacto e protegendo recursos verdes.

Figura 96 - Modelo de Decisão Workshop Jovens



Fonte: Elaboração da autora, a partir da interpretação de resultados do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

Observa-se que, como as crianças foram inicialmente separadas em sistemas, e apenas ao grupo que trabalhou o sistema água foi mostrado o cartaz explicando as possíveis ideias (*best practices*), houve efeito imediato para a criação da consciência sobre o tema, segundo necessidades e potencialidades, mas o mesmo não aconteceu com os outros grupos que não tiveram contato com as explicações.

As crianças dos outros sistemas de um modo geral, que não tiveram muito contato com essa temática durante o workshop, não priorizaram nenhuma proposta relativa ao sistema “Água”, o que nos leva a entender que a água não é uma variável de representatividade em um primeiro momento do planejamento territorial, ou que há falta de informação e conscientização sobre o tema. No Modelo de Decisão construído por acordo coletivo, foram consideradas variáveis de moradia, empreendimento, verde, risco e infraestrutura. Quando aconteceram as negociações, dos 4 grupos apenas o que recebeu as crianças que foram orientadas sobre as melhores práticas continuou com esta preocupação.

Observando que quem recebeu as informações as absorveu prontamente, temos aqui uma resposta. As crianças que foram orientadas a pensar em possibilidades relacionadas à temática água, àquelas crianças envolvidas no sistema “Água”, não tiveram problemas ou dificuldades em propor projetos neste sentido.

O diagrama de frequência do Modelo de decisão do workshop jovens pode ser observado na Figura 97.

Figura 97 - Diagrama de frequência Workshop Jovens  
**DIAGRAM FREQUENCY**

The grid below shows the count of the diagrams for the synthesis that are loaded.

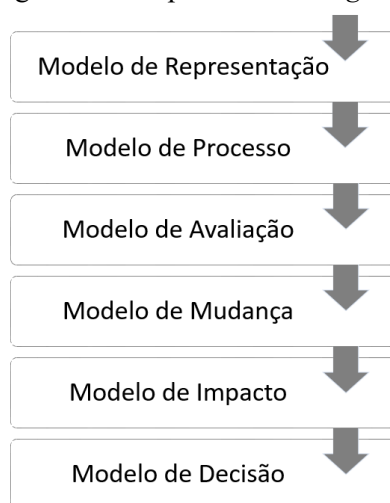
	EMPR	LAZE	VERD	MORA	RISC	INFR	MOBI	AGUA	OUTR
1	1				1	1			
2									
3			1	1					
4					1				
5									
6									
7				1					

Fonte: Elaboração da autora, capturado a partir do workshop de colaboração do Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG e do grupo COMPASSO/EPIC, 2019.

## 7.2 ESTUDO DE CASO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

O estudo de caso do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, também se baseou na aplicação do framework de *Geodesign* (Figura 98) proposto por Steinitz (2012). Pretendeu-se avaliar o potencial desta metodologia aliada à geovisualização para a participação pública no planejamento da infraestrutura azul em um nível de escala macro. Assim, explorou-se a possibilidade de discutir futuros alternativos para o Quadrilátero Ferrífero, em um desafio de trabalhar em uma escala mais abstrata e com menos detalhes.

Figura 98 - Etapas do *Geodesign*



Fonte: Elaboração da autora

Para a aplicação da metodologia, foi feito um workshop com alunos da pós-graduação da Escola de Arquitetura da UFMG. Dentre os participantes, havia também gestores públicos do Estado de Minas Gerais e professores. O workshop ocorreu no laboratório da escola e ao todo participaram 51 participantes.

Os sistemas utilizados para este estudo foram: água, paisagem, vegetação, empreendimentos sustentáveis, expansão urbana sustentável e ecoturismo. Como mencionado anteriormente, no *Geodesign*, os participantes são divididos em grupos que representam cada sistema e que devem ‘defender’ e propor alternativas relacionadas ao tema. Contudo, assim como no estudo de caso anterior, será descrito apenas o sistema água, que visa propor projetos que envolvam o tema infraestrutura azul.

Neste sentido, procurou-se desenvolver essa temática no planejamento da área, trabalhando com a paisagem extensa e complexa, que é o Quadrilátero Ferrífero.

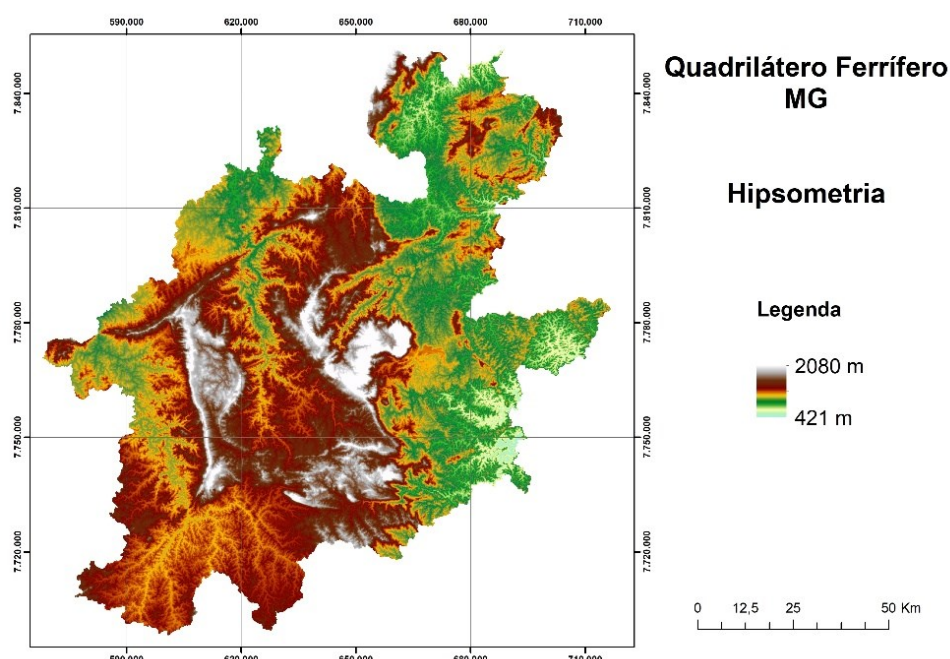
## Modelos de Representação e Processo

O Modelo de Representação resulta na decomposição da realidade do território em variáveis que representassem as suas principais características, na forma de temas e o Modelo de Processos resulta do tratamento dos dados obtidos, de forma a demonstrarem como as variáveis se distribuem e operam espacialmente no território. Para isso, foi obtida a base de dados cartográficos do Quadrilátero Ferrífero.

Assim como no outro estudo de caso, a decomposição das variáveis e o tratamento dos dados obtidos ocorreu em plataformas de geoprocessamento com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

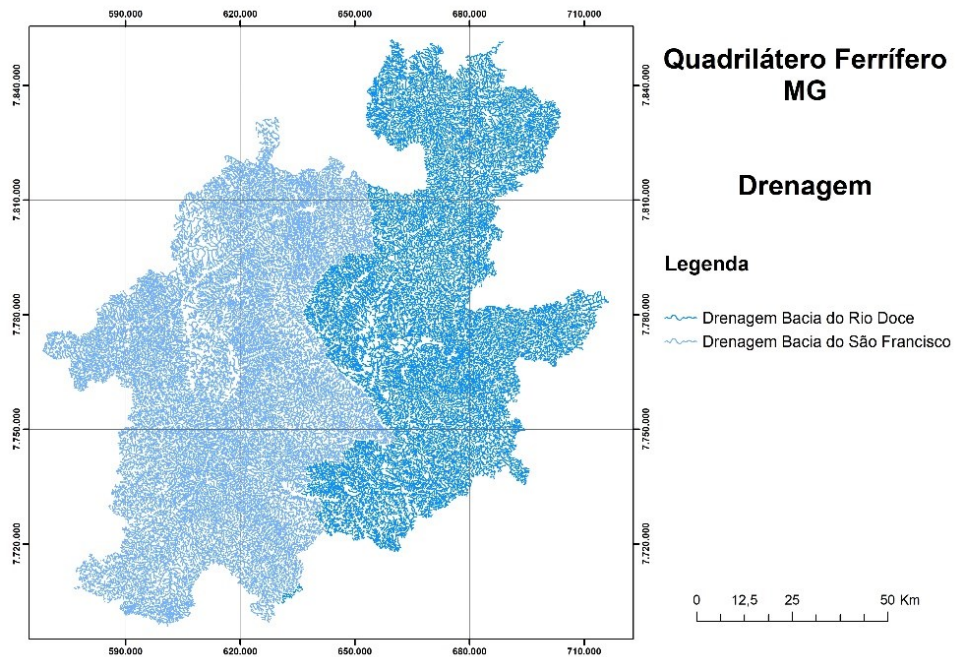
A caracterização do ‘Sistema água’, cujo a proposta foi de reunir projetos que envolvam o tema infraestrutura azul, teve como base os seguintes Modelos de Representação: imagem SRTM, com a representação da hipsometria (Figura 99); representação da drenagem da Bacia do Rio Doce e da Bacia do São Francisco, obtida no site do IDE-Sisema (Figura 100); representação da porosidade do solo do Quadrilátero Ferrífero, obtido através de dados do trabalho de Parizzi (2010), a partir do mapa de unidades geológicas (Figura 101).

Figura 99 - Hipsometria QF



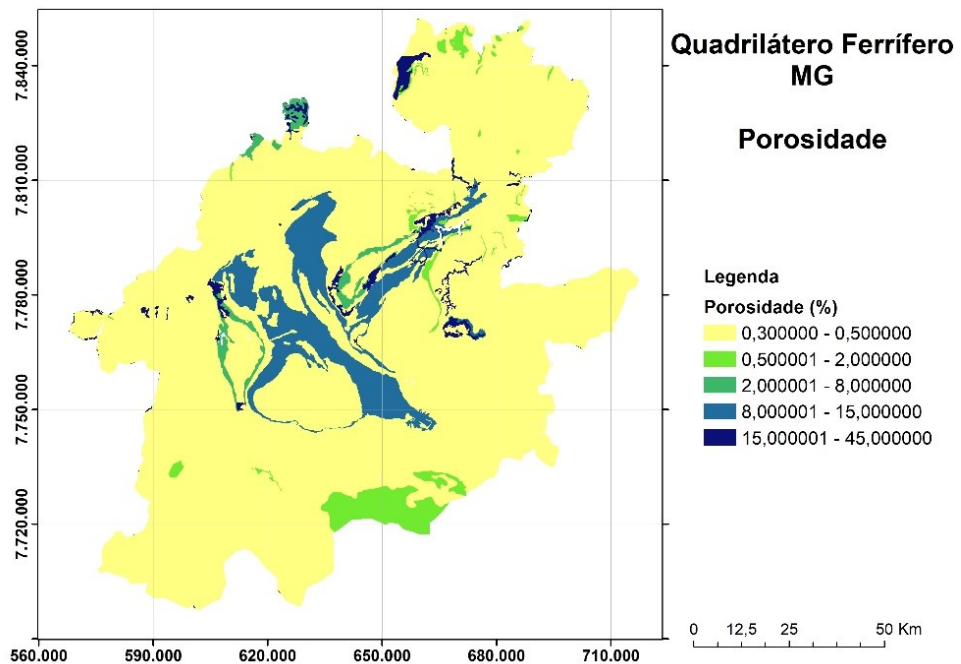
Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 100 - Drenagem QF



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 101 - Porosidade QF

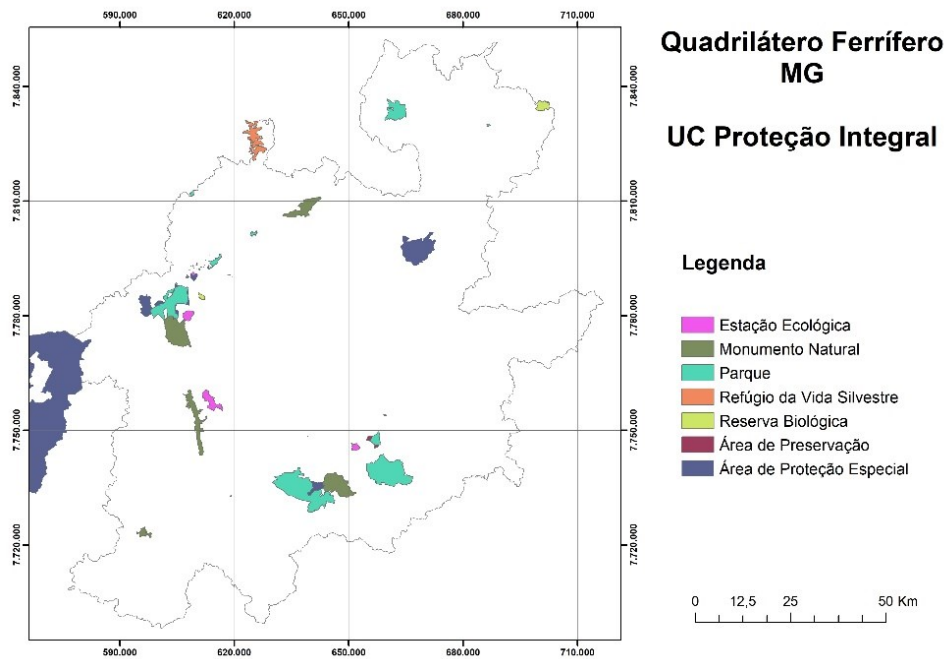


Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Utilizou-se também os dados de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável presentes no Quadrilátero Ferrífero para os Modelos de Representação das Figura 102 e Figura 103.

