

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia

Camila Fernandes de Morais

**PROPOSIÇÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS NO PLANEJAMENTO
MULTIESCALAR DA PAISAGEM COMO CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS
EM GEODESIGN**

Belo Horizonte
2024

Camila Fernandes de Morais

**PROPOSIÇÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS NO PLANEJAMENTO
MULTIESCALAR DA PAISAGEM COMO CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS EM
GEODESIGN**

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.

Área de concentração: Análise Ambiental

Linha de pesquisa: Geografia Aplicada e Geotecnologias

Orientador: Ana Clara Mourão Moura

Belo Horizonte
2024

M828p
2024

Morais, Camila Fernandes de.

Proposição de parâmetros ambientais no planejamento multiescalar da paisagem como contribuição aos estudos em geodesign [manuscrito] / Camila Fernandes de Moraes. – 2024.

227 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Ana Clara Mourão Moura.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Linha de pesquisa: Geografia Aplicada e Geotecnologias.

Bibliografia: f. 216-227.

1. Planejamento urbano – Teses. 2. Meio ambiente – Teses. 3. Desenvolvimento urbano sustentável – Teses. I. Moura, Ana Clara Mourão. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 711.4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Às 15:00h do dia 12 de março de 2024, na Sala de Seminários do IGC, realizou-se a sessão pública para a Defesa da Dissertação de **Camila Fernandes de Moraes**. A presidência da sessão coube à Prof.a Ana Clara Mourão Moura (EA/UFMG) - orientadora. Inicialmente, a presidente fez a apresentação da Comissão Examinadora, assim constituída: Prof. Ricardo Alexandrino Garcia (IGC/UFMG) e Prof. Antônio Pereira Magalhães Junior (IGC/UFMG). Em seguida, a candidata fez a apresentação do trabalho que constitui sua Dissertação de Mestrado, intitulada: "PROPOSIÇÃO DE PARÂMETROS AMBIENTAIS NO PLANEJAMENTO MULTIESCALAR DA PAISAGEM COMO CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS EM GEODESIGN". Seguiu-se a arguição pelos examinadores e, logo após, a Comissão reuniu-se, sem a presença da candidata e do público e decidiu considerar **aprovada a Dissertação de Mestrado**. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 12 de março de 2024.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Ana Clara Mourão Moura, Professora do Magistério Superior**, em 12/03/2024, às 17:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Alexandrino Garcia, Professor do Magistério Superior**, em 13/03/2024, às 13:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Pereira Magalhaes Junior, Professor do Magistério Superior**, em 15/03/2024, às 06:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site



https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3092195** e o código CRC **44EA0EB0**.

Referência: Processo nº 23072.214086/2024-93

SEI nº 3092195

AGRADECIMENTOS

Escrever agradecimentos é revisitar os caminhos da memória e reviver encontros que tornaram a travessia mais fértil e agradável. É, sem dúvidas, reconhecer à relevância daqueles que, de maneiras singulares, caminharam a meu lado, trazendo coragem, persistência e significado a cada passo dessa trajetória.

À minha raiz, meus pais, agradeço por sempre me proporcionarem mais que o necessário para me aventurar em minhas escolhas. Por me ensinarem a importância do estudo e sempre me apoiarem nas novas empreitadas, mesmo que isso significasse momentos de convívio reduzidos. Vocês são minha fonte de inspiração e coragem. À minha irmã Nathália, por sua força e resiliência, escuta amiga nos momentos de desespero. A presença e significado de vocês nessa caminhada é imensurável.

Agradeço à professora Ana Clara por sua orientação amiga, pelo ensinamento constante e colaborativo, trazendo leveza e muito aprendizado. Por acolher minhas ideias e partilhar comigo as suas; por me mostrar seu lado profissional sem esconder o humano. Você reúne o cuidar e o exigir na medida certa. Agradeço a atenção dispensada a mim e o envolvimento em todo o processo de construção deste trabalho, por sempre me encorajar e estimular as trajetórias acadêmicas que escolhi percorrer.

Aos amigos Thiago e Tiago aliados de aventuras acadêmicas e não acadêmicas, obrigada pelas intensas trocas e por terem tornado, certamente, a caminhada mais leve e divertida. Obrigada por contribuírem para o desenvolvimento desta pesquisa, ouvindo sempre com entusiasmo meus devaneios acadêmicos e trazendo-me importantes sugestões ao debate aqui proposto.

Ao Paulo, amigo e irmão de outras vidas, obrigada pelo muito que sempre me proporciona. Obrigada pela oportunidade incrível de descobrir um mundo onde tudo sempre vira piada. Obrigada pelo amparo sem reservas.

À Aline, Clara, Will, Daniel, Lucas, Camila e Gustavo sou grata pela amizade e afeto, pelos compartilhamentos diários e conexão tão forte me inspirando a acreditar em um mundo mais possível. Obrigada pelas conversas, reflexões, risadas, pela dedicação à amizade e nossos tempos de qualidade.

À Gisele e Vladimir pela parceria diária, tornando o trabalho cotidiano mais leve, mas ao mesmo tempo enriquecedor. Agradeço a amizade, carinho e cuidado, por sempre se fazerem presentes; pelo encorajamento, por me fazerem sempre acreditar no meu potencial e pela confiança e mentoria profissional. Feliz pelo que juntos temos construído.

Agradeço à UFMG, por ser esse espaço de aprendizado e compartilhamento, proporcionando os meios necessários para a produção de um conhecimento multidisciplinar, de formação humanística, tecnológica e científica. Agradeço o compromisso com os destinos da educação e com a sociedade. Por acreditar em uma formação pública, gratuita e de qualidade.

Agradeço a todos os projetos, instâncias, vivências e estágios que tive oportunidade de participar e me envolver durante toda a essa trajetória acadêmica. Foram fundamentais para a profissional que sou hoje. Agradecimento especial ao Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG, por ter me mostrado os caminhos profissionais que hoje desejo seguir e pelos ensinamentos de pesquisa científica de qualidade.

Agradecimento especial à GE21 Geotecnologias pelo apoio e incentivo pela busca constante de conhecimento e principalmente, pela oportunidade de aplicar esse conhecimento às mais diversas realidades e contextos.

Agradeço a todas as mulheres que me constroem todos os dias. A todas as desobedientes, questionadoras, insurgentes, sonhadoras, revolucionárias. Minha gratidão e reconhecimento ao esforço daquelas que me antecederam lutando e abrindo portas para hoje eu conseguir desfrutar dos caminhos que escolhi seguir. Em um mundo que insiste em nos silenciar, juntas sobrevivemos mulheres.

Muito obrigada à todxs que me acompanharam. Esse momento não é somente sobre minha chegada, mas sobre toda essa intensa travessia. Travessia que só foi possível, porque tive ao meu lado guardiões tão grandiosos.

A dissertação é contribuição dos projetos CNPq_401066/2016-9 Fapemig_PPM-00368-18 - “Geodesign e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero-MG”.

RESUMO

O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, associado à distribuição desequilibrada de áreas verdes, têm impactos significativos para a harmonia e qualidade da vida nas cidades. No contexto brasileiro, as regulamentações urbanas priorizam diretrizes para o ambiente construído em detrimento da gestão - em termos de conservação, criação e otimização - de áreas verdes. A partir da caracterização, da leitura territorial e da proposição de possíveis estratégias, o trabalho tem como objetivo discutir a importância e o potencial de uso da cobertura vegetal nas cidades, bem como as repercussões de sua ausência. A metodologia é sustentada por uma tendência contemporânea de planejamento, multiescalar, que parte da macroescala (da análise do contexto) ao objeto principal de estudo, partindo da escala regional, passando pela escala municipal, para enfim chegar à escala local e intraurbana. Desse modo é possível compreender e planejar considerando a relação entre as diferentes escalas, e apresentar possibilidades de melhoria da qualidade ambiental, desde uma perspectiva ampla até o dia a dia. A investigação resulta em um resumo de estratégias de design sensíveis ao verde, assim como em instrumentos urbanos, intervenções e parâmetros em escala local; todos com potencial para melhorar as características urbanas relacionadas à infraestrutura verde e a qualidade ambiental. Através de uma abordagem experimental, a dissertação buscou representar e analisar recortes espaciais em escalas variadas. Como resultado, ela apresentou uma coleção de parâmetros alternativos de natureza ambiental, destinados a serem aplicados em futuros workshops de Geodesign, com vistas a qualificar a proposição de alteração da paisagem por processo compartilhado.

Palavras-chave: áreas verdes urbanas; infraestrutura-verde; parâmetro urbanístico; planejamento urbano.

ABSTRACT

The accelerated growth of large urban centers, combined with the uneven distribution of green areas, has significant impacts on the harmony and quality of life in cities. In the Brazilian context, urban regulations prioritize guidelines for the built environment at the expense of managing - in terms of conservation, creation, and optimization - green areas. Through the characterization, territorial analysis, and proposition of potential strategies, this work aims to discuss the importance and potential use of vegetative cover in cities, as well as the repercussions of its absence. The methodology is supported by a contemporary multi-scalar planning trend, starting from the macro-scale (context analysis) to the main object of study, moving from regional scale, through urban scale, finally reaching the local and intra-urban scale. This allows for understanding and planning considering the relationship between different scales and presenting possibilities for improving environmental quality from a broad perspective to daily life. The investigation results in a summary of green-sensitive design strategies, as well as urban tools, interventions, and parameters at the local scale; all with the potential to enhance urban characteristics related to green infrastructure and environmental quality. Through an experimental approach, the dissertation aimed to represent and analyze spatial sections at various scales. As a result, it presented a collection of alternative environmental parameters designed to be applied in future Geodesign workshops, aiming to enhance landscape alteration propositions through a shared process.

Keywords: urban green areas; green infrastructure; urban parameter; urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Os princípios da infraestrutura verde	42
Figura 2: Parâmetros de revisão de literatura	50
Figura 3: Evolução das publicações por ano absoluto.....	51
Figura 4: Áreas de pesquisa.....	52
Figura 5: Principais revistas	52
Figura 6: Frentes de pesquisa e cocitações	53
Figura 7: Belo Horizonte - vista da Serra do Curral.....	56
Figura 8: Atividade de mineração na Serra do Curral (Quadrilátero Ferrífero).....	56
Figura 9: Localização do Quadrilátero Ferrífero, formação ferrífera e municípios	58
Figura 10: Serra do Curral e sua vegetação campo rupestre	59
Figura 11: Formação geológica associada à mineração	60
Figura 12: Matriz de Análise combinatória.....	63
Figura 13: Resultado da Análise combinatória.....	64
Figura 14: Mapa de Densidade de Drenagem	65
Figura 15: Mapa de Potencial de Recarga Hídrica	66
Figura 16: Mapa de Importância Hídrica	67
Figura 17: Mapa de Importância Hídrica, Unidades de Conservação e Risco de dano ambiental por barragens	68
Figura 19: Bordas Serranas e Hipsometria; Fitofisionomias.....	71
Figura 20: Serra do Curral	72
Figura 21: Fitofisionomias.....	72
Figura 22: Fluxograma metodológico das tipologias de vegetação	73
Figura 23: Mapa de Cobertura e Uso do solo.....	75
Figura 24: Mapa de NDVI e mancha urbana (2014 e 2020)	77
Figura 25: Mapa de NDVI e UC de Proteção Integral	78
Figura 26: Vegetação Campo Rupestre	79
Figura 27: Mapa de NDVI, UC de Proteção Integral e Fitofisionomias	80
Figura 28: Vegetação endêmica - Campo Rupestre	81
Figura 29: Mapa de NDVI e UC de Uso Sustentável.....	82
Figura 30: Mapa de NDVI, UC de Uso Sustentável e Biomas.....	83
Figura 31: Mapa de Temperatura de Superfície (2014 e 2020).....	86

Figura 32: Mapa de Temperatura de Superfície(média), Fitofisionomias e Unidades de Conservação.....	86
Figura 33: (A) Área núcleo; (B) dimensão do círculo inscrito; (B) Relação perímetro/área indicando Fator forma. (C) Conectividade	89
Figura 34: Mapa de Fragmentos de vegetação - Área Núcleo	93
Figura 35: Mapa Fragmentos de vegetação - Fator Forma.....	93
Figura 36: Mapa Fragmentos de vegetação - Conectividade	94
Figura 37: Mapa de Unidades de Paisagem Segundo Vegetação.....	95
Figura 38: Integração de tipologias de paisagem de vegetação e de hidrografia,	101
Figura 39: Análise combinatória de Vegetação e hidrografia	102
Figura 40: Mapa de Unidades de Paisagem Ambiental.....	104
Figura 41? Mapa de tipologia de canais fluviais de Belo Horizonte.....	121
Figura 42: Mapa de Densidade de Cursos d'água de Belo Horizonte.....	121
Figura 43: Mapa de Densidade de Cabeceiras de Belo Horizonte	123
Figura 44: Mapa de Potencial de Recarga Hídrica de Belo Horizonte.....	125
Figura 45: Mapa de Importância Hídrica de Belo Horizonte	125
Figura 46: Mapa de NDVI de Belo Horizonte (2014 e 2020) e parques municipais	128
Figura 47: Mapa de NDVI, Áreas de Diretrizes Especiais e Parques	128
Figura 48: Mapa de Fragmentos de vegetação de Belo Horizonte - Área Núcleo	132
Figura 49: Mapa de Fragmentos de vegetação de Belo Horizonte – Conectividade.....	133
Figura 50: Mapa de Fragmentos de vegetação de Belo Horizonte - Fator de Forma.....	133
Figura 51: Mapa de Temperatura de Superfície de Belo Horizonte (2014 e 2020)	136
Figura 52: Dados utilizados para Mapa Síntese Métricas da Ecologia da Paisagem	148
Figura 53: Dados utilizados para mapas síntese de áreas para preservação e recuperação....	149
Figura 54: Mapa da Síntese das Métricas da Ecologia da Paisagem.....	150
Figura 55: Mapa de áreas potenciais para preservação	151
Figura 56: Mapa de áreas potenciais para recuperação	151
Figura 57: Categorias de benefícios dos Parâmetros urbanísticos ambientais	154
Figura 58: Mapa de NDVI da Regional Centro-Sul	166
Figura 59: Mapa de Fragmentos de vegetação da Regional Centro-sul - Área Núcleo	168
Figura 60 : Mapa de Fragmentos de vegetação da Regional Centro-sul – Conectividade.....	168
Figura 61: Mapa de Fragmentos de vegetação da Regional Centro-sul - Fator de Forma.....	169
Figura 62: Mapa de Temperatura de Superfície da Regional Centro-sul.....	172
Figura 63: Mapa de Densidade Populacional da Regional Centro-sul.....	175

Figura 64: Mapa de Taxa de Ocupação da Regional Centro-sul.....	176
Figura 65: Mapa de Volume Edificado da Regional Centro-sul	177
Figura 66: Mapa de Densidade Volumétrica da Regional Centro-sul.....	177
Figura 67: Mapa de Uso do solo e Tipologias da regional Centro-sul.....	180
Figura 68: Mapa de Lotes vagos e áreas de preservação da regional Centro-sul.....	180
Figura 69: Mapa de Hidrografia da Regional Centro-sul.....	184
Figura 70: Mapa de Vulnerabilidade de Inundação (2030) da Regional Centro-sul.....	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias de áreas protegidas da IUCN.....	36
Tabela 2: Tipos de Unidades de Conservação de Proteção Integral.....	37
Tabela 3: Tipos de Unidades de Conservação de Uso Sustentável	38
Tabela 4 - Princípios norteadores da infraestrutura verde segundo vários autores, em rosa claro os mais recorrentes	43
Tabela 5: As escalas e as atuações da Infraestrutura verde	44
Tabela 6 - Classificação de importantes serviços ecossistêmicos em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes.....	49
Tabela 7: Notas referentes as classes das métricas.....	91
Tabela 8: Pesos por métrica, em distribuição relativa de importância	92
Tabela 9: Estação Ecológica.....	106
Tabela 10: Reserva Biológica.....	107
Tabela 11: Parque Nacional.....	108
Tabela 12: Monumento Natural.....	109
Tabela 13: Refúgio da Vida Silvestre.....	110
Tabela 14: Área de Proteção Ambiental.....	111
Tabela 15: Área de Relevante Interesse Ecológico	112
Tabela 16: Floresta Nacional.....	113
Tabela 17: Reserva Extrativista.....	114
Tabela 18: Reserva de Fauna.....	115
Tabela 19: Reserva de Desenvolvimento Sustentável.....	116
Tabela 20: Reserva Particular do Patrimônio Natural	117
Tabela 21: Parâmetros de uso de solo das capitais dos estados brasileiros.....	141
Tabela 22: Ruas verdes.....	155
Tabela 23: Parque Linear.....	156

Tabela 24: Corredores ecológicos urbanos.....	158
Tabela 25: Rios urbanos	159
Tabela 26: Bosques comunitários.....	160
Tabela 27: Parques urbanos.....	161
Tabela 28: Parques alagáveis.....	162
Tabela 29: Empena verde / Jardins verticais	188
Tabela 30: Cobertura verde	189
Tabela 31: Taxa de permeabilidade mínima.....	192
Tabela 32: Jardim comunitário	195
Tabela 33: volume vegetado (fundo do lote).....	197
Tabela 34: Reservatório de detenção em lote ou loteamento	198
Tabela 35: Jardim de chuva	201
Tabela 36: Canteiro fluvial	203
Tabela 37: Biovaletas ou valas vegetadas	204
Tabela 38: Lagoa pluvial ou bacia de retenção	206
Tabela 39: Jardins flutuantes	208
Tabela 40: Wetlands construídos ou jardins filtrantes.....	210

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1. Objetivos	17
1.2. Metodologia	18
1.3. Estrutura dos capítulos	21
2 BASES CONCEITUAIS COMO SUPORTE ÀS DISCUSSÕES	23
2.1. O que é, afinal, escala?	23
2.2. Multiescalaridade: escala no planejamento territorial	28
2.3. Unidade de Conservação, Infraestrutura verde e Serviços Ecossistêmicos	34
2.3.1. Unidades de Proteção	34
2.3.2. Infraestrutura Verde	40
2.3.3. Serviços ecossistêmicos	46
3 CARACTERIZAÇÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – ÁREA DE ESTUDO	55
4 LEITURA DO TERRITÓRIO – ABORDAGEM REGIONAL	62
4.1. Hidrografia e potencial de recarga hídrica	62
4.2. Geomorfologia	70
4.3. Vegetação	72
4.4. Cobertura e Uso do solo	73
4.5. NDVI	76
4.6. Temperatura de superfície	84
4.7. Métricas da Ecologia da Paisagem	88
4.8. Síntese da leitura territorial – abordagem regional	97
4.9. Proposição – Abordagem Regional	100
5 LEITURA DO TERRITÓRIO – ABORDAGEM MUNICIPAL	118
5.1. Hidrografia e Potencial de recarga hídrica	118
5.2. NDVI	127
5.3. Métricas da Ecologia da Paisagem	130

5.4.	Temperatura de superfície	135
5.5.	Síntese Leitura territorial - Abordagem municipal	137
5.6.	Parâmetros urbanísticos	139
5.7.	Proposição – Abordagem municipal	146
6	LEITURA DO TERRITÓRIO – ABORDAGEM LOCAL	164
6.1.	NDVI	164
6.2.	Métricas da Ecologia da Paisagem	167
6.3.	Temperatura de Superfície	171
6.4.	Densidade populacional, Taxa de ocupação, Volume Edificado e Densidade volumétrica	173
6.5.	Uso e ocupação do solo e lotes vagos	179
6.6.	Hidrografia	182
6.7.	Vulnerabilidade à inundação	185
6.8.	Proposição abordagem local - Parâmetros, instrumentos e possíveis intervenções	187
7	CONCLUSÕES	212
REF	REFERÊNCIAS	216

1 INTRODUÇÃO

O crescimento demasiado das cidades associado à ausência de estruturas sustentáveis capazes de garantir ambientes equilibrados tem colocado a abordagem da questão ambiental urbana entre os temas de maior relevância atual. Segundo dados da Organização das Nações Unidas (2018), cerca de 54% da população mundial vive em cidades e projeções indicam que até 2050 o número pode corresponder a cerca de dois terços da humanidade (66%), o equivalente a 6,5 bilhões de pessoas. Essa realidade também se aplica ao contexto brasileiro. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020), aproximadamente 57,4% da população, o equivalente a 120,7 milhões de habitantes, concentra em 5,8% das cidades brasileiras com mais de 100 mil habitantes (324 municípios).

As Estimativas de População 2019, divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020), mostraram que um em cada três brasileiros vive nos 48 municípios com mais de 500 mil habitantes (0,9% dos 5.570 municípios), o equivalente a quase 1/3 da população (31,7%, ou 66,5 milhões de pessoas). As estimativas ainda indicaram que os municípios que mais crescem apresentam entre 100 mil e 1 milhão de habitantes e que, quanto menor o município, menor a taxa média de crescimento.

Os dados demonstram uma realidade majoritariamente urbana, indicando a continuidade de cada vez mais brasileiros vivendo em cidades. O rápido crescimento das cidades brasileiras atrelado aos problemas de planejamento urbano e ambiental têm acentuado o problema da redução das áreas verdes urbanas¹ e a consequente perda de seus benefícios. A projeção de crescimento urbano não associada a medidas de resolução e mitigação, certamente provocará um agravamento do problema.

A qualidade ambiental está intimamente atrelada ao bem-estar humano. Melhorar um implica necessariamente em melhorias no outro, o que levanta questões importantes relacionadas ao meio ambiente e à sociedade. Como parte integrante do ecossistema, o ser humano só atinge seu pleno desenvolvimento em ambientes saudáveis. Nos contextos urbanos, problemas como enchentes, verticalização, má qualidade da água, contingente excessivo de automóveis, excesso de ruídos, redução de áreas verdes, expansão das áreas impermeáveis, alto adensamento etc. recorrentes exacerbam desafios para a qualidade de vida nas cidades.

¹ O termo Áreas verdes urbanas é aqui compreendido como a vegetação arbórea resultante de transformações paisagísticas ou dos processos de sucessão vegetal, considerando a vegetação ao longo de ruas e em parques urbanos, em áreas abandonadas, no interior dos lotes ou ainda em manchas florestais remanescentes ou áreas de reflorestamento.

Diversos estudos já comprovaram a capacidade da vegetação de gerar melhorias na qualidade de vida e ambiental (Mascaró; Mascaró, 2015; Macunovich, 2006; Ahern, 2007, 2009; Herzog; Rosa, 2010). Ao “verdejar” as cidades, estamos contribuindo com o microclima urbano, protegendo o leito dos cursos d’água, reduzindo os efeitos das ilhas de calor, da erosão, da poluição urbana e do consumo de energia, promovendo a biodiversidade e o embelezamento dos espaços - salubridade, estética, sociabilidade - sem contar sua contribuição para o bem-estar físico e psíquico das pessoas (Milano, 1988; Gonçalves, 2009; Herzog, 2013; Mascaró; Mascaró, 2015). No entanto, mesmo com evidências de melhorias apontadas por diversos estudos de diferentes áreas do conhecimento, é surpreendente que mais de um terço dos domicílios brasileiros não possuam árvores em suas proximidades. No censo demográfico de 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística incluiu a avaliação da presença de árvores nas áreas urbanas, constatando que aproximadamente 32% dos lares analisados não apresentavam qualquer vegetação arbórea em suas proximidades. Esse déficit de arborização é particularmente mais notável nos domicílios de baixa renda (IBGE, 2011).

Em termos de planejamento, os modelos de gestão e controle da produção da paisagem urbana brasileira são consideravelmente pautados em parâmetros morfométricos, apoiados na definição de índices geométricos da ocupação do lote, como Coeficiente de aproveitamento, Taxa de ocupação, Alturas Máximas e Afastamentos (Moura, 2013). O que é feito de forma segmentada e individualizada na escala do lote constitui a paisagem urbana, na medida que é reproduzido por toda a cidade, e esse processo tem gerado paisagens massificadas e sem significados (Nogueira, 2018). Além disso, os instrumentos legais urbanos criados em grandes cidades são copiados de forma notável para cidades menores, com pouca ou nenhuma adaptação às especificidades locais. Como geralmente falta regulamentação que considere aspectos relacionados ao meio ambiente, mesmo em metrópoles, pode-se dizer que áreas verdes não são consideradas nas estratégias de planejamento.

Parte do problema também está relacionada à ausência de instrumentos regulatórios nas diferentes escalas (Federal, Estadual e Municipal). Em razão da inexpressiva existência de regulamentações urbanísticas que considerem os aspectos ambientais, mesmo nas metrópoles, o setor privado maximiza a ocupação dos assentamentos urbanos, resultando em descaso com a qualidade ambiental na paisagem urbana e a supressão das áreas verdes urbanas em função da expansão urbana. Quando presente, a regulação não contempla de forma significativa a questão da vegetação urbana, não garantindo um planejamento ambiental de qualidade para as cidades. A questão das áreas verdes urbanas é relegada a segundo plano, aparecendo de maneira muito incipiente nas regulamentações, sem abordar devidamente planos de criação, gestão e

conservação. Nas leis de Parcelamento do Solo Urbano, são abordadas quando da determinação um percentual de terreno para áreas verdes protegidas, que acabam resultando, muitas das vezes, em áreas livres ou em ajardinamento. Nos Planos Diretores são associadas principalmente a criação de Zonas de Preservação Permanente (ZPAMs) ou ainda nas taxas de permeabilidade, as quais não resultam estritamente em áreas verdes. As áreas verdes também aparecem nos Planos de Arborização Urbana, porém eles não estão presentes na maioria dos municípios brasileiros (Rocha, 2019).

Ainda que pouco expressivas, alguns municípios brasileiros têm implementado, em suas legislações municipais, medidas para resolução dos problemas ambientais urbanos, como o caso de São Paulo, com a criação da Quota Ambiental, e de Campinas, com o Plano Municipal do Verde.

A qualidade de vida urbana associada às questões ambientais é de amplo interesse para estudos de caracterização e diagnose, como construção ao tema do planejamento e gestão urbana. Compreendendo planejar a paisagem urbana, o que inclui o enfoque ambiental, é um processo de tomada de decisão, é imperativo contar com ferramentas que ofereçam clareza ao percurso escolhido, permitindo a participação de diferentes agentes no processo decisório. Uma ferramenta desse tipo viabilizará a implementação de ações voltadas para a proteção, restauração e transformação ecológica, impulsionando a resiliência e o bem-estar das comunidades.

Em geral, os processos de planejamento, os diagnósticos e/ou estudos urbanos, envolvem a participação somente nas etapas finais dos processos, durante as audiências públicas, que são restritas a análise e aprovação do que já foi elaborado pela equipe técnica ou institucional responsável. Como resultado desse modelo, o planejamento frequentemente enfrenta falhas, seja por não capturar as reais necessidades da população ou por não envolver efetivamente, na implementação, aqueles que deveriam ser os beneficiários (Moura; Morais; Mello, 2022). É nesse sentido que o Geodesign se apresenta como uma metodologia e ferramenta de aprimoramento dos modelos tradicionais de planejamento e design ambiental, na medida em que utiliza recursos das tecnologias de computação, das ferramentas de informação geográfica, de comunicação e de colaboração. A aplicação dos conceitos e métodos de Geodesign favorece a cocriação de ideias, em que diferentes atores e olhares, compartilham opiniões e atuam em cocriação, construindo coletivamente propostas para futuros alternativos resultantes de interesse coletivo.

Na etapa de cocriação de ideias do Geodesign, ocorre a construção coletiva de propostas de futuros alternativos para a área de estudo, planejando “com” e “para” a geografia (Miller,

2012; Steinitz, 2012). O que significa identificar as características, as vulnerabilidades e as potencialidades da área e construir propostas de planejamento por decisão compartilhada. As variadas experiências de Geodesign realizadas pelo Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG mostraram que os workshops que utilizaram referências de ideias sobre a temática foco de estudo apresentaram como resultado um design/projeto mais qualificado. Por isso, a partir de uma abordagem experimental, o trabalho tem como objetivo, com a leitura das características multiescalares, propor parâmetros alternativos de caráter ambiental urbano (uma lista de boas práticas) que servirão de suporte e referência nos processos de decisão compartilhada realizado nos workshops de Geodesign nas diferentes escalas (regional, urbana e local).

1.1. Objetivos

No Brasil, na escala regional, observa-se um amplo amadurecimento nas normativas e classificações de tipologias de proteção do território que podem ser instituídas para a qualificação ambiental de uma área. Porém, nas escalas municipal e local, predominam os parâmetros morfométricos e de tipologia de uso que atendem ao que se autoriza em um lote segundo a volumetria a ser praticada, a sua posição e a sua utilização. O Brasil falha na consideração de parâmetros que garantam a qualidade ambiental urbana, e que deveriam ser contemplados nos Planos Diretores e nos Códigos de Edificações. Por outro lado, o planejamento compartilhado e envolvendo a escuta cidadã já é um pressuposto desde a Constituição de 1988, e que deve ser contemplado nas escalas municipal e local. O Geodesign é um conjunto de métodos para o planejamento compartilhado por cocriação, que atende a valores contemporâneos. Mas para que a participação seja qualificada é necessário apresentar referências, melhores práticas, possibilidades e metas a serem cumpridas. Diante do exposto, o presente trabalho desenvolve, por meio de uma abordagem experimental, a proposição de explorar, após a leitura das características multiescalares, parâmetros alternativos de caráter ambiental que possam servir de suporte para workshops de Geodesign nas diferentes escalas abordadas.

Diante da questão, são colocados como objetivos:

Objetivo Principal: Com base na caracterização e nas análises de cada escala de estudo, que abrangem diferentes níveis (multiescalaridade), será desenvolvida uma lista de parâmetros alternativos com foco ambiental. Essa lista será concebida como um conjunto de diretrizes de boas práticas, destinadas a apoiar o processo de cocriação de ideias voltadas para a transformação de um determinado território durante os workshops de Geodesign.

Objetivos Específicos:

- Entender a multiescalaridade como conceito e modos de abordagem;
- Associar a escala regional aos princípios de Unidades de Conservação, a escala municipal aos princípios de Infraestrutura Verde, e a escala local aos princípios de Serviços Ecossistêmicos. Apresentar as tipologias de Unidades de Conservação, as tipologias de cada UCs; propor uma lista abrangente de boas práticas, estratégias de design verde, instrumentos, intervenções e parâmetros urbanos para as escalas municipal e local;
- Apresentar como a relação de parâmetros alternativos de caráter ambiental pode favorecer a compreensão de suas possíveis aplicações e dos possíveis impactos no ambiental, na economia e na sociedade.
- Apresentar um roteiro metodológico com critérios defensáveis e reproduzíveis que possam ser aplicados em outros estudos de caso nos recortes regional, municipal e local.

1.2. Metodologia

A metodologia utiliza uma tendência contemporânea de planejamento que parte da abordagem na macroescala (análise de contexto) até o objeto principal de estudo (multiescalaridade). Neste estudo, é utilizada como ponto de partida a Escala Regional com a região do Quadrilátero Ferrífero, passando pela Escala municipal, com o município de Belo Horizonte, chegando à Escala Local e intraurbana, com a regional administrativa Centro-sul. Embora a base de dados utilizada, e conseqüentemente os resultados obtidos, apresentam recortes temporais e espaciais diferentes, a articulação das escalas na paisagem é relevante, uma vez que cada uma está relacionada a mecanismos e atributos de planejamento específicos.

Para a análise de contexto (Escala regional), a escolha do Quadrilátero Ferrífero (QF) como objeto de estudo se justifica devido à sua notável importância em termos de recursos naturais e físicos, assim como pela significativa influência que exerce sobre a qualidade ambiental que afeta diretamente municípios como Belo Horizonte. A abundante cobertura vegetal, presente na área, aliada à predominância dos ventos vindos do sudoeste em direção ao nordeste, resulta em impactos diretos na qualidade ambiental da cidade, especialmente ao longo da fronteira sudoeste do Quadrilátero que delimita Belo Horizonte. É importante ressaltar que a região central e sul do Quadrilátero Ferrífero apresenta qualidade ambiental superior em comparação com a região norte de Belo Horizonte, o que representa uma contribuição positiva significativa para a dinâmica ambiental da capital. Adicionalmente, é relevante mencionar que Belo Horizonte possui uma conexão intrínseca com a região do Quadrilátero desde os primórdios da formação do território mineiro (conexão cultural).

A escolha de Belo Horizonte como área de estudo para a escala municipal é estrategicamente interessante tanto em termos de repercussões técnicas, visto que em termos de planejamento urbano cidades menores tendem a utilizar as grandes cidades como referência de modelos (Nogueira, 2018), principalmente quando são capitais dos estados; quanto pelo fato de que a compreensão do ambiente urbano é fundamental para as proposições em escala local, compreendendo a relação dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos nos diferentes contextos. A cidade de Belo Horizonte tem maturidade no planejamento urbano, visto que é uma cidade que há muitos anos planeja o plano de diretor. Ademais, a cidade foi planejada adotando ideias do conceito de “cidade-jardim”², destacando o planejamento de praças e jardins, trazendo notadamente as áreas verdes para o planejamento da cidade.

Por fim, a escolha da Unidade administrativa Centro-sul de Belo Horizonte enquanto escala de análise local se deu por ser uma regional integrada à paisagem do Quadrilátero Ferrífero, não estando localizada às bordas e evitando os “efeitos de borda” de análise. A Centro-sul está entre as regionais de maior densidade populacional e as que apresentam maior infraestrutura pública, sendo muito acessada e utilizada não apenas por seus habitantes. Ademais, é uma escolha metodológica propor estratégias e parâmetros verdes para um contexto urbano já consolidado em termos de transformação, como é o caso da área de estudo em questão, apresentando o potencial de ser referência para outros estudos no Brasil.

O trabalho utiliza métodos e técnicas de geoprocessamento tanto para as etapas de leitura territorial e modelagem dos dados, bem como com a de proposição para estabelecimento de um zoneamento para prioridade de aplicação das propostas/estratégias.