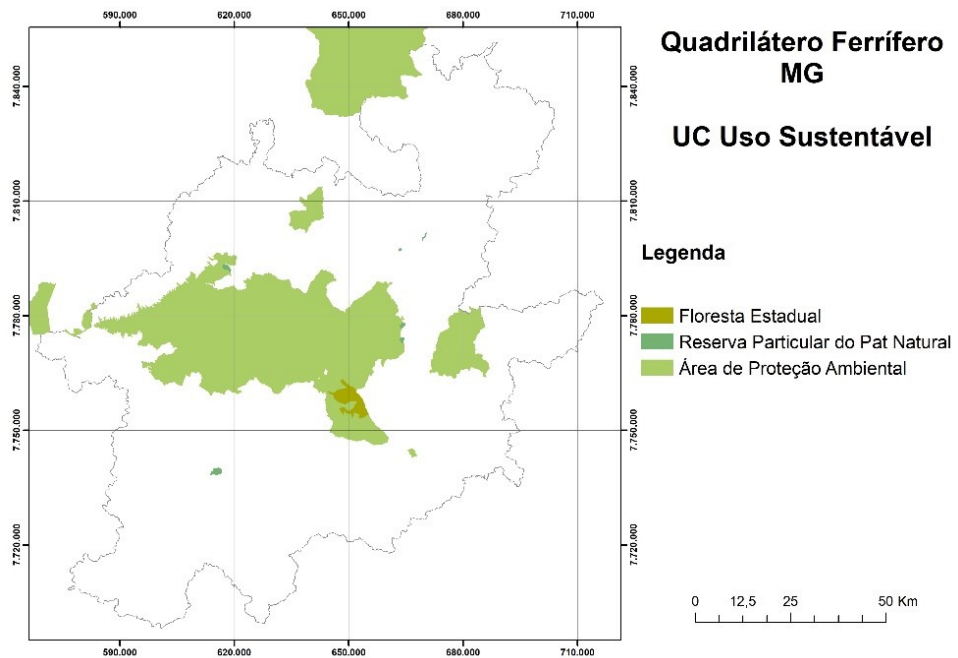


Figura 102 - UC Proteção Integral QF



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 103 - UC Uso Sustentável QF

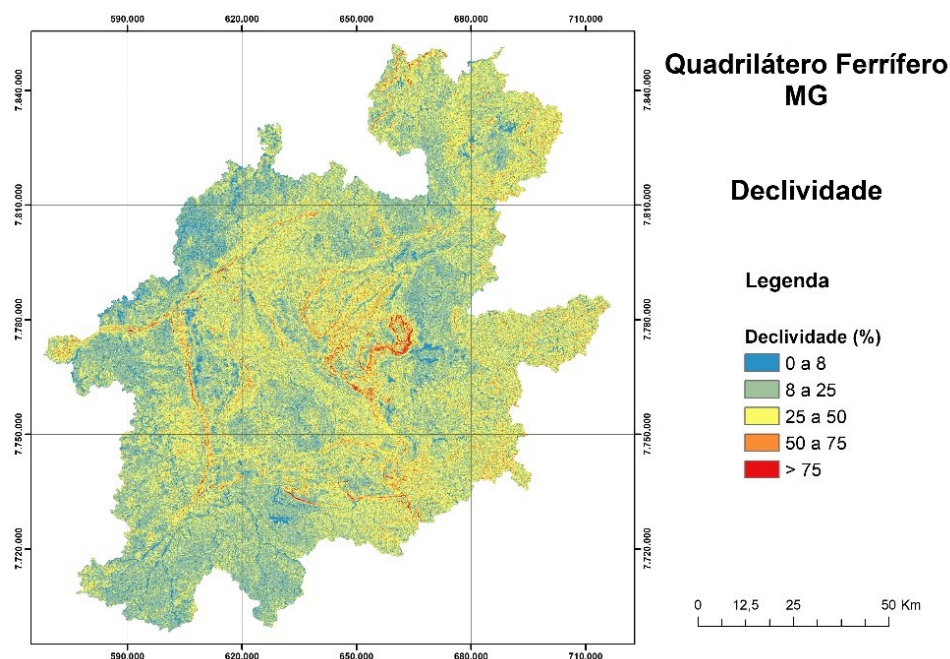


Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

A partir dos Modelos de Representação, os dados utilizados são tratados e transformados em Modelos de Processos. Sendo assim, o Modelo de Representação hipsométrico, gerou o Modelo de Processos de declividade do Quadrilátero Ferrífero (Figura 104). Os dados de

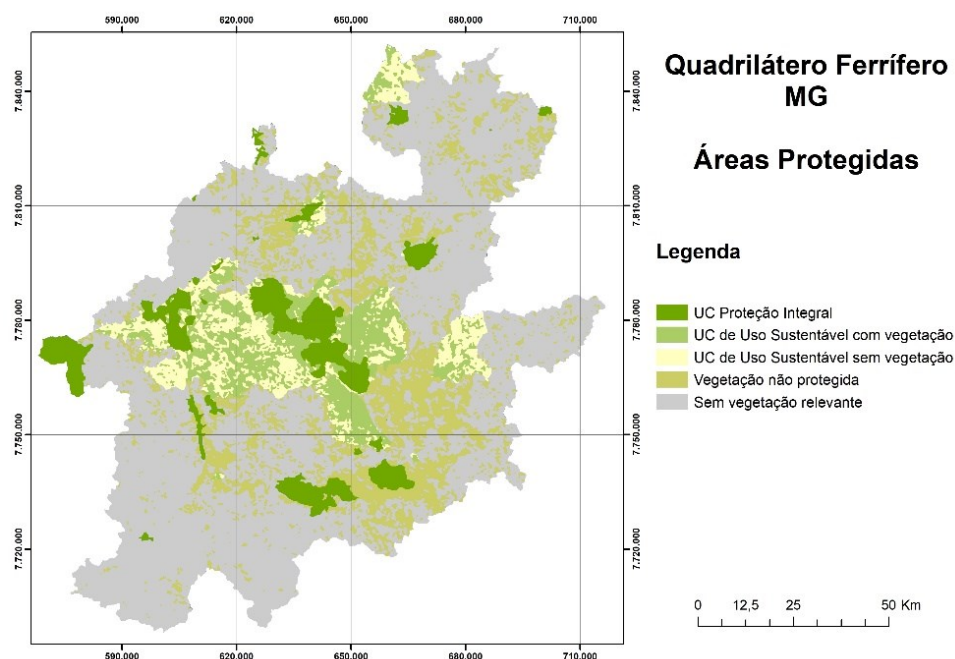
Unidades de Conservação (UC) presentes no território gerou o Modelos de Processos da Figura 105, em que há a classificação quanto: áreas com UC de Proteção Integral, UC de Uso Sustentável com vegetação, UC de Uso Sustentável sem vegetação, áreas com vegetação não protegida e áreas sem vegetação.

Figura 104 - Declividade QF



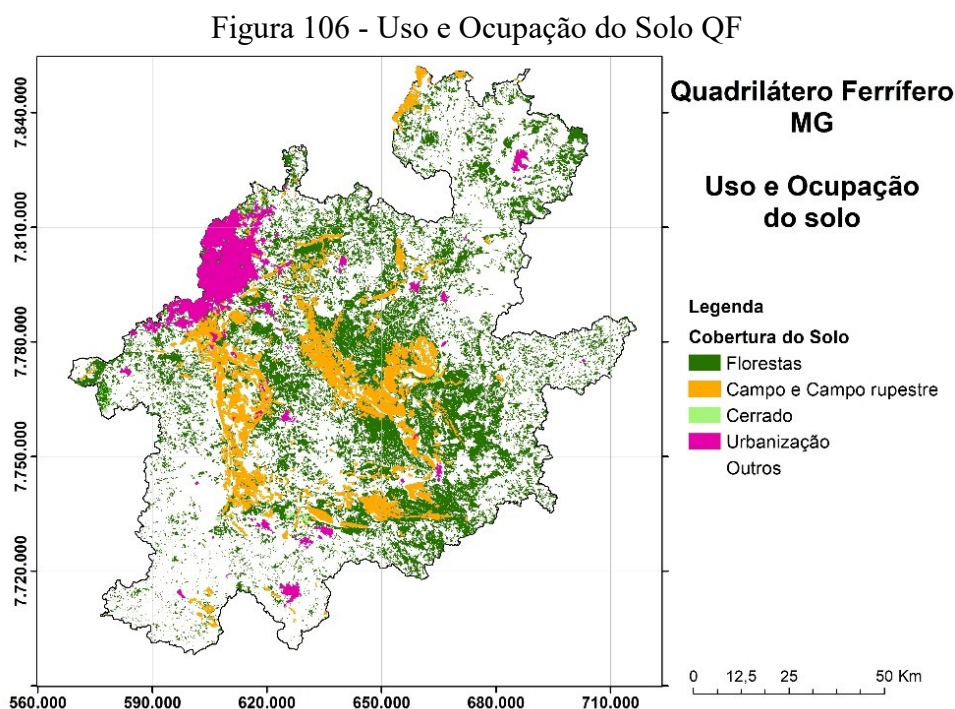
Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 105 - Áreas Protegidas QF



O modelo de processo da Figura 106, representando o uso e Cobertura do Solo, foi obtido por classificação supervisionada de imagem *Sentinel*, obtida no site *Earth Explorer*, gerando as seguintes classes: florestas, campo e campo rupestre, cerrado, urbanização e outros.

Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

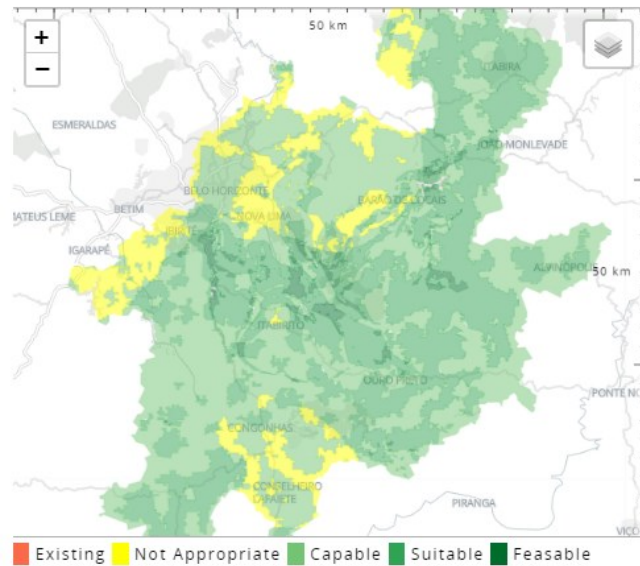
## Modelos de Avaliação

A etapa do Modelo de avaliação consistiu basicamente em caracterizar os sistemas a serem utilizados, levando em conta as potencialidades, limitações, dinâmicas, demandas e conflitos no território.

Como explicado anteriormente, a partir dessa avaliação, a área de estudo pode ser classificada em níveis de acordo com o grau de adequabilidade para intervenção em cada sistema correspondente. No Modelo de Avaliação do Sistema Água (Figura 107) do workshop acadêmico obteve-se áreas classificadas como ‘muito apropriadas’, ‘apropriadas’ e ‘não apropriadas’ para intervenção.

Para chegar-se a um Modelo de Avaliação, combinou-se as variáveis dos Modelos de Processos a partir de análises combinatórias, obtendo-se o seguinte Modelo de Avaliação da Figura 107.

Figura 107 - Modelo de Avaliação para o Sistema Água



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Como mencionado anteriormente, o modelo de avaliação é um mapa resultante de uma interpretação de algum especialista, de acordo com um ponto de vista específico. A partir de uma combinação de variáveis e a definição de seus pesos de importância, tem-se o mapa resultante com as áreas mais adequadas ou não para intervenções de determinado tema.

No entanto, devido à extensão da área deste estudo de caso, não se considerou satisfatório o Modelo de Avaliação obtido da metodologia de *Geodesign* para se propor técnicas de Infraestrutura Azul. Isto porque, o Modelo de Avaliação se mostrou muito generalizado devido à menor escala de análise.