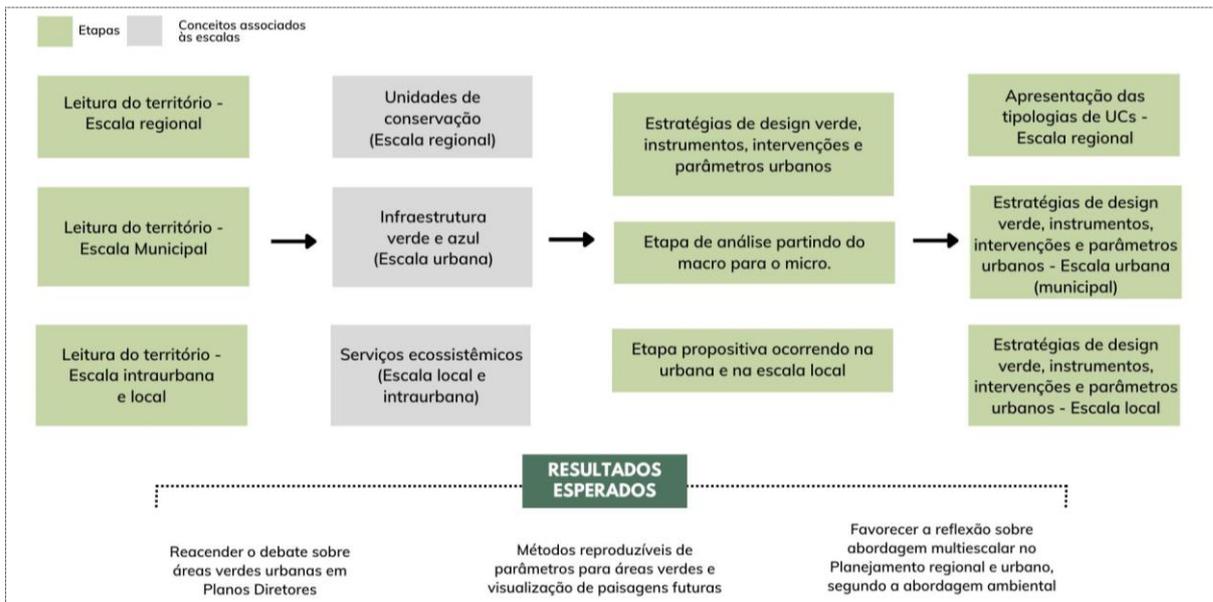
Quanto à estrutura de apresentação das informações, o trabalho adota uma abordagem que destaca individualmente cada escala de análise, compreendendo a caracterização da área de estudo, o processo de integração dos dados, a apresentação do mapa síntese de indicação dos lugares mais adequados para intervenções de qualificação e a apresentação das ações de qualificação, representados pelas tabelas de parâmetros. Essa abordagem proporciona ao leitor uma compreensão abrangente do processo completo de análise e dos resultados em cada escala.

Ademais, a escolha reflete o reconhecimento de que as investigações com aplicação de recursos de geoprocessamento são, em essência, uma contribuição metodológica, na qual tanto a metodologia quanto os resultados em cada escala se configuram como os produtos do processo

² A cidade-jardim é um conceito sistematizado pelo urbanista inglês Ebenezer Howard (1850-1928), que considerava a cidade limitada em número de habitantes numa área circundada por um cinturão verde agrícola. O propósito era viabilizar uma maior integração das atividades fundamentais para as comunidades humanas, unindo elementos urbanos e rurais, enfatizando a importância da presença do ambiente natural dentro do tecido urbano. (Mumford, 1965).

desenvolvido. Isso ocorre porque o organizador do estudo propõe etapas, modelos de aplicação, de coleta e de integrações de dados com critérios reproduzíveis e aplicáveis a outras áreas de estudo, desde que essas áreas possuam a mesma qualidade de coleta de dados. Todo trabalho que envolve geoprocessamento é uma contribuição metodológica, pois é um conjunto de métodos e técnicas que resultará na proposição de um arcabouço, cuja intenção é colaborar não apenas com o estudo em si, mas também com a possibilidade de aplicabilidade do modelo em outros estudos de caso.

Figura 01: Fluxograma de etapas



Fonte: elaborado pela autora

As propostas apresentadas neste estudo desempenham um papel crucial ao garantir a presença de vegetação, que é fundamental para a paisagem, o ambiente urbano e a regulação climática, entre outros aspectos. Elas podem servir como um guia para políticas ambientais, uma vez que foram consideradas características econômicas, sustentáveis, de redução de riscos e proteção de recursos. Além disso, também foi reconhecida a importância de conectar essas áreas verdes a uma rede multifuncional que integre espaços de lazer, instalações culturais e infraestruturas funcionais, com o potencial de melhorar significativamente a qualidade de vida das comunidades envolvidas. A aplicação de cada proposta requer um compromisso em compreender o contexto específico, a fim de identificar as capacidades existentes. Isso reforça a importância e a relevância de uma abordagem multiescalar. As propostas de parâmetros e a indicação de zoneamento para a unidade administrativa do Centro-Sul, com base na leitura territorial, também podem servir como ponto de partida para futuros estudos na discussão da necessidade e estratégias para implementação e manutenção de áreas verdes urbanas.

A elaboração dos mapas se pautou na produção eficaz e inclusiva da informação, através de uma representação visual com diferenciações cromáticas que possibilitem a leitura e compreensão por parte de usuários daltônicos. Dessa forma, alguns mapas não foram produzidos com cores convencionais de representação, como é o caso do mapa de relevo. Alguns sites foram utilizados como suporte à tomada de decisão das cores utilizadas, entre eles o *ColorBrewer*³ produzido pela pesquisadora Cynthia Brewer, especialista em visibilidade e teoria da cor na cartografia. Dentre os modelos de cores apresentados é possível através do recurso “*Color blind friendly*” identificar o conjunto de cores que não será confundido por usuários portadores de daltonismo vermelho-verde.

1.3. Estrutura dos capítulos

Em relação à divisão dos capítulos, esta dissertação possui seis capítulos. O **primeiro capítulo** contém uma introdução e uma breve caracterização sobre o tema, objetivo, objetivos específicos e a metodologia da pesquisa, uma apresentação do fluxograma de etapas.

O **segundo capítulo**, refere-se ao referencial teórico e bases conceituais como suporte para as discussões da etapa propositiva e está subdividido em quatro partes. A primeira diz respeito aos aportes conceituais necessários para compreensão do conceito de escala e para a Geografia, o desenvolvimento do tempo ao longo do tempo, bem como a relevância da abordagem multiescalar para os estudos socioespaciais.

A segunda aborda o conceito de escala e multiescalaridade para o planejamento territorial. Por sua vez, na segunda, são desenvolvidos os estudos empíricos, com a aplicação das técnicas e realização das análises, suportadas pelo referencial teórico, com vistas a proposições de ordenamento territorial ao longo dos três capítulos finais. Sem a pretensão de esgotar a temática, as partes abordam conceitos, considerados relevantes para a compreensão da dimensão territorial associadas à perspectiva escalar, e mais especificamente, multiescalar. Interessa para a discussão tanto o ponto de partida, no caso a ciência geográfica, quanto o ponto de chegada, o planejamento territorial. A partir da própria geografia mostrar que o raciocínio entre escala geográfica e escala cartográfica devem superar as limitações da analogia e adquirir um nível de abstração maior capaz de considerar a complexidade dos fenômenos espaciais e as possibilidades conceituais para ir além. Também sobre a necessidade de tratar a escala como um recurso metodológico essencial para a visibilidade, compreensão e análise dos fenômenos numa perspectiva espacial. E por fim, abordar como os fenômenos que dão sentido ao recorte

³ Color Brewer. Disponível em: <https://colorbrewer2.org/>. Acesso em: 09 set 2023.

espacial objetivado, na medida que a visibilidade ao real é distinta da objetividade da representação gráfica e compreendê-lo requer um nível de abstração.

A terceira parte aborda os conceitos de Unidades de Conservação, pelos principais órgãos e a caracterização das tipologias de unidades; e os conceitos de Infraestrutura Verde e Serviços Ecosistêmicos, associados às escalas de planejamento adequadas. Também é apresentado resultado da revisão da literatura internacional e nacional produzidas em periódicos nos últimos dez anos (de 2014 a 2023) que abordam a temática da Infraestrutura verde e serviços ecossistêmicos associada ao planejamento urbano, compreendendo os recortes espaciais utilizados e a existência de estudos com o emprego de geotecnologias. O objetivo foi uma análise mais abrangente e imparcial das evidências disponíveis sobre o assunto, ajudando a sintetizar o conhecimento existente, identificar lacunas e aplicações potenciais no cenário nacional e internacional que poderiam servir de suporte para as soluções propostas neste estudo para as escalas urbana e local.

O **terceiro capítulo** apresenta uma breve caracterização da área de estudo da Escala regional, o Quadrilátero Ferrífero, que engloba as demais escalas (áreas) de estudo.

O **quarto capítulo**, apresenta a leitura territorial da escala regional (Quadrilátero Ferrífero) considerando aspectos como geomorfologia, cobertura e uso do solo, Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), temperatura de superfície, métricas da Ecologia da paisagem, Hidrografia, apresentando a relação dos aspectos e uma síntese dessa análise. Para a escala Regional, a proteção da vegetação e qualidade ambiental corresponde as Unidades de Conservação. Portanto, são apresentadas fichas resumo com a descrição dos tipos de unidade correspondente a cada grupo de UC de Proteção Integral e Uso Sustentável, com exemplo de localização da tipologia Unidade e imagem de referência.

O **quinto capítulo** apresenta a leitura territorial para a escala municipal cujo objeto de estudo é o município de Belo Horizonte. A análise considerou os mesmos aspectos abordados na escala regional, como NDVI, Temperatura de superfície, Hidrografia, métricas da Ecologia da Paisagem, uso e ocupação do solo etc., que possibilitam identificar as potencialidades e vulnerabilidades da área de estudo. O conhecimento das condições ambientais é fundamental para compreender a relação dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos nas diferentes escalas, bem como a aplicação dos conceitos e recursos da infraestrutura-verde. O capítulo também apresenta fichas resumo de estratégias alternativas com enfoque ambiental, todos com potencial ambiental urbana relacionadas à infraestrutura verde e azul e a qualidade ambiental.

O **sexto capítulo**, corresponde à leitura territorial da Escala local, tendo como foco de análise uma Unidade Administrativa, a Regional Centro-sul, determinada a partir dos resultados

da análise regional e municipal. Para a escala local, além das informações já mencionadas nas escalas regional e urbana, também foram utilizados dados como volume edificado, tipologias de edifícios, lotes vagos e vulnerabilidade à inundação. Métodos de geoprocessamento também foram utilizados para calcular a Taxa de Ocupação do Solo e a volumetria do ambiente construído, de modo a compreender os efeitos das diretrizes de construção atuais sobre a paisagem. Assim como par a escala municipal, o capítulo também apresenta fichas resumo de estratégias de design sensíveis ao verde e ao azul, assim como em instrumentos urbanos, intervenções e parâmetros em escala local, acrescido de uma indicação de zoneamento com a definição das áreas prioritárias de implantação (baixa, média e alta prioridade) para a regional do estudo (Centro-sul).

Por fim, no **sétimo e último capítulo** são apresentadas as conclusões gerais em relação ao trabalho, envolvendo a retomada dos objetivos da dissertação, a indicação dos resultados, o reconhecimento das possíveis limitações e a indicação de possíveis desdobramentos da pesquisa.

2 BASES CONCEITUAIS COMO SUPORTE ÀS DISCUSSÕES

2.1. O que é, afinal, escala?

A relevância das escalas espaciais é quase que unanimemente reconhecida pelos pesquisadores, uma vez que estão associadas a diferentes aspectos de nossas vidas, como em nossas representações da realidade, em nossas ações, nas relações e lutas sociais, nos processos sociais e econômicos e na construção e implementação das políticas públicas de planejamento e desenvolvimento regional. Ela é um artifício analítico que confere visibilidade à parcela ou dimensão do real, do fenômeno, demandando coerência entre o que é percebido e o concebido. Nesse sentido, o problema do conceito acaba sendo a exigência tanto de um nível de abstração quanto uma forma de mensuração, o que é inerente à representação dos fenômenos (Boudon, 1991 apud Castro, 2000).

A pesquisa socioespacial tem de longa data buscado emancipar o raciocínio escalar para além dos estreitos limites da cartografia. Para abordar a temática escalar é preciso inicialmente diferenciar escala cartográfica de escala geográfica. A primeira consiste simplesmente na relação matemática entre as dimensões de um objeto no mundo real e as dimensões da sua representação no desenho em um mapa, ou seja, ela é usada para representar a relação de proporção entre a área real e a sua representação (Silveira, 2020). Enquanto a segunda, está relacionada com a própria extensão ou magnitude do espaço que está sendo considerado, isto é, expressa a representação da relação que a sociedade, através dos agentes sociais e das suas

instituições, mantém com essa “forma geométrica”, em realidade com essa parcela do espaço geográfico. (Silveira, 2020; Racine, Raffestin e Ruffy, 1983).

Produções em outros idiomas, como de Lacoste (1988) e Racine, Raffestin e Ruffy (1983) foram pioneiras na discussão conceitual e metodológica sobre escala. As contribuições brasileiras, como a dissertação de Bahiana (1986), passando por Castro (2000), Souza (2002, 2006 e 2018) e outros estudos mais recentes sobre escalas como o de Brandão (2010) e Silveira (2020) também foram fundamentais para abordar o tema. Outros autores que apesar de em seus estudos a escala não ser o cerne da discussão trouxeram importantes reflexões sobre a temática como Harvey (1973, 2000), Smith (1988, 2000), Raffestin (2003) e Marston *et al* (2005). Há ainda a produção que aborda a questão da escala associada ao planejamento territorial como Ramirez (2010), Fernandez (2010).

Durante muito tempo, o empirismo geográfico se satisfez com a adoção de uma perspectiva que associava a escala a uma objetividade geométrica, utilizando essa associação da escala geográfica à cartográfica. Tudo se reduzia e se solucionava nas diferentes representações cartográficas (níveis de análise, de conceituação, de intervenção, de realidade). Embora necessárias e adequadas aos problemas, essa progressão de mensuração dos fenômenos, que funcionam como uma espécie de régua de valores é limitante, uma vez que a complexidade do espaço geográfico e as diferentes dimensões e mensurações dos fenômenos socioespaciais exigem maior nível de análise e abstração (Castro, 2000).

Lacoste (1988) foi um dos pioneiros na abordagem dos problemas conceituais, teóricos e metodológicos das escalas. Contribuiu metodologicamente no campo disciplinar da Geografia ao sublinhar a especificidade do entendimento geográfico de escala e ao ressaltar a importância das abordagens multiescalares. Para ele, não há como considerar o privilégio de nenhum nível (escala) de análise no campo do conhecimento, já que determinado espaço como campo de observação permitirá apreender certos fenômenos e estruturas enquanto oculta ou deforma outros fenômenos, isto é, nenhum nível de análise pode ser considerado suficiente.

Como solução, Lacoste (1988) sugere um quadro terminológico contendo escalas de grandeza de recortes que partem desde conjuntos espaciais muito grandes (sétima ordem de grandeza), como zonas climáticas, até conjuntos muito pequenos, cuja dimensão é medida em metros (primeira ordem de grandeza). Bahiana (1986) afirma que embora Lacoste não tenha sido o primeiro estudioso socioespacial a identificar níveis escalares de análise e propor quadro de referência classificatório, sua pesquisa é representativa (apesar de ter ressalvas) principalmente quando considerado o período em que foi formulada.

Souza (2002) afirma que a terminologia lacostiana não se impôs por propor uma classificação incontestavelmente rígida e formalista, na medida que se preocupou primeiramente com as magnitudes métricas das grandezas, ao invés de lidar com os processos, os agentes e os discursos desses últimos. Os termos propostos por Lacoste para esses níveis de ordens de grandeza não eram imediatamente compreendidos, enquanto os termos familiares utilizados eram “local”, “regional”, “nacional” e “internacional” mais facilmente compreendidos até pelo público leigo. Ademais, Lacoste (1988) abordou separadamente as concepções de escala, nível de análise e espaços de concepção, e esses são termos intrinsecamente ligados. Para Castro (2000, p.123), “a escala é à medida que confere visibilidade ao fenômeno. Ela não define, portanto, o nível de análise, nem pode ser confundida com ele, estas são noções independentes conceitual e empiricamente”.

Embora tenha representado um avanço para o momento que foi formulada, a proposta de Lacoste já se encontra há bastante tempo inadequada para os estudos relacionados às escalas geográficas. Conforme afirma Silveira (2020) era comum que esses estudiosos compreendessem as escalas/níveis de análise como dados, que existiam por si só, independente da construção do objeto por parte do analista e as considerassem como se essa realidade fosse anistórica, quase material ou ‘dada’, isto é, sem considerar que os ocupantes desses espaços também exercem influência sobre eles. Compreender as escalas dessa forma é um equívoco principalmente para a pesquisa socioespacial.

Castro (2000) também chama atenção para a problemática da ideia de nível de análise, uma vez que sugere uma hierarquia de análise, um aprofundamento maior ou menor do conhecimento, e essa percepção é danosa para as abordagens do espaço geográfico. Para a autora, “a escala é, na realidade, a medida que confere visibilidade ao fenômeno. Ela não define, portanto, o nível de análise, nem pode ser confundida com ele, estas são noções independentes conceitual e empiricamente” (Castro, 2000, p.123).

Nesse sentido, as escalas de análise são realizadas a partir do processo de construção do objeto de conhecimento por parte do pesquisador, isto é, elas não são invariantes, elas variam em número e natureza, da mesma forma que também varia a forma de construir esses problemas que orientam a construção desse conhecimento. Ademais, o alcance do fenômeno em questão de análise deve significar tanto para o pesquisador quanto o objeto real em si.

Quando Lacoste (1988) afirmou ser insuficiente considerar o privilégio de alguma escala, embora compreendamos a sua intenção para um plano mais geral e amplo, quando trabalhamos em pesquisas específicas, a construção do objeto estará sim associada a determinadas escalas (e outras não), uma vez que alguma escala pode ser prioritária para

entender determinados fenômenos, processos, estruturas, bem como para propor soluções e/ou estratégias. A combinação e articulação de escalas deve ser entendida como uma característica inerente da pesquisa socioespacial, o que não significa dizer que as mesmas e todas as escalas serão tomadas com similar importância. Nesse sentido, abordar e realizar um planejamento multiescalar exige compreender tanto conceitualmente e quanto tecnicamente as escalas (níveis) de análise utilizados, uma vez que os processos econômicos, políticos, sociais, culturais que ocorrem historicamente possuem diferentes dimensões escalares, e na maioria das vezes, também, tais processos apresentam uma dimensão multiescalar.

Souza (2018) aborda que no ambiente da pesquisa aplicada e da prática de planejamento (especialmente no planejamento regional a serviço do Estado), os termos “local”, “regional”, “nacional” e “internacional” são frequentemente utilizados desassociados de rigor ou preocupações conceituais, remetendo a uma espécie de “senso comum acadêmico”; e enfatiza a necessidade de compreenderem a consistência do conteúdo e conceito associados aos termos/escalas. Ainda segundo Souza (2018), os termos são usados sem definição conceitual, como é o caso do termo “local” que é utilizado para abordar tanto um município quanto um objeto geográfico sem reconhecimento formal-institucional, ou ainda em um recorte intraurbano, como um bairro. Dessa forma, não é perceptível qual o critério utilizado para emprego do termo; seria sua grandeza quantitativa, a qualidade de certas relações sociais, o alcance ambiental de determinado fenômeno analisado etc.

Compreender e refletir conceitualmente os níveis (escalas) de análise, bem como as implicações associadas a determinados fenômenos ou análise é uma forma de evitar a vaguidão e indefinição dos termos, além de evitar simplificações exageradas. Souza (2018) afirma ainda que não há problema na utilização dos termos para a caracterização das escalas, desde que compreendido que as escalas de ação não são anteriores à própria ação, assim como as escalas de análise devem ser contextualizadas historicamente, politicamente e culturalmente.

Para uma melhor compreensão do que seja a escala geográfica ou espacial, Souza (2018) chama atenção também sobre as três subdivisões, ou dimensões constitutivas: as escalas do fenômeno, de análise e de ação.

A **escala do fenômeno** se refere a escala do tamanho ou de abrangência de um dado objeto, fenômeno natural ou social, existente no espaço geográfico e presente na realidade. Como exemplo, podemos aqui mencionar a extensão da urbanização de um município, de uma microbacia, de uma dada aglomeração urbana, de uma região econômica, a escala de abrangência do agronegócio ou da agricultura familiar num dado território. E esse fenômeno se constituirá em uma dada abrangência, como a escala local, regional, nacional, internacional ou

global. O autor assinala que quando nos referimos a escala de fenômenos sociais precisamos considerar algumas especificidades pois “podemos estar nos referindo à abrangência de processos referentes a dinâmicas essencialmente “impessoais” (como a globalização) e a resultantes de desdobramentos não premeditados, ainda que muitas vezes previsíveis (a exemplo de uma catástrofe nuclear), ou ainda à abrangência de dinâmicas de ação coletiva programática ou consciente, como resistências, lutas e movimentos sociais; e podemos estar lidando com fenômenos que, ao menos à primeira vista, se deixam apreender como áreas e territórios contínuos por exemplo, a escala de um país) ou diversamente. Com fenômenos que demandam uma compreensão de sua estruturação em rede (como as redes do crime organizado)” (Souza, 2018: p. 181-182)

É possível perceber que na escala de fenômeno, é essencial a compreensão do fenômeno para além da sua abrangência, considerando a redes, as inter-relações desses fenômenos com outros etc. Outro ponto de atenção é a consideração das especificidades dos fenômenos nas análises espaciais e dos fenômenos, aspecto esse pode se apresentar como fundamental no processo de planejamento territorial multiescalar, propondo ações e estratégias adequadas para o lugar e agentes envolvidos.

A relação entre escala do fenômeno e **escala de análise** se vincula diretamente com a relação entre realidade e conhecimento. O conhecimento é resultado da apreensão e compreensão do objeto real, ele não é meramente o espelho do objeto. No mesmo sentido podemos compreender a escala de análise, ela é intelectualmente construída em nível analítico por meio das percepções, da experiência, da vivência e de uso dos conceitos pelos sujeitos. Ela não nos é dada a priori, ela é fruto de construção com base no objeto, na realidade. Partindo do mesmo raciocínio podemos compreender que a escala de análise é definida e construída intelectualmente pelo pesquisador como um nível analítico do fenômeno da realidade a ser investigado, que permita apreender as suas características e particularidades relevantes, em sintonia com as questões norteadoras e/ ou com o problema de pesquisa. (Souza, 2018)

A **escala de ação**, como o próprio nome faz referência, tem relação com o alcance espacial das práticas dos agentes e se relacionada a um raciocínio preponderantemente estratégico, bem como a um aspecto específico e político.

Em suma, como já mencionado anteriormente, não se trata de adotar a escala em uma abordagem similar a cartográfica, como representação de raciocínio matemático, ou ainda adotá-la como categoria que por si só explicaria os fenômenos. É compreender a sua complexidade, de modo a ser utilizada como estratégia para compreender a realidade. O reconhecimento de que os fenômenos se organizam no território de forma multiescalar,

resultantes da ação dos atores, o planejamento territorial, em seus distintos aspectos, também deve considerar essas escalas (multiescalaridade).

2.2. Multiescalaridade: escala no planejamento territorial

Nos estudos de planejamento e desenvolvimento regional, tem ocorrido um crescente interesse pelo tema das escalas espaciais. Isso se traduz na criação de produções significativas sobre seu significado, sua compreensão e sua aplicação teórica e metodológica na análise dos territórios e dos processos relacionados ao planejamento e ao desenvolvimento territorial (Silveira, 2020).

Um termo fundamental para abordar a questão do planejamento multiescalar é o de território, uma vez que é nele que as ações, os processos e as políticas de desenvolvimento regional ocorrem e são socialmente produzidas nas distintas, mas também relacionais, escalas espaciais. Souza (1995 apud Souza, 2013: p.78) propõe que território seja compreendido como “um espaço definido e delimitado por e a partir de relações de poder”. isto é, ele é “essencialmente um instrumento de exercício de poder: quem domina ou influencia quem nesse espaço, e como?”. No mesmo sentido Raffestin (1993, p.143-144) compreende que os atores sociais se apropriam e “territorializam” o espaço geográfico, o território “é um espaço onde se projetou um trabalho, seja energia e informação, e que, por consequência, revela relações marcadas pelo poder”.

Além disso, considerando que as concepções de controle, ordenamento e gestão espacial, que desempenham papéis cruciais nas discussões sobre o território, não se limitam exclusivamente à esfera estatal, mas também estão intrinsecamente ligadas às estratégias adotadas por diversos grupos sociais e pelas grandes corporações econômicas e financeiras, é necessário perceber o território como um resultado da interação complexa entre diversas facetas sociais, econômicas, políticas e culturais (Silveira, 2020). Ainda nesse sentido, Souza (2018) enfatiza que o conceito de território, tem a ver com noções de limites, com fronteiras, isto é, com a projeção, no espaço, de um poder que se exerce e que demarca espaços bem diferentes. Os fatores que estimulam essas demarcações (econômicos, estratégico-militares etc.), a maneira como se chega a elas (a argumentação, a negociação, a intimidação, a imposição pela força) e o modo como são implementadas (menos ou mais excludentes, menos ou mais solidárias) são bastante variáveis.

Além disso, considerando que as concepções de controle, ordenamento e gestão espacial, que desempenham papéis cruciais nas discussões sobre o território, não se limitam exclusivamente à esfera estatal, mas também estão intrinsecamente ligadas às estratégias

adotadas por diversos grupos sociais e pelas grandes corporações econômicas e financeiras, é necessário perceber o território como um resultado da interação complexa entre diversas facetas sociais, econômicas, políticas e culturais (Silveira, 2020). Ainda nesse sentido, Souza (2018) enfatiza que o conceito de território, tem a ver com noções de limites, com fronteiras, isto é, com a projeção, no espaço, de um poder que se exerce e que demarca espaços bem diferentes. Os fatores que estimulam essas demarcações (econômicos, estratégico-militares etc.), a maneira como se chega a elas (a argumentação, a negociação, a intimidação, a imposição pela força) e o modo como são implementadas (menos ou mais excludentes, menos ou mais solidárias) são bastante variáveis.

Harvey (1973; 2000) abordou a noção de escalas de urbanização, observando o fenômeno da urbanização em diferentes dimensões e expressões espaciais. Cada escala representa um conjunto de características intrínsecas ao processo, ao fenômeno, adquirindo características particulares com a mudança da escala. O autor também considerou que a visibilidade dessas partes do real, se diferenciam de acordo com o ponto de vista do observador. É necessário ainda reconhecer que as escalas não são categorias pré-existentes, neutras, criadas naturalmente ou ainda imutáveis. Elas são produzidas por processos heterogêneos e de conflitos, são resultado de transformações tecnológicas, de construções históricas, modos de organização social, de luta política etc, que perpassam por todas as escalas. São formas de contextualização e abordagem de concepções da realidade (Smith, 1988; Harvey, 2000; Martson *et al*, 2005).

A noção de que a escala é produzida socialmente, tem recebido atenção não apenas de geógrafos, mas também de outros pesquisadores, sobretudo no campo das Ciências Sociais. No campo mais específico do planejamento e desenvolvimento regional, tem ocorrido um crescente interesse sobre o tema das escalas espaciais. Isso se traduz em uma considerável produção de contribuições significativas que exploram profundamente o significado, a compreensão e a aplicação teórica e metodológica das escalas espaciais na análise de territórios e nos processos de planejamento e desenvolvimento territorial.

Dentre algumas obras de referência sobre o conceito de escala associado ao planejamento e desenvolvimento territorial, destacam-se os estudos de Fernández (2010), que aborda a importância da perspectiva transescalar, considerando as regiões não apenas como territórios, mas também como nós de redes de fluxos e atores, de decisões e recursos externos que condicionam e atravessam as possibilidades de desenvolvimento. Já as contribuições de Brandão (2010) são sobre a necessidade da reflexão teórica e metodológica a respeito da dimensão territorial do desenvolvimento nas diferentes escalas espaciais, ressaltando as

relações de poder e de decisões dos sujeitos envolvidos na construção social dos espaços. Vainer (2002) trata sobre o papel das escalas de poder e as escalas de ação na análise dos processos de planejamento e desenvolvimento territorial, bem como sobre estratégias (analíticas e políticas) transescalares. Já Ramírez (2010) revisita uma análise conceitual da relação entre produção espacial e escalas, abordando como essa relação é fundamental na construção do desenvolvimento regional na América Latina.

No geral, nem sempre os estudos consideram a perspectiva dinâmica, multifacetada e relacional que as escalas espaciais proporcionam, desconsiderando melhores possibilidades metodológicas para compreender os processos de desenvolvimento territorial por meio da identificação no território das escalas dos fenômenos, de análise e das ações. A coexistência de fenômenos e processos globais, regionais e locais revela o conteúdo histórico e a complexidade dos usos do território. Isso exige que, ao analisar fenômenos e processos sociais, culturais e econômicos, bem como ao elaborar políticas de desenvolvimento, se dê devida ênfase à relevância das diferentes escalas espaciais. Tal abordagem é essencial para uma compreensão mais aprofundada da dinâmica territorial do desenvolvimento regional.

A coexistência de fenômenos multiescalares e de múltiplos atores, implica na necessidade de se pensar o planejamento territorial também sob uma ótica multiescalar. Muitas vezes fenômenos em diferentes escalas de abrangência requerem também intervenções mais complexas que a simples adoção de uma escala de intervenção. Ao adotarmos essa perspectiva, a escala engloba uma perspectiva analítica e metodológica adequada, porque confere visibilidade e permite a problematização dos fenômenos (Castro, 2000; Cargnin, 2021). Torna-se uma estratégia para apreender a realidade quando em razão da impossibilidade de compreensão da totalidade (Racine; Raffestin; Ruffy, 1983).

Metodologicamente, em abordagens multiescalares é preciso identificar as escalas nas quais os fenômenos e os processos estudados se originam, ocorrem e alcançam no território. Isto, porque as relações sociais, as articulações econômicas e políticas associadas ao território ocorrem de forma simultânea, mas também desigual, em distintas escalas espaciais, que vão desde o nível local até o global. Nessa mesma medida, a maneira como os agentes sociais se apropriam, utilizam e transformam o território ocorre em uma ou mais dessas escalas espaciais, justificando mais uma vez a abordagem multiescalar, principalmente em contextos de ordenamento e planejamento territorial. A diferenciação e a articulação simultâneas das escalas geográficas constituem uma maneira eficaz para compreender as transformações que se processam no mundo atual.

É fundamental definir as escalas de análise essenciais à compreensão dos fenômenos presentes no território ou que nele impactam; e igualmente, pensar quais as estratégias e soluções são passíveis de serem implementadas em cada escala espacial, considerando as especificidades e condicionantes da escala espacial, bem como fatores externos, como as limitações administrativas, de legislação e gestão. Nesse sentido, como desenvolve Brandão (2010, p.08) os desafios científico e político relacionados é justamente o de “procurar definir o que cada escala poderá revelar cientificamente e com que meios, mecanismos e instrumentos políticos cada escala pode contar para mobilizar, contestar, acionar, regular, comandar ou controlar”. No mesmo sentido aponta Silveira (2020, p. 209) ao mencionar da necessidade de além de considerarmos “as distintas escalas (e sua interrelação) das ações e processos em rede que são engendrados ou que repercutem nos territórios usados das regiões, precisamos igualmente levar em conta na análise do desenvolvimento regional e buscar identificar e compreender como se apresentam as escalas de ação dos agentes e instituições”.

Do ponto de vista do planejamento territorial, se tomada de uma perspectiva analítica e metodológica, a escala possibilita o reconhecimento da ação de diferentes atores. Ao selecionarmos uma amostra ou elementos de uma análise, estamos fazendo escolhas intencionais e é essa determinação dos subconjuntos a serem observados faz a escala adquirir importância metodológica singular, sendo fundamental no planejamento territorial. Ela torna-se uma estratégia para apreender a realidade, já que nos permite o que Racine *et al.* (1983) definem como “esquecimento coerente”, permitindo isolar o que é fundamental para nossas análises. Em razão da impossibilidade de compreensão da totalidade, “*a escala aparece desde então como um filtro que empobrece a realidade, mas que preserva aquilo que é pertinente em relação a uma dada intenção*”. (Racine; Raffestin; Ruffy, 1983: p.127-128).

Pujadas e Font (1998) ressaltam sobre as modalidades de planejamento mais adequadas para cada análise, tomando os níveis de generalidade e detalhes de cada na elaboração. Segundo os autores, a escala nacional seria a mais adequada para o planejamento econômico; a escala regional para o planejamento e ordenamento territorial e a escala local para ações mais específicas de desenvolvimento urbano e rural. No entanto, a tomada de um recorte escalar não pode abdicar da análise da estratégia dos atores que é multiescalar e, portanto, requer uma governança também multiescalar. Desse modo, ao incorporar a perspectiva multiescalar para escalas e atores no planejamento e proposição de soluções, um contexto mais amplo que contemple a coexistência de interações, redes de fluxos, fenômenos etc., está sendo considerado. Por exemplo, a escala nacional apresenta diretrizes, expressadas por políticas, que influenciam também o desenvolvimento e os fenômenos locais.

Para Cargnin (2021), o Estado possui protagonismo na governança nas diferentes escalas e na mesma medida, a governança dos atores locais e a mediação são papéis importantes para a integração multiescalar. É um desafio as escolhas e metas adotadas tendo como elemento central o território, visto a multiescalaridade da atuação e abrangência dos atores, dos fenômenos e das governanças. Entretanto, mesmo com as dificuldades, do ponto de vista do planejamento governamental, a dimensão territorial é essencial para identificar vulnerabilidades, potencialidades e oportunidades, adequando assim o foco do planejamento, do desenho e da implementação das políticas públicas. Ainda para o autor, “ao localizarmos ações e projetos no território, estamos contribuindo para sua maior efetividade. Ademais, a territorialização das políticas gera maior transparência nas ações públicas, pois especifica onde foram programadas as ações e iniciativas para cada região.” (Cargnin, 2021: p.69).

Para Raffestin (1993), ocorre uma dicotomia entre os anseios regionais e as ações estatais, visto que, enquanto as regiões aspiram diversidade, o Estado direciona seus esforços para uma certa homogeneização, decorrendo dessa forma em um distanciamento do discurso regional e a prática efetiva que se resume em “... um exemplo de dupla estratégia situado em planos diferentes: discurso regional e prática a-regional” (Raffestin, 1993: p.182). A compreensão dos fenômenos e possibilidade de atuação em cada escala, resultam em uma aproximação com as questões que realmente afetam os territórios e que muitas vezes acabam colocadas em segundo plano pela tendência natural de “generalização” e “homogeneização” por parte do Estado.

Deve-se ter clareza sobre quais são e onde se situam os elementos básicos de intervenção e quais ferramentas, recursos e estratégias adequadas para desenho e implementação de cada ação considerando as especificidades de cada escala. As escalas fornecem uma maneira de tratar os interesses de cada lugar. A identificação dos valores e dos objetivos comuns que podem ser usados para orientar as tomadas de decisão sobre o uso e a ocupação do solo, baseados nas características do lugar que, na literatura britânica sobre planejamento e projeto da paisagem, é conhecido como *place-based* (Koc et. al., 2017; Syrbe; Walz, 2012 apud Gomes Sant' Anna, 2020).

Claro está, a essa altura, que uma abordagem não formalista das escalas deve ser do tipo relacional, e não uma tentativa de fixar, de modo absoluto, classes de magnitude métrica, ou categorias fixas e imutáveis. Toda e qualquer tipologia está sempre sujeita, ao longo do tempo, a aperfeiçoamentos e adequações. Como afirma Souza (2018, p.198) “Ao adicionarem processos tão diversos quanto o pagamento diferenciado de tributos e a necessidade de

adaptação a legislações diferentes, limites formais deixam de ser “meramente” formais ou convencionais, no sentido de vazios e inócuos, para se fazerem fortemente reais.”

A escala é, portanto, essencial para a compreensão do sentido e da visibilidade dos fenômenos numa perspectiva espacial e, considerando a polissemia do termo, é importante definir a compreensão das categorias utilizadas neste estudo. A seguir são apresentadas as tipologias de escalas (ou limites formais) utilizadas como unidades analíticas para a caracterização, prognose e proposições neste estudo.

Cabe ressaltar, que embora o recorte espacial adotado tenha sido o formal político administrativo, a abordagem multiescalar realizada compreende que a magnitude dos fenômenos não se limita a esse recorte; e que eles estão conectados (e/ou interrelacionados) no território, por isso a necessidade se propor soluções integradas. A adoção do recorte político-administrativo, como o próprio nome diz, se deu considerando as implicações administrativas, de legislação e de gestão que impactam e influenciam diretamente nas proposições e implementação das estratégias verdes propostas.

A configuração institucional, a função, a história e a dinâmica de uma escala particular (local, urbana, regional) tem sentido unicamente em função de suas relações verticais e horizontais com as outras escalas. Por isso o estudo parte da Escala Regional, passando pela Escala Municipal até chegar à Escala Local, compreendendo a correlação entre elas e que a organização escalar é um mosaico de hierarquias sobrepostas e mutuamente imbricadas impossibilitando a configuração de uma só pirâmide coerente capaz de englobar tudo.

A **Escala regional** aqui é considerada como uma região, um espaço vivido e percebido, característico de densidade cultural-simbólica e histórica, econômica e/ou política, situado entre o nível local e a escala do país, por exemplo como é a região adotada no estudo do Quadrilátero Ferrífero, que apresenta uma forte identidade regional. Conforme aponta Souza (2018, p.208) este nível “muitas vezes coincide com um território político-administrativo formal e com uma unidade de governo estatal (estado, província etc.) ou pelo menos com um espaço de implementação de políticas públicas.”

A **Escala municipal** é a escala espacial de elaboração e de efetivação da política pública municipal, e que assume particularidades nos territórios regionais. Considerando a abrangência das escalas, a escala municipal se encontra em um lugar intermediário de planejamento que se situa entre a escala mais ampla (regional) e até a mais local (que se concentra em áreas mais específicas). A análise em escala municipal permite a compreensão de aspectos associados a qualidade da vida urbana, e conseqüentemente as vulnerabilidades e potencialidades que podem influenciar as estratégias dotadas para essa e outras escalas.

Na **Escala local** se concentram os detalhes específicos de um lugar ou região, normalmente dentro de uma área urbana ou rural específica. É a escala onde ocorrem os níveis mais básicos de administração governamental, apresentando uma maior proximidade física entre o cidadão e o poder estatal. Nessa escala pode-se observar aspectos mais diretos relacionados à dinâmica cotidiana, como a estrutura urbana, dinâmicas sociais, economia local, uso da terra, entre outros fatores que têm um impacto direto nas vidas das pessoas que habitam essas áreas. Assim como aponta Souza (2018) é a escala que permite a vivência pessoal intensa do espaço associada a possibilidade de formação das identidades socioespaciais particulares e muitas vezes específicas daquela vivência. Neste estudo está sendo considerada como a escala referente ao nível mais próximo de observação e análise dentro do contexto geográfico mais amplo.

Embora os termos "local", "regional" e "nacional" ainda sejam amplamente utilizados no planejamento urbano realizado pelo Estado, é preciso problematizar acerca da consistência do seu conteúdo, compreendendo que os fenômenos e questões socioespaciais não se restringem aos limites administrativos, o que torna necessário considerar a integração dessas análises e reconhecer a importância da abordagem em múltiplas escalas. multiescalar.

2.3. Unidade de Conservação, Infraestrutura verde e Serviços Ecossistêmicos

Tendo em vista a infinidade de trabalhos, discussões, conceitos e termos utilizados para abordar as “áreas verdes” no espaço urbano, essa parte da revisão da literatura contempla as bases conceituais relacionadas aos conceitos e discussões de aspectos que encorajam a pesquisa no que se refere a importância e garantia das áreas verdes no planejamento territorial. Nesse sentido são abordados os conceitos de Unidade de conservação e os conceitos de Infraestrutura verde e serviços ecossistêmicos e a associação deles às diferentes escalas de abordagem

2.3.1. Unidades de Proteção

As Áreas Protegidas são um instrumento importante de conservação socioambiental mundialmente reconhecida e difundidas. Embora o seu papel tenha se alterado ao longo dos anos, em essência sempre foram o reconhecimento de espaços como resposta cultural às ameaças ambientais. Atualmente, são um elemento fundamental nas estratégias de conservação da biodiversidade e uso sustentável dos recursos naturais (Watson *et al.*, 2014). Ao longo do tempo, cientistas e ambientalistas compreenderam a importância e eficiência de proteção ambiental por meio da criação de parques e áreas protegidas, o que as fizeram ganhar projeção internacional (Félix; Fontgalland, 2021).

A partir do século XX foi observado um aumento da popularidade das áreas protegidas bem como um aumento significativo do número das áreas, dentre os motivos estão o aumento da população global, a pressão e impactos sobre os recursos naturais, bem como presença de organizações internacionais como a IUCN (International Union for Conservation of Nature - União Internacional para a Conservação da Natureza). Criada em 1948, a IUCN foi a primeira organização ambiental global criada no mundo e trabalha na conservação da biodiversidade e na promoção do uso sustentável dos recursos naturais sendo conhecida por desenvolver e manter um sistema de categorias de áreas protegidas amplamente reconhecido e utilizado em nível internacional.

As primeiras décadas do século XX, não existia um padrão de terminologias para nomear as áreas protegidas, o que provocava uma gama de definições, categorias e nomenclaturas (Araújo, 2007). Em 1978 foi criado o primeiro sistema de categorias de áreas protegidas a nível internacional e estabelecia dez categorias. Entretanto, logo a proposta mostrou-se limitada, uma vez que as categorias não eram sempre claras e a definição de área protegida se apresentou ampla (Magalhães, 2017). Sentindo essa necessidade de aprimoramento da classificação, após o 3º Congresso Mundial de Parques, na Venezuela, em 1992, o sistema de classificação foi dividido em seis categorias definidas a partir dos objetivos de manejo (Morsello, 2001; Araujo, 2007; Maretti *et al.*, 2015 apud Sutil *et al.*, 2022).

Em 1994 a IUCN publicou essas “Diretrizes para as categorias de manejo de áreas protegidas” com categorias de áreas protegidas que influenciou a adoção de normas domésticas em relação a áreas protegidas em diversos países. As categorias (Tabela 1) ajudam a definir os objetivos e as diretrizes de gestão para cada área protegida, garantindo que elas desempenhem um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na proteção dos recursos naturais em todo o mundo. O conceito de área protegida é compreendido pela IUCN como “um espaço geográfico claramente definido, reconhecido, com objetivo específico e gerido através de meios eficazes, sejam jurídicos ou de outra natureza, para alcançar a conservação da natureza no longo prazo, com serviços ecossistêmicos e valores culturais associados” (Borrini-Feyerabend *et al.*, 2017: p.5).

Tabela 1: Categorias de áreas protegidas da IUCN

Categoria de áreas protegidas	Definição
Ia: Reserva natural estrita	Áreas estritamente protegidas, destinadas a conservar a biodiversidade e, possivelmente, características geológicas/geomorfológicas, onde a visitação, o uso e os impactos humanos são limitados e controlados estritamente para garantir a proteção dos valores de conservação. Servem como áreas de referência indispensáveis para pesquisa científica e monitoramento.
Ib: Área silvestre	Áreas grandes, não modificadas ou ligeiramente modificadas, que mantêm seu caráter e influência naturais, sem habitação humana permanente ou significativa, protegidas e geridas para preservar sua condição natural.
II: Parque Nacional	Grandes áreas naturais ou quase naturais que protegem processos ecológicos de grande porte, com espécies e ecossistemas característicos. Também oferecem oportunidades espirituais, científicas, educacionais recreativas e de visita que sejam ambiental e culturalmente compatíveis.
III: Monumento ou característica Natural	Áreas reservadas para proteger um monumento natural específico, que podem ser um acidente geográfico, uma montanha submarina, uma caverna submarina, uma característica geológica, como uma caverna ou uma característica viva, por exemplo, uma floresta antiga.
IV: Área de gestão de habitats/espécies	Áreas para proteger determinadas espécies ou habitats, onde a gestão reflete essa prioridade. Muitas vezes vão precisar de intervenções regulares e ativas para atender às necessidades de determinadas espécies ou habitats, mas este não é um requisito da categoria.
V: Paisagem terrestre ou marinha protegida	Onde a interação das pessoas e da natureza ao longo do tempo produziu um caráter distinto com significativo valor ecológico, biológico, cultural e estético, e onde salvaguardar a integridade dessa interação é vital para proteger e sustentar a área e seus valores associados de conservação da natureza e outros.
VI: Áreas protegidas, com uso sustentável dos recursos naturais	Áreas que conservem ecossistemas, juntamente com valores culturais associados e sistemas tradicionais de gestão de recursos naturais. Geralmente são grandes, com a maior parte em condição natural e uma parte sob gestão sustentável de recursos naturais, e onde o baixo nível de uso não industrial de recursos naturais, compatível com a conservação da natureza, é considerado um dos principais objetivos desta área protegida.

Fonte: Borrini-Feyerabend *et al*, 2017.

As nomenclaturas estabelecidas para cada categoria pela IUCN são para uso internacional, o que equivale a dizer que cada país ou região estabelece modos distintos de identificar suas áreas protegidas. (Borrini-Feyerabend *et al*, 2017). Para Phillips (2002) e Delfino (2017), as categorias de “Ia” até “IV” estão em acordo com o modelo clássico de áreas protegidas, que com um viés preservacionista. Enquanto as categorias “V” e “VI” já apresentam características menos restritivas, expressando a integração entre as pessoas e a natureza, muito alinhadas com o “novo paradigma”, conhecido como conservacionista que se apresenta como um contraponto ao modelo tradicional.

O aumento do número de Unidades de Conservação (UCs) também foi observado no Brasil, nas últimas décadas e o crescimento está associado, em grande parte, a criação do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) e aos percentuais instituídos pelas “Metas de Aichi” (Nagoya, Japão, 2010), um acordo internacional estabelecido para a conservação da diversidade biológica (Prates; Irving, 2015 apud Sutil, 2022). A Lei Federal 9.985, promulgada em 18 de julho de 2000, mais conhecida como a "Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza" ou "Lei das Unidades de Conservação" que estabelece as diretrizes gerais para a criação, implementação e gestão das unidades de conservação no Brasil, bem como os princípios e critérios para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas naturais.

A lei também que estabeleceu a estrutura do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), e doze categorias de proteção estabelecidas em dois grupos: as Unidades de Conservação de Proteção Integral e as Unidades de Conservação de Uso sustentável (BRASIL, 2000). Além de regularizar os critérios necessários para a criação das UCs, o SNUC também estabelece as categorias de manejo e seus objetivos, unindo em um único documento os vários instrumentos legais relacionados que antes eram apresentados separadamente (Sutil, 2022).

As **Unidades de Conservação de Proteção Integral** têm como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, têm como premissa básica preservar a natureza, não sendo permitido o uso direto dos seus recursos naturais (Simão Neto, 2017). É composta pelas seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre (BRASIL, 2000).

Tabela 2: Tipos de Unidades de Conservação de Proteção Integral

Tipos de Unidades de Proteção Integral	Definição da UC
Estação Ecológica	Tem como objetivo a preservação da natureza e realização de pesquisas científicas.
Reserva Biológica	em como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais
Parque Nacional	Tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o

	desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.
Monumento Natural	Tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
Refúgio de Vida Silvestre	Tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Fonte: DE BRITO (2023) a partir da Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Já objetivo da **Unidade de Conservação de Uso Sustentável** é “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais” (BRASIL, 2000), isto é, busca a compatibilização entre a proteção da natureza e o uso sustentável de parcela dos recursos ambientais. O grupo é composto pelas seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (BRASIL, 2000).

Tabela 3: Tipos de Unidades de Conservação de Uso Sustentável

Tipos de UC de Uso Sustentável	Definição da UC
Área de Proteção Ambiental	É uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
Área de Relevante Interesse Ecológico	É uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.
Floresta Nacional	É uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.
Reserva Extrativista	É uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.
Reserva de Fauna	É uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residente ou migratórias, adequadas para estudos técnicos-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
Reserva de Desenvolvimento	É uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas

Sustentável	locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.
Reserva Particular do Patrimônio Natural	É uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

Fonte: De Brito (2023) a partir da Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Quando comparadas as categorias de conservação estabelecidas pelo Brasil (SNUC) com a proposta da IUCN é possível concluir que, de modo geral, estão em consonância com o estabelecido a nível internacional, mesmo a SNUC não contemplando a categoria com as características da Área Silvestre (Categoria “Ib”). Ademais, como mencionado anteriormente, a comparação também evidencia a ausência de correspondência entre as nomenclaturas nacional e internacional.

Mencionada a importância das áreas protegidas, as diferentes categorias a nível nacional e internacional, cabe aqui apresentar os conceitos de áreas verdes compreendidos e utilizados para cada escala de abordagem neste trabalho. Isto porque em uma abordagem multiescalar a compreensão de **áreas verdes**, as possibilidades de intervenção, a proposição de estratégias verdes e o resultado não são os mesmos para as diferentes escalas, tanto para a escala regional como para a escala municipal e local, quando considerada a dimensão territorial dessas áreas, as formas de gestão e a própria legislação.

Para a Escala Regional, as áreas verdes são entendidas em um contexto mais amplo, cujo principal objetivo é a melhoria ambiental, os objetivos estão mais diretamente relacionados com a identificação de áreas com cobertura de vegetação notável (robusta) e, mais especificamente, as possíveis contribuições ao sequestro de carbono (crédito de carbono). E para o entendimento da vegetação notável foram utilizados os princípios da Ecologia da Paisagem, como auxílio a caracterização das condições dos fragmentos, uma vez que ela possibilita uma melhor compreensão da paisagem em sua totalidade, a partir da identificação dos fragmentos que a compõem, avaliando-os tanto em estrutura e forma, quanto nos processos e dinâmicas que estão suscetíveis.

Para a Escala municipal e local os conceitos utilizados compreendem as áreas verdes como áreas dotadas de vegetação e espaços livres permeáveis, com características predominantemente naturais, independente do porte de vegetação arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas), contribuindo de significativamente para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades. O conceito utilizado foi baseado naquele apresentado pelo CONAMA (Art. 8º, § 1º, da Resolução CONAMA n.º 369/2006) que compreende áreas como áreas verdes vegetadas e permeáveis que desempenham função

ecológica, paisagística e recreativa, proporcionando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental das áreas urbanas.

2.3.2. Infraestrutura Verde

O modelo de urbanização tradicional é baseado na chamada infraestrutura cinza monofuncional, focada no automóvel, que interfere e interrompe as dinâmicas naturais, que além de provocar inundações e deslizamentos, suprime áreas naturais alagadas/alagáveis e florestadas que prestam serviços ecológicos insubstituíveis em áreas urbanas (Farr, 2008; Herzog, 2009). Um conceito fundamental para abordar a questão ambiental urbana é o de Infraestrutura Verde, uma vez que sintetiza uma pluralidade de visões relacionadas a como integrar cidade e natureza.

Embora o termo de Infraestrutura Verde (IV) tenha sido inicialmente utilizado nos EUA no final da década de 1990, sua definição só se tornou amplamente conhecida, a partir da influência de Benedict e McMahon a partir dos anos 2000. Os autores definiram a IV como uma “(...) rede interconectada de espaços verdes que conserva os valores e funções dos ecossistemas naturais associados aos benefícios para os seres humanos” (Benedict; McMahon, 2002, p. 05, tradução nossa).

Embora atualmente mais consolidado, o termo Infraestrutura Verde ainda apresenta certo dinamismo conceitual que se manifesta na ausência de fronteiras claras em sua definição, que se estende a uma vasta gama de escalas, abrangendo desde contextos urbanos locais até o desenvolvimento de redes ecossistêmicas em âmbitos regionais e nacionais (Hanse; Pauleit, 2014). Ademais, foi somente a partir da última década que passou a ser incorporado em planejamentos sustentáveis de longo prazo, além de atualmente ser um conceito mais abrangente, aplicando conhecimentos técnico-científicos e ferramentas digitais de última geração (Ahern, 2009).

Também conhecida como Infraestrutura Ecológica, a Infraestrutura verde parte de uma visão sistêmica e holística dos elementos que integram a paisagem urbana, é um conceito emergente baseado nos princípios da ecologia da paisagem: estrutura, função e mudança (Yu; Padua, 2006; Ignatieva, 2010 apud Herzog; Rosa, 2010). O conceito configura uma perspectiva integrada dos elementos da paisagem, com base nos princípios da ecologia da paisagem, como estrutura, função e mudança (Yu; Padua, 2006), projetando redes de espaços verdes e azuis integrados a cidade, que visam a melhoria dos serviços ecossistêmicos e das práticas sustentáveis de manejo das águas pluviais (Bacchin *et al*, 2013). Consiste em redes

multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados, interconectados de modo que reestruturam o mosaico da paisagem.

Tem como objetivo manter ou restabelecer os processos naturais e culturais mantendo o equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema urbano. Também é abordada como a integração de fragmentos vegetais permeáveis e multifuncionais - preferencialmente arbóreos, que reestruturam o mosaico paisagístico; permite a manutenção ou recuperação de processos naturais e culturais e a obtenção de um equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema (Benedict; McMahon, 2006; Ahern, 2007; Vasconcellos, 2015). Já Infraestrutura azul, comumente associada a Infraestrutura verde, pode ser compreendida como o sistema de águas urbanas, que pode ser integrado às áreas verdes de modo a recriar o ciclo de água naturalmente orientado (Guimarães *et al.* 2018).

Embora o conceito de Infraestrutura Verde, urbana ou não, apresentem variações, há uma recorrência do princípio da multifuncionalidade, com a formação de uma rede verde multifuncional e este princípio está associado em essência a outro que é o da conectividade. Portanto, os princípios da multifuncionalidade e conectividade podem ser considerados estruturantes na abordagem e conceito da Infraestrutura Verde (Benedict; McMahon, 2006; Pauleit *et al.* 2017).

Benedict e McMahon (2002, p.05) já reconheciam que o entendimento de infraestrutura verde pode ser variado, a depender do contexto que é aplicado:

“alguns se referem às árvores em áreas urbanas por causa dos benefícios “verdes” que elas proporcionam, enquanto outros se referem às estruturas de engenharia (como gestão da água pluvial ou tratamento de água) que são desenhados para ser ecologicamente correto”⁴. (Benedict; McMahon, 2002, p.05, tradução nossa)

Nesse sentido, diferentes trabalhos vêm apresentando sistematicamente os conceitos e seus limites terminológicos como Davies *et al.* (2015) e Mell (2017). Aqui a pesquisa busca apresentar e definir em suas bases conceituais os principais e mais relevantes princípios para a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas urbanas. Será feito, portanto, um afinilamento quanto ao uso e aplicação do termo, partindo da escala do planejamento urbano (escala municipal) em direção à escala do lote (escala local e intraurbana).

⁴ Green infrastructure means different things to different people depending on the context in which it is used. For example, some people refer to trees in urban areas as green infrastructure because of the ‘green’ benefits they provide, while others use green infrastructure to refer to engineered structures (such as water treatment facilities or green roofs) that are designed to be environmentally friendly.

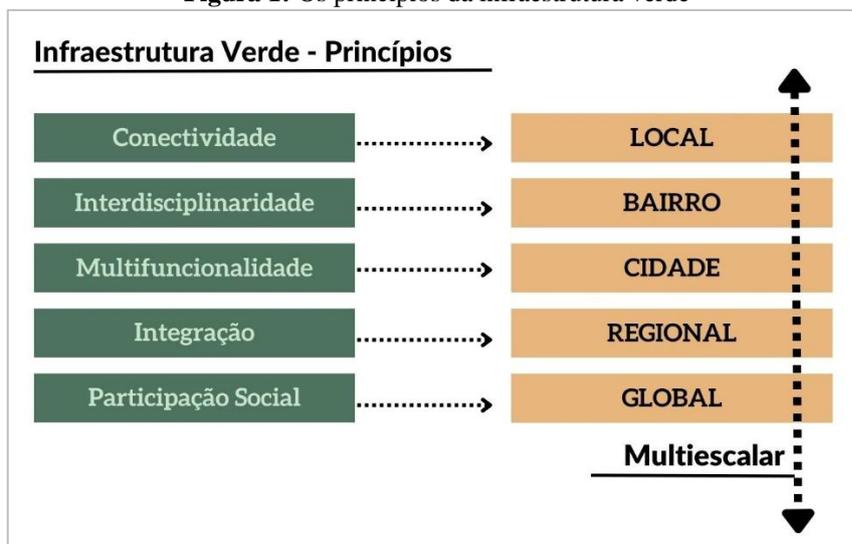
Os estudiosos, Benedict e McMahon (2006), foram pioneiros a tentar estabelecer os princípios que orientam a ideia de infraestrutura verde, os quais, de acordo com eles, consistem em:

“(1) a conectividade é a chave; (2) o contexto importa; (3) a infraestrutura verde deve estar fundamentada em sólidas bases científicas e em teoria e prática de planejamento de uso do solo; (4) a infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma organização espacial tanto para a conservação quanto para o desenvolvimento; (5) a infraestrutura verde deve ser planejada e protegida antes do desenvolvimento; (6) a infraestrutura é um investimento público fundamental e portanto deve ter prioridade de financiamento; (7) a infraestrutura verde promove benefícios para a natureza e para as pessoas; (8) a infraestrutura verde respeita as necessidades e os desejos dos proprietários e de outros agentes envolvidos; (9) a infraestrutura verde deve se conectar com as atividades da comunidade e suas cercanias; (10) a infraestrutura verde requer um comprometimento a longo termo (Benedict; McMahon, 2006, p.37, tradução própria)⁵.

Posteriormente, outros autores buscaram identificar, definir e detalhar melhor os princípios da Infraestrutura verde. De modo a compreender o avanço do detalhamento, os principais e a recorrência de determinados princípios, Gomes Sant’anna (2022) organizou em um quadro (Tabela 4), a partir da revisão bibliográfica sistemática e análise das posições de vários autores em relação ao tema.

A partir da revisão a autora pode identificar o destaque para os mais importantes princípios como o da multiescalaridade, interdisciplinaridade, multifuncionalidade, conectividade, integração e participação social.

Figura 1: Os princípios da infraestrutura verde



Fonte: Adaptado pela autora a partir de Gomes Sant’anna (2020)

⁵ Connectivity is key; context matters; green infrastructure should be grounded in sound Science and land-use planning theory and practice; green infrastructure can and should function as the framework for conservation and development; green infrastructure is a critical public investment that should be funded up front; green infrastructure affords benefits to nature and people; green infrastructure respects the needs and desires of landowners and other stakeholders; green infrastructure requires making connections to activities within and beyond community; green infrastructure requires long-term commitment.

Tabela 4 - Princípios norteadores da infraestrutura verde segundo vários autores, em rosa claro os mais recorrentes

Definição		Autores												Total
		RB O (13)	BM (06) (02)	M (10)	DEA (06)	A (14) (13) (10) (07)	B (18)	F (12)	A (14)	G (17)	P (11)	KO (03)	HP (14)	
Promoção da Biodiversidade	Relaciona-se ao caráter ecossistêmico													4
Construção de Conectividade	Refere-se à articulação entre as diferentes funções: bióticas, abióticas e antrópicas													8
Promoção da Multifuncionalidade	Refere-se ao potencial de promover diferentes desempenhos (ambiental, social, estético, ecológico dentre outros)													11
Proposição de Mobilidade	Refere-se a construção de diferentes tipos de HUB-NÓS.													2
Promoção da acessibilidade	Refere-se ao caráter da intervenção de ser acessível a todos os tipos de público;													1
Ação de Interdisciplinaridade	Refere-se ao caráter de reunir diferentes disciplinas para promoção das ações;													10
Identidade	Refere-se ao objetivo de criar identidade visual para o lugar.													2
Especificidade local	Refere-se a consideração das características do lugar													3
Habitabilidade	Capacidade de melhoria das condições de salubridade e ambientais do lugar													1
Multiescalaridade	Refere-se à atuação na integração das diferentes escalas;													10
Participação social	Refere-se à atuação com participação dos diferentes atores sociais;													7
Redundância	Atuação por múltiplos elementos provendo funções iguais ou similares.													1
Atuação Modular	Refere-se a característica do design em subsistemas													1
Adaptabilidade	Refere-se a um design com qualidade de se adaptar a mudanças													4
Abordagem Estratégica	Estabelece orientações claras para uma dada proposta;													3
Integração	Capacidade de se integrar com as demais infraestruturas existentes e responder às urgências de adaptação das mudanças climáticas;													6

Legenda para autores:
 RBO (13): Rouse;Bunster-Ossa (2013) F (12): Firehock (2012)
 BM (06) (02): Benedict;McMahon(2006; 2002) A (14): Austin (2014)
 M (10): Mell (2010) G (17): Giner (2017)
 DEA (06): Davies *et al* (2006) P (11): Pauleit al. (2011)
 A (14) (13) (10) (07): Ahern (2014, 2013, 2010, 2007) KO (06): Kambites; Owen (2006)
 B (18): Brears (2018) HP (14): Hassen; Pauleit (2014)

Fonte: Gome Sant'anna (2020).

A articulação das diferentes escalas de paisagem é relevante, uma vez que cada uma está relacionada a mecanismos e atributos de planejamento específicos, que considerem processos ecológicos, socioculturais e econômicos também específicos. Dessa forma, apresentam

distintas capacidades de intervenção e conseqüentemente respostas ambientais com diferentes recortes espaciais e temporais. Se na escala municipal, estratégias e ações replicáveis são comuns, uma ação em escala local, onde um lote ou área específica é delimitada, as características específicas locais devem ser levadas em conta. Nesse sentido, a importância do contexto ressalta como um princípio norteador da Infraestrutura Verde e estará associada com a compreensão de características próprias da paisagem local. Por último, ao estabelecer com precisão as várias escalas e suas interações, torna-se possível delinear de maneira mais precisa os contornos da Infraestrutura Verde Urbana, bem como identificar o conjunto de atores envolvidos e o cronograma para o planejamento e implementação de um projeto específico.

Na escala particular, a Infraestrutura verde pode ser incorporada na edificação e no lote, como paredes e coberturas verdes, quintais e jardins, caixas de detenção; na escala local, com a arborização de ruas, canaletas e jardins de chuva; na escala municipal, através da criação de corredores ecológicos e ribeirinhos de modo a conectar parques existentes e/ou trabalhar a gestão de águas pluviais, a pavimentação drenante; ainda por meio de projetos relacionados aos serviços ecológicos de abastecimento de água, de tratamento das águas pluviais, bem como aqueles relacionados a melhoria do microclima, ao sequestro de carbono etc. E na escala regional, a conservação e manutenção das principais ligações da paisagem e dos habitats de animais, como reservas ecológicas e parques de conservação (Vasconcellos, 2015; Pellegrino, Moura, 2017; Rocha, 2019).

Identificando essas diferenças de atuação da infraestrutura verde nas escalas espaciais, Gomes Sant' Anna (2020) organizou em um quadro (Tabela 5) associando-a a cada escala espacial e/ou de planejamento urbano.

Tabela 5: As escalas e as atuações da Infraestrutura verde

Escala	Descrição da atuação
Global	Reflete-se sobre acordos internacionais de política urbana e ambiental que poderiam possibilitar um uso mais sustentável do capital natural mundial ⁶ , procurando um acordo global a respeito de temas desafiadores contemporâneos como as mudanças climáticas e a crise de biodiversidade global, dentre outros, que servirá de base para se planejar em escala regional.
Cidade-região	Partindo da paisagem, metropolitana, regional e escala nacional, entende-se as características histórico-naturais do território e tem-se como suporte a análise das bacias hidrográficas em relação aos demais valores econômicos e socioculturais. Dessa forma, é possível pensar a estrutura da vegetação da região, favorecendo as áreas de preservação integral e parciais (hub ou nós dentro da perspectiva).

⁶ Forman; Wu, 2016; The McHargCenter, 2019 apud Gomes Gomes Sant' Anna, 2020.

	ecológica), em diálogo com as suas manchas e seus principais pontos de conexão, os links (parques lineares, vias verdejadas etc.).
Cidade e do Bairro	Define-se o desenho do sistema de espaços livres públicos ⁷ , como é mais chamado contemporaneamente no Brasil, sistemas de áreas verdes e úmidas, que oferece uma vasta gama de soluções de áreas verdes que atendem as diferentes demandas ecológicas e socioambientais. As conexões entre essas diferentes áreas são fundamentais para instigar os fluxos de fauna e flora, assim como dos habitantes.
Local, de vizinhança mais relacionado à escala do bairro	Surgem propostas que articulam espaços livres de diferentes tipos ⁸ , funções e tamanhos que visam a atender às demandas da comunidade de suas cercanias e oferecer estruturas verdes sensíveis à água que colaboraram para os processos naturais e culturais.
Lugar-site	Introdução de estruturas verdes sensíveis à água, de uso público e privado, focadas uma solução baseada na natureza (NbS) ou mais (tetos verdes, jardins de chuva, jardins verticais, arborização, dentre outros).

Fonte: Gome Sant'anna (2020).

É um conceito que promove intervenções na paisagem de baixo impacto, mas com um desempenho significativo. Busca transformar áreas em espaços multifuncionais e versáteis, capazes de desempenhar funções distintas, adaptando-se às necessidades futuras, incorporando a renovação e adaptação da infraestrutura existente. Quando bem planejada, implementada e monitorada, a infraestrutura verde se torna um pilar fundamental para manter o equilíbrio dinâmico, a sustentabilidade e a resiliência do ecossistema urbano. (Tucci; Bernoti, 2003; Herzog; Rosa, 2010; Herzog, 2013)

Porém, para constituir suporte para a resiliência das cidades, a Infraestrutura verde deve ser bem planejada, criticamente implementada e monitorada. Para que seu planejamento seja eficaz é preciso ter uma abordagem sistêmica, abrangente e transdisciplinar, baseada em levantamento que considere aspectos abióticos, bióticos e culturais, conhecendo profundamente as condições locais. Além disso, deve ser um processo participativo com representantes de todos os segmentos da sociedade que serão afetados pelo projeto. (Ribeiro, 2001; Boucinhas, 2007; Costa *et al.*, 2007 apud Herzog; Rosa, 2010).

⁷ Consideram-se os espaços livres como uma das principais infraestruturas urbanas, pois neles e por eles grande parte da vida cotidiana tem lugar, assim como são um dos principais palcos dos conflitos e acordos da sociedade. O espaço público, a rua em especial, tem papel estruturador na constituição da forma urbana, pois reflete as formas de mobilidade, acessibilidade e circulação, parcelamento e propriedade da terra urbana (Macedo et. al, 2012, p. 143 apud Gomes Sant'anna, 2020);

⁸ Para Magnoli, espaço livre é aqui entendido como todo espaço (e luz) nas áreas urbanas e em seu entorno, não-coberto por edifícios (Magnoli, 2006, p.202 apud Gomes Sant' Anna, 2020);

2.3.3. Serviços ecossistêmicos

O conceito de serviços ecossistêmicos tornou-se fundamental para facilitar o entendimento da forma como o ser humano interage com o meio natural (Thorsen *et al.*, 2014). Embora o termo tenha sido mencionado pela primeira vez por volta dos anos 1970, no estudo intitulado "Estudo dos Problemas Ambientais Críticos" - Study of Critical Environmental Problems (SCEP), foi somente após três décadas que o trabalho intitulado "Avaliação Ecossistêmica do Milênio" (Millennium Ecosystem Assessment - MEA) de 2005 apresentou a versão que popularizou e consolidou o conceito de Serviços Ecossistêmicos como "os benefícios que os seres humanos obtêm desses ecossistemas".

Assim como a Infraestrutura Verde, o conceito de Serviços Ecossistêmicos foi mais recorrentemente abordado partir dos anos 90, sendo foco de inúmeras pesquisas, críticas e aplicações desde então. O aumento do interesse e discussão pelos dois conceitos, que consequentemente resultou no aumento de pesquisas e estudos, foi em grande medida motivado pelas primeiras definições de sustentabilidade e a reverberação global de que governos deveriam agir o mais rápido possível para garantir qualidade social, econômica e ambiental (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988). A popularização do termo e conceito dos SE ocorreu principalmente a partir da publicação de Constanza *et al.* (1997), que avaliou economicamente os sistemas naturais do planeta, dando valor (econômico) a eles e inaugurando a possibilidade de mercados relacionados ao fornecimento dos serviços da natureza fossem criados, tais como os Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos.

A definição mais difundida sobre os tipos de Serviços Ecossistêmicos oferecidos pela natureza tem suas bases em duas notáveis publicações: o Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) e The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2011). Esses documentos desempenharam um papel fundamental na transição dos modelos teóricos para a realidade prática, reconhecendo a relevância dos Serviços Ecossistêmicos e destacando seu valor econômico global (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013).

Na "Avaliação Ecossistêmica do Milênio", os serviços ecossistêmicos já foram categorizados em quatro grupos principais: provisão, regulação, suporte e culturais. O conceito pode ser compreendido como todos os benefícios e bens providos pela natureza, cujas características ecológicas, funções ou processos, uma vez preservados ou promovidos, direta ou indiretamente, funcionam como suporte as atividades humanas. É inegável a relação entre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano, uma vez que os primeiros promovem segurança, bens e serviços, saúde, interação social e atendimento às condições básicas de vida,

como provimento de água e ar. Tais serviços existem por meio da presença de processos ecológicos de suporte, expressos na formação dos solos, ciclos de nutrientes e produção primária (MEA, 2005; Carpenter *et al.*, 2009; Potschin; Haines-young, 2016; La Notte *et al.*, 2017 apud Amaral, 2023).