Neste sentido, optou-se por utilizar como auxílio para o *workshop*, a plataforma *WebGis*, em que foram disponibilizados diversos dados detalhados, com menor intervenção e, consequentemente, menos manipulados. Esta plataforma, que será descrita no próximo item, foi usada como base para a proposição de ideias e projetos pelos participantes do *workshop*.

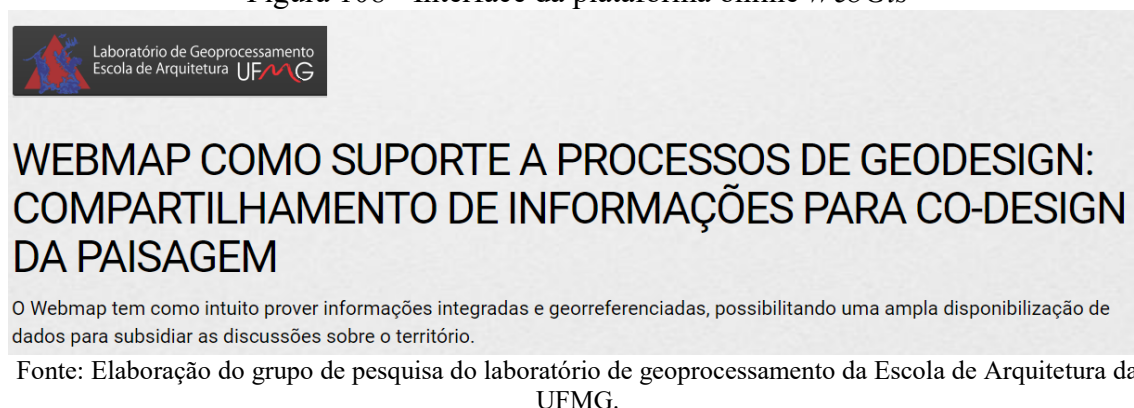
### Modelos de Mudança

A etapa de Modelo de Mudança é quando se inicia a fase do *workshop*, que significa o desenho de ideias de políticas e projetos para a área.

Diferentemente dos estudos de caso anteriores, neste, houve auxílio da plataforma online *WebGis* (Figura 108). Nela, foram disponibilizadas informações do território em estudo, dividido em seis eixos principais: Habitação; Condição territorial e urbana; Hidrografia;

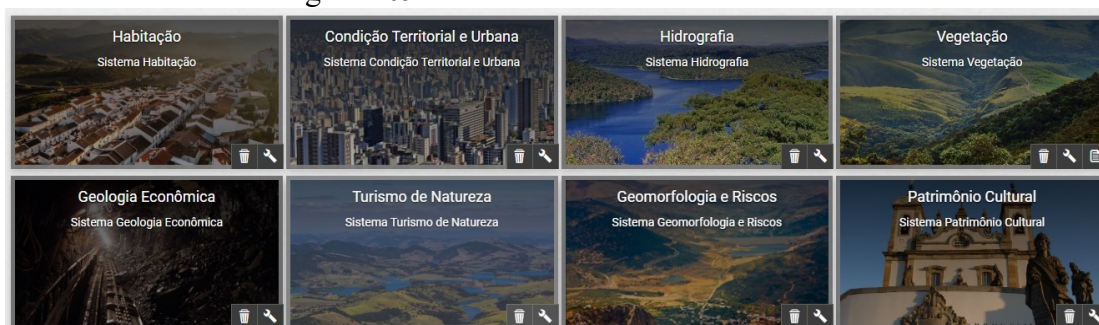
Vegetação; Geologia Econômica; Turismo de Natureza; Geomorfologia e Riscos; e Patrimônio Cultural.

Figura 108 - Interface da plataforma online *WebGis*



Nos mapas do *WebGis*, são apresentados informações e dados da paisagem de diversas temáticas (Figura 109). Enquanto no mapa do Modelo de Avaliação são definidas áreas adequadas ou não para alguma intervenção, os mapas do *WebGis* mostram dados como: presença de unidades de conservação (de uso sustentável ou proteção integral); presença de corpos hídricos; dados de monitoramento da qualidade da água; entre outros.

Figura 109 - Interface dos Eixos do WebGis

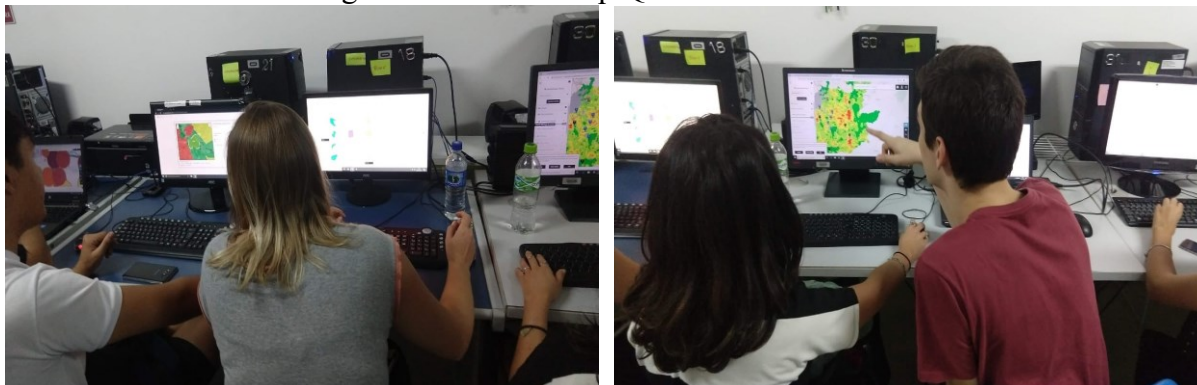


Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

No caso do eixo “hidrografia”, por exemplo, foram disponibilizados dados de porosidade; densidade de cabeceiras; finalidade de uso de outorga (abastecimento público, agroindústria, extração mineral, etc); relevo; declividade; entre outras. No eixo “vegetação” foram disponibilizados dados de Unidades de Conservação (Proteção Integral ou Uso Sustentável); tipos de vegetação. No eixo “Geomorfologia e riscos”, foram apresentados dados de declividade; uso do solo; relevo. Tais informações foram obtidas por meio de dados de órgãos públicos disponíveis.

Assim, tendo como base os mapas do *WebGis*, os participantes puderam sobrepor as camadas escolhidas, interpretá-las e sugerir intervenções de acordo com as informações disponíveis (Figura 110).

Figura 110 - Workshop Quadrilátero Ferrífero



Fonte: Imagens capturadas no Workshop.

Os 51 participantes, assim como no estudo de caso anterior, utilizaram a plataforma *Geodesign Hub* (Figura 111), desenvolvida para aplicar a metodologia de *Geodesign*.

Figura 111 - Interface da plataforma *GeoDesign Hub*



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Os participantes, divididos nos “Sistemas” (água, paisagem, vegetação, empreendimentos sustentáveis, expansão urbana sustentável e ecoturismo), se reuniram para discussão e elaboração de propostas. No caso do sistema “Água”, as propostas foram as seguintes:

#### a) Parque Linear do Rio Maracujá

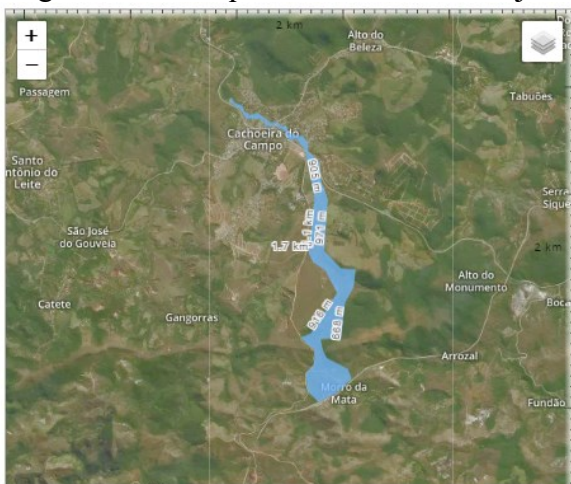
A proposta prevê a instalação de um parque linear com área vegetada em torno do Rio Maracujá (Figura 112), com objetivo de proteger o rio e aumentar as áreas permeáveis. O trecho

contemplado se encontra próximo à Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto. Atualmente, o rio sofre com a poluição da extração de minério.

### **b) Jardim de chuva Via Expressa**

Proposta visa instalar um jardim de chuva na Via expressa (Figura 113), devido ao histórico de inundações na região. O objetivo é propor uma medida de manejo das águas pluviais.

Figura 112 - Parque Linear Rio Maracujá



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 113 - Jardim de chuva Via Expressa



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

### **c) Canteiro pluvial**

A proposta sugere a implantação de um canteiro pluvial (Figura 114) na Avenida Sebastião de Brito, próximo à Av. Cristiano Machado. O objetivo O objetivo é o controle das águas pluviais para evitar inundações na região.

### **d) Proteção das áreas das cabeceiras**

A proposta trata-se de uma política que prevê a proteção das áreas das cabeceiras (Figura 115) próximo à região da Serra do Gandarela. O objetivo é proteger as nascentes que recarregam os rios e abastecem a região.

Figura 114 - Canteiro Pluvial



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 115 - Proteção de cabeceiras



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

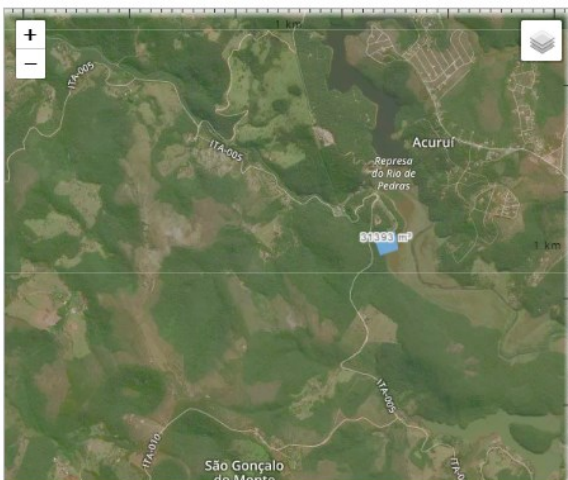
**e) ETA Acurui; ETA Ouro Branco e ETA Conselheiro Lafaiete**

Foram propostas a implementação de divesas Estações de Tratamento de Água (Figura 116) em regiões que os participantes julgaram haver uma demanda para este serviço: Acurui; Ouro Branco; e Conselheiro Lafaiete.

**f) Programa de monitoramento da qualidade da água**

Foi proposto um Programa de monitoramento da qualidade da água (Figura 117) em uma mancha abrangendo os municípios Ouro Preto e Mariana. O Objetivo foi monitorar cursos d'água próximos a minerações.

Figura 116- ETA Acurui



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 117 - Programa de Monitoramento



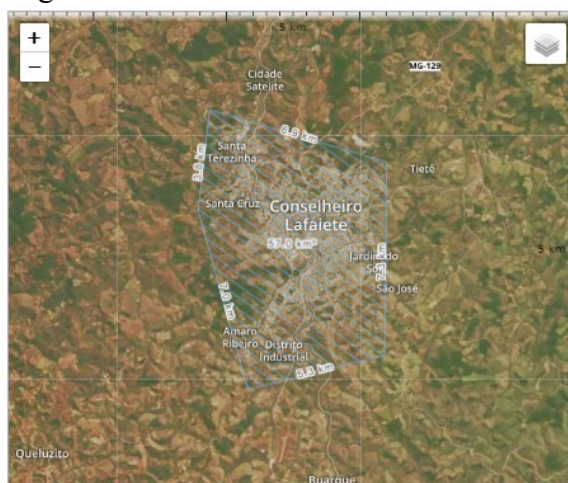
Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.



**g) Política de saneamento básico – Cons. Lafaiete; Entre Rios; Congonhas; Mariana**

Foi proposta um melhoramento da Política de saneamento básico (esgotamento sanitário; drenagem; tratamento da água e distribuição e gestão dos resíduos sólidos) nos municípios: Conselheiro Lafaiete, Entre Rios, Congonhas e Mariana (Figura 118).

Figura 118 - Política de Saneamento Básico



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Percebeu-se que, muitas vezes, as propostas pensadas para o ‘Sistema verde’ eram propostas também compatíveis com o ‘Sistema Água’, pois envolviam projetos que abrangiam tanto infraestrutura azul como infraestrutura verde. Na própria definição dos termos, há uma correlação entre eles. Parques lineares, praças, jardins, podem ser considerados infraestrutura verde ou azul. Isto porque, tais técnicas podem ter tanto a função de manejo de águas pluviais e controle de inundações como a função de regularização do clima ou melhoria da qualidade do ar, por exemplo. Neste sentido, optou-se por apresentar aqui também algumas propostas do ‘Sistema verde’.