Para abordar o conceito de serviços ecossistêmico, faz-se também necessário compreender os diferentes tipos, categorizados pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005):

I - Serviços de provisão: disponibilidade de alimentos, água doce, e madeira;

II - Serviços de regulação: drenagem natural, regulação do clima, polinização, controle de erosões, diminuição de ilhas de calor;

III - Serviços culturais: recreação, valores espirituais, turismo, sensação de lugar, pertencimento;

IV - Serviços de suporte: garantidores das demais categorias e que se referem à produção primária, ciclo de nutrientes e formação e estruturação dos solos, estando estes imbricados entre si e com as dinâmicas de sequestro de carbono na natureza

Se os serviços ecossistêmicos desempenham papel fundamental na provisão das condições básica, no suporte às atividades humanas e ao bem-estar humano, a escassez ou perda desses serviços representa uma ameaça à sobrevivência não apenas da espécie humana, mas também de outras formas de vida no nosso planeta. É um conceito fundamentado na perspectiva da integridade ecológica dos ecossistemas (MEA, 2005; Costanza *et al.* 2017).

Nessa medida, como aponta Amaral (2023), a integridade dos serviços ecossistêmicos no espaço urbano está diretamente relacionada ao grau de pressão das atividades e/ou do tipo de gestão da paisagem desenvolvida pela sociedade. E os efeitos negativos das pressões, ao exercerem substanciais alterações no ecossistema, podem resultar em consequências para o suprimento de tais serviços, provocando o surgimento de doenças, escassez de água e alimentos, modificações na frequência e magnitude de inundações e secas decorrentes de alterações do clima, tanto na escala local (microclima) quanto na regional e global. (MEA, 2005; Colding, 2013; Bokalders; Block, 2016; Bélanger, 2017 apud Amaral, 2013)

Um dos maiores desafios para o planejamento urbano no século XXI é a identificação e a gestão dos Serviços Ecossistêmicos (SE) em áreas urbanas (Steffen *et al.*, 2015). Os serviços ecossistêmicos correspondem às funções, processos e benefícios que derivam de recursos ecológicos, sendo essenciais para o bem-estar humano, para processos produtivos e estabilidade climática (Monteiro, 2016). Serviços ecossistêmicos urbanos (SEU) é um termo utilizado para identificar, avaliar e retratar a infraestrutura ecológica e seus produtos nas áreas urbanas. As

informações levantadas são utilizadas para detectar as oscilações espaço-temporais na oferta-demanda dos serviços ecossistêmicos urbanos, e a partir disso determinar se as mudanças observadas são resultantes das intervenções humanas ou modificações desencadeadas por processos da natureza (Zaman-ul-Haq *et al*, 2022).

Lidar com o estresse provocado pelo crescimento urbano aos seus ecossistemas e serviços implica em avaliações, esforços coordenados e medidas tangíveis para proteger os recursos ecológicos urbanos (Zaman-ul-Haq *et al*, 2022). É possível existir riqueza de biodiversidade nas cidades e com ela a produção dos serviços ecossistêmicos (CBD, 2013 apud Monteiro, 2016), não somente as áreas naturais e intocadas pelo homem são capazes de prover tais serviços. Por isso, a compreensão dos serviços ecossistêmicos urbanos é fundamental para a escala municipal.

A capacidade promoção dos serviços ecossistêmicos por um ecossistema está relacionada às qualidades biofísicas de uma área, o que significa dizer que distintos habitats fornecerão serviços e benefícios também distintos. Portanto, o fornecimento do SE não é linear, genérico ou estático e exige que uma adequação da classificação genérica dos SE às condições socioeconômicas, ambientais e geográficas do lugar (Gómez-Baggethun; Barton, 2013). A escala de abordagem é outro aspecto de influência no fornecimento dos SE, na escala do bairro, por exemplo, poderão ser priorizados os serviços relacionados à provisão de espaços recreacionais e multifuncionais enquanto na escala regional, já seria a provisão de alimentos (Hanse *et al.*, 2017 apud Marques, 2020). A Tabela 6, produzida por Monteiro (2016) apresenta uma relação dos importantes serviços ecossistêmicos para ambientes urbanos. Por meio dela é possível perceber o quanto de serviços ecossistêmicos está diretamente relacionado às áreas verdes e principalmente a vegetação arbórea.

Braat *et al.* (2008) ressalta a importância de associar o fornecimento dos diferentes Serviços Ecossistêmicos ao uso do solo, a intensidade de uso e à biodiversidade, relacionando também as alterações do ambiente nas distintas escalas, isto porque, interesses privados locais podem ter consequência regionais e globais; como é o caso da agricultura intensiva que altera substancialmente o fornecimento e os benefícios dos SE, resultam em impactos nas diferentes escalas.

Tabela 6 - Classificação de importantes serviços ecossistêmicos em áreas urbanas e funções e componentes ecossistêmicos subjacentes

Exemplos	Serviço Ecossistêmico	Funções e Componentes	Exemplos de indicadores e aproximações
Vegetais produzidos em lotes urbanos e áreas periurbanas	Suprimento de alimentos	Conversão de energia em plantas comestíveis por meio de fotossíntese	Produção de alimentos (t/ano)
Solo e vegetação percolam água durante chuvas fortes e/ou prolongadas	Regulação do fluxo de água e mitigação de runoff	Percolação e regulação de runoff e vazões de rios	Capacidade de filtração do solo; % de superfícies impermeabilizadas (há)
Árvores e outras formas de vegetação urbanas fornecem sombra, criam umidade e bloqueiam o vento	Regulação da temperatura urbana	Fotossíntese, sombreamento e evapotranspiração	"Índice de Área de Folhas"; decréscimo de temperatura por área de cobertura vegetal em relação em relação à área do lote (°C)
Absorção de ondas sonoras por barreiras de vegetação, especialmente vegetação densa	Redução de ruídos	Absorção de ondas sonoras por vegetação e água	Área de folha (m ²) e distância até rodovias (m); redução de ruído (dB)/unidade de vegetação (m)
Remoção e fixação de poluentes pela vegetação urbana em folhas, galhos e raízes	Purificação do ar	Filtragem e fixação de gases e material particulado	Remoção de O ₃ , SO ₂ , NO ₂ , CO e PM ₁₀ m (t/ano) multiplicada pela cobertura vegetal (m ²)
Amortecimento de tempestades, inundações e marés por barreiras vegetais; absorção de calor durante ondas de calor severas	Moderação de eventos climáticos extremos	Barreira física e absorção de energia cinética	Densidade da cobertura de barreiras vegetais separando áreas edificadas do mar
Filtragem de efluentes e fixação de nutrientes em áreas úmidas urbanas	Tratamento de resíduos	Remoção ou decomposição de nutrientes polixênicos	P, K, Mg e Ca (em mg/kg) comparados a qualquer padrão de qualidade de água ou solo
Sequestro e armazenamento de carbono pela biomassa de árvores e arbustos urbanos	Regulação do clima	Sequestro e fixação de carbono via fotossíntese	Sequestro de CO ₂ pelas árvores (carbono multiplicado por 3,67 para conversão em CO ₂)
Ecossistemas urbanos fornecem habitat para pássaros, insetos e polinizadores	Polinização e dispersão de sementes	Movimentação de gametas florais pela biota	Diversidade de espécies e abundância de pássaros e abelhas
Parques urbanos proveem múltiplas oportunidades para recreação, meditação e pedagogia	Recreação e desenvolvimento cognitivo	Ecossistemas com valor de recreação e educação	Superfícies de áreas verdes urbanas por habitante (ou milhar de habitantes)
Espaços verdes urbanos fornecem habitat para pássaros e outros animais que as pessoas gostam de observar	Observação de animais	Provisão de habitat para espécies de animais	Abundância de pássaros, borboletas e outros animais valorizados por seus atributos estéticos

Fonte: Adaptada por Monteiro (2016), a partir de Gómez Baggethun e Barton (2013)

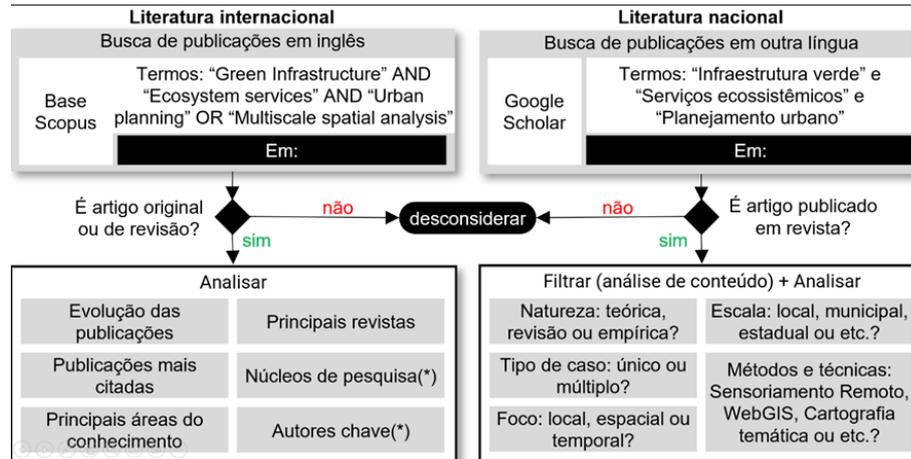
A promoção dos serviços ecossistêmicos, ao ser incorporada a uma abordagem de planejamento territorial, se apoia na criação de uma rede de infraestruturas verdes, que são versáteis e abrangem várias escalas, e são projetadas para moldar a paisagem de modo a preservar a integridade dos processos ecológicos. Esse tipo de intervenção no território é inovador, pois considera a estruturação da paisagem como uma interação entre sistemas naturais e sistemas construídos pelo homem. Isso permite a integração de conhecimentos sobre os processos ecológicos de suporte com o conhecimento em arquitetura paisagística e planejamento urbano (Pellegrino, 2017). Ademais, a identificação de onde e quando e quem se beneficia dos serviços ecossistêmicos resultará em aportes metodológicos importantes para a compreensão das demandas e fornecimentos (Daily *et al*, 2000) e podem direcionar escolhas de planejamento relativas a qualidade e a acessibilidade das áreas fornecedoras de SE.

Desse modo, é possível perceber a influência da condição urbana no fornecimento e nos benefícios dos SE, e a heterogeneidade da ocupação e uso do solo das cidades, gera o desafio de associar as funções urbanas às ecológicas. A promoção dos serviços ecossistêmicos pela cidade não pode ser encarada como já garantida. É através de incentivos, de planejamento e de manejos adequados que os espaços urbanos podem se tornar produtores de grande parte dos serviços ecossistêmicos necessários à sua continuidade e à qualidade de vida de seus habitantes (CBD, 2013 apud Monteiro, 2016).

**

De modo a identificar os artigos científicos publicados em periódicos que abordam a temática da Infraestrutura verde e serviços ecossistêmicos associada ao planejamento nas cidades foram utilizadas a plataforma Scopus, para a bibliografia internacional, e o Google, para as referências nacionais. A busca foi realizada no dia 21 de julho de 2023 e adotou como parâmetro de busca os campos título, resumo e palavras-chave dos artigos e os termos Infraestrutura verde/Green Infrastructure", Serviços Ecossistêmicos/*Ecosystem services*, planejamento urbano/*Urban planning* e abordagem multiescalar/*Multiscale spatial analysis*, como evidenciado na Figura 2.

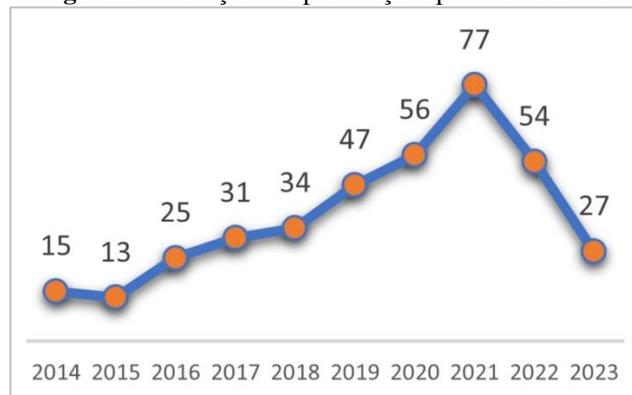
Figura 2: Parâmetros de revisão de literatura



Fonte: autora

O número de publicações sobre Infraestrutura Verde e serviços ecossistêmicos associado ao planejamento urbano, na base Scopus, é significativo para os últimos 10 anos (2014 a 2023), com um total de 379 publicações. A partir de 2017, todos os anos apresentaram o mínimo de 30 publicações sobre o assunto. De 2014 a 2023, isto é, nos primeiros cinco anos da análise, a literatura produzida sobre o assunto apresentou um crescimento, porém em um ritmo menos acelerado. É a partir de 2020, que o volume de publicações apresenta um crescimento notável. É provável que isso tenha se dado em razão do contexto da pandemia do covid-19 e das discussões dos Objetivos do Desenvolvimento sustentável (ODS), que acabaram por impulsionar maior interesse pelo tema e abordagens relacionadas a qualidade ambiental urbana.

Figura 3: Evolução das publicações por ano absoluto



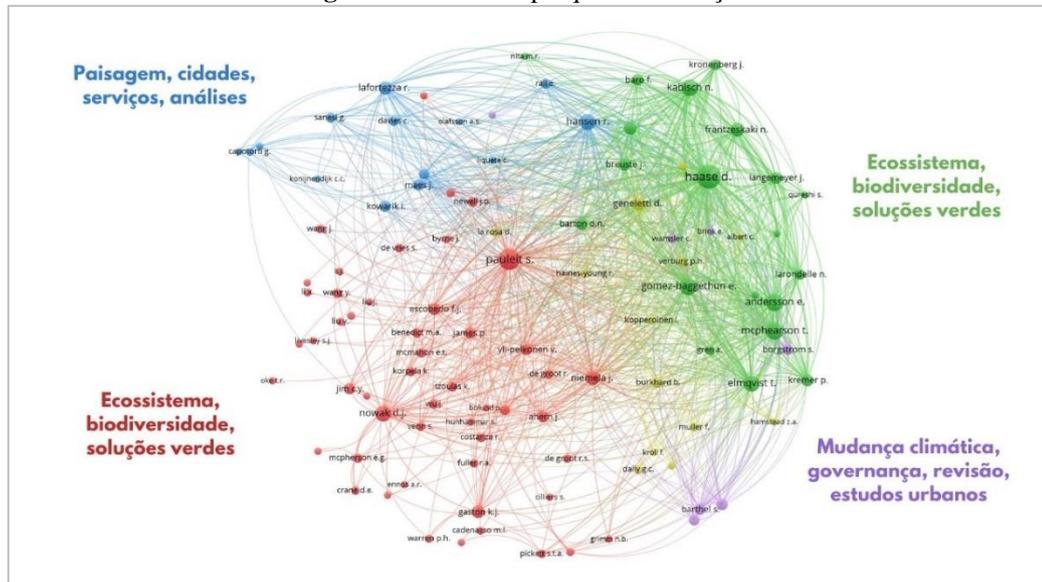
Fonte: autora

No que se refere as áreas de pesquisa da literatura pesquisada, é possível identificar que a principal área de produção é a da Ciência Ambiental, seguida das Ciências Sociais, Ciências Agrárias e Biológicas, e por fim Energia, correspondendo a quase 50% de toda amostragem de publicações. É inegável que tais áreas desempenhem um papel fundamental no desenvolvimento e divulgação de pesquisas sobre o assunto. Ademais, é possível notar uma diversidade de áreas de estudo que abordam o tema da Infraestrutura Verde associado ao

A análise de cocitações consiste em citações diretas, como segue: Segundo Small (1973, p.265), “a análise de cocitações é definida a partir da frequência com que dois documentos são citados juntos”. A partir da frequência de cocitação é possível “identificar especialidades científicas específicas”, oferecendo “uma nova maneira de estudar a estrutura de especialidades da ciência” (Small, 1973, p.265).

O núcleo de pesquisa relacionado a Ecossistemas, Biodiversidade e Soluções Verdes é o que exerce maior influência na literatura sobre o tema, seguido pelo núcleo de Cidades Verdes, Infraestrutura e Planejamento. Por fim, o núcleo de pesquisa de menor influência no assunto é aquele voltado para Paisagem, Cidades e Serviços. Haase D. principal autor do núcleo de pesquisa de maior influência, seguido de Pauleit S. e, por fim, no de menor influência o Hansen R.

Figura 6: Frentes de pesquisa e cocitações



Fonte: elaborado pela autora

Três artigos sobre Infraestrutura verde associada ao planejamento urbano têm pelo menos 385 citações. Gómez-Baggethun & Barton (2013) categorizam importantes serviços e desserviços ecossistêmicos em áreas urbanas, descrevendo linguagens de valoração (custos econômicos, valores socioculturais, resiliência) que capturam diferentes dimensões de valor dos serviços ecossistêmicos urbanos. Ransen & Pauleit (2014) realizam revisão da literatura que explora a multifuncionalidade, como um princípio importante do planejamento da Infraestrutura verde, ademais propõe uma estrutura conceitual para a avaliação da multifuncionalidade a partir de uma perspectiva socioecológica que pode informar o design dos processos de planejamento e apoiar uma troca mais forte entre a pesquisa de Infraestrutura-verde e serviços ecossistêmicos. Andersson *et al.* (2014) analisam as cidades como sistemas

socioecológicos, sintetizando a literatura e fornecendo exemplos de mais de 15 anos de pesquisa na região urbana de Estocolmo, Suécia.

A partir da revisão de 20 artigos da bibliografia nacional que mencionam os termos Infraestrutura verde, Serviços Ecossistêmicos e Planejamento urbano em seu resumo ou título, foi possível identificar cinco (05) artigos que exploram mais diretamente o tema da Infraestrutura verde associada ao planejamento urbano no Brasil ou em comparação a contextos internacionais. Dentre esses, ocorre a predominância foi de estudos de natureza empírica (Herzog; Rosa 2010; Caiche *et al* 2021; do Nascimento *et al.*2022; Morsch *et al.* 2017). Apenas um artigo desenvolve um aporte teórico ou revisão da literatura sobre o tema (Freuhauf *et al.* 2022). Estudos de caso único foi a tipologia mais frequente, correspondendo a cerca de 60% das publicações. Pesquisas com foco em análise espacial única correspondeu a 80% das publicações (Caiche *et al* 2021; do Nascimento *et al.*2022; Morsch *et al.* 2017), seguidas daquelas que analisam múltiplos espaços, com 20% (Herzog; Rosa 2010). No geral, a escala geográfica de análise utilizada pelas pesquisas foi a local, seguida da escala Municipal, correspondendo respectivamente a 60 e 40% das pesquisas.

Um número limitado de métodos e técnicas de geoprocessamento têm sido empregadas na análise da Infraestrutura verde associada ao planejamento urbano no Brasil. Os métodos empregados são relacionados a apresentação de dados, com no máximo sobreposição de camadas para análise (Caiche *et al.*2021). A bibliografia tem pouco explorado as contribuições que os métodos, técnicas de geoprocessamento e análise espaciais podem contribuir para o resultado das pesquisas.

Em particular Herzog & Rosa 2010, apresentam um caso de infraestrutura verde implantada e consolidado em Freiburg, na Alemanha, e uma proposição ideal para uma bacia hidrográfica urbana no Rio de Janeiro. Caiche *et al.* 2021 apresentam a experiência de planejamento de Floresta Urbana com Soluções baseadas na natureza no município de São Carlos (SP), tendo como referência bases legais. Morsch *et al.* 2017 propõem a requalificação urbanística de um rio urbano através da implantação da infraestrutura verde. Do Nascimento *et al.* 2022 apresenta Indicadores ambientais utilizados para o cálculo do Índice de Serviços Ecossistêmicos de Áreas Verdes (ISEAV) associada a Agenda 2030, se mostrando o estudo que, apesar de ser local e único, é passível de servir como referência para reprodução em outras áreas. Os resultados são bastante consistentes e com alto poder de apropriação por parte de gestores públicos.

A análise da literatura revisada indica que o estudo da Infraestrutura verde associada ao planejamento urbano no Brasil no Brasil está voltado para estudos de caso, mas, em sua maioria

eles estão associados à escala local, levando em consideração o percentual de publicações de natureza empírica que adotaram essa escala de análise. Por sua vez, a literatura mostra uma carência de estudos que apresentem a utilização de estratégias de infraestrutura verde ou soluções baseadas na natureza, planejadas e integradas nas diversas escalas, partindo desde a escala regional (análise de contexto) até o estudo do objeto (escala intraurbana).

Ademais, nos estudos apresentam é quase inexistente o uso de métodos e técnicas de geoprocessamento tanto nas etapas de diagnóstico, quanto nas propositivas. Essa limitação reduz a capacidade de resultados mais aprofundados e qualificados que podem gerar indicadores e/ou parâmetros de análise de modo a ser reaplicável em outras áreas, e desse modo impactando também no direcionamento das políticas públicas, legislações ações governamentais específicas para o tema da qualidade ambiental urbana, bem como para a compreensão do assunto. Este estudo de caso responde à essa limitação, oferecendo informações importantes para a melhor compreensão sobre Infraestrutura verde no planejamento urbano em uma análise multiescalar, que podem ser úteis para formular ações voltadas para o assunto nos planos diretores brasileiros.

3 CARACTERIZAÇÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO – ÁREA DE ESTUDO

O Quadrilátero é uma região complexa permeada pelos diferentes conflitos de interesses, isto porque é caracterizado pela presença de importantes recursos naturais e ambientais, é *genius loci*⁹ das paisagens de montanhas mineiras, de patrimônio cultural e da paisagem urbana colonial, é área de expressiva expansão urbana, além de ser importante área de exploração e produção mineral e, portanto, de grande valor econômico para Minas Gerais (Casagrande, 2018).

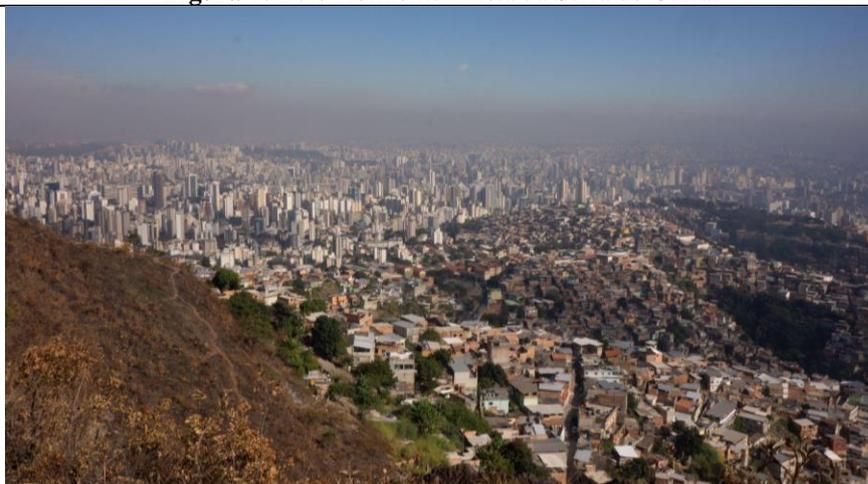
Localizado na porção centro-sudeste do estado de Minas Gerais (Figura 9), o Quadrilátero Ferrífero não é um território administrativo oficial, porém tem suas particularidades como província mineral. O limite do Quadrilátero Ferrífero utilizado neste trabalho corresponde às divisas dos municípios que são interceptados pelas cristas do corpo ferrífero e pela formação geológica definida por Dorr (1969). No entanto, o mapeamento do mencionado pesquisador foi realizado somente sob o ponto de vista geológico, em recorte menor, ao passo que a delimitação aqui adotada considerou o limite administrativo municipal, considerando unidades espaciais para as quais seriam aplicáveis ações de planejamento. Isto significa adotar toda a área de um município que é cortado pelo corpo ferrífero identificado

⁹ Genius Loci tornou-se uma expressão adotada pela teoria da arquitetura (NORBERG-SCHULZ, 1980) para definir a interação entre lugar e identidade, considerando o valor ou o *espírito do lugar*.

como pertencente ao Quadrilátero. Este recorte de estudo foi inicialmente definido pelas pesquisas do Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG justificado pelo fato de que seria mais útil ao planejamento regional e territorial se as abordagens acontecem nos recortes já usados no planejamento, ou seja, os limites municipais (Camargos *et al*, 2020). No caso em estudo, na soma das áreas municipais.

O Quadrilátero Ferrífero ocupa uma área de aproximadamente 12.000 km² composta por 28 municípios (Figura 9), incluindo a capital, Belo Horizonte (Figura 7). A presença de espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção, de sítios paleontológicos e históricos, os atributos geológicos e geomorfológicos, o potencial turístico e hídrico, são alguns dos aspectos que indicam a inquestionável relevância do Quadrilátero. Quanto ao aspecto socioeconômico, a população dos municípios do Quadrilátero ferrífero corresponde a cerca de 20% da população do estado. Desde a descoberta do ouro em fins do século XVII, a região do Quadrilátero Ferrífero abriga a maior concentração urbana do estado de Minas Gerais. A capital do estado está localizada a norte na região, com cerca de 2,4 milhões de habitantes. (Azevedo *et al*, s/d).

Figura 7: Belo Horizonte - vista da Serra do Curral



Fonte: autora (2021).

A sua produção corresponde a cerca de 26,8% do PIB de Minas Gerais, sendo a mineração a base econômica de vários dos municípios que o constituem. A produção de minérios de ferro representa 29% do total de exportações de Minas Gerais e somados à produção de ferro e aço, o percentual aumenta para 55% (Figura 8 e Figura 10). É a província mineral mais importante do sudeste do país, sendo responsável por cerca de 60% da produção nacional de minério de ferro. Sua produção representa ainda cerca de 11% da produção mundial atual (Castro *et al*, 2020)

Figura 8: Atividade de mineração na Serra do Curral (Quadrilátero Ferrífero)



Fonte: autora (2021).

Embora as atividades de exploração do minério de ferro tenham enorme representatividade na produção econômico do estado, também foram responsáveis por dois grandes desastres ambientais dos últimos anos: o rompimento de duas barragens de rejeitos de minério em rios e áreas urbanas, matando 18 pessoas em Mariana em 2015 e 270 pessoas em Brumadinho em 2019. Para além do impacto social, o ocorrido também foi responsável por um enorme dano ambiental, que impactou fortemente o rio Doce e o rio Paraopeba. Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), o rompimento da barragem de Brumadinho foi provocou a destruição de 133,27 hectares de vegetação nativa de Mata Atlântica e 70,65 hectares de áreas de proteção permanente (IBAMA apud Polignano; Lemos, 2020).

A região é circundada por um conjunto de serras, que estão na transição entre Mata Atlântica e Cerrado. O destaque fica para um tipo fitofisionômico, o campo rupestre, de vegetação predominantemente herbácea-arbustiva, localizado nas cristas das serras e de grande importância ambiental, considerado de ocorrência endêmica e encontrado em altitudes superiores a 900m, ocupando de maneira espaiada as regiões mais elevadas do Espinhaço (Rapini *et al.*, 2008). Em oposição a essa tipologia, a região é composta em sua maioria por áreas de Floresta (Mata Atlântica), apresentando vegetação robusta. (Figura 10)

Figura 9: Localização do Quadrilátero Ferrífero, formação ferrífera e municípios

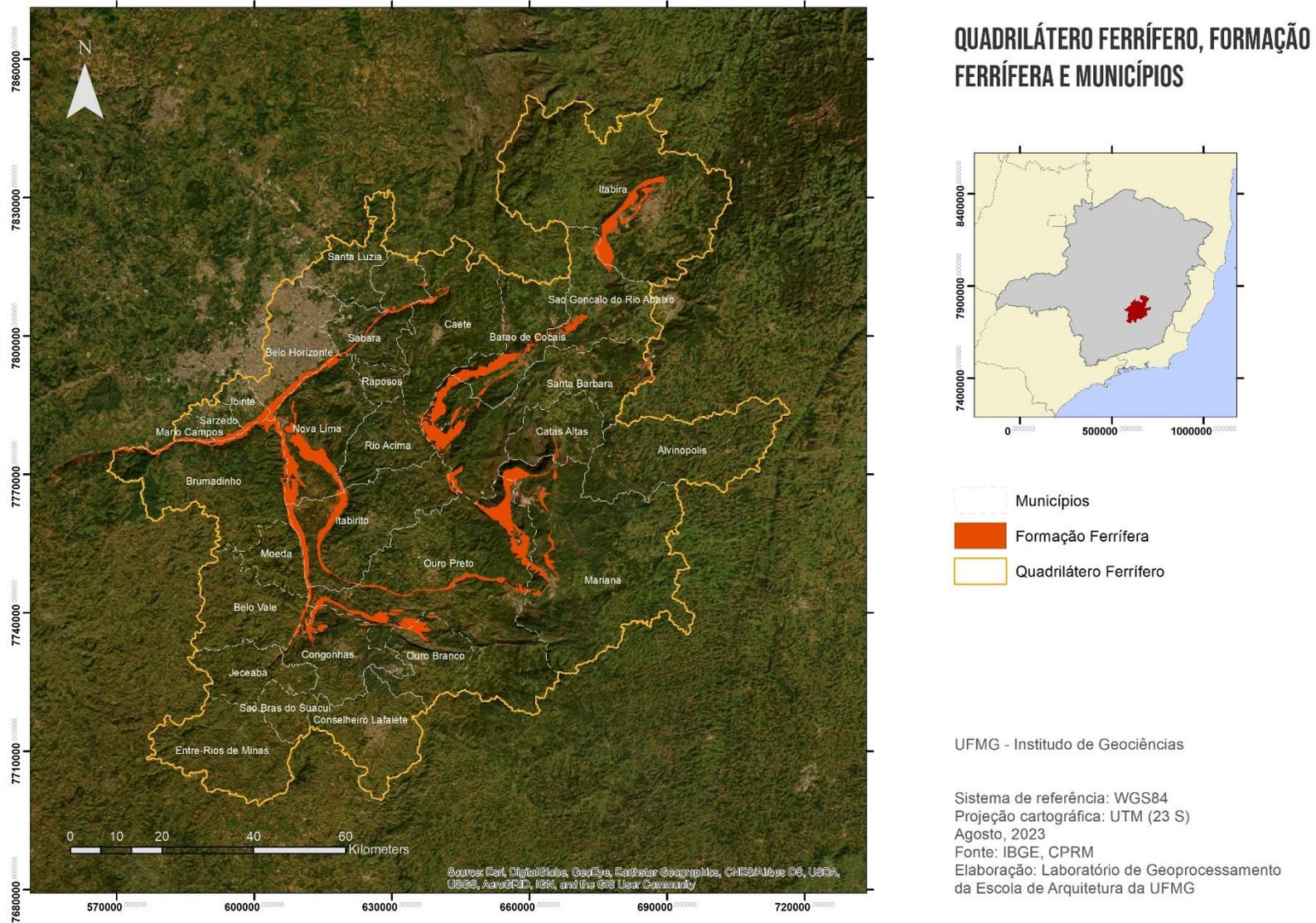


Figura 10: Serra do Curral e sua vegetação campo rupestre

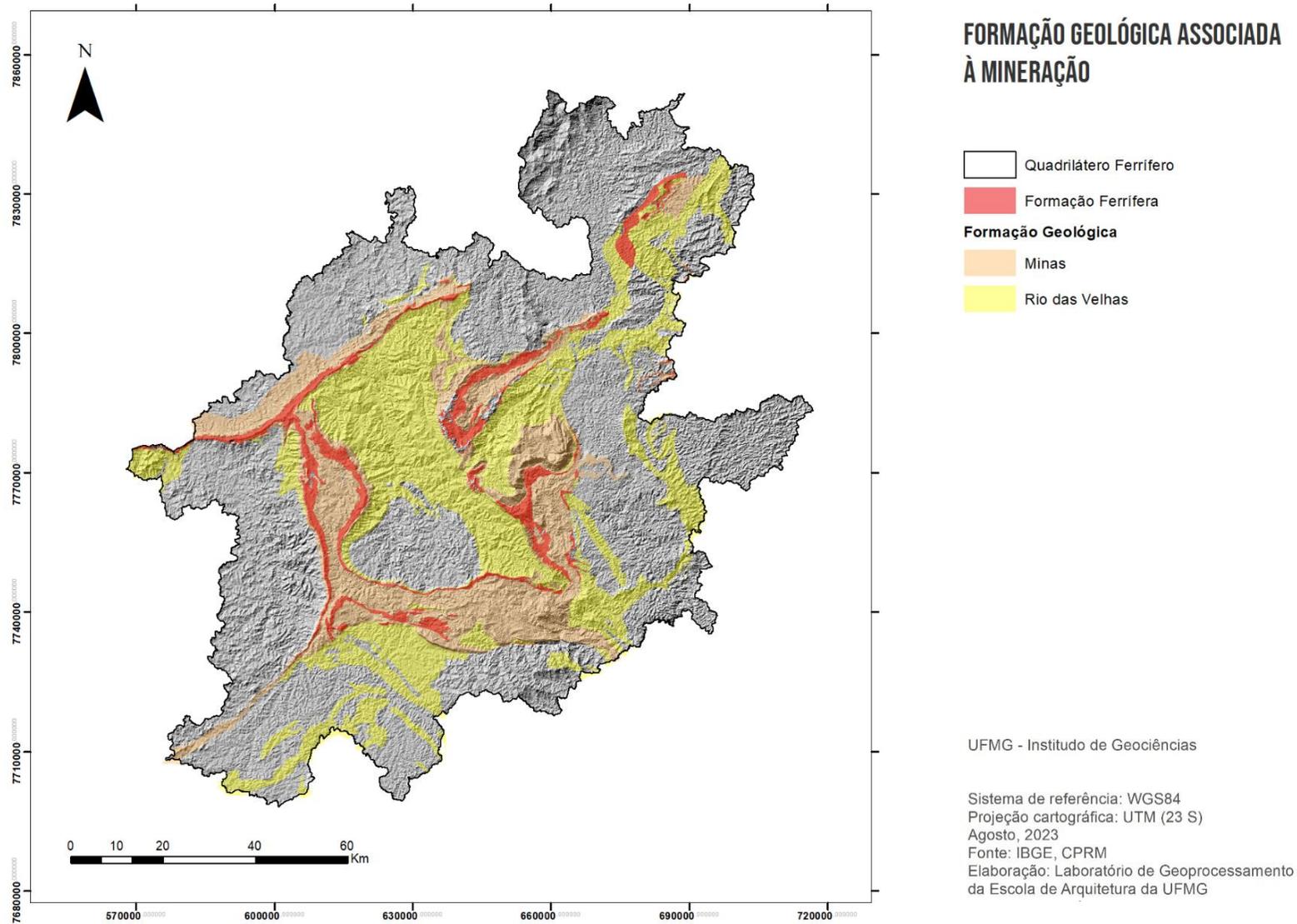


Fonte: autora (2021).

Para além da questão mineral, as serras são ainda referência paisagística para Minas Gerais. A Serra do Rola Moça, Serra do Curral (Figura 10), 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, fazem parte do *genius loci* da paisagem montanhosa e natural mineira.

A Serra do Gandarela é um dos últimos remanescentes físicos e naturais em bom estado de conservação do QF. Devido à sua morfologia heterogênea, litologia local, a presença dos biomas de Campos, Cerrado e Mata Atlântica é uma região de grande relevância por ser área de recarga e de aquíferos. Diante disso, tem ganhado importância no contexto conservacionista, tendo sido contemplada em 2010 com a proposta para Criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela (PNSG) pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBIO). (Fonseca, 2014).

Classificada como “Área de Importância Biológica Especial” (Fundação Biodiversitas, 2005) a região do Quadrilátero Ferrífero é considerada como prioritária, no que se refere à conservação da biodiversidade do Estado. Isto porque as florestas e os campos dessa região são de grande relevância para a manutenção da flora e fauna silvestres, sobretudo quando consideradas as espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção (Alberti; Victorino, 2015).

Figura 11: Formação geológica associada à mineração

A região é berço de importantes recursos hídricos. Nela estão localizadas duas das principais bacias hidrográficas de Minas Gerais: a bacia do rio Doce e a do rio São Francisco (rio Velhas e rio Paraopeba). Além disso, cabe destacar o papel fundamental das áreas de recarga hídrica do QF para o abastecimento público de água de Belo Horizonte e alguns municípios da Região Metropolitana. Em decorrência da importância exercida dessa área para o abastecimento de Belo Horizonte, a Área de Proteção Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) foi criada essencialmente com a finalidade de preservação dos mananciais superficial e subterrâneo (Mourão, 2007).

Compreendida as principais características da área de estudo e buscando uma análise mais aprofundada da questão ambiental, o capítulo seguinte apresenta a análise das inter-relações entre os elementos naturais e sociais, como relevo, cobertura vegetal, biomas, cobertura e uso do solo, hidrografia, temperatura de superfície etc. Além de uma melhor compreensão dos serviços ecossistêmicos do território, a partir da identificação e caracterização dos fragmentos de vegetação, a análise também servirá de suporte à etapa seguinte, a Escuta Cidadã, como parte da coleção de mapas disponíveis para a etapa de enriquecimento de leitura que guiará a proposições e tomadas de decisão.

Os estudos ambientais devem ser desenvolvidos numa abordagem sistêmica, levando em consideração aspectos físicos, biológicos e antrópicos, que se relacionam dialeticamente. Esta etapa apresenta a leitura e análise das interrelações entre os elementos naturais e sociais, como relevo, cobertura vegetal, biomas, cobertura e uso do solo, hidrografia, temperatura de superfície etc.

A escolha dos aspectos aqui analisados considerou os princípios de potencialidades, valores e conflitos de interesses presentes no objeto de estudo e como a relação entre eles definem e interferem na paisagem e dinâmicas do território. As abordagens se relacionam às múltiplas temáticas geológicas, que constituíram sete grandes sistemas para a atividade, favorecendo estudos do papel da Geologia no planejamento. A análise foi realizada buscando, sempre que possível, identificar a relação entre os elementos analisados, compreendendo que esta não resulta da simples soma dos componentes que a constituem e sim da interação dinâmica entre eles.

4 LEITURA DO TERRITÓRIO – ABORDAGEM REGIONAL

4.1. Hidrografia e potencial de recarga hídrica

A questão hídrica é um recurso de destaque no Quadrilátero Ferrífero, visto que é uma região com presença das cabeceiras de importantes bacias hidrográficas, a do rio São Francisco e do rio Doce (rio das Velhas e rio Paraopeba), fundamentais para o abastecimento de água de Belo Horizonte e de municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Como já mencionado, essa relevância de abastecimento resultou na criação da Área de Proteção Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) com a finalidade de preservação dos mananciais superficial e subterrâneo (Mourão, 2007).

A grande disponibilidade hídrica resultou na implantação na região de sistemas de abastecimento, como os sistemas Rio das Velhas, Morro Redondo, Catarina e Ibitité, administrados pela COPASA. Além disso, registros históricos indicam que a grande disponibilidade hídrica teria sido, ao menos em parte, um dos fatores de determinação do local de implantação da atual Belo Horizonte, antiga Vila Del Rey (Mourão, 2007).

Para a classificação do nível de importância hídrica foram consideradas as variáveis de potencial de recarga e de densidade de drenagem realizadas por Camargos *et al* (2020). A densidade de drenagem é um importante parâmetro da análise morfométrica de bacias hidrográficas, pois considera fatores como regime de chuvas, relevo, capacidade de infiltração do solo e resistência inicial à erosão (Horton, 1945). A densidade de drenagem foi obtida a partir do cálculo da rede de drenagem (ferramenta *Hydrology*), seguida da análise de concentração espacial de elementos (densidade Kernel), ambas ferramentas do *software Arcgis*. A densidade de drenagem foi classificada em cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) de acordo com as áreas mais capilarizadas quanto à presença de corpos hídricos (Figura 14).

Já o Potencial de Recarga, está associado à potencialidade do terreno em recarregar aquíferos através da infiltração de água no solo. É considerado um parâmetro de análise muito importante, pois a recarga de aquíferos auxilia diretamente na manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, na proteção hídrica e na disponibilidade de água. Os dados foram obtidos por Camargos *et al* (2020) a partir de uma Análise Multicritérios por Pesos de Evidência, combinando-se dados de declividade, potencialidade de contaminação do aquíferos segundo a geologia, e uso e cobertura do solo, cujo resultado é uma classificação quanto à potencialidade de recarga, variando entre muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (Figura 15).

O mapa de Potencial de Recarga permitiu identificar que os principais pontos de recargas são os topos de morros, seguidos das áreas após o topo (início da encosta superior). A recarga dos aquíferos é algo especialmente importante nas áreas de mineração de ferro no estado de Minas Gerais. As áreas de “canga” estão particularmente associadas às formações ferríferas, e onde estão localizados os principais locais de exploração de ferro no país. Devido às suas características, as “cangas” apresentam alta concentração de espécies endêmicas e devido a sua disposição, em platôs, e a sua porosidade, são importantes áreas de recargas de aquíferos subterrâneos (Carmo, 2010). Se retirada essa camada permeável, além da perda significativa de biodiversidade, ocorre também a diminuição da capacidade de recarga de aquíferos.

Para avaliação da relação entre a densidade e potencial de recarga foi realizado o método da Análise Combinatória, que consiste na identificação das combinações possíveis entre as variáveis de análise. De modo a viabilizar o cruzamento das duas camadas e individualizar todas as relações entre elas foi aplicada a álgebra de mapas com um preparo para o reconhecimento das combinações (Moura; Freitas, 2021).

As classes de densidade de drenagem e de potencial de recarga (muito baixo, baixo, média, alta e muito alta) foram reclassificadas de modo que quando aplicada a álgebra de mapas com a soma das camadas não ocorra a repetição de valores, sendo possível a identificação e análise das combinações (Figura 12). Para as classes de “Potencial de Recarga” foram atribuídos valores de 1 a 5 e aquelas referentes à “Densidade de Drenagem” receberam os valores de 100 a 500.

Figura 12: Matriz de Análise combinatória

		POTENCIAL DE RECARGA				
		1	2	3	4	5
D E N S I D A D E	100	100 + 1	100 + 2	100 + 3	100 + 4	100 + 5
	200	200 + 1	200 + 2	200 + 3	200 + 4	200 + 5
	300	300 + 1	300 + 2	300 + 3	300 + 4	300 + 5
	400	400 + 1	400 + 2	400 + 3	400 + 4	400 + 5
	500	500 + 1	500 + 2	500 + 3	500 + 4	500 + 5

Fonte: autora.

Assim, após a soma de álgebra de mapas os valores resultantes foram analisados e classificados de acordo com seu grau de importância hídrica (Figura 16: Mapa de Importância Hídrica

). Um Baixo potencial de recarga com baixa densidade de drenagem resulta em menor importância hídrica; Médio potencial de recarga associado à média densidade de drenagem, resulta também em menor importância hídrica; Alto potencial de recarga associado à baixa densidade de drenagem, resulta em média importância hídrica; e assim por diante (Figura 13).

Figura 13: Resultado da Análise combinatória

		POTENCIAL DE RECARGA				
		1	2	3	4	5
D E N S I D A D E	100	101	102	103	104	105
	200	201	202	203	204	205
	300	301	302	303	304	305
	400	401	402	403	404	405
	500	501	502	503	504	505

Importância Hídrica

- Baixa importância
- Média importância
- Alta importância

Fonte: Elaborado pela autora.

A sobreposição do mapa de Importância hídrica com as Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável (Figura 17), permite constatar a localização do Parque Nacional da Serra do Gandarela, que é uma UC de Proteção Integral, em área correspondente à alta importância hídrica. A constatação da área do Gandarela como alta importância hídrica aumenta e justifica a necessidade de manutenção do parque, uma vez que este ainda sofre pressão devido aos atrativos para usos antrópicos no território. Por ser uma área importante ambientalmente e com recursos, os interesses sobre ela são diversos como: interesses de urbanização, expectativa de ampliação dos usos existentes por parte dos moradores locais, uso por mineradoras que são atraídas pela grande reserva de minério de ferro da região.

Figura 14: Mapa de Densidade de Drenagem

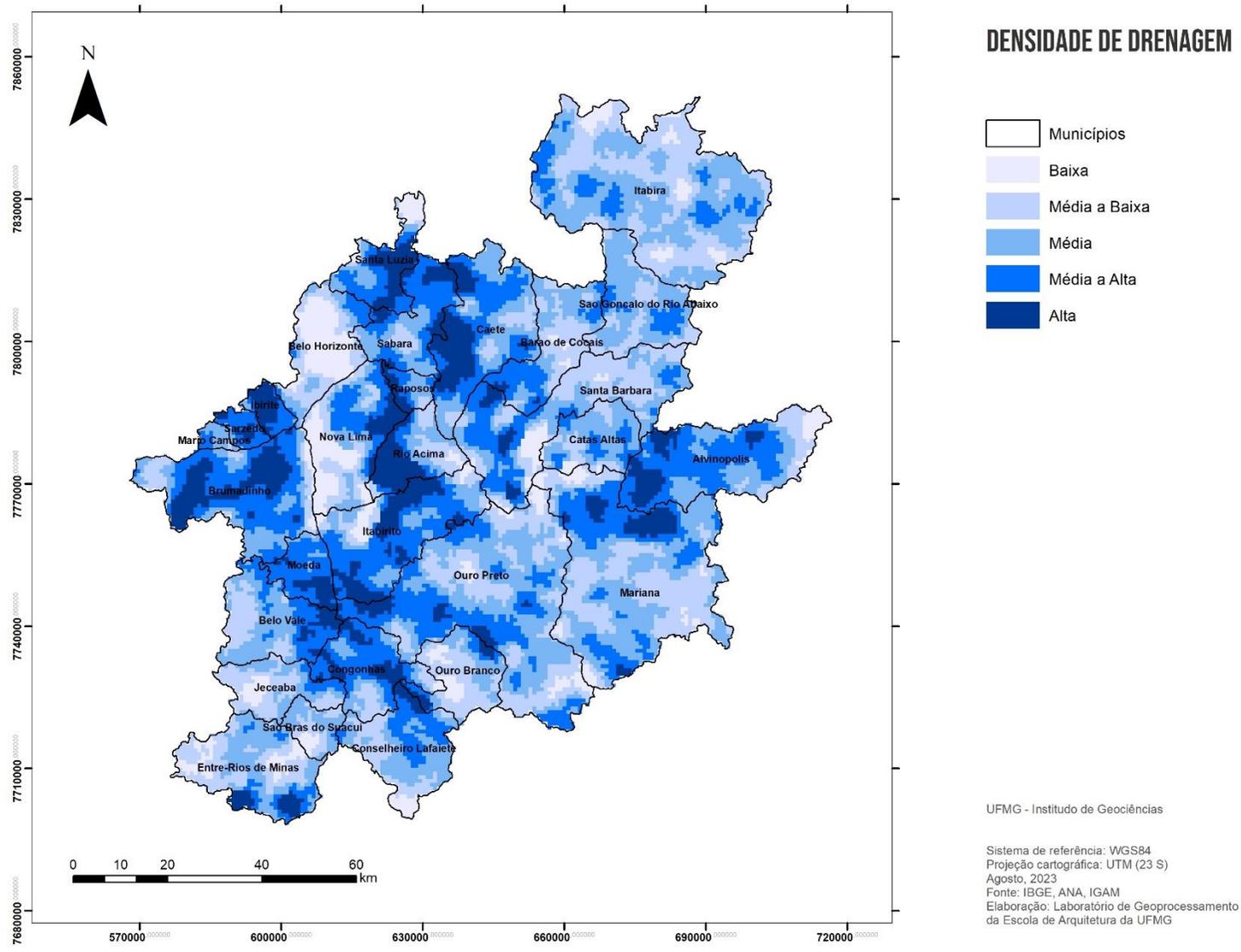


Figura 15: Mapa de Potencial de Recarga Hídrica

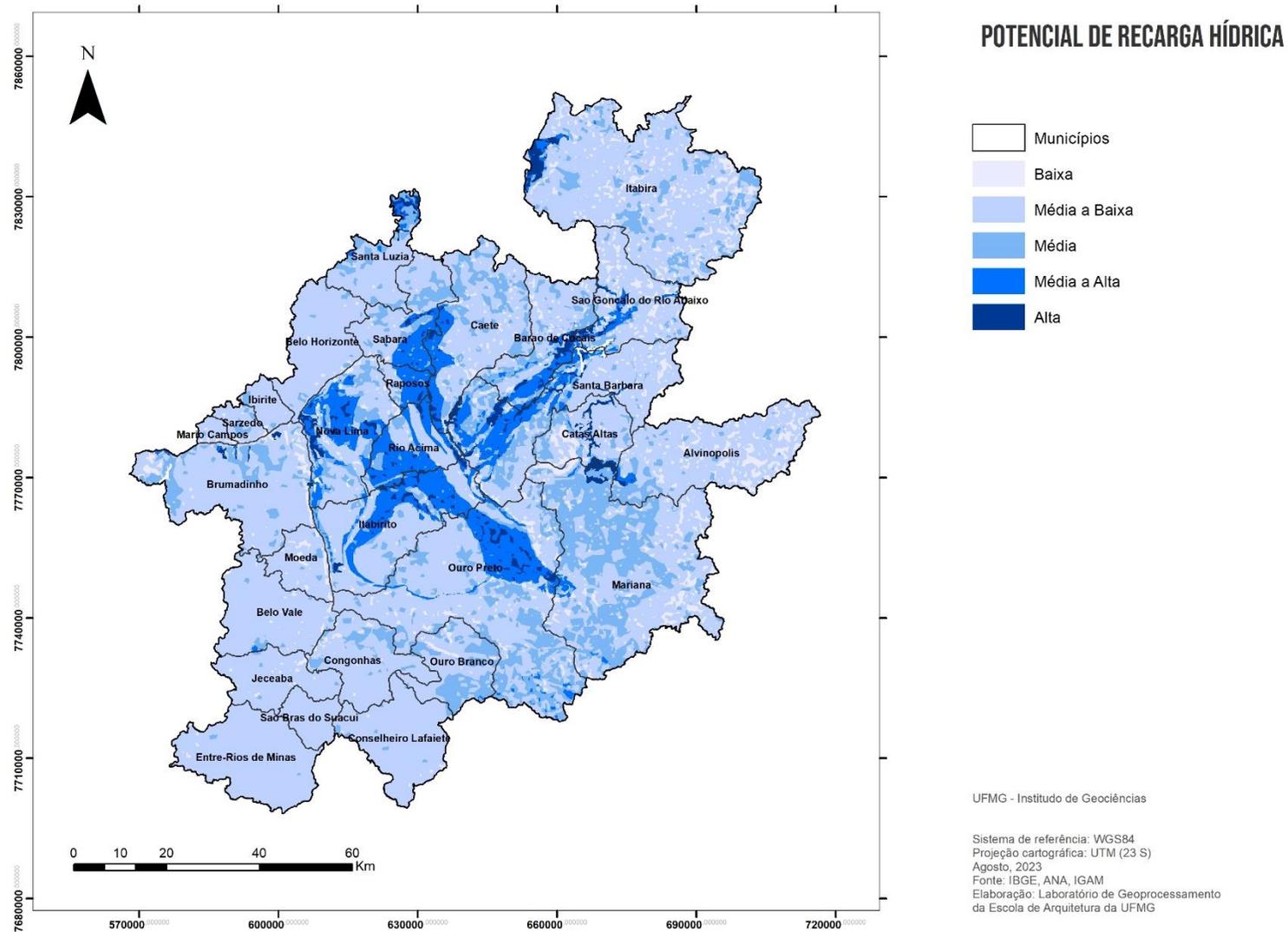
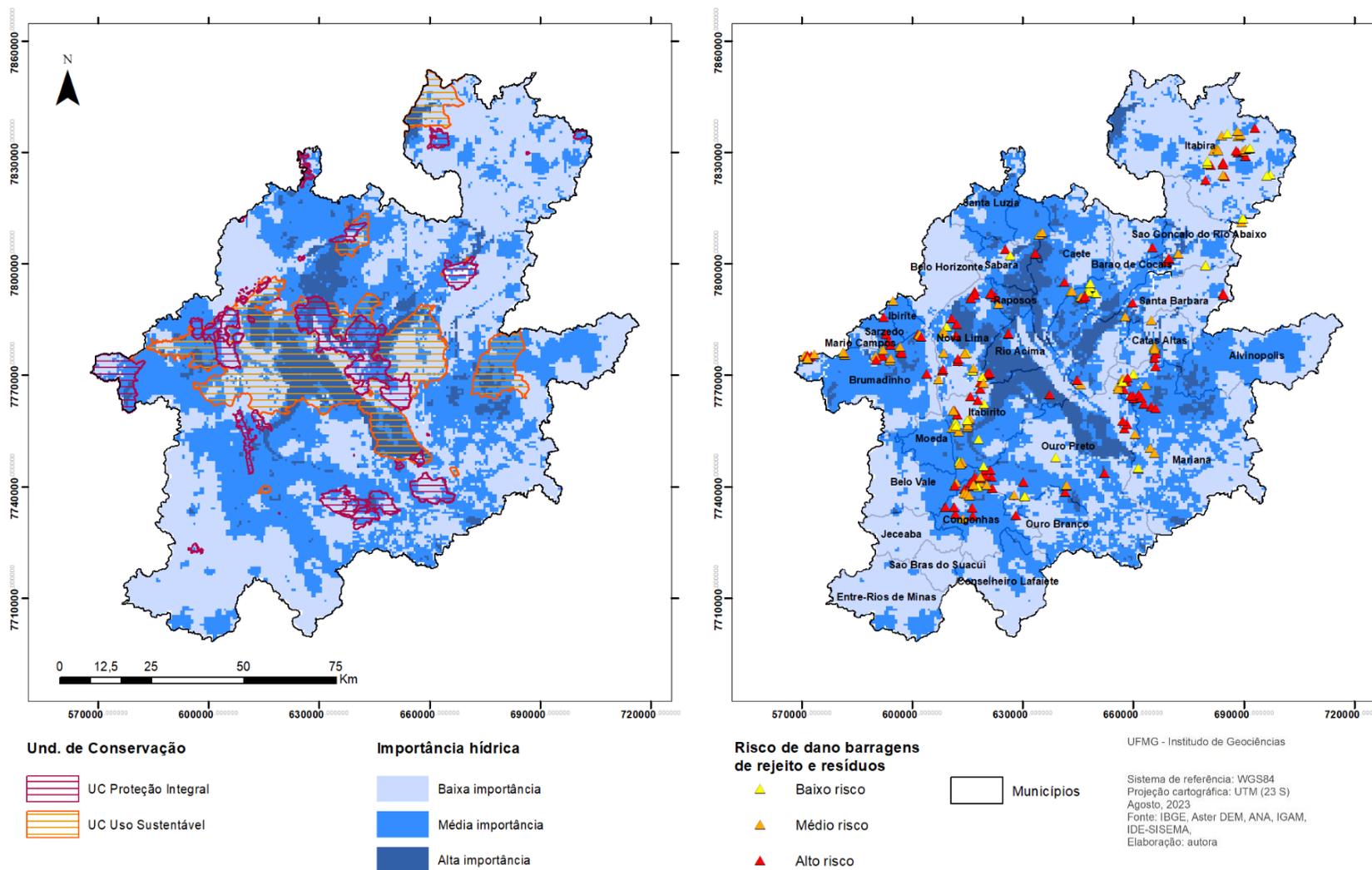


Figura 17: Mapa de Importância Hídrica, Unidades de Conservação e Risco de dano ambiental por barragens

IMPORTÂNCIA HÍDRICA, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E RISCO DE DANO AMBIENTAL (BARRAGENS)



Nessa região de alta importância hídrica está uma das mais relevantes captações de água da Copasa (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), a captação de Bela Fama, localizada no município de Nova Lima, pertencente ao Sistema Integrado Rio das Velhas que abastece 70% da água de Belo Horizonte (Castro *et al*, 2020).

As áreas de alta importância hídrica coincidem também com outras unidades de Conservação, como o Monumento Natural Estadual de Itatiaia e o Parque Estadual da Serra do Ouro Branco, ambas são UC de Proteção Integral; e na porção norte do Quadrilátero Ferrífero é perceptível também a correspondência da Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, Unidade de Conservação de Uso Sustentável.

Foi possível ainda identificar que a maior parte das áreas de alta importância hídrica está localizada em áreas de UC de Uso Sustentável, que embora procurem compatibilizar os usos com a conservação da natureza e admitem a presença de moradores, não garantem a proteção permanente como as UC de Proteção Integral.

Considerando a expressiva presença das atividades de mineração de ferro e ouro para a região do Quadrilátero Ferrífero e para o estado de Minas Gerais, bem como os potenciais impactos gerados por esse tipo de atividade para os recursos hídricos, foi realizada a análise da sobreposição da importância hídrica com as barragens de rejeito e resíduos classificadas por seu potencial de dano ambiental.

No que se refere aos recursos hídricos, os impactos gerados pela atividade minerária ocorrem, pelo menos, em três níveis: através do elevado consumo de água; à alguns tipos de processos de extração, que podem levar ao rebaixamento do lençol freático e ao comprometimento da recarga dos aquíferos; e por fim, os dados relacionados ao potencial risco de contaminação dos corpos d'água (Milanez, 2017).

A partir do Mapa de Importância Hídrica, Unidades de Conservação e Risco de dano ambiental por barragens (Figura 17) é possível constatar a presença de barragens de alto risco de dano ambiental (rompimento) em áreas com alta importância hídrica. As barragens de médio e alto risco de dano ambiental localizam-se principalmente nas áreas de média e alta importância hídrica. Dentre as de alto risco de dano destacam-se as barragens: Minas Águas Claras em Nova Lima; Mina do Engenho em Rio Acima (abandonada); Capim Branco; barragens sul inferior e sul superior da Minas de Congo Soco em Barão de Cocais; barragem Taquaras em Nova Lima.

Diante do exposto, torna-se necessária a adoção de medidas mais restritivas para determinadas áreas do Quadrilátero. A região sofreu dois casos recentes de rompimento de barragens de rejeito de mineração, que dentre os enormes danos e perdas existentes, provocaram

a degradação dos corpos hídricos da área com efeitos atingindo outros estados, como o Espírito Santo. Reforça-se também a importância de manutenção e criação de unidades de conservação, que, além de serem protegidas devido às suas características especiais, são essenciais para a proteção das águas e outros recursos naturais.

4.2. Geomorfologia

Aqui serão abordados a relação do relevo, altimetria e biomas apresentando sua relação entre eles e como condicionam ou interferem nas dinâmicas regionais, por exemplo atuando como delimitadores de expansão urbana, marcadores e referências da paisagem, fazendo parte do *genius loci* da paisagem montanhosa e natural mineira.

O relevo apresenta uma grande diversidade de feições morfológicas, com contrastes bastante significativos (Figura 18) variando de 422m a 2073m de altitude. O mapa hipsométrico foi extraído a partir do tratamento de imagens de satélite Alos Palsar, que apresenta um Modelo Digital de Elevação (MDE) com atributos altimétricos, sendo a altimetria classificada em faixas de interesse de cerca de 200m.

O Quadrilátero Ferrífero está inserido em uma região de terras altas, associadas a serras alinhadas que assumem um arranjo aproximadamente quadrangular. Localizadas em altitudes com cerca de 1.000 metros, há pontos que os picos das serras chegam a uma elevação altimétrica superior a 2.000 metros. As serras, de norte a sul e de oeste a leste: Serra Azul, Rola Moça, Curral e Piedade (flanco norte); Moeda (flanco oeste); Ouro Branco e Outro Preto (flanco sul); Caraça e Gandarela (flanco leste) (Dorr, 1969).

É uma região constituída por serras de grande representatividade ambiental, mineral e geológica e que muitas vezes apresentam como característica ser um dificultador da integração regional, em virtude das barreiras naturais formadas pela topografia. A Serra do Curral (Figura 19) que delimita a capital do Estado constituiu, durante muito tempo, uma barreira para a expansão da conurbação, a qual só foi vencida nas últimas décadas em razão da forte pressão imobiliária na área (Conti, 2009).

Figura 18: Bordas Serranas e Hipsometria; Fitofisionomias

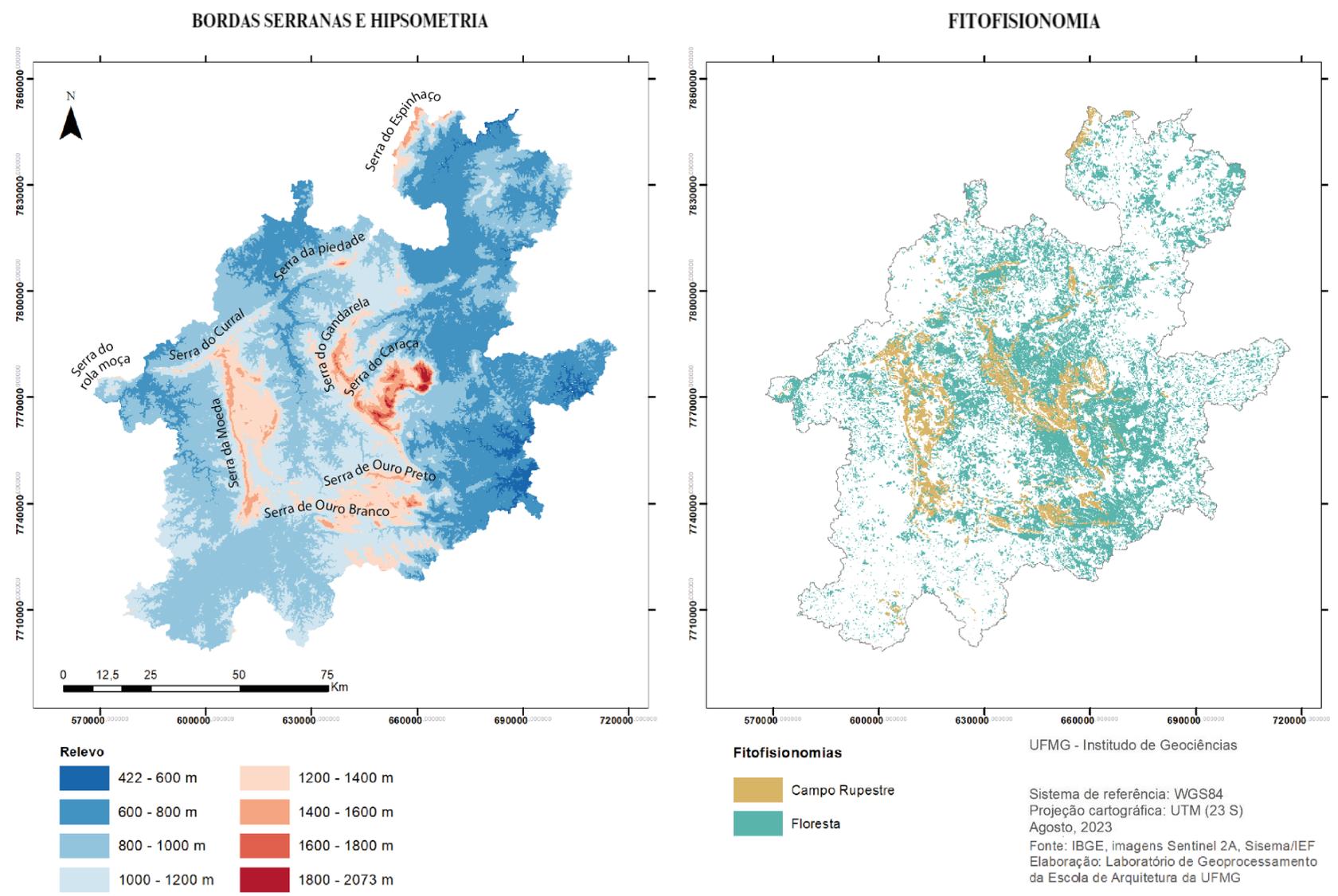
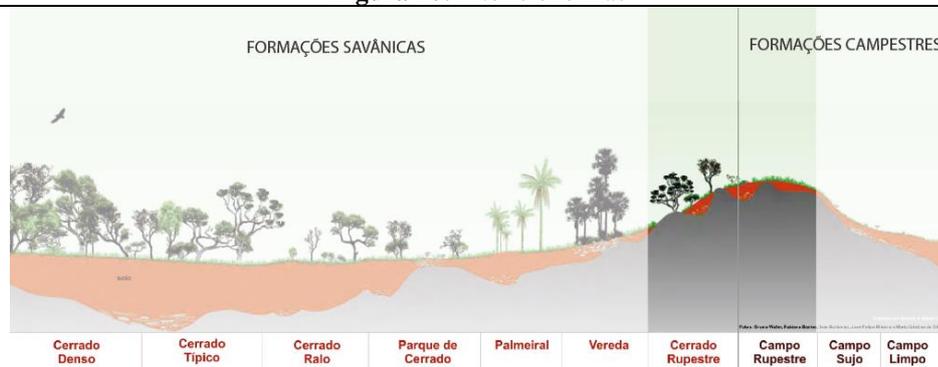


Figura 19: Serra do Curral

Fonte: autora (2021).

4.3. Vegetação

As áreas de campo rupestre estão mais associadas às áreas de topo, cujo relevo está entre 1400 e 2073 m e próximas às bases das serras, como é o caso da escarpa da serra da Moeda. O campo rupestre ocorre geralmente em altitudes superiores a 900 metros, em relevo movimentado, sobre afloramentos rochosos. Elemento marcante das serras, e que lhes dá um caráter único, é o extenso capeamento de canga (Figura 20). É um tipo fitofisionômico que apresenta trechos com estrutura similar ao Campo Sujo ou ao Campo Limpo, diferenciando-se tanto pelo substrato, composto por afloramentos de rocha, quanto pela composição florística, que inclui muitos endemismos (Ribeiro; Walter, 2008)

Figura 20: Fitofisionomias

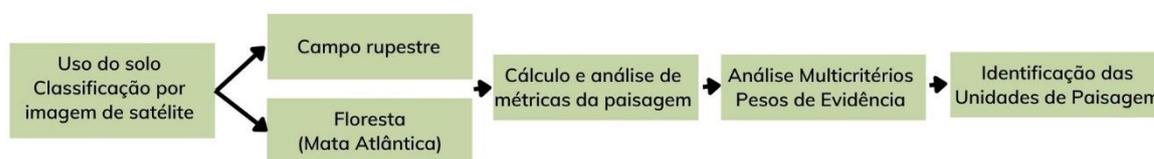
Fonte: Embrapa, 2008.

Já as áreas de floresta, bioma Mata Atlântica, aparecem mais bem distribuídas entre os tipos de diferentes relevos e altimetria, no entanto, com presença menos expressiva nas áreas mais planas (entre 400 e 622 m).

É possível perceber como o relevo, a vegetação e a altimetria atuam como condicionantes do uso do solo e caracterização da paisagem do quadrilátero, na medida que condicionam os tipos de atividades ali realizadas, indicam as áreas prioritárias para preservação, atuam como delimitadores e marcadores da paisagem etc.

Para a vegetação foi realizada a identificação das classes/tipologias – Campo Rupestre e Floresta (Mata Atlântica) – por meio do processo de reclassificação (Figura 21), a partir do mapa de cobertura e uso do solo da IDE-SISEMA. Cabe ressaltar, que a utilização desses dados previamente elaborados se justifica pela intenção de utilização de dados oficiais (Figura 18 - Fitofisionomia). A diferenciação das classes/tipologias de vegetação foi fundamental, conforme será apresentado mais adiante, quando da elaboração das Unidades de paisagem por vegetação, uma vez que cada tipologia (fitofisionomia) tem sua relevância distinta na paisagem, tendo diferentes características de fauna e flora.

Figura 21: Fluxograma metodológico das tipologias de vegetação



Fonte: Rocha *et al* (2022). Adaptada pela autora.

O tópico a seguir apresenta como o Uso do solo na região é condicionado também por esses elementos/tipologias da paisagem.

4.4. Cobertura e Uso do solo

O Quadrilátero Ferrífero, como já mencionado anteriormente, é uma região permeada por diferentes interesses que, muitas das vezes, são conflitantes. Podemos citar o conflito entre o interesse econômico, através da presença de atividades de extração minerária, e o interesse ambiental da região provida de importantes recursos ambientais. A sobreposição e justaposição de interesses das partes atuantes acabam por resultar em conflitos espaciais, relacionados aos diferentes interesses de utilização do território (Silva, F., 2007; Souza, 2007 apud Casagrande, 2018).

Embora a mineração ocorra com uma ocupação superficial temporária na área, o impacto ambiental causado é significativo, uma vez que sua realização exige movimentação do solo, estradas de acesso, superfícies sem vegetação, rejeitos e pilhas de estocagem (Curi, 2002). As áreas de transformação por atividade minerária podem ser identificadas em diferentes porções do Quadrilátero Ferrífero, estando localizadas nos limites ou no interior de áreas com vegetação robusta ou floresta (Figura 22). Também estão próximas à vegetação do Campo

Rupestre, que como anteriormente mencionado, é uma fitofisionomia de grande relevância, principalmente em relação a biodiversidade que apresenta.