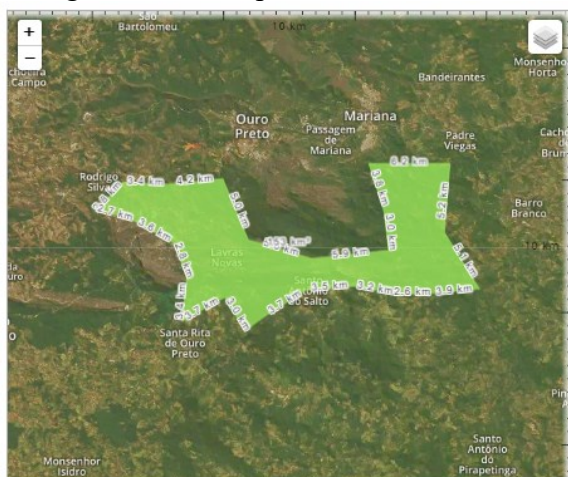
**h) Parque Curva das Serras – União de UCs**

Propõe-se a instalação de um Parque, unindo as Unidades de Conservação Parque Estadual Serra do Ouro Branco, Monumento Natural Estadual de Itatiaia e o Parque Estadual do Itacolomi. O objetivo é unir estas três Unidades de Conservação Estaduais, formando um corredor ecológico.

### i) Parque Linear de Suporte à Vida Silvestre

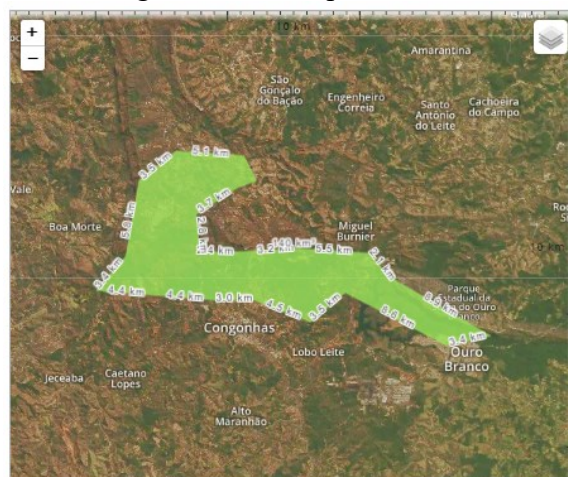
Esta proposta visa instalar um parque linear em volta de um trecho do Rio Paraopeba, passando pelos municípios de Ouro Branco e Congonhas. O parque tem o objetivo de preservar o rio, além de servir de corredor e dar suporte à vida silvestre.

Figura 119 - Parque Curva das Serras



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 120 - Parque Linear

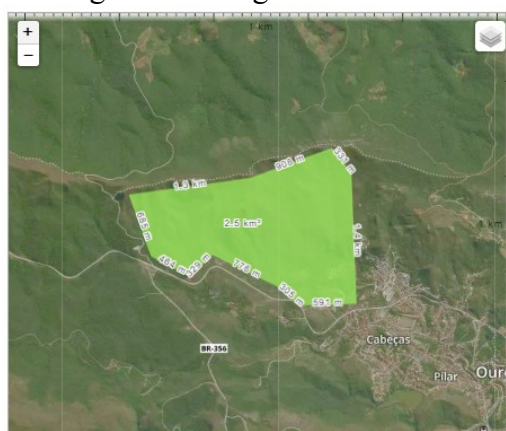


Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

### j) Águas do amanhã – proteção das nascentes urbanas

O Projeto Águas do amanhã (Figura 121) tem como objetivo contribuir para a preservação das nascentes do Jardim Botânico de Ouro Preto. Esta é uma importante área de recarga das Bacias do Paraopeba e Doce. Além disso, as águas das nascentes fornecem toda a água que abastece a cidade de Ouro Branco.

Figura 121 - Águas do amanhã



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Durante o *workshop* do Quadrilátero Ferrífero notou-se uma dificuldade na proposição de projetos devido à extensão do território. O fato de as técnicas de infraestrutura azul serem muito pontuais (como canteiros pluviais, jardins de chuva, entre outras) fez-se necessário uma ampliação do zoom no território para o desenho das propostas, o que dificultou abranger toda a área do Quadrilátero com propostas em um único *workshop*. Além disso, a maioria das propostas acabaram por se localizar em regiões conhecidas do território, como Belo Horizonte, Ouro Preto e Ouro Branco.

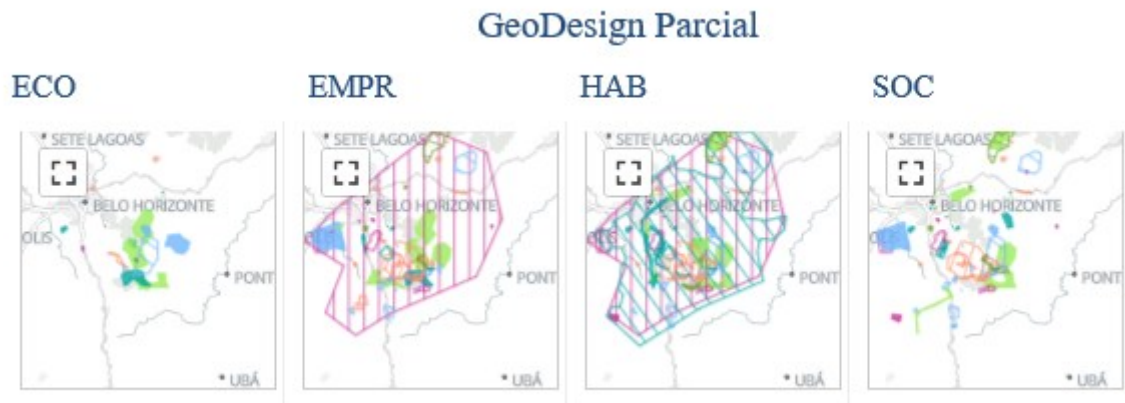
Neste *workshop*, houve algumas propostas de saneamento básico envolvendo esgotamento sanitário. Apesar de não ser o foco do Sistema Água (neste caso, seria do Sistema Infraestrutura), alguns servidores de órgão públicos participantes que conheciam algumas demandas neste sentido para a região, propuseram projetos de Estações de Tratamento de Esgoto e Água. No entanto, as propostas inovadoras de drenagem, como infraestrutura azul também foram contempladas, apesar da dificuldade na escala de detalhamento.

No entanto, a proposição de políticas, ao invés de projetos, se mostrou mais eficiente em uma região extensa como a do Quadrilátero Ferrífero. Ao invés de propostas pontuais de Infraestrutura Azul, como jardins de chuva ou pisos drenantes, por exemplo, a proposição de políticas com esta temática se mostrou mais abrangente, como: programa de proteção das cabeceiras ou política de saneamento/drenagem.

Após a elaboração das propostas, cada um dos grupos dos seis sistemas, escolheram as propostas que melhor os representava, resultando nos conjuntos de propostas. O objetivo desta etapa foi realizar o primeiro “design” para a área de estudo.

Em seguida, os grupos dos oito sistemas iniciais foram reagrupados em 4 principais eixos: meio ambiente; empreendimento; habitação e social. O objetivo desta etapa foi realizar um *design* parcial para a área de estudo. Sendo assim, cada novo grupo escolheu as propostas que melhor os representava, resultando nos conjuntos de propostas representados na Figura 122.

Figura 122 - Geodesign parcial



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

### **Modelos de Impacto**

Como explicado no estudo de caso anterior, existem dois tipos de conflitos que podem influenciar no Modelo de Impacto: o conflito de área e o conflito territorial.

Para determinar o impacto de acordo com o conflito de área, foram definidas, a partir de discussões realizadas em sala, um quantitativo de área esperada para cada sistema.

Com o quantitativo de área definido para cada sistema, o impacto relativo à metragem proporcional a cada sistema, pode ser calculado. O objetivo desta fase é avaliar ao longo do workshop se algum tema deixou de ser contemplado enquanto outro tema foi contemplado muitas vezes. Por exemplo, se um grupo apenas faz propostas para o setor de empreendimentos e não faz propostas suficiente para o meio ambiente, o Modelo de Impactos ressalta este impasse.

O conflito territorial é quando há a colocação de propostas em locais inadequados: se existe sobreposição de diagramas incompatíveis ou se os projetos desenvolvidos para um determinado sistema, correspondem a um bom nível de adequabilidade de acordo com o Modelo de Avaliação.

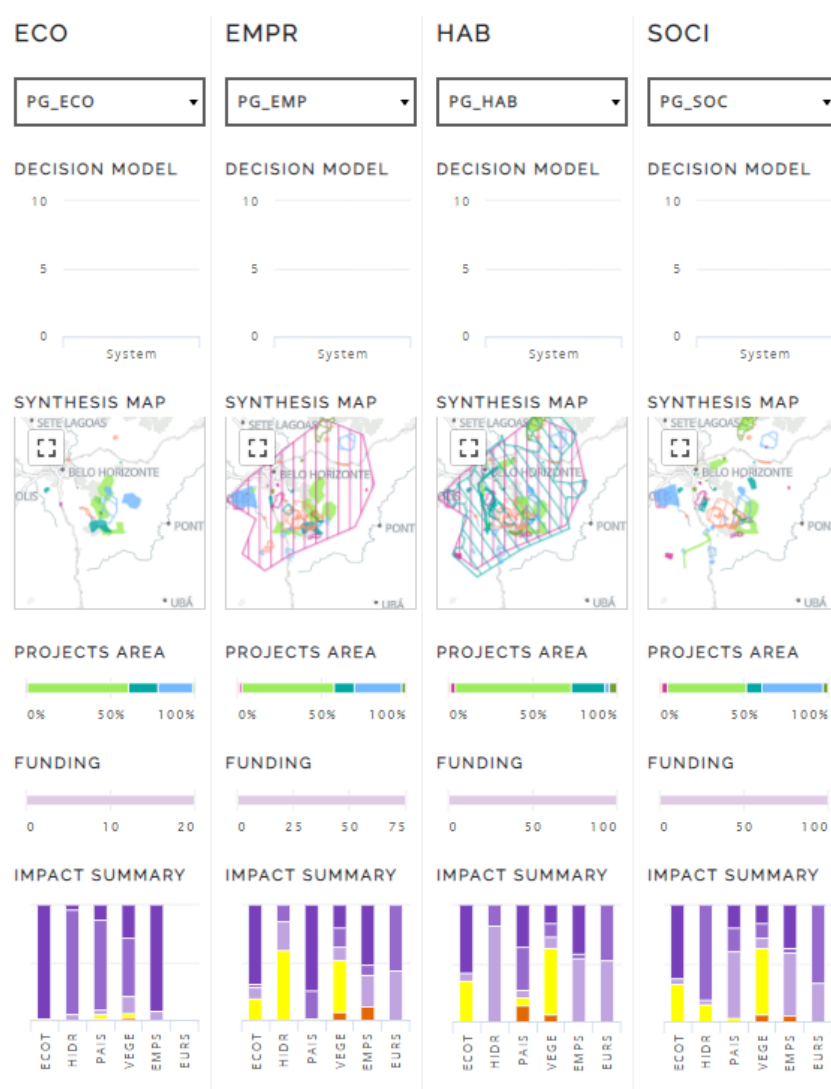
Como explicado anteriormente, se um diagrama do sistema “água” fica sobreposto a um diagrama do sistema “verde”, o impacto pode ser bom (representado pela cor roxa no gráfico de impacto). Contudo, se essa sobreposição ocorre com diagrama do sistema “verde” com o do sistema “empreendimento”, por exemplo, o impacto pode ser péssimo (representado pela cor laranja no gráfico de impacto).

No segundo caso de impacto territorial, ocorre a análise de se os projetos desenvolvidos para um determinado sistema, correspondem a um bom nível de adequabilidade ou não, de

acordo com o Modelo de Avaliação. Ou seja, quando o projeto de uma proposta se localiza em uma região com alta adequabilidade, ou ‘muito adequada’ (de acordo com o Modelo de Avaliação), ela terá um maior impacto positivo. Caso a proposta de enquadre em uma região ‘não adequada’, esta terá um maior impacto negativo.

Na Figura 123 pode-se identificar que o grupo de habitação e meio ambiente propuseram projetos do ‘Sistema Hidro’ sem conflitos territoriais, já que a coluna Hidro deste eixos se encontra na cor roxa. Enquanto os grupos empreendimento e social propuseram projetos do “Sistema Hidro” em alguns locais não adequados (parte da coluna em cor amarela).