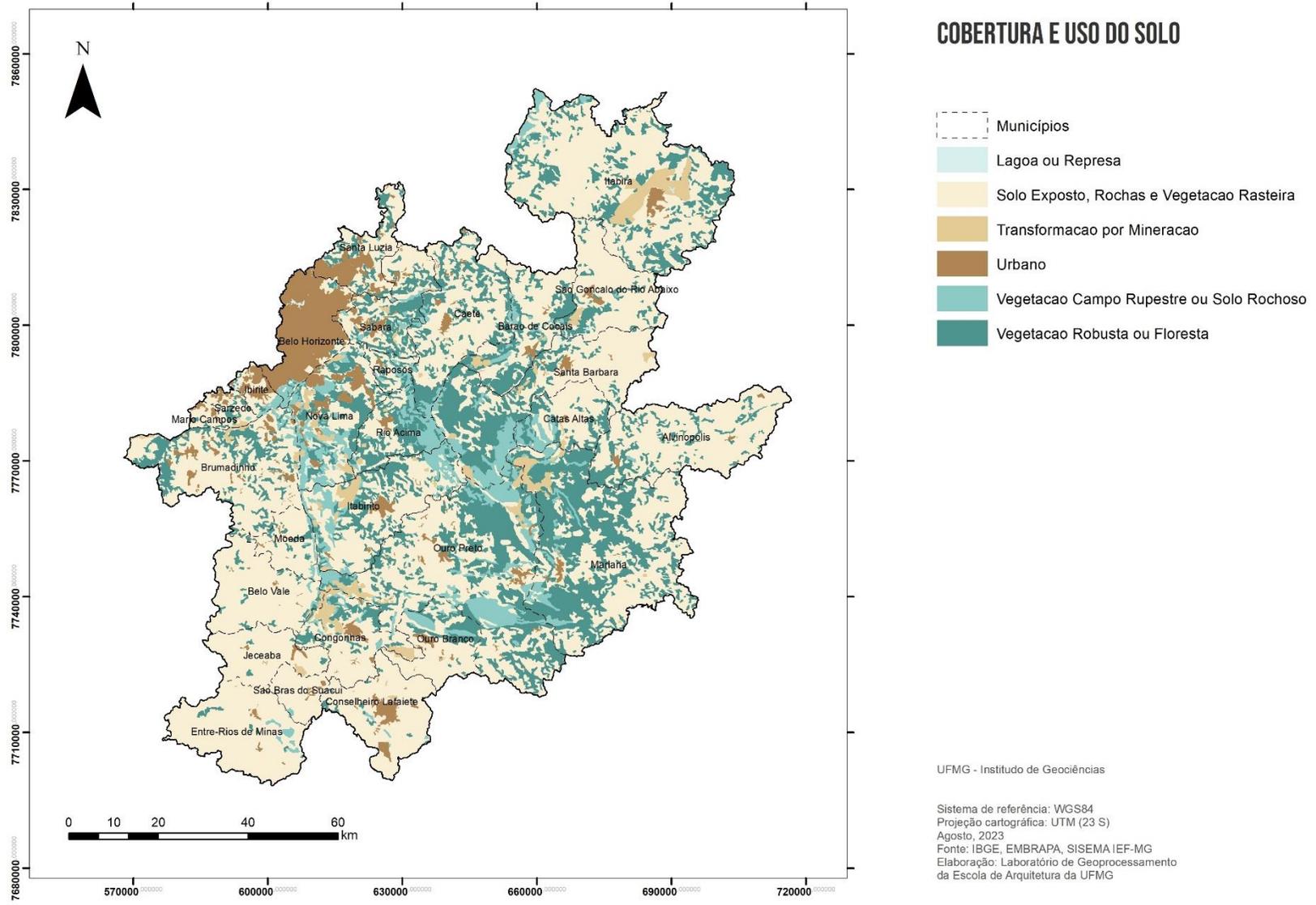
É visível o conflito espacial entre a vegetação e a mineração em todos os municípios onde a atividade extrativista possui relevância econômica (Itabirito, Ouro Preto, Mariana, São Gonçalo do Rio Abaixo, Congonhas, Nova Lima etc.). As áreas de solo exposto, rochas e vegetação rasteira, característicos dos campos de altitude e do próprio campo rupestre destacam-se em toda a área não antropizada da região de estudo.

No que se refere à ocupação urbana, como esperado a capital Belo Horizonte tem relevância na região, tendo o solo quase que completamente ocupado, sendo pouco expressiva a presença de vegetação e principalmente vegetação robusta, aparecendo de forma pontual nas áreas verdes da cidade. No entanto, as áreas verdes da cidade não apresentam uma distribuição homogênea, estando mais presente em duas regionais: a norte e a Pampulha.

A proporção de ocupação urbana também é bastante expressiva em Santa Luzia, município caracterizado por movimento pendular para capital, podendo ser observado que a área limítrofe dos dois municípios é quase que inteiramente conurbada. Outro município de destaque em relação a urbanização é o município de Itabira. Entretanto, o destaque maior no município é a extensa área de transformação por mineração, conhecido tradicionalmente pela extração de minério de ferro. A atividade foi um dos principais indutores de mudanças econômicas, sociais, culturais e ambientais do município (Milanez, 2017).

Alguns tipos de uso e ocupação do solo exercem forte pressão sobre os recursos naturais e ambientais disponíveis no espaço urbano, principalmente das grandes cidades. A exemplo, o processo de urbanização de Belo Horizonte foi responsável pela destruição da vegetação nativa, restando poucos fragmentos e estando concentrados em pequenas áreas do município. A avaliação da robustez e qualidade da vegetação, através do NDVI, apresentado a seguir, permite compreender melhor essa estrita relação entre uso e ocupação do solo e vegetação.

Figura 22: Mapa de Cobertura e Uso do solo



4.5. NDVI

A análise da vegetação partiu da avaliação da robustez e qualidade da vegetação a partir do método do *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI). Foram utilizadas imagens de satélite Landsat-8 versão 2, nas bandas 4 (*Red*) e 5 (*Infrared*), as quais melhor caracterizam a vegetação. As imagens utilizadas correspondem ao período de seca (inverno) por apresentarem boa qualidade e mínima interferência de nuvens; e aos de 2014 e 2020, por corresponderem, dentre as imagens com melhor qualidade, ao período mais antigo e mais recente. O recorte temporal teve por objetivo a possibilidade da análise temporal de transformação e qualidade da cobertura vegetal robusta para a região de estudo. O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, ele é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e no vermelho do visível e pela soma dessas mesmas reflectividades. Os valores variam em um intervalo de -1 a 1, sendo os valores próximos de 1 associados à alta reflectância, representando a uma densa área de vegetação e os valores próximos a -1, uma baixa reflectância, isto é, a pouca ou ausência de vegetação.

O mapa comparativo de NDVI para 2014 e 2020 (Figura 23) permitiu constatar que não ocorreu transformação expressiva da cobertura vegetal robusta na região do QF. O ganho mais expressivo aparece em áreas já possuidoras de vegetação robusta, como a região sudeste do Quadrilátero, principalmente nos municípios de Mariana, Ouro Preto, Santa Bárbara e Catas Altas. As áreas de ganho de vegetação robusta não estão diretamente associadas às Unidades de Conservação de Proteção Integral (Figura 24). São áreas, em sua maioria, sem nenhum tipo de proteção ainda pouco ocupadas. As áreas de Proteção Integral não apresentaram transformações significativas, tanto de ganho quanto de perda de vegetação robusta. Em contrapartida, as áreas de perda de robustez da vegetação estão principalmente associadas à presença das manchas urbanas e áreas de expansão urbana, bem como às atividades de grande transformação, como a mineração.

A alteração mais expressiva de qualidade de vegetação ocorreu na região oeste e sudoeste do Quadrilátero, com transformação de áreas antropizadas ou solo exposto e vegetação rala em áreas antropizadas densas e solo exposto, em uma grande porção do território, principalmente nos municípios de Brumadinho, Moeda, Belo Vale, Jeceaba, Entre Rio de Minas e Conselheiro Lafaiete. A região já apresentava, em 2014, presença quase inexpressiva de vegetação, tendo a situação agravada com maior antropização da área.

Figura 23: Mapa de NDVI e mancha urbana (2014 e 2020)

NDVI - ÍNDICE NORMALIZADO DE ROBUSTEZ / QUALIDADE DA VEGETAÇÃO E MANCHA URBANA

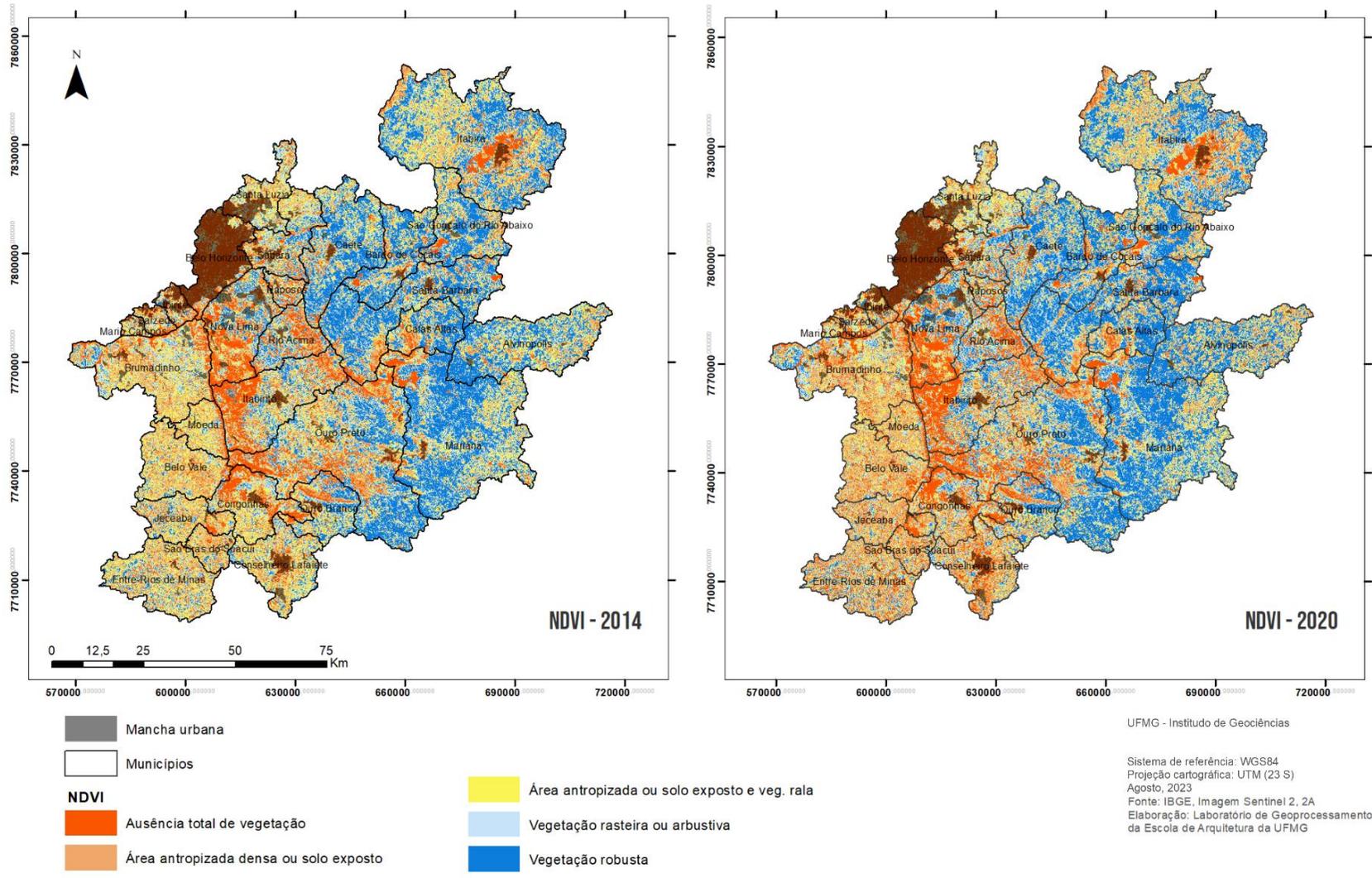
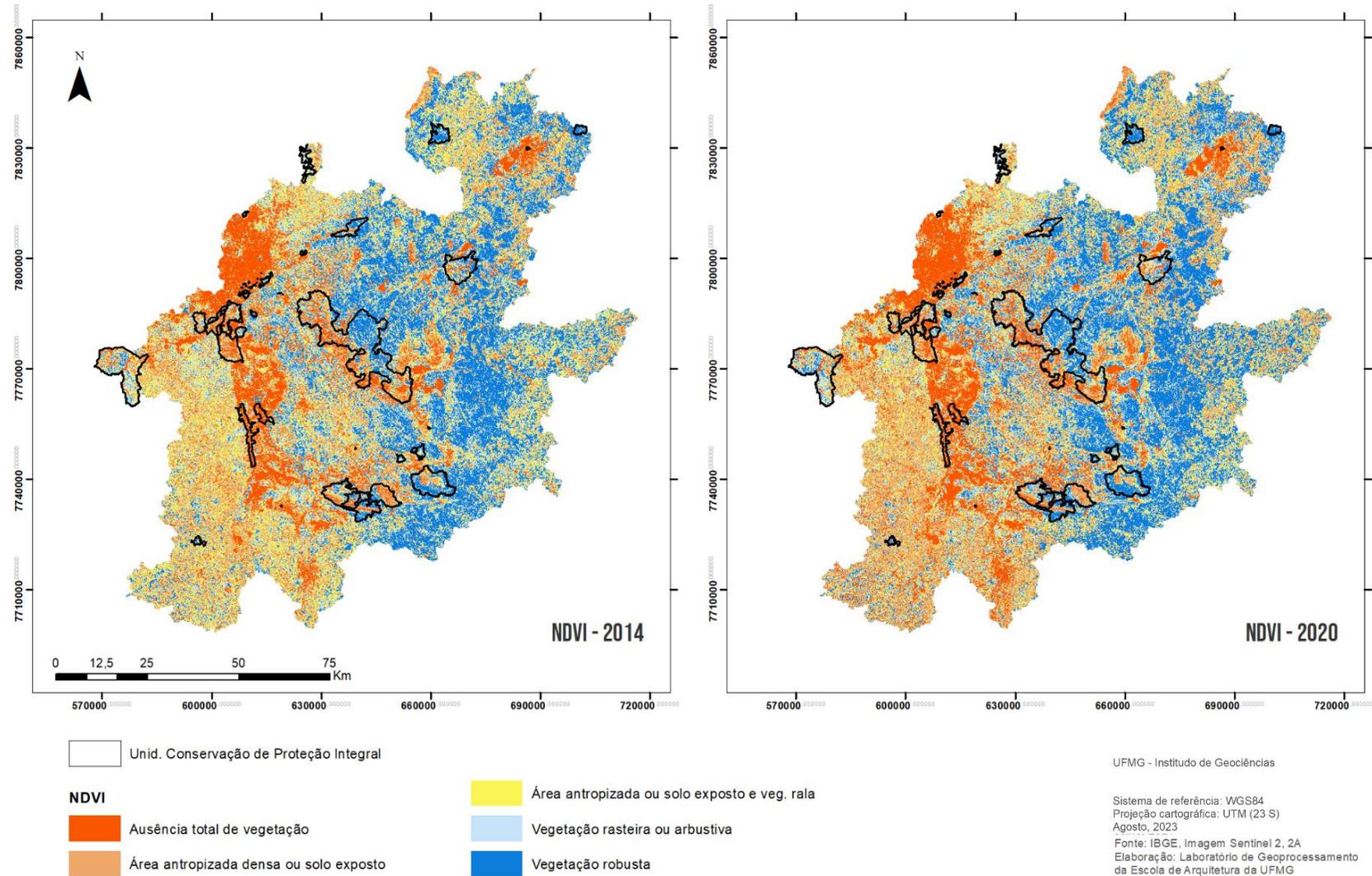


Figura 24: Mapa de NDVI e UC de Proteção Integral

NDVI - ÍNDICE NORMALIZADO DE ROBUSTEZ / QUALIDADE DA VEGETAÇÃO E UNID. DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL



É também nessa mesma região que aparecem os casos mais significativos de transformação de áreas antropizadas densas e solo exposto em áreas de ausência total de vegetação. Nos municípios de Jeceaba e Conselheiro Lafaiete é possível observar a expansão de áreas já existentes, em 2014, de ausência total de vegetação. Isto está principalmente associado ao processo de expansão urbana, visto que essas áreas de expansão estão no entorno das manchas urbanas (Figura 23).

Quanto às áreas de Unidade de Conservação foi possível observar uma melhora no que se refere à robustez da cobertura vegetal para as de Proteção Integral (Figura 24), com exceção daquelas que apresentam afloramentos rochosos com presença do bioma campo rupestre (Figura 25). Devido à sua natureza, os solos sobre formações ferríferas (cangas) de maneira geral são rasos, compactos e pobres em nutrientes. Estes fatores exercem forte controle na distribuição da cobertura vegetal, submetendo a vegetação a forte pressão de seleção, não caracterizando vegetação exuberante.

Embora parte das áreas de Proteção Integral não apresenta vegetação robusta em razão da presença do campo rupestre, sua preservação é de fundamental importância. A vegetação encontrada nesse tipo de formação (canga) é diversificada, rica em endemismo, constituída de espécies raras e ameaçadas de extinção. Algumas delas são encontradas em localidades típicas ou endêmicas (Figura 26) a pequenas áreas, restritas a altitudes e/ou substratos com pequena distribuição espacial, de modo que sua sobrevivência depende de proteção (Pereira, 2010).

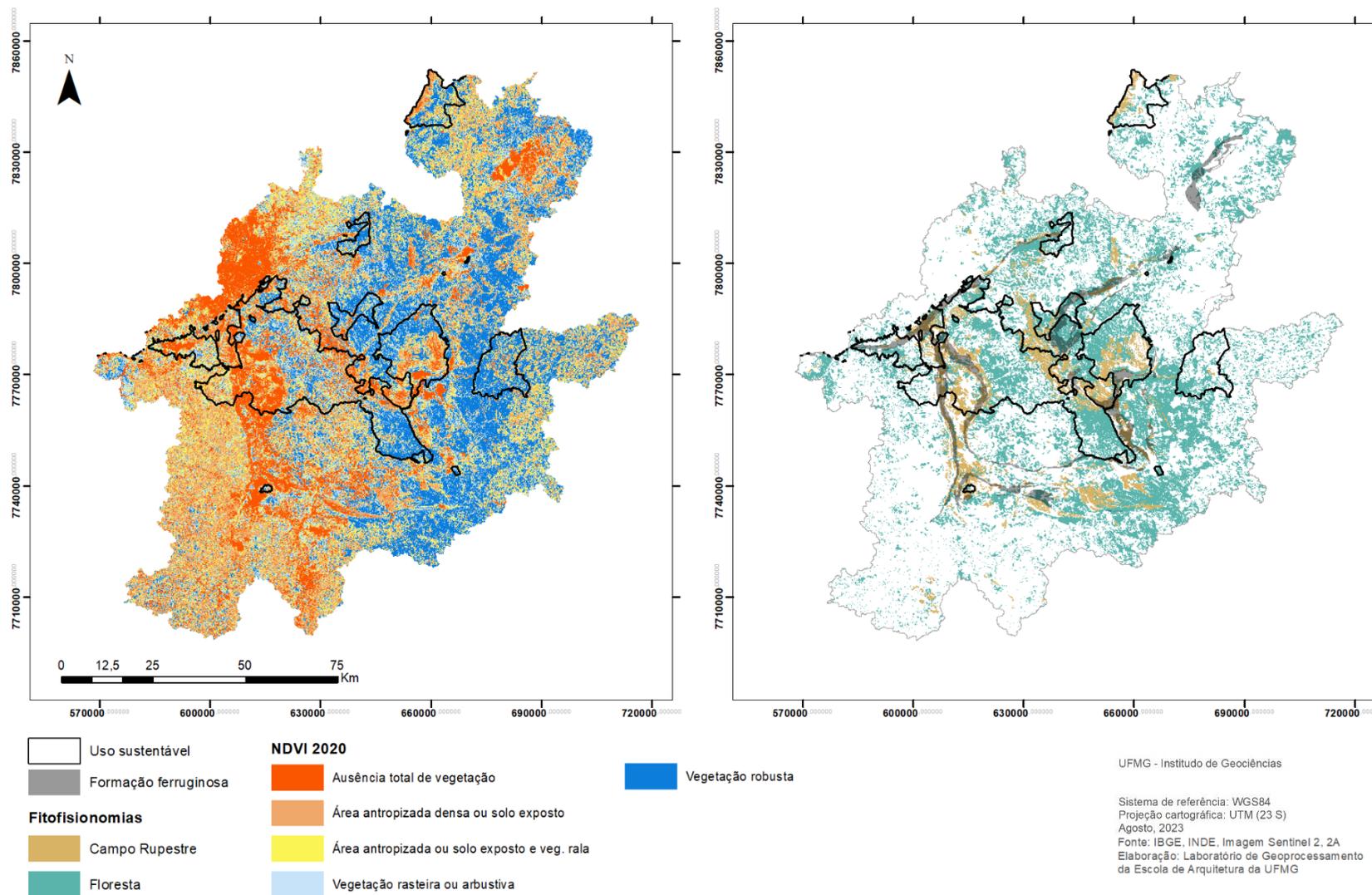
Figura 25: Vegetação Campo Rupestre



Fonte: autora (2021).

Figura 26: Mapa de NDVI, UC de Proteção Integral e Fitofisionomias

NDVI, UNIDADE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL E FITOFISIONOMIAS



Esse tipo de formação e vegetação também estão presentes no topo das serras, por isso a presença dessas está em sua maioria associada ao solo exposto (Figura 27). As características da cobertura vegetal nas cristas das serras ferruginosas, principalmente superiores à 900m são singulares e endêmicas, em razão da diversidade da flora, dos característicos mecanismos de sobrevivência das espécies e da ocorrência restrita, sugerindo uma estreita relação entre solo e vegetação (Pereira, 2010). Alves & Kolbek (1994) ressaltam a importância da conservação desse tipo de vegetação nas cristas das serras, uma vez que elas funcionam como ilhas de vegetação para as espécies endêmicas.

Figura 27: Vegetação endêmica - Campo Rupestre



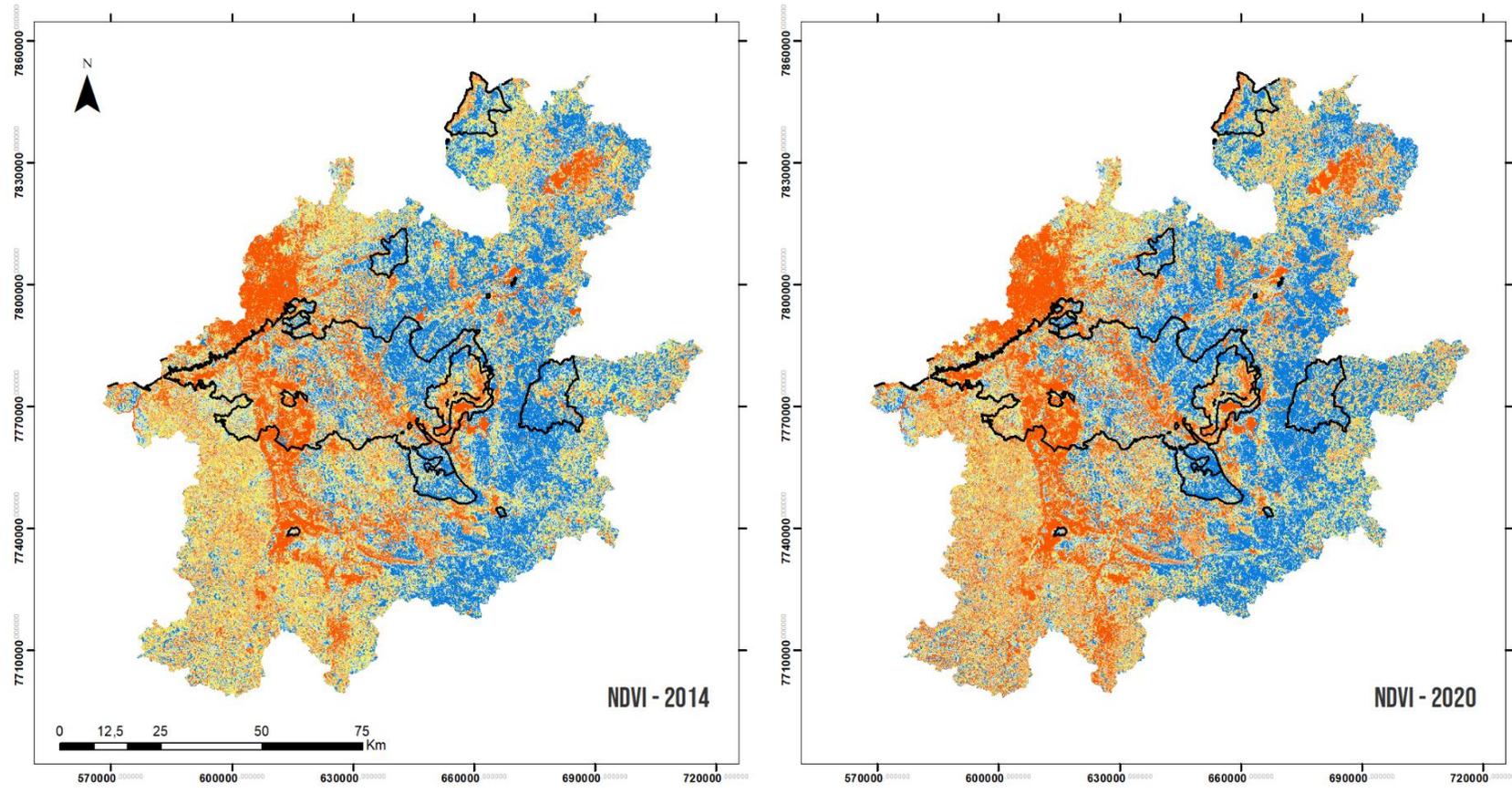
Fonte: autora (2021).

As Unidades de Conservação de Uso Sustentável (Figura 28 e Figura 29) apresentam um cenário mesclado por áreas preservadas e espaços antropizados, com entorno caracterizado por atividades minerárias e processos de urbanização. Parte da vegetação expressiva e mais bem conservada do quadrilátero está localizada em UC de uso sustentável, assim como o bioma do campo rupestre. Embora esse tipo de unidade de conservação indique o equilíbrio do ambiente com a ocupação humana, ela não garante a proteção integral dos recursos. De modo que ações e estratégias de manejo, manutenção e monitoramento dessas áreas precisam fazer parte das dinâmicas do território nas diferentes escalas de atuação (local, municipal e regional).

A preservação e criação das áreas de conservação, bem como as manchas de vegetação expressiva ao longo do território são fundamentais para a qualidade ambiental, influenciando por exemplo, na temperatura de superfície, abordada no tópico seguinte.

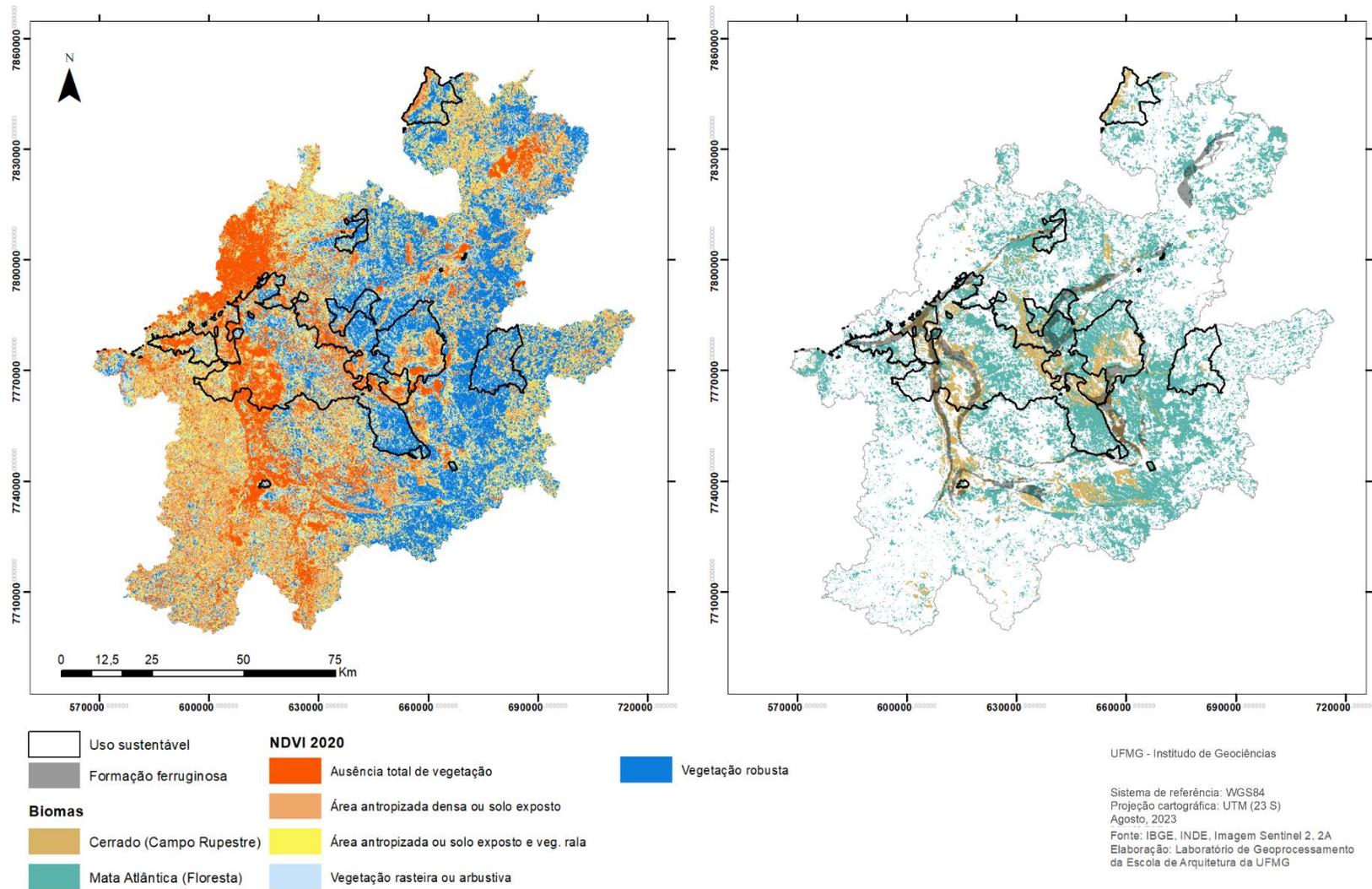
Figura 28: Mapa de NDVI e UC de Uso Sustentável

NDVI - ÍNDICE NORMALIZADO DE ROBUSTEZ / QUALIDADE DA VEGETAÇÃO E UNID. DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL



UFMG - Instituto de Geociências
 Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Agosto, 2023
 Fonte: IBGE, INDE, Imagem Sentinel 2, 2A
 Elaboração: Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG

Figura 29: Mapa de NDVI, UC de Uso Sustentável e Biomas
NDVI, UNIDADE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL E BIOMAS



4.6. Temperatura de superfície

Assim como para o NDVI, para análise de Temperatura de Superfície foi realizado o mapeamento para os anos de 2014 e 2020 (Figura 30). A análise dos dois momentos permitiu constatar uma redução das regiões com temperaturas mais amenas e o consequente aumento de ilhas regionais de concentração de calor. A redução de áreas amenas pode ser principalmente notada nos municípios de Itabira, Ouro Preto e Mariana.

É possível notar a relação existente entre as encostas e cristas das serras e temperaturas mais amenas quando o tipo de vegetação na área é Floresta, o mesmo não pode ser observado quando para Campo Rupestre, que devido aos afloramentos rochosos e vegetações rasteiras e esparsas, a temperatura superficial apresenta mais elevada (Figura 31).

Em razão da alta taxa de ocupação e da alta densidade, Belo Horizonte apresenta um cenário desfavorável no que se refere à temperatura de superfície em ambos os momentos analisados. As pequenas porções com temperaturas mais amenas estão localizadas nas áreas de parques e de proteção ambiental ou ainda nas porções desocupadas do território, sobretudo na regional norte e regional Pampulha. O mesmo pode ser observado para outros municípios que se apresentam bastante urbanizados, como Santa Luzia e Nova Lima.

Em contrapartida, Mariana e Itabira apresentaram melhorias na temperatura de superfície em relação a 2014. As áreas das sedes municipais apresentaram aumentos nas manchas de temperatura amena, sendo exceções no Quadrilátero Ferrífero, que no geral apresentaram aumento das temperaturas nas manchas urbanas.

Os municípios de Belo Vale e Jeceaba, embora tenham as áreas de mancha urbana bastante reduzidas e a qualidade da vegetação, avaliada por NDVI, não tão precária quando comparada à Belo Horizonte, apresentam altas temperaturas superficiais em ambos os períodos avaliados. Isto está relacionado ao tipo de cobertura do solo e ausência de vegetação expressiva na região. Os municípios apresentam grande parte do território constituído por vegetação rasteira, afloramentos rochosos e solo exposto. Ademais, o relevo de baixa altimetria favorece tal ocorrência.

É possível identificar como a temperatura de superfície está diretamente relacionada à presença da vegetação robusta e da urbanização, visto que as áreas com temperaturas amenas e amenas à média estão associadas a presença de vegetação notável, enquanto as temperaturas de superfície mais elevadas estão associadas a áreas muito urbanizadas, impermeabilizadas e de solo exposto. Isso mostra, como a relação dos parâmetros verdes está associada com condições climáticas e de qualidade de vida e ambiental.

A análise do panorama médio de temperatura superficial, apontou na direção das análises anteriores. A ocupação urbana, a ausência de vegetação robusta e a topografia são fatores determinantes para o aumento das temperaturas superficiais, e conseqüentemente, piora da qualidade ambiental.

No que tange a melhoria da qualidade ambiental, são necessárias mudanças nas três escalas de planejamento (local, municipal e regional) para a alteração desse cenário, considerando todos esses fatores que a influenciam. Esses desequilíbrios são causados pela impermeabilização do solo, pela utilização de materiais no meio urbano condutores de energia térmica, pela poluição do ar, pelo aumento das edificações e, principalmente, pela redução da vegetação.

Nesse sentido, a identificação e avaliação dos fragmentos de vegetação do Quadrilátero ferrífero a partir de três métricas da Ecologia da Paisagem - Área Núcleo, Fator de Forma e Conectividade, apresentadas no tópico a seguir, são fundamentais. Isto porque, elas orientam os tipos de ações necessárias, de criação, de ampliação ou de conservação desses fragmentos vegetais, bem como mais especificamente os tipos de intervenções mais adequadas ao conjunto de fragmentos, como corredores ecológicos, áreas de conservação, reflorestamento etc.