Figura 123 - Mapa síntese e impactos



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

## Modelos de Decisão

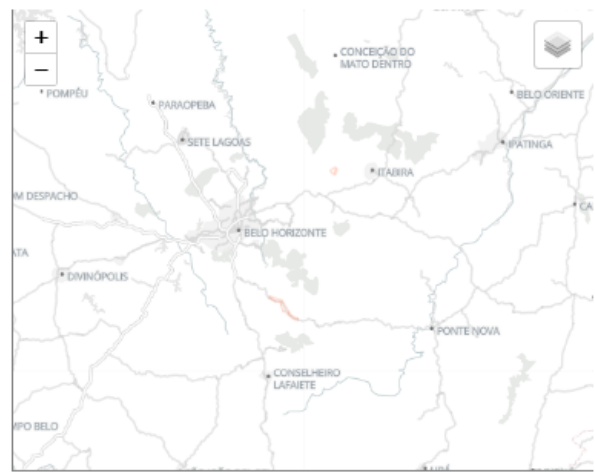
Para a elaboração do design final, ou Modelo de Decisão, são observados os diagramas de frequência das propostas em cada um dos quatro eixos/grupos finais. Os diagramas que haviam sido selecionados pelos quatro grupos (Figura 124) ou por pelos menos três grupos (Figura 125) foram considerados relevantes, e, por sua vez, foram aprovados para compor a o design final.

Figura 124 - Diagrama de frequência 4

DIAGRAM FREQUENCY

The grid below shows the count of the diagrams for the synthesis that are loaded.

	ECOT	HIDR	PAIS	VEGE	EMPS	EURS
1	1		2	2	2	4
2	3	1	2	3	1	2
3	1	3	2	1	2	2
4	2	3	2	1	2	3
5	3	2	3	3	2	3
6	1	2	2	3	2	2
7		2			3	3
8	1	1	1	1	2	2
9		1	1		1	2
10	1	2	1	2		2
11	1	2			1	2
12		2	1		1	3
13			1		1	4
14		2				2
15		2		1	2	3



Select the frequencies to build a composite design.

1  2  3  4

Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Figura 125 - Diagrama de frequência 3

DIAGRAM FREQUENCY

The grid below shows the count of the diagrams for the synthesis that are loaded.

	ECOT	HIDR	PAIS	VEGE	EMPS	EURS
1	1		2	2	2	4
2	3	1	2	3	1	2
3	1	3	2	1	2	2
4	2	3	2	1	2	3
5	3	2	3	3	2	3
6	1	2	2	3	2	2
7		2			3	3
8	1	1	1	1	2	2
9		1	1		1	2
10	1	2	1	2		2
11	1	2			1	2
12		2	1		1	3
13			1		1	4
14		2				2
15		2		1	2	3



Select the frequencies to build a composite design.

1  2  3  4

Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

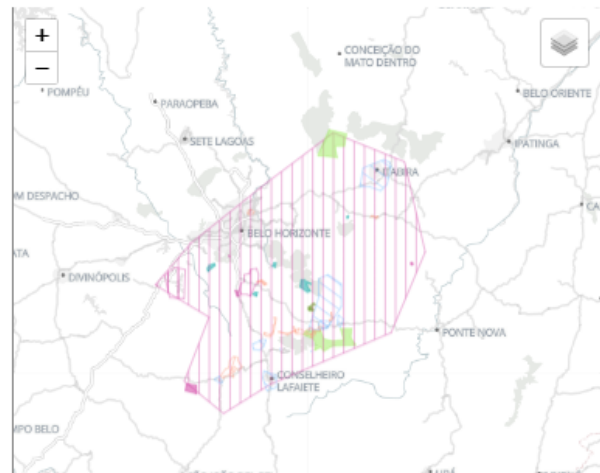
Os diagramas com frequência igual a dois (Figura 126) foram analisados um a um. O grupo que não havia escolhido o diagrama, explicava os motivos daquela decisão, ao passo que os dois grupos que haviam escolhido tentavam convencer ao primeiro e aceitar a proposta, ressaltando a importância da proposta em caso. Caso o grupo que não escolheu a proposta inicialmente, tenha sido convencido de que ela é importante, esta passa a ter frequência três. Caso contrário, a proposta fica de fora do design final.

Figura 126 - Diagrama de frequência 2

DIAGRAM FREQUENCY

The grid below shows the count of the diagrams for the synthesis that are loaded.

	ECOT	HIDR	PAIS	VEGE	EMPS	EURS
1	1		2	2	2	4
2	3	1	2	3	1	2
3	1	3	2	1	2	2
4	2	3	2	1	2	3
5	3	2	3	3	2	3
6	1	2	2	3	2	2
7		2			3	3
8	1	1	1	1	2	2
9		1	1		1	2
10	1	2	1	2		2
11	1	2			1	2
12		2	1		1	3
13			1		1	4
14		2				2
15		2		1	2	3



Select the frequencies to build a composite design.

1  2  3  4

Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Para os diagramas com frequência igual a um (Figura 127) foi realizado o mesmo processo. Contudo, neste caso, o único proponente precisava defender sua ideia e convencer os dois outros grupos que não haviam indicado o diagrama.

Figura 127 - Diagrama de frequência 1

DIAGRAM FREQUENCY

The grid below shows the count of the diagrams for the synthesis that are loaded.

	ECOT	HIDR	PAIS	VEGE	EMPS	EURS
1	1		2	2	2	4
2	3	1	2	3	1	2
3	1	3	2	1	2	2
4	2	3	2	1	2	3
5	3	2	3	3	2	3
6	1	2	2	3	2	2
7		2			3	3
8	1	1	1	1	2	2
9		1	1		1	2
10	1	2	1	2		2
11	1	2			1	2
12		2	1		1	3
13			1		1	4
14		2				2
15		2		1	2	3



Select the frequencies to build a composite design.

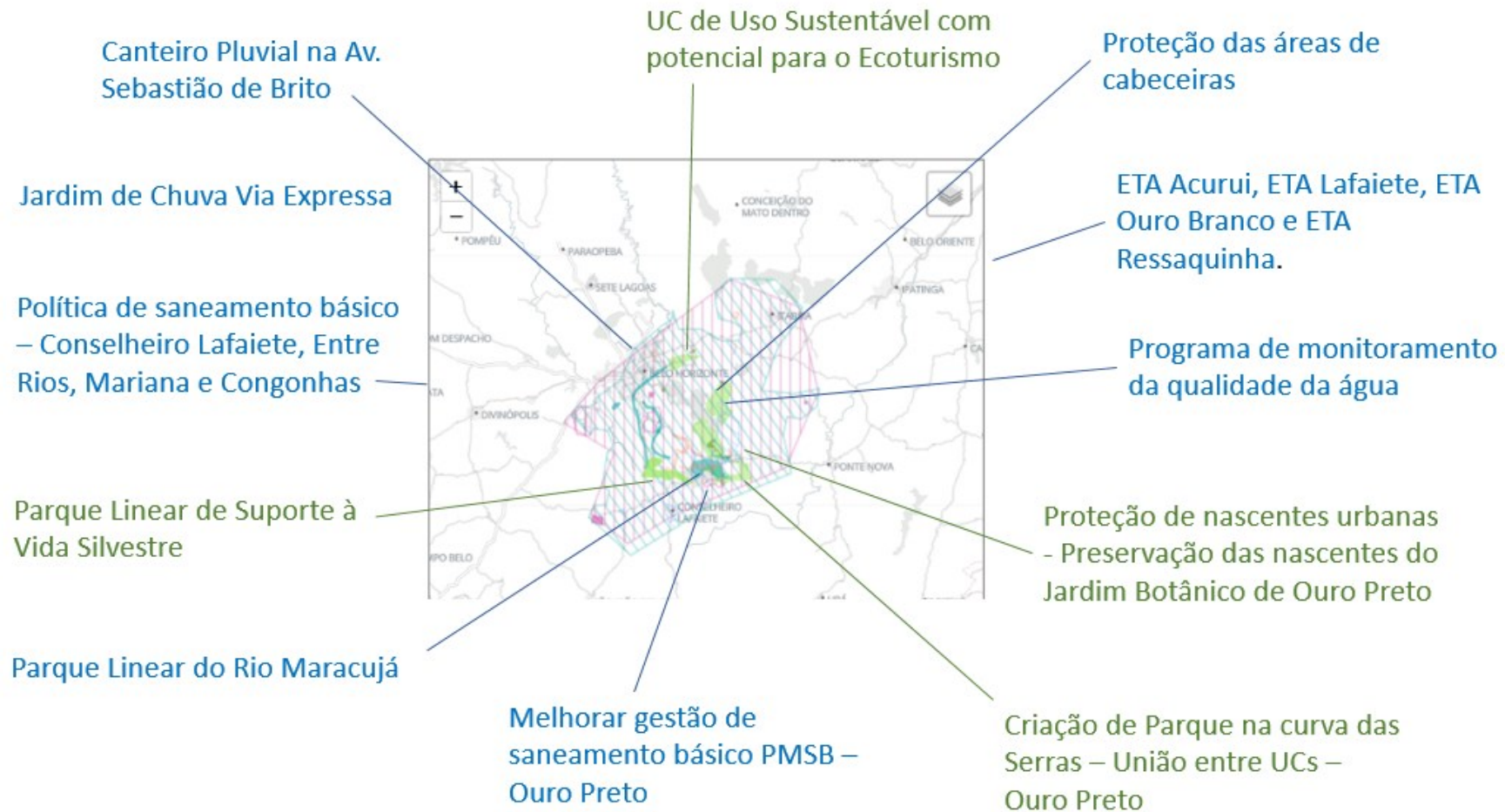
1  2  3  4

Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

Como resultado, obteve-se o produto final deste estudo de caso, que é o Modelo de Decisão (Figura 128), no qual pode-se visualizar todas as propostas escolhidas na decisão em grupo final.



Figura 128 - Modelo de Decisão Quadrilátero Ferrífero



Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

O diagrama de frequência do Modelo de decisão pode ser observado na Figura 129. Comparando-se com os outros sistemas, verifica-se que houve uma alta adesão das propostas do sistema ‘hidro’, sendo escolhidas quatorze propostas relacionadas ao tema.

Nota-se também um maior número de políticas (em hachura) se comparados com os workshops dos outros estudos de caso. Acredita-se que o fato do Quadrilátero Ferrífero ser uma região muito extensa, torna-se mais fácil propor políticas que são mais abrangentes, do que propor projetos pontuais em uma escala macro.

Figura 129 - Diagrama de frequência Quadrilátero Ferrífero

	ECOT	HIDR	PAIS	VEGE	EMPS	EURS
1	1			1	1	1
2	1	1				
3		1	1	1	1	
4	1				1	
5			1	1	1	1
6		1		1	1	1
7		1		1	1	
8					1	1
9	1	1	1		1	1
10	1					1
11	1	1		1	1	1
12		1				
13	1				1	1
14		1		1		
15						
16			1			
17		1				1
18	1	1	1			
19		1	1			
20		1	1			
21			1			
22						
23	1					1
24	1					
25						
26						
27				1		
28						
29						
30						
31		1				
32		1				

Fonte: Elaboração do grupo de pesquisa do laboratório de geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG.

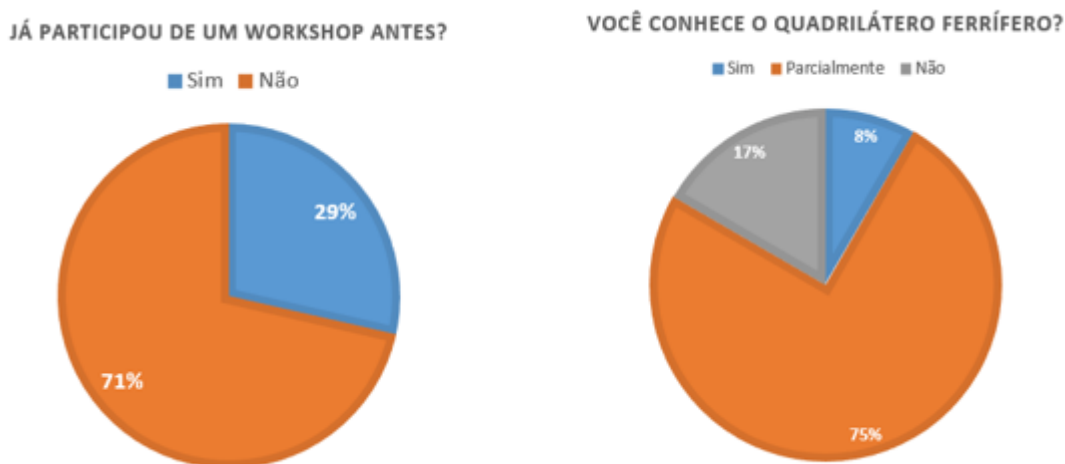
### 7.2.1 Questionários

Para o estudo de caso do Quadrilátero Ferrífero, foi aplicado um questionário para avaliar o entendimento dos participantes com relação ao estudo de *Geodesign*, sobre os recursos de geovisualização utilizados e outras questões sobre a metodologia.

Ao todo, 71% dos participantes já haviam participado de um *workshop* de *Geodesign* antes do workshop do Quadrilátero Ferrífero (Figura 130). Quase 40% dos participantes acredita que alguém que nunca participou de um *workshop*, não entenderia como funciona o *Geodesign*, sendo importante participar na prática da metodologia.

Com relação ao conhecimento do território de estudo, 75% dos participantes afirmam conhecer o Quadrilátero Ferrífero parcialmente, 8% conhecem bem a região e 17% não conhecem (Figura 130). Muitos ressaltaram a necessidade de se fazer um estudo mais aprofundado sobre o território antes do *Geodesign* e que seria interessante fazer estudos de campo para um melhor entendimento das necessidades e demandas do lugar.

Figura 130 - Questionário de validação



Fonte: Elaboração da autora.

Após o *workshop*, 78% dos participantes entenderam bem o que é *Geodesign*, 17% entenderam parcialmente e 5% não entenderam a metodologia. 94% dos participantes indicariam o *Geodesign* como metodologia de escuta (Figura 130). De forma geral, os alunos sugeriram que antes do *workshop* houvesse a apresentação de situações reais em que a metodologia foi bem-sucedida, através de estudos de caso.

Figura 131 - Questionário de validação

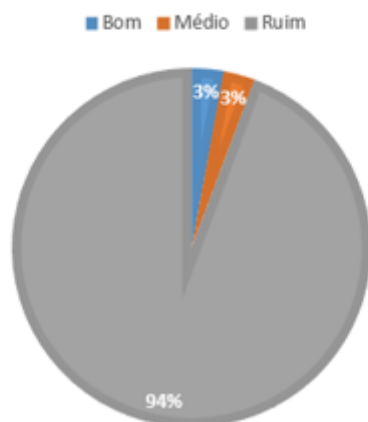


Fonte: Elaboração da autora.

Quase 60% dos participantes consideraram muito difícil trabalhar com propostas em toda a região do Quadrilátero Ferrífero e consideraram a participação abstrata por não conhecerem bem toda a região e pela sua extensão.

Quase a totalidade dos participantes (94%) consideram muito importante os mapas do *webgis* como apoio para o conhecimento do território e o desenvolvimento de propostas (Figura 132). Para eles, os dados do *webgis* foram muito importantes e úteis para o processo de entendimento do território.

Figura 132 - Questionário de validação  
COMO SERIA O WORKSHOP SEM OS MAPAS DO WEBGIS?

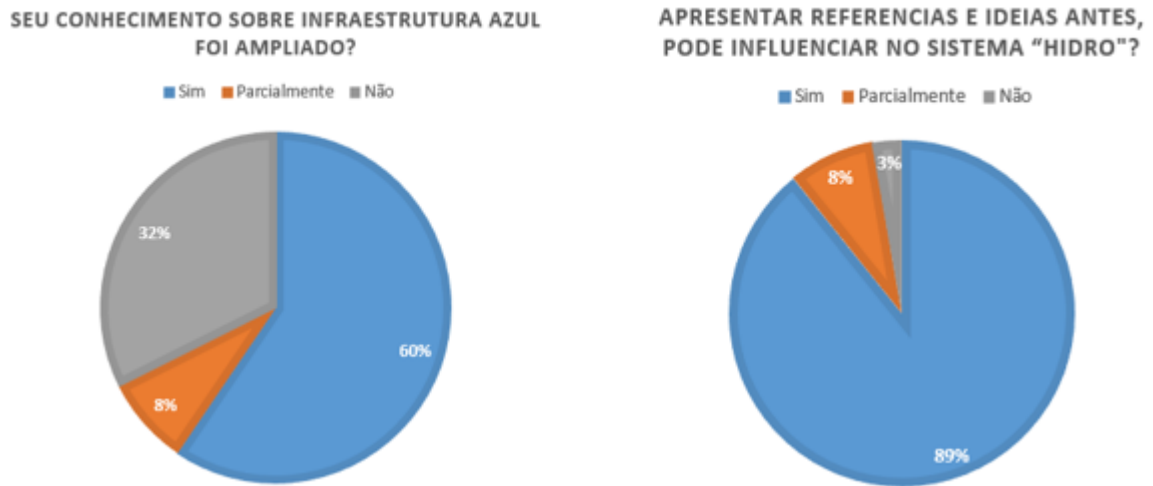


Fonte: Elaboração da autora.

Com relação à infraestrutura azul, 60% dos participantes acredita que a visão sobre o tema foi ampliada. Alguns alunos relataram que costumam trabalhar apenas com propostas de saneamento tradicional no planejamento, mas que o conhecimento sobre infraestrutura azul foi ampliado após o workshop.

89% acredita que a apresentação de referências antes do workshop, influenciou na proposição de ideias no ‘Sistema Azul’ (Figura 133). No entanto, alguns participantes ressaltaram que a apresentação de ideias antes do workshop pode também manipular os participantes para a proposição de determinadas ideias.

Figura 133 - Questionário de validação



Fonte: Elaboração da autora.

## 8 DISCUSSÃO

A metodologia de *Geodesign* aliada à recursos de geovisualização foi aplicada neste trabalho para propor projetos e políticas de infraestrutura azul e ampliar a compreensão desta temática no processo de planejamento participativo do território.

Para tanto, foram feitos dois estudos de caso: Conjunto Paulo VI e Quadrilátero Ferrífero, sendo que no primeiro, foram feitas duas iterações distintas previstas na metodologia: iteração com workshop acadêmico e iteração com workshop com as pessoas do lugar.

No workshop acadêmico, os participantes já conheciam o Conjunto Paulo VI, devido à estudos de campo e acadêmicos sobre o local, fruto do envolvimento no projeto “COMPASSO - EPIC: Parcerias educacionais para inovações em comunidades”. Sendo assim, os participantes tiveram facilidade em propor projetos para o local, pois conheciam algumas demandas e limitações.

Quanto ao ‘Sistema Água’, relacionado à temática infraestrutura azul, as propostas foram muito ligadas ao manejo das águas pluviais e proteção das nascentes, levando em consideração soluções técnicas e considerando a adequação à legislação ambiental. O fato de os participantes serem acadêmicos ou profissionais da prefeitura já envolvidos com a temática, proporcionou soluções assertivas para o local. No entanto, as propostas do workshop acadêmico não consideraram, por exemplo, a possibilidade de associar infraestrutura azul à espaços de lazer para os moradores.

Com relação a representatividade da infraestrutura azul no planejamento territorial, o workshop acadêmico se apresentou bastante positivo. Neste sentido, muitas propostas do “Sistema Água” foram priorizadas no Modelo de Decisão, como: jardins de chuva, parque permeável, proteção de nascentes e políticas de educação ambiental para proteção de nascentes.

No Workshop Jovens, embora a faixa etária dos participantes tenha sido bem abaixo do esperado inicialmente, o desenvolvimento da metodologia foi surpreendente, pois notou-se um grande conhecimento do território por parte dos estudantes e nenhuma dificuldade em trabalharem com instrumentos digitais *web-based*. O alto nível de conhecimento do território fez com que os participantes identificassem rapidamente por exemplo, as áreas de risco, os mercados, os pontos de ônibus e os lugares de referência no conjunto. Foi notória a facilidade dos alunos com a tecnologia, pois tiveram extrema facilidade no manuseio do mapa em 3D e da plataforma *Geodesign Hub*.

Observou-se também que, a partir da orientação sobre os mapas temáticos e sobre as variáveis mapeadas, apresentados em impressos, eles construíram facilmente relações e associaram ao que conheciam do território.

As propostas do sistema “Água”, um pouco baseadas na cartilha de Infraestrutura azul (Figura 74) apresentada a eles antes do Modelo de Mudança, e muito baseadas no imaginário das próprias crianças, se mostraram muito pertinentes, tanto na localização como no propósito. Os espaços foram pensados pelas crianças, de forma que eles pudessem servir como áreas de lazer e brincadeiras.

Além disso, durante a proposição de ideias no workshop jovens, não foram utilizados os Modelos de Avaliação. O fato de os participantes conhecerem muito o território, tornou o Modelo de Avaliação desnecessário, de forma que os desenhos das propostas foram feitos com o mapa base de imagem de satélite, e não do mapa base do Modelo de Avaliação.

No workshop jovens, nenhuma proposta do ‘Sistema Água’, foi representada no Modelo de Decisão. Contudo, aquelas crianças, que trabalharam no sistema “Água” e que foram orientadas a pensarem em possibilidades relacionadas à temática de infraestrutura azul foram abertas e assertivas na proposição de projetos neste tema.

Acredita-se que o fato do segundo workshop ter sido feito com crianças de 8 anos, não significa que houve uma limitação do método. Apesar das crianças terem proposto ideias de apelo lúdico (como “parque das águas para crianças”, por exemplo), também houveram propostas com foco em questões cotidianas de necessidade básica ou urgência (como a proposta “desabamento”, que visa chamar atenção para uma área de alto risco, em que ocorreu um deslizamento de terra no final do ano de 2017). No entanto, o fato das crianças terem tido um tempo para apresentar o material do workshop para os pais, pode ter influenciado em algumas propostas mais ‘sérias’, que possam ter vindo de um adulto.

Contudo, mesmo as propostas mais ‘infantis’, como ‘praça de amigos’ ou ‘clube de água para crianças’ podem ser vistas como de grande pertinência ao tema infraestrutura azul, visto que o ‘clube de água para crianças’ foi proposto em uma região de nascentes e pode ser interpretado como uma área de proteção de nascente associada a um espaço de lazer. Pode-se comparar esta proposta ao projeto de revitalização da nascente Felicidade, em Belo Horizonte, citada no presente trabalho.

Percebe-se que os dois workshops ocorreram com participantes muito distintos em idade, níveis de escolaridade e níveis de conhecimento do lugar. Contudo, acredita-se que estas diferenças entres os participantes da academia da UFMG e dos alunos da Escola Municipal

Sobral Pinto, não resulta em uma limitação do método. Pelo contrário, a metodologia de *Geodesign* busca a colaboração de diferentes conhecimentos, sendo um dos principais atores, as pessoas do lugar, que são aquelas diretamente envolvidas com a área de estudo. Muitas vezes, as pessoas do lugar possuem um conhecimento maior do território em que vivem do que profissionais especialistas de alguma temática específica.

Neste sentido, pode-se entender os workshops acadêmico e jovens como complementares, como métodos de escuta de diferentes participantes.

No segundo estudo de caso, referente ao território do Quadrilátero Ferrífero, houve uma maior dificuldade dos participantes em proporem ideias, principalmente devido à extensão territorial da área de estudo. O fato de o território ser muito complexo, no sentido de ter diferentes tipos paisagens, tornou o processo abstrato e difícil para a maioria dos participantes.

Além disso, por ter uma extensão muito grande, a maioria dos participantes não conhecia a totalidade do território, sendo que 75% dos participantes afirmam conhecer o Quadrilátero Ferrífero parcialmente. O fato do não conhecimento aprofundado do território, dificultou a proposição de ideias, por não se conhecer a fundo os principais problemas e demandas do local. Assim, as pessoas que conheciam mais o território, como os gestores do estado, acabavam por dominar as discussões e, de certa forma, controlavam algumas propostas.

Contudo, neste estudo de caso utilizou-se como apoio o *WebGis*, plataforma online em que foram disponibilizadas informações do território em estudo. Quase a totalidade dos participantes (94%) consideraram muito importante os mapas do *WebGis* como apoio para o conhecimento do território e o desenvolvimento de propostas. Para eles, os dados do *Webgis* foram muito importantes e úteis para o processo de entendimento do território.

Neste sentido, a proposição de ideias dos participantes levou em conta como base, os mapas do *WebGis* com os diversos dados detalhados. Os modelos de avaliação com os níveis de adequabilidade não foram tão úteis para os participantes.

Acredita-se que o *WebGis* possa ser uma opção melhor do que o modelo de avaliação, já que o modelo de avaliação é uma interpretação de algum especialista, de acordo com um ponto de vista específico. Sendo assim, o modelo de avaliação é mais manipulável de acordo com o objetivo do técnico. Ao contrário dos mapas do *WebGis*, que apesar de haver um tratamento dos dados, estes se mostram mais ‘crus’, sem muitas interferências de interpretação. Enquanto no mapa do Modelo de Avaliação são definidas áreas adequadas ou não para alguma intervenção, os mapas do *WebGis* mostram dados como: presença de unidades de conservação



(de uso sustentável ou proteção integral); presença de corpos hídricos; dados de monitoramento da qualidade da água de acordo com dados de órgão públicos; entre outros. Assim, tendo como base os mapas do *WebGis*, os participantes do *workshop* puderam sobrepor as camadas escolhidas, interpretá-las e sugerir intervenções de acordo com as informações disponíveis.

A maioria dos participantes ampliou a visão sobre infraestrutura azul após o workshop do Quadrilátero Ferrífero. No entanto, notou-se uma dificuldade na proposição de projetos deste tema devido à extensão do território. O fato de as técnicas de infraestrutura azul serem muito pontuais (como canteiros pluviais, jardins de chuva, pavimento drenantes, entre outras) fez-se necessário uma ampliação do zoom no território para o desenho das propostas, o que dificultou abranger toda a área do Quadrilátero com propostas em um único workshop. Além disso, a maioria das propostas acabaram por se localizar em regiões conhecidas do território, como Belo Horizonte, Ouro Preto e Serra do Gandarela. Regiões menos conhecidas pelos participantes, acabaram desprovidas de propostas.