Figura 30: Mapa de Temperatura de Superfície (2014 e 2020)

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE 2014 E 2020

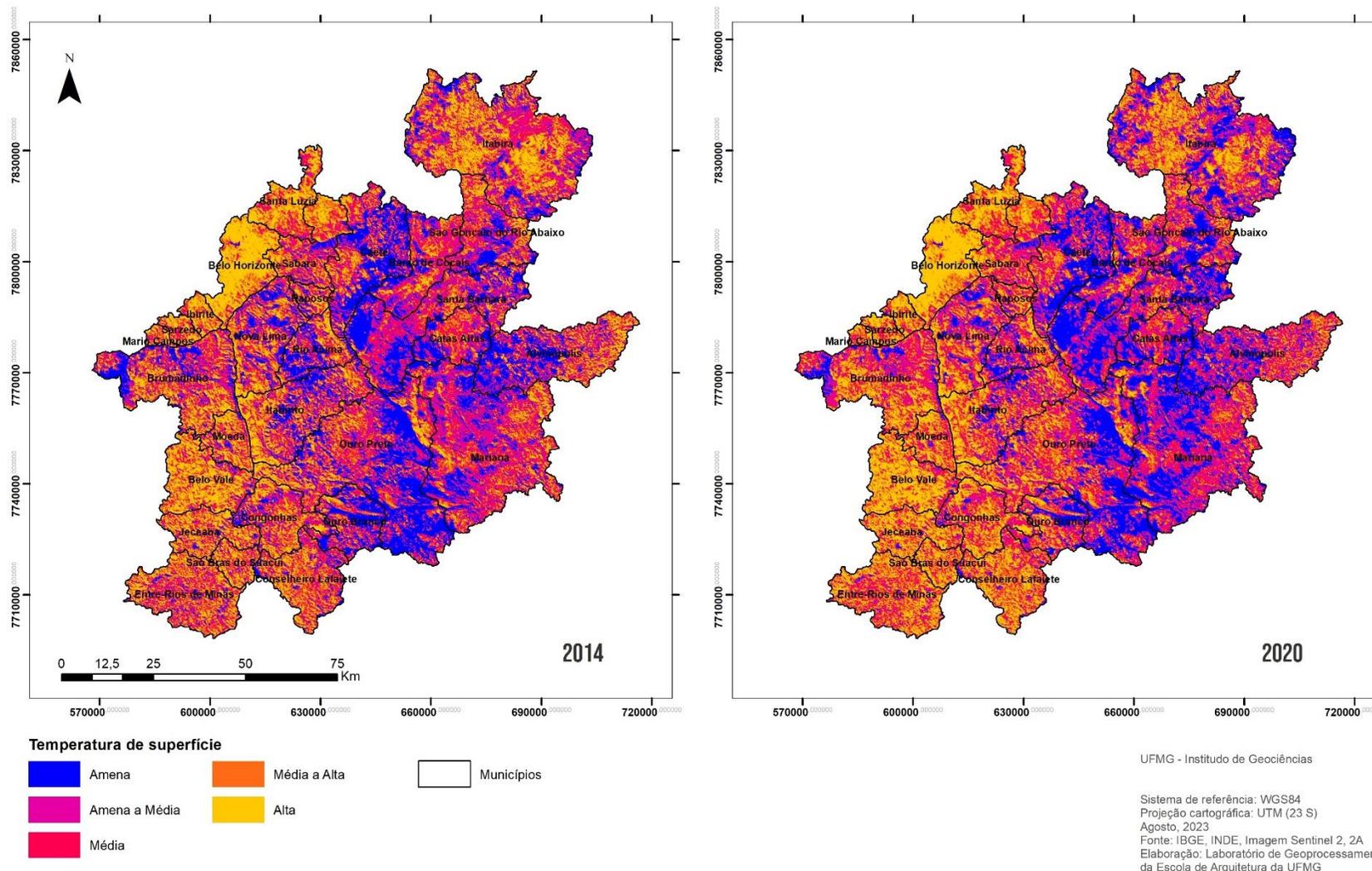
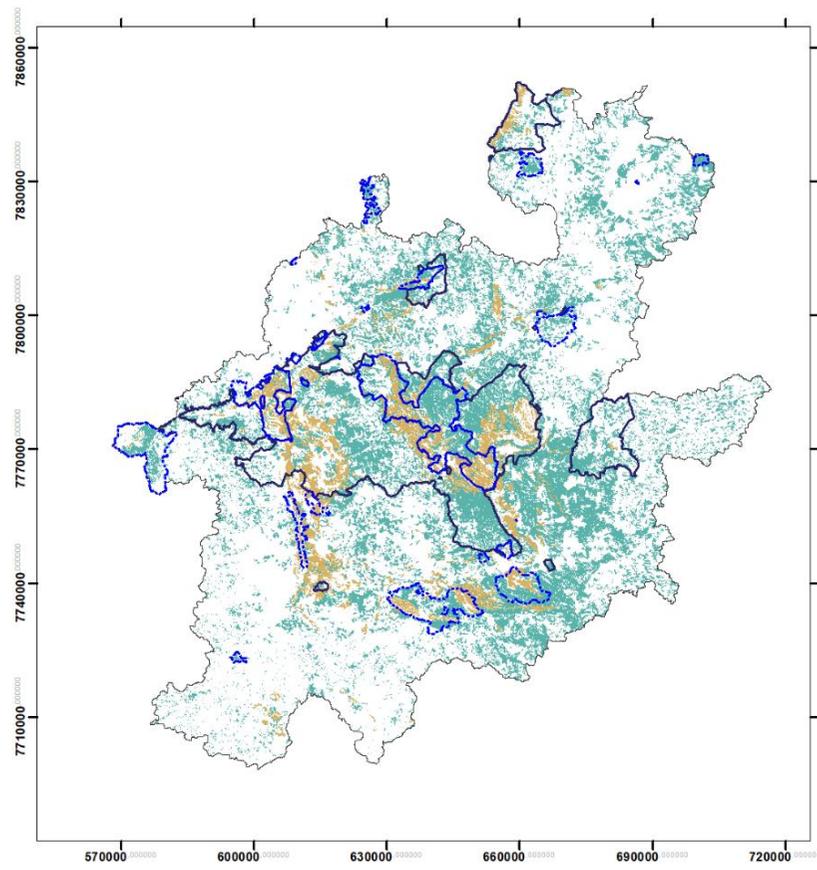
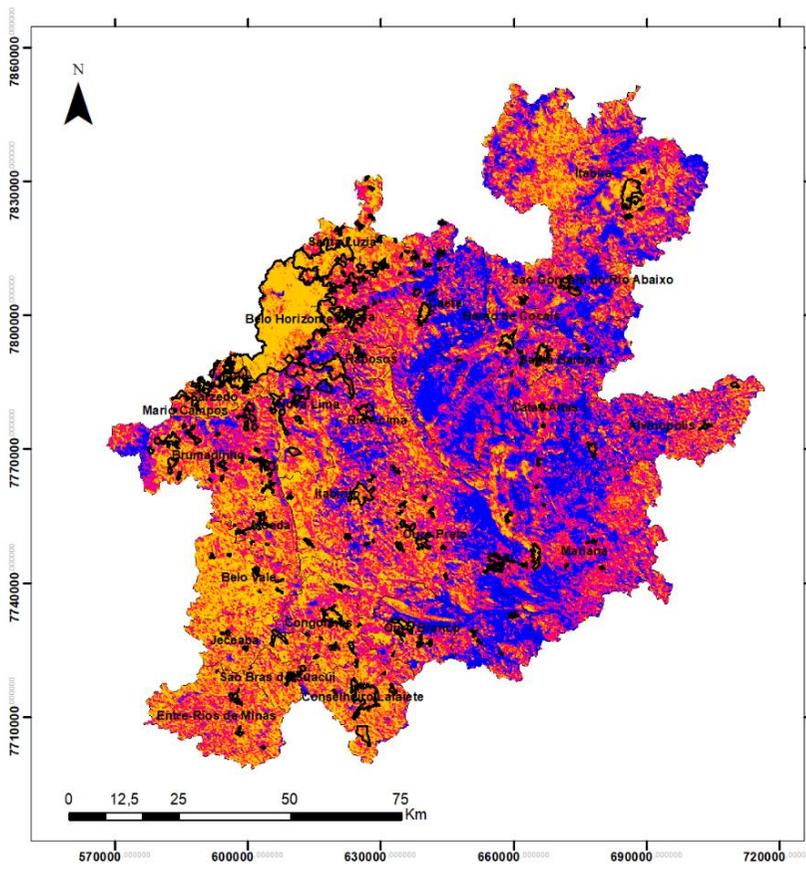


Figura 31: Mapa de Temperatura de Superfície(média), Fitofisionomias e Unidades de Conservação

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE (MÉDIA), FITOFISIONOMIAS E ÁREAS DE CONSERVAÇÃO



Temperatura de superfície

- Amena
- Média a Alta
- Amena a Média
- Alta
- Média

- Municípios
- Mancha urbana

Fitofisionomias

- Campo Rupestre
- Floresta

Unidade de Conservação

- UC. Proteção Integral
- UC. Uso sustentável

UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Agosto, 2023

Fonte: IBGE, INDE, Imagem Sentinel 2, 2A
 Elaboração: Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG

4.7. Métricas da Ecologia da Paisagem

A Ecologia da Paisagem é uma área de estudo que permite verificar as mudanças existentes na paisagem, a partir da identificação e caracterização de fragmentos vegetais. A identificação pode ser realizada por meio de diferentes métricas baseadas na distribuição espacial, forma e arranjo dos fragmentos vegetais. Além disso, esse processo possibilita a caracterização dos fragmentos mais adequados à conservação ambiental e a composição dos arranjos espaciais necessários para alcançar a biodiversidade, o equilíbrio das espécies e o fluxo gênico que constitui o mosaico da paisagem, de modo a permitir um equilíbrio entre áreas verdes e ocupação humana (Metzger, 2001).

Os estudos das métricas da paisagem não são novidade no meio científico, já tendo sido muito utilizados em diversas investigações. No entanto, ainda há pouco emprego em estudos urbanos (Moura *et al*, 2016). Este estudo propõe a utilização das métricas de paisagem aplicada aos fragmentos urbanos em escala regional, escala normalmente não estudada em morfologia urbana, no entanto, a expectativa é a partir dela compreender com base nas métricas, a distribuição espacial dos fragmentos, a relação com as dinâmicas no território identificando porções vulneráveis, preservadas e adequadas a determinadas ações para melhoria da qualidade ambiental da região.

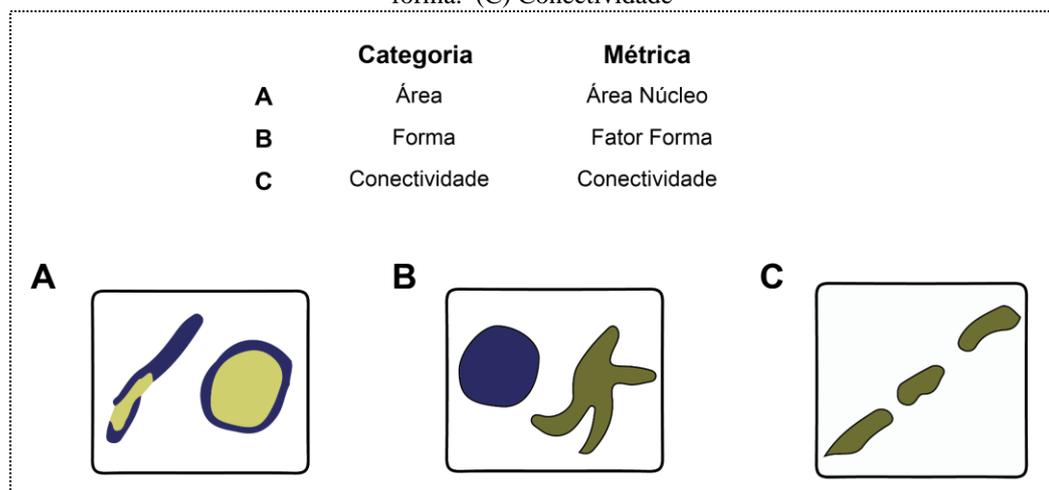
Como unidade de análise, a utilização das métricas Fator Forma, Área Núcleo e Conectividade ocorreu por serem consideradas as principais, possibilitando a identificação da composição, a configuração da cobertura vegetal e aspectos relacionados a sua fragmentação. Dessa forma, busca-se por meio de tais métricas identificar padrões de mudanças e estudar a dinâmica da região em questão.

Cabe ressaltar, que o fatiamento das classes das métricas foi realizado por análise relativa (não absoluta) associada à escala de recorte, o que significa dizer que foi realizado de modo a identificar os fragmentos de vegetação que têm as melhores condições e os que têm piores condições dentro da escala analisada.

A métrica Área Núcleo mensura a parte interna do fragmento, considerada mais protegida, isenta da influência dos fatores externos, distante da borda por uma distância pré-definida (*buffer*). Essa análise permite compreender a fragilidade do fragmento frente a potenciais de transformação ou caráter de estabilidade, pois quanto maior a área núcleo, mais robusto é o fragmento. Neste estudo o cálculo da área núcleo foi realizado medindo a área interna de um fragmento a partir da distância de 200 metros da borda, o que significa a área mais protegida e interna do elemento.

A Área núcleo (Figura 32A) possibilita a análise das condições de estabilidade ou de fragilidade frente aos potenciais de transformações. Isto porque, quanto maior a área núcleo, mais robusto é o fragmento e mais protegidos das ações externas do efeito de borda, isto é, mais protegido das mudanças na estrutura, na composição e na abundância nas bordas de um fragmento. A quantidade de áreas núcleo existentes também é um aspecto relevante, uma vez que um fragmento com mais núcleos é mais frágil do que um com uma área núcleo robusta. (Lourenço, 2009; Rempel *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2016 apud Rocha, 2019). Por isso, os fragmentos de área núcleo são de grande relevância para a construção de uma análise ambiental, a fim de fomentar propostas, por exemplo, para a criação de unidades de conservação.

Figura 32: (A) Área núcleo; (B) dimensão do círculo inscrito; (B) Relação perímetro/área indicando Fator forma. (C) Conectividade



Fonte: Elaborado por Rocha *et al* (2016) e adaptado pela autora.

A métrica Fator Forma é a análise da relação entre o perímetro e a área indicando o grau de complexidade da forma e a presença de bordas do fragmento, permitindo identificar se a forma é composta de muitas ramificações ou se é mais compacta (Figura 32B). Análise da forma indica o quanto o fragmento está vulnerável à influência externa, e conseqüentemente associado à intensidade de “efeito de borda”, isto porque a análise mensura a relação perímetro/área do fragmento, observando a presença de ramificações ou compacidade. Para cálculo, a fórmula aplicada é $[\text{perímetro}] / 2 * \text{Sqr}(3.1416 * [\text{area}])$ (Riboldi *et al.*, 2017). Quanto maior for essa relação perímetro/área, maior é o contato das bordas/fronteiras com outras tipologias de uso do solo e, portanto, mais suscetível o fragmento está aos “efeitos de borda”.

Se o fragmento apresenta um formato mais circular, maior a possibilidade de diversidade de espécies, pois há menos barreiras em seu interior. No entanto, uma forma mais alongada pode ser favorável a criação de um corredor biológico, pois possui uma margem maior

de contato interagindo com outros fragmentos e a matriz, visto que maior é a sua relação perímetro/área ou a presença de bordas (Figura 34).

Já a métrica Conectividade diz respeito à distância entre fragmentos vizinhos, considerando o tamanho e a proximidade de todos os fragmentos cujas bordas estão dentro de um raio de busca determinado (Figura 32C). Para este estudo regional foram computados como possível conexão os fragmentos que estivessem até 500 m de distância da borda de cada fragmento. A métrica é uma unidade de análise importante, pois permite pensar ações relacionadas ao fluxo gênico dos fragmentos florestais.

A análise através das métricas da Ecologia da Paisagem permitiu identificar duas principais composições no Quadrilátero Ferrífero: paisagens com notáveis vegetação; e vegetação com maior vulnerabilidade à transformação e que, portanto, demandam maior atenção no que se refere à perda de áreas verdes.

A concentração de notáveis paisagens de vegetação ocorreu nas regiões central e sudeste do Quadrilátero, principalmente na Serra do Gandarela, Serra da Moeda e Serra do Caraça. A Serra do Gandarela, um dos últimos resquícios físicos e naturais em bom estado de conservação presente no Quadrilátero Ferrífero. Os fragmentos vegetais com a melhor área núcleo se encontram no Vale da Bacia do Rio das Velhas, correspondente ao município de Mariana, Ouro Preto, Santa Bárbara, Barão de Cocais e Alvinópolis. (Figura 33)

Em contrapartida, as áreas correspondentes ao sul e ao norte do Quadrilátero, além daquelas próximas às centralidades urbanas, tem se mostrado mais suscetível à transformação devido ao isolamento dos fragmentos (Figura 35). As áreas não protegidas estão vulneráveis aos avanços da dinâmica urbana que tende a espalhar pelas áreas urbanas e de mineração. Por isso a importância da manutenção das Unidades de Conservação, já que são fundamentais para a proteção dos recursos naturais.

Os fragmentos com maior conectividade coincidem com aqueles cujos núcleos estão mais protegidos, ambos presentes nas porções mais centrais do quadrilátero (Figura 35). Entretanto, os fragmentos mais regulares são também os fragmentos mais isolados (menor conectividade) (Figura 35) e com menor presença de área núcleo protegida. É possível perceber que os fragmentos mais isolados, são menores em área e estão mais distribuídos por todo o Quadrilátero Ferrífero, quando comparados com as grandes manchas verdes centrais.

Os fragmentos de vegetação mais vulneráveis estão localizados em geral na periferia do Quadrilátero, onde a área núcleo é reduzida e apresentam menor conectividade, o que significa que eles são menos concisos e mais frágeis.

As cidades de maior complexidade e mais dinâmicas se mostram menos estáticas e suas manchas urbanas caracterizadas como espaços de transformação e ampliação de suas fronteiras, sendo Belo Horizonte o caso mais emblemático, seguido dos núcleos urbanos como Santa Luzia, Ibirité etc. Além disso, cidades caracterizadas por uma área núcleo mais estável, com fragmentos apresentando a forma mais definida e compacta e menos ramificada, possuem maior estabilidade podendo assim influenciar outras manchas.

Partindo da análise das métricas da Ecologia da Paisagem foi realizada a etapa de categorização da vegetação do Quadrilátero Ferrífero segundo o nível de importância, utilizando o método de Análise Multicritérios feita por Pesos de Evidência, que consiste na atribuição de um peso de importância para cada variável e a atribuição de notas para cada componente de legenda segundo grau de pertinência. Cabe ressaltar, que aqui que a análise e categorização considerou as diferenças das fitofisionomias existentes, Campo Rupestres e Floresta (Mata Atlântica).

Para as classes mais importante de vegetação no que se refere as três métricas foram atribuídas nota 2, enquanto as menos relevantes Nota 1. Por exemplo, as classes com Fator de forma próximo do valor 1, isto é, que apresentam forma mais regular e, portanto, mais protegida foi atribuída nota 2, ao passo que os valores mais distantes de 1, ou seja, com forma mais irregular e mais desprotegida, foi atribuída nota 1. O mesmo raciocínio vale para as demais métricas, na medida que os fragmentos com Área Núcleo maior que 500m e Conectividade de média a alta, também apresentam maior relevância e expressividade de vegetação e portanto, receberam Nota 2 (Tabela 7).

Tabela 7: Notas referentes as classes das métricas

Tipo	Área nuclear	Fator de forma	Conectividade	Nota
Campo Rupestre	<500m	4,5 a 18,5	Muito baixa/baixa	1
	>500m	1,13 a 4,5	Médio a muito alta	2
Floresta (Mata Atlântica)	<500m	6,2 a 42,2	Muito baixa/baixa	1
	>500m	1,09 a 6,22	Média a muito alta	2

Fonte: Rocha *et al* (2022)

Uma vez atribuídas as notas para os componentes de legenda, foram então definidos os pesos para cada variável para posterior realização da álgebra de mapas, em que a soma das variáveis deve totalizar 100%. A atribuição de pesos adotou importâncias diferentes para cada variável, considerando a métrica da conectividade como a mais relevante, tendo peso de 50%, enquanto a Área núcleo recebeu peso de 30% e a métrica de Fator Forma peso de 20% (Tabela 8).

Tabela 8: Pesos por métrica, em distribuição relativa de importância

Variável	Peso (%)
Conectividade	50
Área Núcleo	30
Fator de Forma	20

Fonte: Rocha *et al* (2022)

Desse modo, o resultado da combinação das variáveis geradas pelos cálculos das métricas de paisagem, de acordo com o grau de importância, é o mapa de Unidades de paisagem¹⁰ segundo a Vegetação do Quadrilátero Ferrífero (Figura 36), apresentando duas tipologias: Paisagens notáveis e paisagens com maior vulnerabilidade a transformação e que precisam de atenção quanto a perda de áreas verdes.

¹⁰ Neste estudo o conceito de Unidades de paisagem está sendo trabalhado especificamente em relação a vegetação e recursos hídricos.

Figura 33: Mapa de Fragmentos de vegetação - Área Núcleo

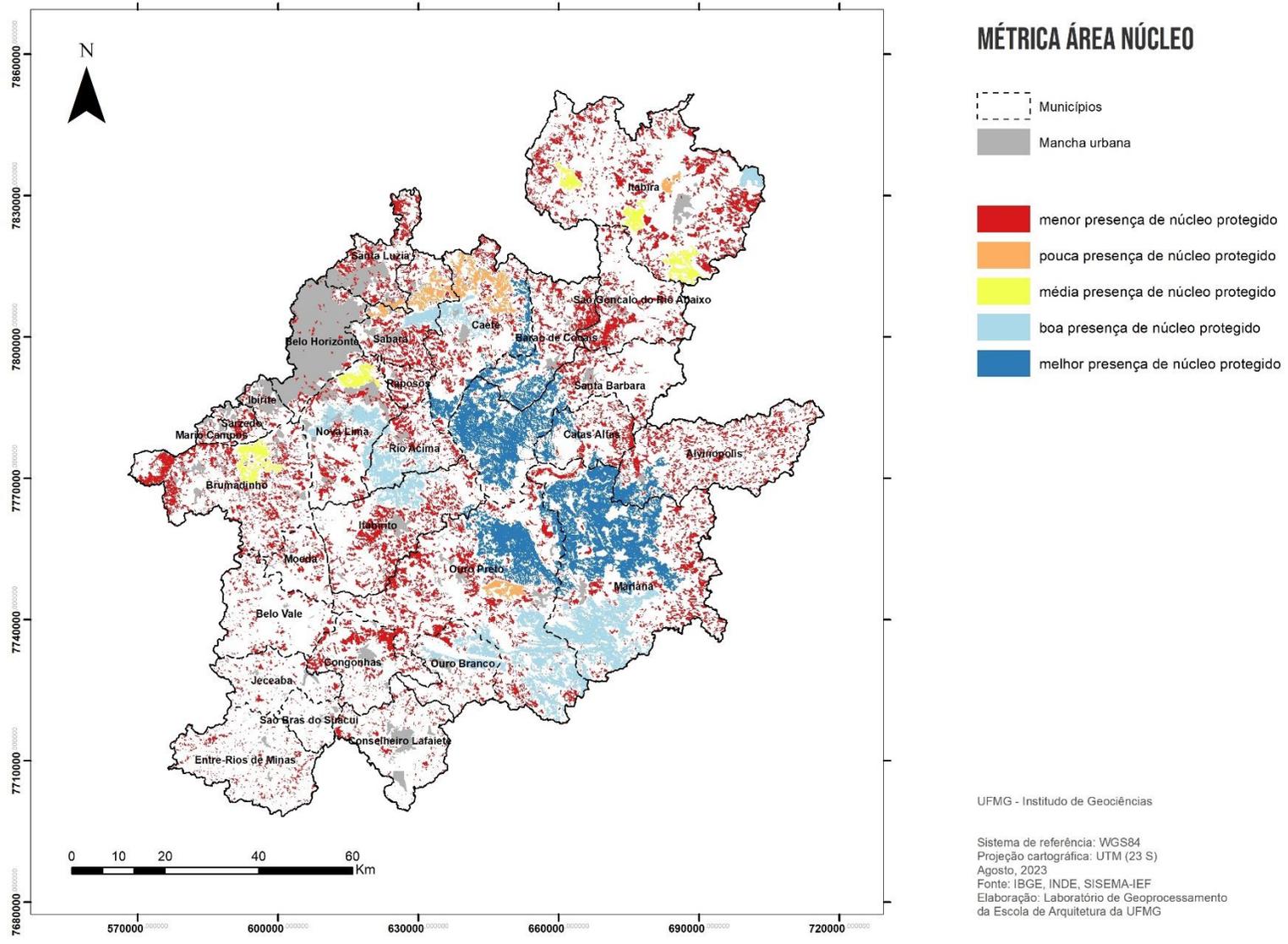


Figura 34: Mapa Fragmentos de vegetação - Fator Forma

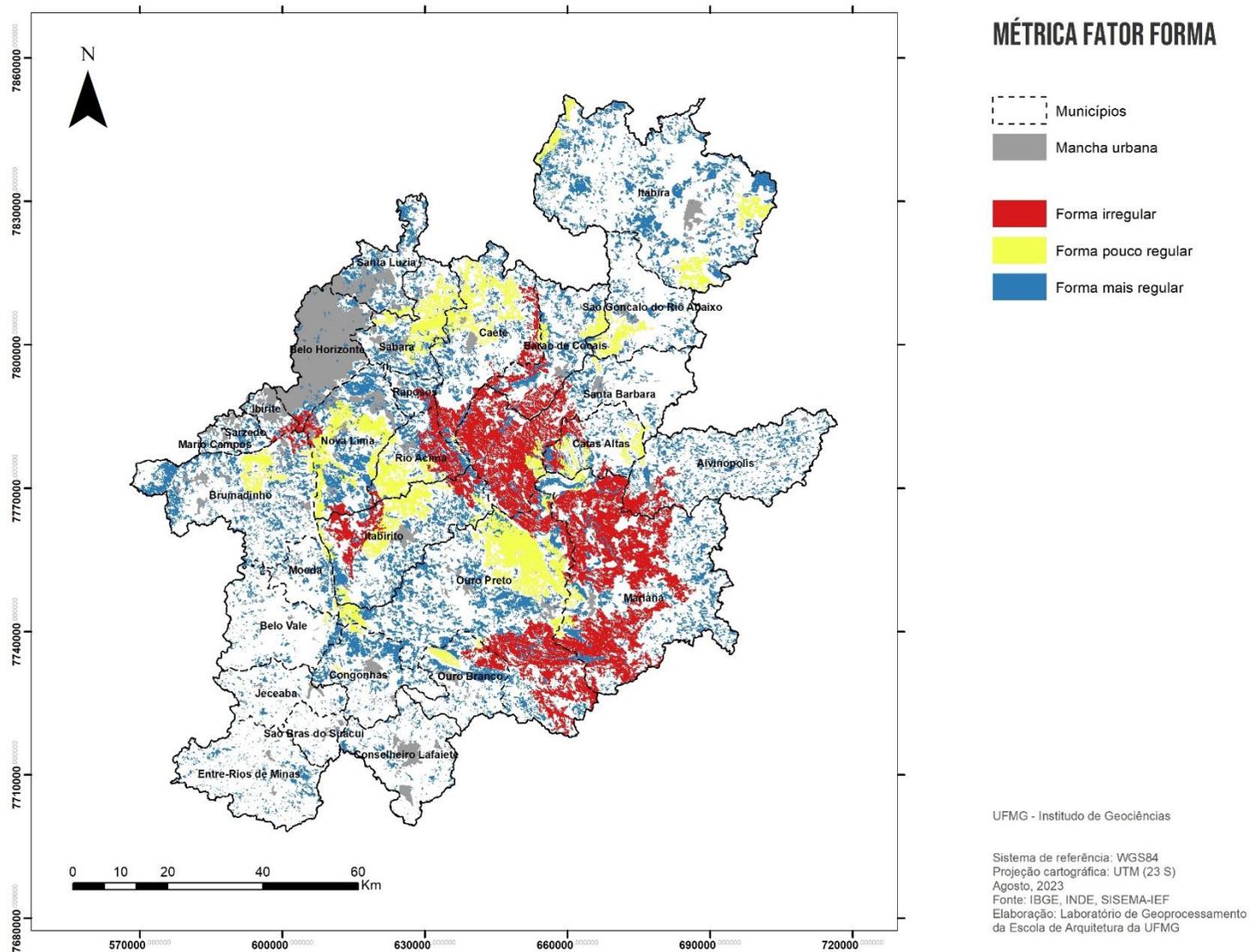


Figura 35: Mapa Fragmentos de vegetação - Conectividade

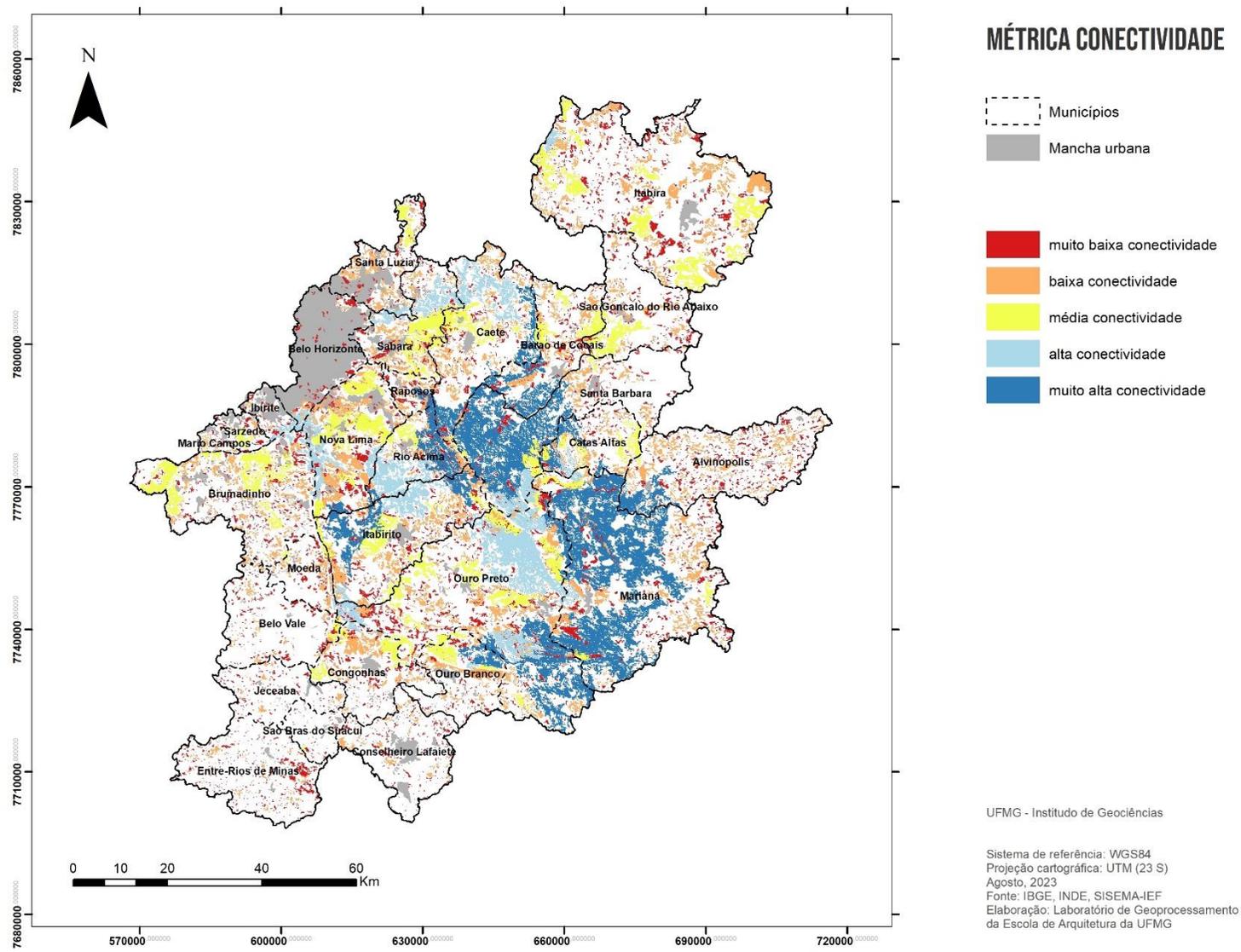
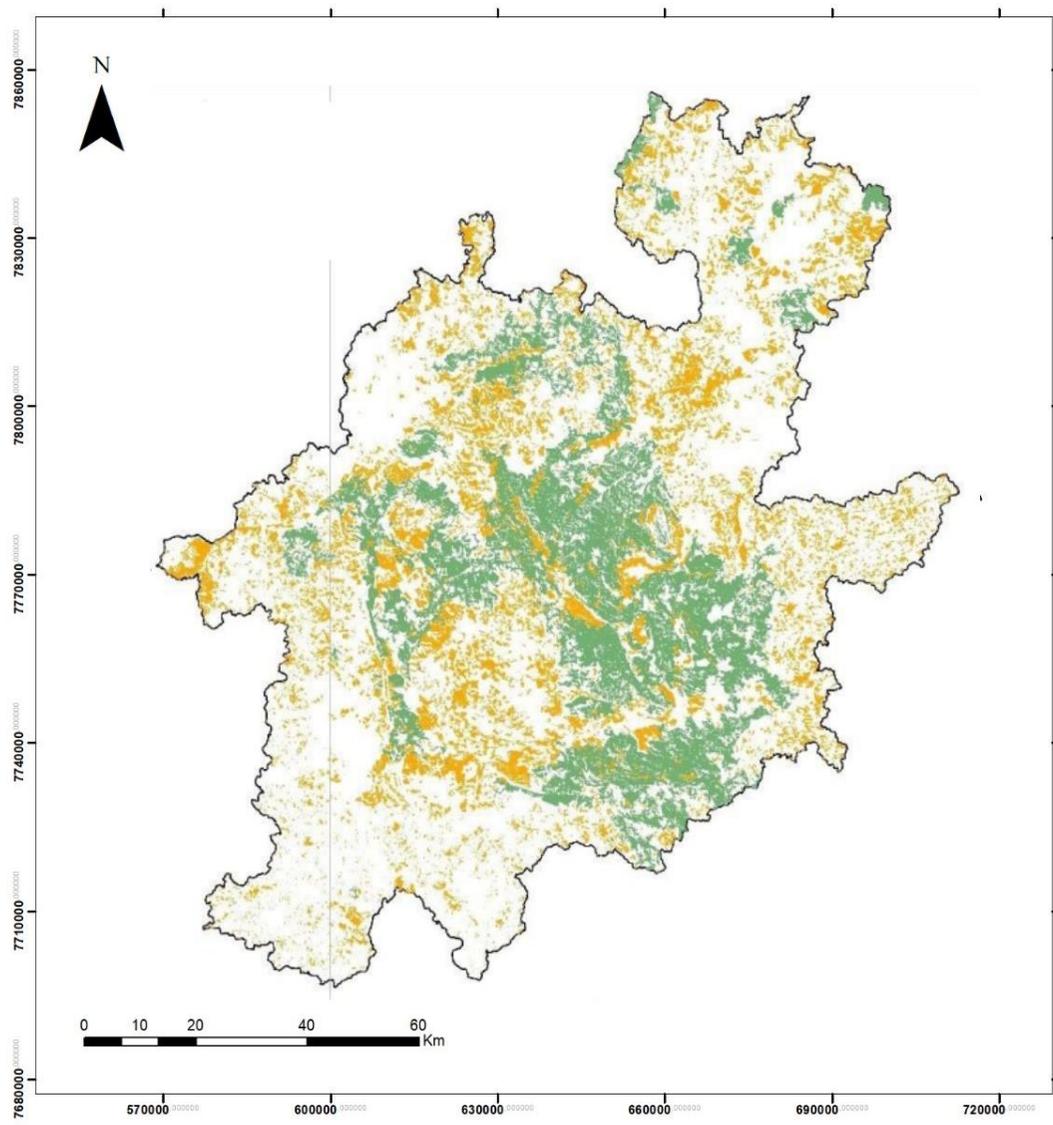


Figura 36: Mapa de Unidades de Paisagem Segundo Vegetação



UNIDADES DE PAISAGEM SEGUNDO A VEGETAÇÃO

- Alta importância hídrica e Paisagem notável
- Média importância hídrica e Paisagem notável

UFMG - Instituto de Geociências
Sistema de referência: WGS84
Projeção cartográfica: UTM (23S)
Fonte: INDE, SISEMA-IEF
Fevereiro, 2024
Elaboração: Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG

4.8. Síntese da leitura territorial – abordagem regional

O relevo da região do Quadrilátero Ferrífero apresenta uma diversidade de feições morfológicas, com contrastes bastante significativos, variando de 422 a 2073m de altitude, sendo uma região constituída por serras de grande representatividade ambiental, mineral e geológica. Estas serras atuam tanto como dificultadoras da integração regional, em virtude das barreiras naturais formadas pela topografia, quanto são é *genius loci* das paisagens de montanhas mineiras.