No entanto, a proposição de políticas, ao invés de projetos, se mostrou mais eficiente em uma região extensa como a do Quadrilátero Ferrífero. Ao invés de propostas pontuais de Infraestrutura Azul, como jardins de chuva ou pisos drenantes, por exemplo, a proposição de políticas com esta temática se mostrou mais ampla e abrangente, como: programa de proteção das cabeceiras ou políticas de drenagem.

Notou-se que no estudo do Quadrilátero Ferrífero, houve algumas propostas de saneamento básico envolvendo esgotamento sanitário. Apesar de não ser o foco do Sistema Água, alguns servidores de órgão públicos que estavam no *workshop* e que conheciam algumas demandas neste sentido para a região, propuseram projetos de Estações de Tratamento de Esgoto e Água. No entanto, as propostas inovadoras de drenagem, como Infraestrutura azul também foram contempladas, apesar da dificuldade na escala de detalhamento.

Em ambos estudos de caso, percebeu-se que, muitas vezes, as propostas pensadas para o ‘Sistema verde’ eram propostas também compatíveis com o ‘Sistema Água’. Isso porque, na própria definição dos termos, há uma correlação entre eles.

Infraestrutura Verde é caracterizada como uma rede de áreas abertas com vegetação, mas que envolvem outros sistemas naturais, como os rios e córregos que são elementos críticos de quase todos os sistemas deste tipo de infraestrutura. A Infraestrutura azul propõe uma abordagem mais voltada ao manejo de águas pluviais, através de sistemas para captar, limpar e reduzir o impacto das águas pluviais no escoamento superficial direto.

No entanto, estes sistemas de manejo de águas pluviais utilizam também a vegetação como recurso, como: jardins de chuva, canteiros pluviais, teto verde, dentre outros. Neste sentido, muitas vezes técnicas de infraestrutura verde também são consideradas infraestrutura azul. A proposta “Proteção de nascentes” escolhida no workshop do Quadrilátero por exemplo, foi desenhada para o ‘Sistema verde’, apesar de também conversar com o ‘Sistema Água’.

Como citado anteriormente, por motivos de investigação, preferiu-se separar os termos para que o foco fosse a avaliação do entendimento e da adesão das pessoas às soluções inovadoras relacionadas à drenagem. Como resultado do questionário de validação da metodologia, 67% dos participantes do workshop do Quadrilátero Ferrífero afirmaram que o fato do ‘Sistema Água’ e o ‘Sistema Verde’ estarem separados, auxiliou na proposição de ideias referentes especificamente à infraestrutura azul. Pois, segundo eles, caso estes sistemas estivessem juntos em um só sistema, as propostas tenderiam a priorizar técnicas de infraestrutura verde, que são mais comumente pensadas no planejamento territorial.

Neste sentido, o fato de haver um Sistema específico para o tema, estimulou os participantes a pensarem, compreenderem, priorizarem e incorporarem propostas de infraestrutura azul no desenho das ideias.

## 9 CONCLUSÃO

Diante dos problemas provenientes de um planejamento urbano higienista e ultrapassado, e da crescente sobrecarga nas infraestruturas de drenagem e controle de inundação, tem-se a necessidade de pensar o planejamento urbano com as “*best management practices*” (BMPs), ou melhores práticas inovadoras que auxiliem no manejo das águas pluviais, no aumento de áreas permeáveis, no controle de inundações, na regularização do clima e na ecologia urbana.

Visto a importância dos conceitos inovadores e as melhores práticas de drenagem e suas aplicações - tais como a infraestrutura azul – pode-se perceber, com este trabalho, que os recursos de geovisualização e de *Geodesign* se mostraram importantes métodos no processo de compreensão da temática, e consequente incorporação de técnicas de infraestrutura azul em processos de construção de opinião e de tomada de decisões no planejamento territorial.

Após a experiência dos dois estudos de caso, acredita-se que o método de *Geodesign* para proposição de técnicas de infraestrutura azul funciona melhor em uma escala de bairro, em que há maiores detalhes do território e o usuário consegue ter mais claro o tipo de proposta que se pode fazer como contribuição ao planejamento. Observa-se que o domínio dos participantes do *workshop* com relação ao território estudado se mostra um facilitador para se entender as limitações e demandas do território e propor projetos e políticas que conversem com as necessidades do local.

No recorte territorial de menor escala (Quadrilátero Ferrífero), os participantes elaboraram, de uma forma geral, políticas mais abrangentes, envolvendo grandes áreas dos territórios. As propostas mais pontuais de infraestrutura azul só foram possíveis devido aos detalhes cartográficos dos mapas temáticos que compunham o WebGis, já que apenas com os mapas de avaliação do *Geodesign* a escala não favorecia para este tipo de proposta.

Os mapas do *WebGis* (mais abrangentes e com menos interferências técnicas) se mostraram mais eficientes com mapas-base do que os Modelos de Avaliação, que se baseiam em uma interpretação de algum especialista, de acordo com um ponto de vista específico.

De forma geral, as pessoas tiveram adesão em relação às propostas envolvendo técnicas de infraestrutura azul e foi possível perceber o processo de geovisualização como importante recurso na ampliação da compreensão da infraestrutura azul e consequente incorporação da temática em processos de construção de opinião e de tomada de decisão.

Através da geovisualização, os participantes puderam associar relações sobre dados de áreas impermeáveis e permeáveis, cursos d'água, hipsometria, declividade, áreas de inundações, áreas verdes, entre outros.

Ou seja, através de uma tradução visual de números e textos com estruturação de processos, foi possível que informações fossem localizadas e compreendidas pelos participantes. A integração cartográfica através de interação de dados e análises geoespaciais, permitiu a externalização visual dos participantes, de forma que eles puderam elaborar e visualizar um produto final de algo que ainda não existe, que foram as propostas (projetos e políticas) criadas.

Assim, a partir da análise e sobreposição de dados proporcionados pela geovisualização aliado ao conhecimento do território, foi possível obter um conjunto de soluções alternativas de infraestrutura azul para cada território, que envolveram desde canteiros pluviais, jardins de chuva até proteção de nascentes e parques lineares.

Ainda mais importante que o conjunto de soluções obtidas, foi que a geovisualização proporcionou um diálogo entre os participantes sobre propostas alternativas de drenagem, possibilitando a discussão de ideias inovadoras de infraestrutura azul, sua importância e aplicação em diferentes contextos.

Entende-se a geovisualização e o *geodesign* como uma alternativa para a inclusão mais efetiva das práticas inovadoras de drenagem no planejamento territorial através da participação e envolvimento da população nos processos de decisão.

Por último, acredita-se que a metodologia desenvolvida no presente trabalho é uma alternativa de implementação de soluções que não se subordinam a uma visão de emergência e imediatista (como técnicas higienistas de drenagem), mas que visam um planejamento com participação social, integrado e que pressupõe soluções a longo prazo.

## 10 REFERÊNCIAS

ABRISHAMCHI, A.; EBRAHIMIAN, A.; TAJRISHI, M.; MARINÑO, M. A. Case study: Application of Multicriteria Decision Making to Urban Water Supply. / JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT © ASCE / JULY/AUGUST 2005.

ALENCAR, J. C. et al. Proposta de Infraestrutura verde azul para uma bacia urbana em São Paulo para redução de picos de cheia

ALMEIDA, J. R. et al. Planejamento ambiental, caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio. 2.ed. Rio de Janeiro: Thex, 2002.

ANOROFF S. Geographic information Systems: a Management Perspective. WDL Publication, Ottawa, Canadá. 1995

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Hidrologia urbana e drenagem. In: SEMINÁRIO QUALIDADE DAS ÁGUAS. BELO HORIZONTE. 1., 2005, Belo Horizonte. Anais eletrônicos... Belo Horizonte: UFMG – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, 2005. Acesso em 27 jul. 2019.

BATISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/revistaufmg/downloads/20-2/05-rios-e-cidades-marcio-baptista-adriana-cardoso.pdf>>. Acesso em: set. 2018.

BATTY, M; STEADMAN, P.; XIE, Y. Visualization in spatial modeling. Working Paper Series, London, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, n. 79, Mar. 2004.

BATTY, M; STEADMAN, P.; XIE, Y. Visualizing the city: Communicating urban design to planners and decision-makers. Working Paper Series, London, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London, n. 26, Out. 2000.

BELO HORIZONTE. Lei Municipal nº 9.959, de 20 de julho de 2010. Disponível em : <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/>>

BENEDICT, M. A., e MCMAHON, E. T. Green Infrastructure: linking landscapes and communities. Washington: Island Press, 2006

BERTALANFFY, L. V., 1968. General System Theory. G. Braziller, 289 p.

BINDER, W. Rios e Córregos – Preservar - Conservar – Renaturalizar. A Recuperação dos Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental. Projeto PLANAGUA. SEMADS, Rio de Janeiro, 41p. 2001. Disponível em: <[http://www.pm.al.gov.br/intra/downloads/bc\\_meio\\_ambiente/meio\\_03.pdf](http://www.pm.al.gov.br/intra/downloads/bc_meio_ambiente/meio_03.pdf)>. Acesso em: set. 2018.

BONTEMPO, V.L; OLIVIER, C; MOREIRA, C.W. DE S; OLIVEIRA, G. Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte: avanços e retrocessos. RESA: Revista de Gestão de Água da América Latina. Vol. 9, n.1, p. 5-16, 2012.

BORSAGLI, A., MEDEIROS, F. G. L. Os córregos e a metrópole: a inserção no espaço urbano dos cursos d'água que atravessam a zona urbana de Belo Horizonte. XII Simpósio Nacional de Geografia Urbana, Belo Horizonte, 2011.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em:

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm)>

BRASIL. Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019. Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo – LPOUS. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2019/1118/11181/lei-ordinaria-n-11181-2019-aprova-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte-e-da-outras-providencias>>

BRASIL. Lei nº 9433/1997 de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/alocacao-de-agua/oficina-escassez-hidrica/legislacao-sobre-escassez-hidrica/uniao/lei-no-9433-1997-pnrh/view>>

CAMARGOS, M. L. et al. Metodologia para Verificação de Volumes de Bacias de Rejeito de Mineração por Geoprocessamento. Revista Brasileira de Geomorfologia (Online), São Paulo, v.20, n.4, (Out-Dez) p.719-734, 2019.

CAMPOS FILHO, C. M. Cidades brasileiras: seu controle ou seu caos. São Paulo, Nobel, 1989.  
CARVER, S. The Future of participatory Approaches Using Geographic Information: developing a research agenda for the 21 st Century. Position paper prepared for ESF-NSF Meeting on Access and Participatory Approaches in Using Geographic Information, Spoleto Italy, December 5–9, 2001.

CHASLES, V. Saúde urbana e higienismo, o exemplo da França. Revista do Instituto de Estudos Brasileiros, Brasil, n. 64, p. 65-74, ago. 2016.

CHORLEY, R., HAGGETT, P. 1967. Models in Geography. London, Methuen, 816 p.

CLEWELL, A.; RIEGER J.; MUNRO, J. Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects. A Society for Ecological Restoration Publication, June 24, 2000. Disponível em: <[http://www.globalrestorationnetwork.org/uploads/files/LiteratureAttachments/164\\_guidelines-for-developing-and-managing-ecological-restoration-projects.pdf](http://www.globalrestorationnetwork.org/uploads/files/LiteratureAttachments/164_guidelines-for-developing-and-managing-ecological-restoration-projects.pdf)>. Acesso em: nov. 2019.

COHEN J. Human population: the next half century. Sci Mag 2003, 302, 1172–1175.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução CONAMA Nº 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução CONAMA Nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução CONAMA N° 369 de 20 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 2006.

CORMIER N.; PELLEGRINO P. Infra-estrutura verde: uma Estratégia Paisagística para Água Urbana. Pais e Amb 2008, 25, 127–142.

CORNIER, Nathaniel, Green Infrastructure: A Natural Systems Approach to Stormwater in the city. VIII ENEPEA, São Paulo, 2006.

COSTA, H.S.M.; COSTA, G.M. Repensando a análise e a práxis urbana: algumas contribuições da teoria do espaço e do pensamento ambiental. In: DINIZ, C.C.; LEMOS, M. B. (org). Economia e Território. Belo Horizonte: Editora:UFMG, 2005. p.365-382.

COSTA, M. C. L. O discurso higienista definindo a cidade. Mercator, Fortaleza, v. 12, n. 29, p. 51-67, set./dez. 2013.

DALKEY, N. C.; HELMER, O. 1963. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. Management Science, 9(3): 458-467.

DEBUSK K.M. & WYNN T.M. Stormwater bioretention for runoff quality and quantity mitigation. J Environ Eng. New York, 2011, 9, 1–27.

DENAULT C., MILLAR R.G. & LENCE B. Assessment of possible impacts of climate change in an urban catchment. J Am Water Resour Assoc 2006, 42, (3), 685–697.

DIETZ M. Low impact development practices: a review of current research and recommendations for future directions. Water Air Soil Pollut 2007, 186, 351–363.

DRENURBS. Secretaria Municipal de Belo Horizonte. Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte –DRENURBS Suplementar- Manual de Execução. 2011.

EARNSHAW, R.A.; WISEMAN, N. An introductory guide to scientific visualization. 1ed. Berlim: Springer – Verlag, 156p, 1992.

FARAM M.G., ASHLEY R.M., CHATFIELD P.R. & AANDOH R.Y.G. Appropriate drainage systems for a changing climate. Eng Sustainability 2010, 163, (ES2), 107–116.

FERREIRA, J. C.; MACHADO, J. R. Infraestruturas verdes para um futuro urbano sustentável. o contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. Revista LABVERDE. n. 1, out. 2010, 68-90p.

FINDLAY, Sophia J.; TAYLOR, Mark P. Why rehabilitate urban river systems. Department of Physical Geography, Mcquarie University, NSW 2109, Australian, 2006.

FONSECA, C. O. A dinâmica espacial da Serra do Gandarela e entorno a partir da formação de territórios: análise e representações coremáticas. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/IGCC-9SYM08/disserta\\_\\_o\\_charles\\_de\\_oliveira\\_fonseca.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/IGCC-9SYM08/disserta__o_charles_de_oliveira_fonseca.pdf?sequence=1)> Acesso em: set. 2019.

Fundação Biodiversitas. Biodiversidade em Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005. <<http://www.biodiversitas.org.br/atlas/>>. Acesso em agosto 2019.

GROENWALD, C. L.; OLIVEIRA, N. Z.; HOMA, L.; RYOKITI, A.I. 2009. Didactic Sequence with Combinatory Analysis according to the SCORM Standard. *Bolema*, 22(34): 27-56.

GUO Y.M. Updating rainfall IDF relationships to maintain urban drainage design standards. *J Hydrol Eng* 2006, 11, (5), 506–509.

HOURI, L. F. Políticas de produção de moradia e segregação residencial. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

Hydrology for urban planning – A guide book on the hydrologic effects on urban land use. USGS circ. 554, 18p., 1968.

JULIETTE, Z. Les nouvelles esthétiques de l'eau dans les parcs urbains contemporains. Dissertação (Graduação). Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage. 2013.

KINGSTON, R. Public Participation in Local Policy Decision-making: The Role of Web-based Mapping. *Planning and Landscape*, School of Environment and Development, University of Manchester, Oxford Road, Manchester, M13 9PL, UK. *The Cartographic journal* Vol. 44 No. 2 pp. 138–144 ICA Special Issue, 2007.

KRUDNER, M.; MIIMAN, T.; KLOSS, C. *City of Camden Green Infrastructure Design Handbook. Integrating Stormwater Management into Sustainable Urban Design*. New Jersey.

MacEACHREN, A. M. et al. A pattern identification approach to cartographic visualization. *Cartographica*, v. 27 n. 2, summer - pg 64 – 81, 1990.

MAGALHÃES JR., A. P.; ALVARENGA, J. L. A política Nacional de Recursos Hídricos e a gestão de conflitos em uma nova territorialidade. Belo Horizonte, 2005.

MAGALHÃES JR., A. P.; MARQUES, Cristiano Pena Magalhães. Artificialização de cursos d'água urbanos e transferência de passivos ambientais entre territórios municipais - Reflexões a partir do caso do Ribeirão Arrudas, Região Metropolitana de Belo Horizonte- MG. Belém (PA), 2014.

MARTINS, J. R. S. M. Uso de técnicas urbanísticas para mitigação da impermeabilização: Parques Lineares. *Águas em ambientes urbanos*. 2015.

McCORMICK, B.H.; DE FANTI, T.A.; BROWN, M.D. Visualization in Scientific Computing. *Computer Graphics*, v. 21, n. 6, July 1987.

MCHARG, I. *Design with Nature*. New York: Natural History Press, 1969: 197p.

MEDEIROS, I. H. PROGRAMA DRENURBS/NASCENTES E FUNDOS DE VALE: potencialidades e desafios da gestão sócio-ambiental do território de Belo Horizonte a partir de suas águas. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

MIRANDA, B. J; ALMEIDA, E. B; LAMARQUE, G. J. Revitalização de cursos d'água. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo. 2013.



MMA. Ministério do Meio Ambiente – Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Conceito de Revitalização, Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: nov. 2019.

MOTTA, S. R. F.; MOURA, A.C.M.; RIBEIRO, S. R. 2017. AMPLIANDO DO DATA-DRIVEN E KNOWLEDGE-DRIVEN PARA PROPOR O VISUAL-DRIVEN NA ANÁLISE de multicritérios: estudo de caso de modelagem em Grasshopper+Rhino3D. Revista da Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 69(8): 1521-1535.

MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. 2015. Contribuições aos estudos de análise de incertezas como complementação às análises multicritérios - "Sensitivity analysis to suitability evaluation". Revista Brasileira de Cartografia (2016), Nº 68/4, Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial: 665-684 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. 2015.

MOURA, A. C. M; RIBEIRO, S. R.; GUADALUPE, Diogo C.; MOTTA, Silvio R. (2016). Visualisation Tools in Grasshopper+Rhino3D to Improve MultiCriteria Analysis in Urban Policies - Case Study of Pampulha, Brazil. 9th International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning. 1, pp. 404-410. Torino: Istituto Superiore Sui Sistemi Territoriali per L'innovazione (SITI).

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Rio de Janeiro: Interciência, 2014, v.1. 286 p. (3ª. edição revisada).

MOURA, A. C. M. 2007. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises de Multicritérios. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2899-2906, 2007.

MOURA, A. C. M. 2019. O Geodesign como processo de cocriação de acordos coletivos para a paisagem territorial e urbana. In.: LADWIG, Nilzo. Planejamento e Gestão territorial. Editora Insular.

MOURA, N. C. B.; PELLEGRINO, P. R. M.; MARTINS, J. R. S. 2016. Best management practices as na alternative for flood and urban storm water control in a changing climate. J Flood Risk Management 9 (2016) 243–254.

NASCIMENTO N.O. & BAPTISTA M.B. Técnicas compensatórias em águas pluviais. Manejo de águas pluviais. ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro. 2009.

NASCIMENTO, N. O., BAPTISTA, M. B., VON SPERLING, E. Problemas de Inserção Ambiental de Bacias de Detenção em Meio Urbano, In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999.

NOVA AGENDA URBANA. 2017. Disponível em: <<http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf>>. Acesso em: dez/2019.

NOVOTNY V., AHERN J. & BROWN P. WATER CENTRIC Sustainable Communities: planning, retrofitting, and building the next urban environment. New Jersey, NJ: John Wiley Inc, 2010.

OLIVEIRA, A. M & COSTA, H. S. M. A trama verde e azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. Rev. Bras. Estud. Urbanos Reg. vol.20 no.3 São Paulo. dez. 2018

PISEAGRAMA. Nem pegadinha, nem arte: política. PISEAGRAMA, Belo Horizonte, sem número, 02 jan. 2015. <<https://piseagrama.org/nem-pegadinha-nem-arte-politica>>.

PARIZZI, M. G. et al. Mapa de Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. In: Programa Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH: Relatório de Geoprocessamento. Belo Horizonte: RMBH, 2010.

PARK, K. Cheonggyecheon Restoration Project. Disponível em: <<http://www.wfeo.org/documents/download/Cheonggyecheon%20Restoration%20Project>> . Acesso em: 17 jan. 2020.

PIMENTA, M. F. et al. Servidores de mapas: programação para disponibilizar dados geográficos multidisciplinares utilizando tecnologias livres. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 216 p.

PORTO, M. F. A. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. Drenagem Urbana. ABRH-Editora da Universidade- UFRGS, Porto Alegre, 1995.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Política Municipal de Habitação. 2016. Disponível em: <[https://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/eventos/politicas\\_publicas\\_em\\_debate\\_-\\_habitacao.pdf](https://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/eventos/politicas_publicas_em_debate_-_habitacao.pdf)>. Acesso em: jul. 2019.

PROGRAMA MUNICIPAL DE SANEAMENTO. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2015.

PROJETO DE VALORIZAÇÃO DAS NASCENTES URBANAS – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Subcomitês das Bacias Hidrográficas dos Ribeirões Arrudas e Onça. 2013.

PROJETO MANUELZÃO, Minas Gerais. Inclusão, colaboração e governança urbana. Pg 87. Disponível em: <[http://www.chs.ubc.ca/consortia/outputs3/CaseStudy-Projeto\\_Manuelzao.pdf](http://www.chs.ubc.ca/consortia/outputs3/CaseStudy-Projeto_Manuelzao.pdf)>. Acesso em: jan. 2019.

RICO, E. A. M. Metodologia para priorização de intervenções em trechos de cursos de água: estudo de caso torrentes bolonia e yomassa, Bogotá - Colômbia. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

ROCHA, N. A.; Casagrande, P.; Moura, A. C. M. Análise combinatória e pesos de evidência na produção de análise de multicritérios em modelos de avaliação. Luján, Año 10, Número especial, 2018, Sección I: Artículos. pp. 37-61.

ROTH, E. R. Interactive maps: What we know and what we need to know. Department of Geography, University of Wisconsin-Madison, WI 53706, USA. Fevereiro, 2013.

ROWE, G. A Typology of Public Engagement Mechanisms. Science, Technology & Human Values, [s.l.], SAGE, v. 30, n. 2, p. 251-290, Apr. 1st 2005.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. N. York, McGraw-Hill. 1980. 287 p.

SANCHES, P. M. O papel dos rios na cidade contemporânea: dimensão social e ecológica. APP Urbana – Seminário Nacional sobre o tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo. São Paulo, 2007.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SILVA, F. R. A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia. 2007. 144f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SMITH, L. G. Impact Assessment and Sustainable Resource Management. Harlow: Longman, 1993.

STEINITZ, C. 2012. A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design. Redlands: ESRI Press.

TKACH, J. R.; SIMONOVIC, S. P. A new approach to Multi-criteria decision making in water resources. Journal of Geographic Information and Decision Analysis, vol.1, no.1, pp. 25-44, 1997.

TOMLIN, C. D. 1990. Geographic information systems and cartographic modeling. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

TONUCCI FILHO, J. B. M. *Dois momentos do planejamento metropolitano em Belo Horizonte: um estudo das experiências do PLAMBEL e do PDDI-RMBH*. 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. Cienc. Cult., São Paulo. V.55, n.4, Dec. 2003.

TUCCI, C. E. M; CRUZ, M. A. S. Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 13 n.3 Jul/Set 2008, 59-71.

UFMG. Plano Metropolitano – Macrozoneamento RMBH. Produto 1: Marco teórico metodológico e definição das áreas temáticas afetas ao interesse metropolitano. Belo Horizonte, fev. 2014.

UN HABITAT. Planning Sustainable Cities. London; Sterling (VA): Earthscan, 2009. (Global Report on Human Settlements). Disponível em: <<http://mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=2831&alt=1>>. Acesso em: nov. 2018.

WATERS D., WATT W.E., MARSALEK J. & ANDERSON B.C. Adaptation of a storm drainage system to accommodate increased rainfall resulting from climate change. J Environ Plan Manage 2003, 46, 755–770.

WEINER, D., HARRIS, T. M.; CRAIG, W. J. Community Participation and Geographic Information Systems. 2002.

WEISS P.T., GULLIVER J. & ERICKSON A. Cost and pollutant removal of storm-water treatment practices. J Water Resour Plann Manage 2007, 133, (3), 218–229.

Yilmaz, B.; Harmancioglu, N. B. Multi-criteria decision making for water resource management: A case study of the Gediz River Basin, Turkey. Water SA Vol. 36 No. 5 October 2010.

ZAHED FILHO, K. et al. Green Infraestructure, Medidas não estruturais para drenagem urbana. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, novembro, 2011.

ZAHED FILHO K.; MARTINS, J. R. Água em ambientes urbanos – Renaturalização de Rios em Ambientes Urbanos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2009.

YANAMOTO, G. C. R; CANALI, N. E. Importância das Wetlands para a qualidade das águas na região metropolitana de Curitiba- PR. Revista Eletrônica do Programa de Pós Graduação em Geografia -UFPR. Curitiba, v.7, n.1, p. 161-189, jun. 2012.

YAKAKI, L.F.O.L. et al. Projeto técnico: Jardins de chuva. Soluções para cidades. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulicas e Associação Brasileira de Cimento Portland. 2013. Disponível em <[http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF\\_Jardins-de-Chuva-online.pdf](http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf)> Acesso em: jul. 2019.