Quanto a associação dos tipos de biomas e altimetria foi possível identificar a prevalência do campo rupestre nos topos de morro, cujo relevo está entre 1400 e 2073m e próximas às bases das serras, como é o caso da escarpa da serra da Moeda. Já as áreas de floresta, bioma Mata Atlântica, aparecem mais bem distribuídas entre os tipos de diferentes relevos e altimetria, no entanto, com presença menos expressiva nas áreas mais planas (entre 400 e 622m).

O relevo, a vegetação e a altimetria atuam como condicionantes do uso do solo e caracterização da paisagem do quadrilátero, pois estabelecem os tipos de atividades a serem realizadas, indicam as áreas prioritárias para preservação, atuam como delimitadores e marcadores da paisagem etc.

No que se refere à Cobertura e Uso do solo, o Quadrilátero Ferrífero é uma região permeada pela sobreposição e justaposição de interesses diversos que acabam por resultar em conflitos espaciais, relacionados aos diferentes interesses de utilização do território, como é o caso de áreas de interesse ambiental e aquelas de atividades minerárias.

As áreas de transformação por atividade minerária, identificadas em diferentes porções do território, estão muitas vezes localizadas nos limites ou no interior de áreas com vegetação robusta ou floresta. Estão próximas ainda à vegetação do Campo Rupestre que, como anteriormente mencionado, é uma fitofisionomia do bioma cerrado de grande relevância, principalmente pela biodiversidade que apresenta.

No que se refere à ocupação urbana, as áreas muito adensadas ou as manchas urbanas, não apresentaram vegetação notável, com destaque para a capital Belo Horizonte, município de grande relevância para a dinâmica da região. Belo Horizonte apresenta o solo quase que completamente ocupado, sendo pouco ou inexpressiva a presença de vegetação e principalmente vegetação robusta quando comparada com as demais manchas urbanas do Quadrilátero. A vegetação robusta aparece de forma pontual nas áreas verdes da cidade, as quais não estão distribuídas homogeneamente, estando mais presente nas regionais Norte e Pampulha.

Quanto à avaliação da robustez e qualidade da vegetação (NDVI) foi possível constatar que não ocorreu transformação expressiva da cobertura vegetal robusta na região do QF. O ganho mais expressivo aparece em áreas já possuidoras de vegetação robusta. No entanto, esse o maior ganho de robustez não está diretamente associado às áreas de Unidades de Proteção ambiental, sendo áreas, em sua maioria, sem nenhum tipo de proteção ou ainda pouco ocupadas. Em contrapartida, as áreas de perda de robustez da vegetação estão principalmente associadas à presença das manchas urbanas e áreas de expansão urbana, bem como aquelas destinadas às atividades de grande transformação, como a mineração.

Embora parte das áreas de Proteção Integral não apresenta vegetação robusta, em razão da presença de campo rupestre, sua preservação é de fundamental importância, visto que a vegetação encontrada nesse tipo de formação é diversificada, rica em endemismo, constituída de espécies raras e ameaçadas de extinção, de modo que sua sobrevivência depende de proteção (Pereira, 2010).

Ainda em relação ao uso e ocupação, foi possível constatar como a temperatura de superfície está diretamente relacionada à presença da vegetação robusta ou a urbanização, visto que as áreas com temperaturas amenas e amenas à média estão associadas a presença de vegetação notável, enquanto as temperaturas de superfície mais elevadas estão associadas a áreas muito urbanizadas, impermeabilizadas e de solo exposto. Isso mostra, como a relação dos serviços ecossistêmicos florestais está associada com condições climáticas, bem como a qualidade de vida e ambiental. Em contrapartida a expressiva ocupação urbana, a ausência de vegetação robusta e as condições da topografia são fatores determinantes para o aumento das temperaturas superficiais, e conseqüentemente, piora da qualidade ambiental.

Os estudos das métricas da Ecologia da Paisagem - Área Núcleo, Fator Forma e Conectividade - permitiu no geral duas principais composições: paisagens com vegetação notável e vegetação mais vulnerável a transformações. A concentração de notáveis paisagens de vegetação ocorreu nas regiões central e sudeste do Quadrilátero, principalmente na Serra do Gandarela, Serra da Moeda e Serra do Caraça. Por outro lado, as áreas próximas às centralidades urbanas ao sul e ao norte do Quadrilátero, têm se mostrado mais suscetíveis à transformação devido ao isolamento dos fragmentos. Essas áreas não protegidas estão vulneráveis aos avanços da dinâmica urbana que tende a espalhar pelas áreas urbanas e aquelas áreas destinadas às ações transformativas, como a mineração.

Os fragmentos identificados com maior conectividade coincidem com aqueles cujos núcleos estão mais protegidos, ambos presentes nas porções mais centrais coincidindo com as áreas de recursos ambientais mais bem preservados do Quadrilátero. Entretanto, os fragmentos

mais regulares, isto é, os menos suscetíveis aos efeitos de borda, são também os mais isolados e com menor presença de área núcleo protegida. A maioria dos fragmentos de vegetação é de fragmentos mais isolados, com nenhum ou pouco núcleo protegido e de formato irregular e estão mais distribuídos ao longo de todo o Quadrilátero Ferrífero.

Por fim, no que se refere à questão hídrica, as cabeceiras das bacias do rio São Francisco do Rio Doce têm contribuição fundamental no abastecimento de água de Belo Horizonte e de municípios da RMBH. Devido a essa importância foi criada a Área de Proteção Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) para a preservação dos mananciais superficial e subterrâneo. Além disso, a importância hídrica da região estaria ainda relacionada às origens da atual Belo Horizonte, uma vez que registros históricos indicam que a grande disponibilidade hídrica teria sido, ao menos em parte, um dos fatores de determinação do local para sua implantação. (Mourão, 2007)

A análise hídrica permitiu identificar que os principais pontos de recargas estão localizados nos topos de morros, seguidos das áreas de encosta superior. As áreas de “cangas” devido à sua porosidade são importantes áreas de recargas de aquíferos subterrâneos (Carmo, 2010) e sua localização está particularmente associada às formações ferríferas, logo os principais locais de exploração de ferro. Se retirada essa camada permeável, além da perda significativa de biodiversidade, ocorre também a diminuição da capacidade de recarga de aquíferos.

Algumas áreas de alta importância hídrica coincidem com Áreas de preservação, no entanto, a maior parte dessas áreas está localizada em UC de Uso Sustentável, que embora procurem compatibilizar os usos com a conservação da natureza e admitem a presença de moradores, não garantem a proteção permanente como as UC de Proteção Integral.

A análise da Importância Hídrica associada a áreas de risco de dano ambiental por barragens permitiu constatar a sobreposição de barragens de alto risco de dano ambiental (rompimento) em áreas de alta importância hídrica. As barragens de médio e alto risco de dano ambiental localizam-se principalmente nas áreas de média e alta importância hídrica. Quando considerado os dois recentes casos de rompimento de barragens de rejeito de mineração e os enormes danos e perdas que provocaram a degradação dos corpos hídricos da região se ampliando até outros estados, é necessário avaliar essa relevância hídrica para os usos transformativos futuros. Reforça-se também a importância de manutenção e criação de unidades de conservação, que, além de serem protegidas devido às suas características especiais, são essenciais para a proteção das águas e outros recursos naturais.

4.9. Proposição – Abordagem Regional

O conceito de Paisagem é algo extremamente complexo e polissêmico, dificultando as possibilidades de busca de uma síntese clara e objetiva, no entanto na visão do planejador, o estudo da paisagem adquire extrema relevância, pois serve para nortear a governança territorial, garantindo, assim, o planejamento da paisagem. Desse modo, é preciso criar instrumentos de planejamento específicos para a proteção, valorização e transformação da paisagem.

No debate a respeito da definição do conceito de paisagem e, conseqüentemente, das políticas e ações de planejamento da paisagem a Convenção Europeia da Paisagem (CEP) assume papel fundamental ao definir conceitos como paisagem, política de paisagem, metas de qualidade paisagística, salvaguarda de paisagem, gestão e ordenamento paisagístico. Paisagem é definida pela CEP como “uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, cujo carácter resulta da ação e da interação de fatores naturais e/ou humanos” (CEP, 2000 apud Conti; Martinez, 2022). A definição traz como destaque a relação entre sociedade e paisagem, além da referência a percepção da população e a construção compartilhada das imagens de paisagem. Ademais, não há distinção entre paisagens com diferentes qualidades, o que não traz a dimensão estética como um elemento de diferenciação das paisagens e, portanto, essas adquirem igual importância “como uma componente essencial do ambiente humano, uma expressão da diversidade do seu patrimônio comum cultural e natural, e base da sua identidade” (CEP, 2000 apud Conti; Martinez, 2022). A paisagem é reconhecida também na sua dimensão econômica e social contribuindo para a consolidação da identidade das populações nela existentes.

É importante ressaltar que um zoneamento em escala de paisagem regional precisa ser feito segundo os princípios de “Unidade de Paisagem”, isto porque com o conceito de unidade de paisagem a cidade é planejada segundo o conceito de região, sendo fundamental mapear as suas estruturas de relações e ligações espaciais (Felloni apud Moura *et al*, 2022). Nesta perspectiva a leitura da paisagem não acontece a partir da escala do município, mas sim da paisagem geográfica em que os elementos geográficos se tornam referência. Na Itália as Unidades de Paisagem (UPs) são utilizadas em vários Planos Regionais da paisagem, representando:

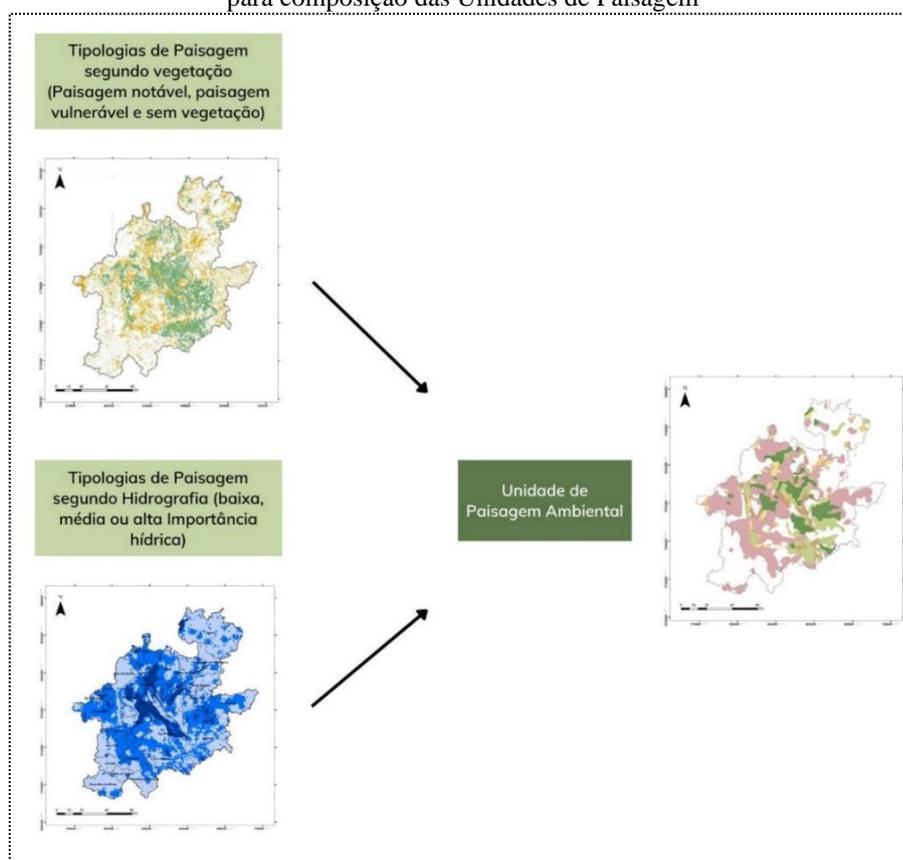
“áreas territoriais com características homogêneas em relação aos processos de transformação territorial. Através das UPs é possível identificar a originalidade da paisagem, especificar os seus elementos caracterizadores, de forma a permitir uma gestão coerente dos processos de conservação e de transformação induzidos pelo planejamento territorial setorial à escala local. As UPs são identificadas com base na intersecção de uma série de fatores: constituição geológica, elementos geomorfológicos, altitude, microclima e

outras características físico-geográficas, vegetação, expressões materiais da presença humana.” (Conti; Martinez, 2022: p. 141)

A análise das Tipologias de Paisagem segundo a vegetação – Campo Rupestre e Floresta (Mata Atlântica) – combinada com os dados de Importância Hídrica (baixa, média e alta importância), permitiu identificar das Unidades de Paisagem Ambiental da região do Quadrilátero ferrífero (Figura 37).

Utilizando o método de Análise Multicritérios, segundo Análise Combinatória, em que se identifica as combinações existentes e realiza a classificação qualitativa em categorias de interesse. Para o dado de Tipologias de Paisagem segundo vegetação foram consideradas as categorias de paisagem notável, paisagem com maior vulnerabilidade a transformação (paisagem vulnerável), e os dados de hidrografia com as categorias de alta, média e baixa importância hídrica. De modo a viabilizar o cruzamento das duas camadas e individualizar todas as relações entre elas foi realizada a álgebra de mapas com um preparo para o reconhecimento das combinações (Moura; Freitas, 2021).

Figura 37: Integração de tipologias de paisagem de vegetação e de hidrografia, para composição das Unidades de Paisagem

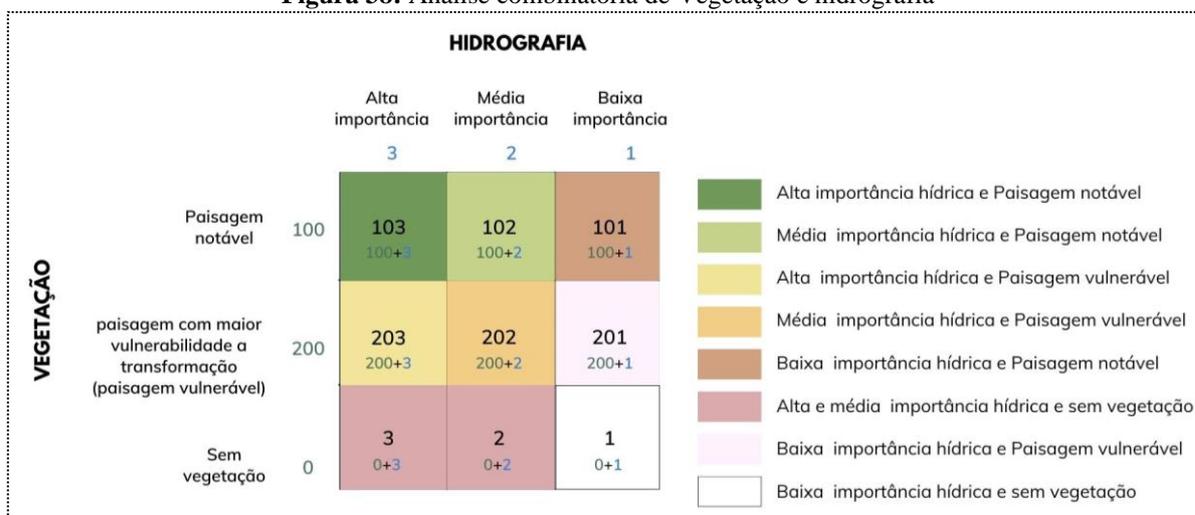


Fonte: Rocha *et al* (2022). Adaptada pela autora.

A combinação das classes gerou como resultado o mapa de Unidades de Paisagem Ambiental segundo os princípios de vegetação e hidrografia, classificando-as em 8 categorias,

variando de paisagens com vegetação notável e alta importância hídrica às unidades de vegetação vulnerável e baixa importância hídrica.

Figura 38: Análise combinatória de Vegetação e hidrografia



Fonte: autora.

Cabe ressaltar, que a produção e análise das unidades de paisagem foi realizada também a partir da hidrografia, por ser impossível compreender os processos e dinâmicas associados a vegetação sem considerar também aqueles associados a hidrografia, uma vez que eles se integram como uma trama “verde-azul”.

A análise e cronologia tanto da criação e desenvolvimento das normativas e legislação ambiental direcionada as unidades de conservação no Brasil, mostrou que inicialmente as medidas preservacionistas eram muito tímidas, e que nas últimas duas décadas do século passado mostraram-se promissoras no aspecto preservacionista nas diferentes escalas políticas (Hassler, 2005), além de estabelecerem prioridades nacionais também consideraram ações e instrumentos globais.

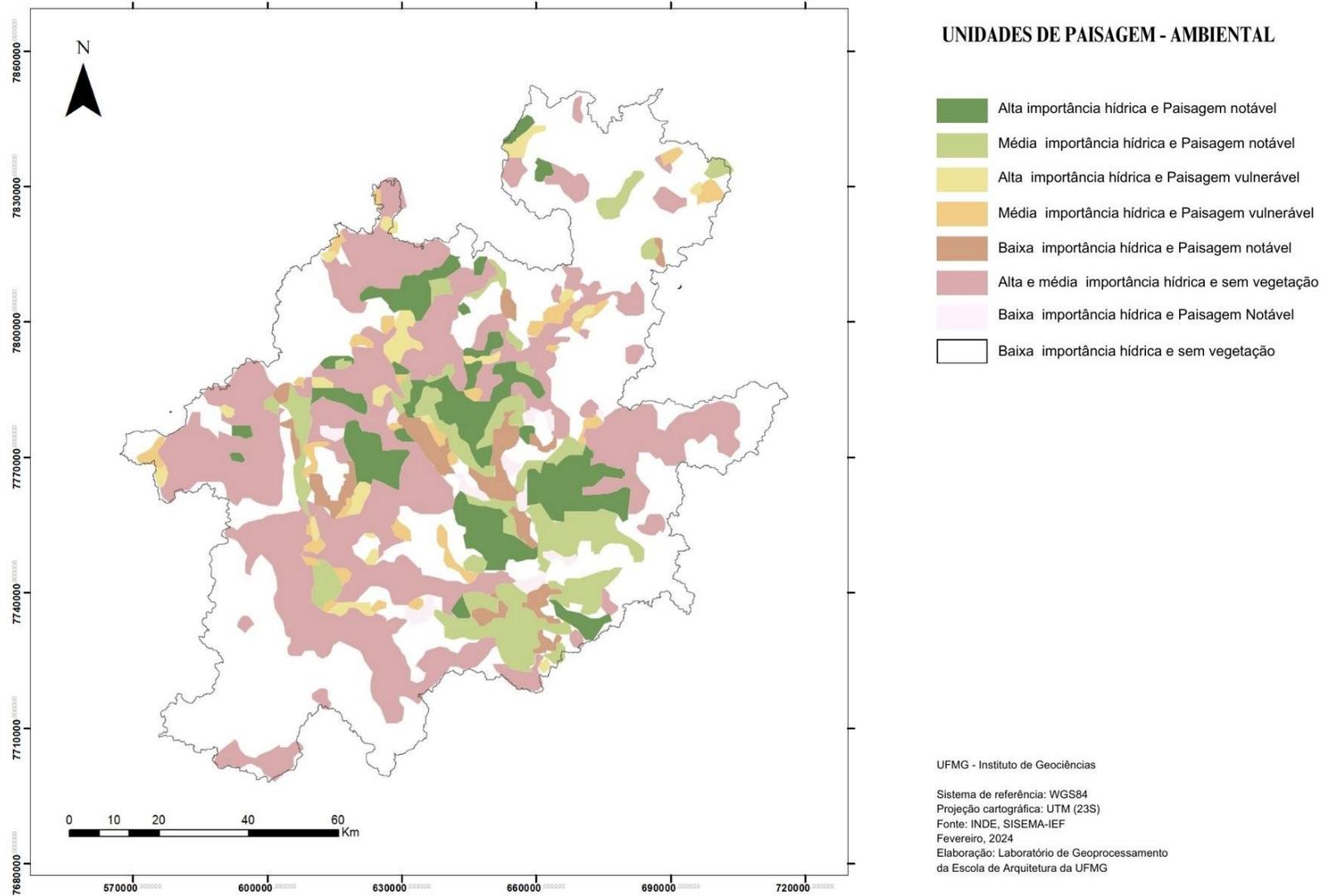
A consolidação dessas normativas e legislação ambiental é fundamental para o sucesso da conservação da biodiversidade, uma vez que está relacionada ao estabelecimento de estratégias e ações coordenadas, estruturadas em um sistema de áreas protegidas. As áreas são administradas com objetivos que podem variar desde a preservação em sentido estrito até a extração controlada de seus recursos. Dessa forma, a legislação tem contemplado as diferentes necessidades e demandas de preservação.

Os benefícios aos seres humanos provenientes das áreas protegidas vão além daqueles associados a preservação da biodiversidade, como exemplo temos a conservação dos recursos hídricos, das belezas paisagísticas, a proteção de sítios históricos e/ou culturais, a manutenção da fauna silvestre, bem como a garantia da qualidade do ar e da água. É preciso ressaltar, o objetivo econômico também associado as áreas protegidas, uma vez que iniciativas tem

mostrado a possibilidade de aumento de frentes de trabalho e renda com a criação de novas áreas, as quais devem ser bem gerenciadas tendo como princípios o uso ordenado e o respeito à capacidade de suporte dos alimentos. (Hassler, 2005)

No Brasil, é possível perceber um significativo desenvolvimento nas normativas, diretrizes e categorizações das formas de preservação territorial que podem ser estabelecidas para melhorar a qualidade ambiental de uma determinada região. Também um avanço na discussão e estabelecimento de ações e estratégias de consolidação das diretrizes de manejo e no gerenciamento dessas áreas. Portanto, considerando o exposto esse trabalho partirá das categorias de Unidades de Conservação já criadas e consolidadas como proposição de formas de conservação e estratégias ambientais de manutenção e ampliação das áreas verdes e conseqüentemente qualidade ambiental para a escala Regional.

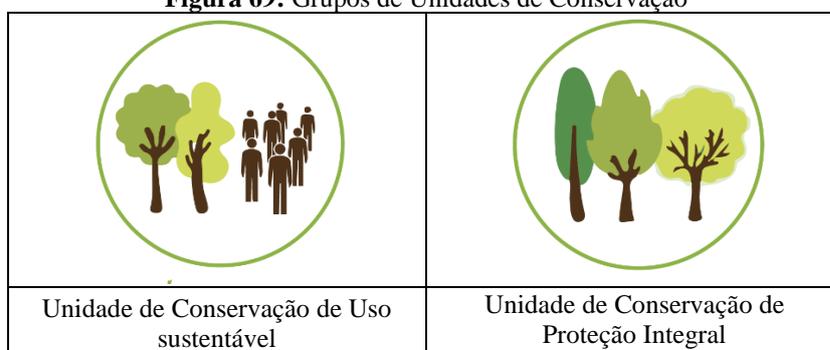
Figura 39: Mapa de Unidades de Paisagem Ambiental



Para a escala Regional, as unidades de proteção para essa dimensão e finalidade de escala correspondem a criação e conservação de Unidades de Conservação. Portanto são apresentadas aqui fichas resumo com a descrição dos tipos de unidade correspondente a cada grupo de UC de Proteção Integral e Uso Sustentável (estação ecológica, parque nacional, floresta nacional etc.) e um exemplo da tipologia com indicação da localização e uma imagem de referência.

Na ficha resumo, o campo **Tipo de proteção**, indica qual o grupo da Unidade de Conservação (Proteção Integral ou Uso Sustentável); o campo **Tipo de Unidade** apresenta as doze (12) categorias de conservação (tipos de unidade) componentes de cada grupo com a respectiva descrição, segundo definição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), para cada categoria. Já o campo **Local de implementação** apresenta um exemplo a nível nacional, do tipo de unidade referenciado. Para uma rápida identificação do grupo de Unidade de Conservação foram criados ícones para cada grupo de conservação, Proteção Integral e para Uso Sustentável.

Figura 69: Grupos de Unidades de Conservação



Fonte: autora (2023).

Considerando, que para a escala regional já existem lei publicadas e as unidades de conservação atendem as demandas de proteção ambiental para a escala em questão, nos workshops de Geodesign as pessoas serão informadas sobre a legislação existente, além de serem apresentadas as categorias e exemplos de aplicação com o uso das fichas que se seguem.

Tabela 9: Estação Ecológica**Tipo de proteção:**

Unidade de Conservação de Uso Integral

Tipo de unidade:

Estação Ecológica

**Descrição:**

Tem como objetivo a preservação da natureza e realização de pesquisas científicas.

Local de aplicação: Estação Ecológica da UFMG – Belo Horizonte (MG)**Imagem de referência:**

Fonte: UFMG. Disponível em: <https://www.ufmg.br/estacaoecologica/2021/04/27/estacao-ecologica-da-ufmg-reformula-regimento-e-intensifica-parcerias-para-fortalecer-as-acoes-ambientais/>. Acesso em 20 jan 2022.

Tabela 10: Reserva Biológica

<p>Tipo de proteção: Unidade de Conservação de Uso Integral</p>		
<p>Tipo de unidade: Reserva Biológica</p>		
<p>Descrição: Em como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.</p>	<p>Local de aplicação: Reserva Biológica de Serra Negra – Serra Negra (SP)</p> <p>Imagem de referência:</p>  <p>Fonte: Governo Federal. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/rebio-de-serra-negra/arquivos/rebioserrnegra.jfif/view. Acesso em 04 jan 2023.</p>	

Tabela 11: Parque Nacional

Tipo de proteção:

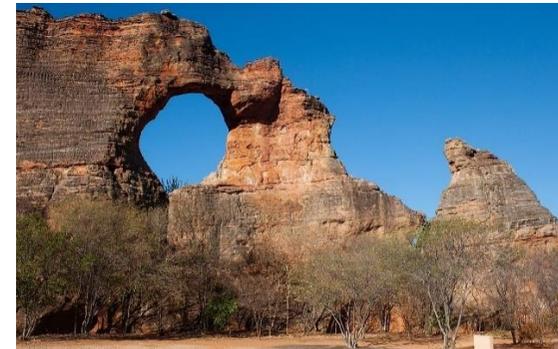
Unidade de Conservação de Uso Integral

**Tipo de unidade:**

Parque Nacional

Descrição:

Tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Local de aplicação: Parque Nacional Serra da Capivara – João Costa (PI)**Imagem de referência:**

Fonte: SuperInteressante. Disponível em: <https://super.abril.com.br/especiais/um-paraiso-quase-escondido>. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 12: Monumento Natural

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Integral

**Tipo de unidade:**

Monumento Natural

Descrição:

Tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.

Local de aplicação: Monumento Natural do Rio São Francisco - Delmiro Gouveia (AL), Olho D'Água do Casado (AL), Piranhas (AL), Paulo Afonso (BA), Canindé de São Francisco (SE))

Imagem de referência:

Fonte:Wikimedia Commons. Disponível em:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monumento_Natural_do_Rio_S%C3%A3o_Francisco_Jaim_Sim%C3%B5es_de_Oliveira_%2801%29.jpg. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 13: Refúgio da Vida Silvestre

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Integral

**Tipo de unidade:**

Refúgio de Vida Silvestre

Descrição:

Tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Local de aplicação: Refúgio de vida Silvestre Ilha dos Lobos – Torres (RS)**Imagem de referência:**

Fonte: Viva Torres. Disponível em: <https://torres.rs.gov.br/viva/ilha-dos-lobos/>. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 14: Área de Proteção Ambiental

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Sustentável

**Tipo de unidade:**

Área de Proteção Ambiental

Descrição:

É uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Local de aplicação: Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu – Brasília (DF)

Imagem de referência:

Fonte: Agência Brasília. Disponível em: <https://torres.rs.gov.br/viva/ilha-dos-lobos/>. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 15: Área de Relevante Interesse Ecológico

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Sustentável

**Tipo de unidade:**

Área de Relevante Interesse Ecológico

Descrição:

É uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abria exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

Local de aplicação:**Imagem de referência:**

Fonte: Klima Natural Disponível em: http://www.klimanaturali.org/2011/01/area-de-relevante-interesse-ecologico_1992.html. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 16: Floresta Nacional

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Sustentável

**Tipo de unidade:**

Floresta Nacional

Descrição:

É uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.

Local de aplicação: Floresta Nacional de Carajás – Parauapebas (PA)**Imagem de referência:**

Fonte: Governo Federal Disponível em: www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/Carajas.pdf. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 17: Reserva Extrativista

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Sustentável

**Tipo de unidade:**

Reserva Extrativista

Descrição:

É uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.

Local de aplicação: Reserva Extrativista Chocoaré-Mato Grosso – Santarém Novo (PA)

Imagem de referência:

Fonte: Governo Federal. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2021/03/reserva-extrativista-chocoare-mato-grosso-e-adotada>. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 18: Reserva de Fauna

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Sustentável

**Tipo de unidade:**

Reserva de Fauna

Descrição:

É uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residente ou migratórias, adequadas para estudos técnicos-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.

Local de aplicação: Baía da Babitonga – Litoral norte (SC)**Imagem de referência:**

Fonte:Eco. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/21717-obras-portuarias-ameacam-vida-marinha/https://torres.rs.gov.br/viva/ilha-dos-lobos/>. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 19: Reserva de Desenvolvimento Sustentável

Tipo de proteção:

Unidade de Conservação de Uso Sustentável

**Tipo de unidade:**

Reserva de Desenvolvimento Sustentável

Descrição:

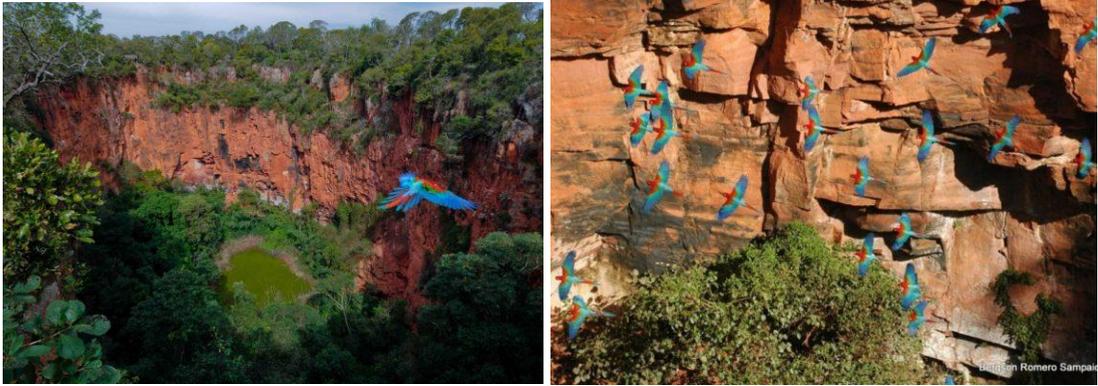
É uma área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.

Local de aplicação: Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Negro -

Imagem de referência:

Fonte: Programa de Pesquisa da Biodiversidade (PPbio). Disponível em: https://ppbio.inpa.gov.br/sitios/RDS_Rio_Negro. Acesso em 04 jan 2023.

Tabela 20: Reserva Particular do Patrimônio Natural

Tipo de proteção: Unidade de Conservação de Uso Sustentável		
Tipo de unidade: Reserva Particular do Patrimônio Natural		
Descrição: É uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.	Local de aplicação: Imagem de referência:  Fonte:Ecoa. Disponível em: https://ecoa.org.br/rppn-buraco-das-araras/ . Acesso em 04 jan 2023.	

A etapa de seguinte de análise, Escala municipal, permitiu a avaliação da cobertura vegetal associada ao conceito e recursos da infraestrutura verde e o seu papel na qualidade ambiental urbana.

5 LEITURA DO TERRITÓRIO – ABORDAGEM MUNICIPAL

A escolha de Belo Horizonte como área de estudo é estrategicamente interessante tanto em termos de repercussões técnicas, visto que em termos de planejamento urbano cidades menores tendem a utilizar as grandes cidades como referência de modelos (Nogueira, 2018), mas também pela importância crucial de compreender o ambiente urbano para formulações em níveis locais. Isso implica entender a interação entre os recursos naturais, os serviços ecossistêmicos e suas variações nos distintos contextos urbanos.

A escolha de Belo Horizonte como objeto de estudo também está associada a sua maturidade no que se refere ao planejamento urbano, uma vez a cidade apresenta larga experiência em planejamento municipal com elaboração de seus planos diretores. Ademais, como anteriormente mencionado, a cidade foi planejada adotando ideias do conceito de “cidade-jardim”, sendo justamente o verde a moldura das principais ruas e avenidas da cidade, inaugurando um sentido comum nos habitantes da capital, isto é, as árvores da cidade foram investidas do significado de um patrimônio coletivo (Chacham, 1996).

A seguir é apresentada a leitura do território para a escala municipal, a qual considerou os mesmos aspectos anteriormente abordados na escala regional, como NDVI, Temperatura de superfície, Hidrografia, métricas da Ecologia da Paisagem etc., uma vez que permite identificar as potencialidades e vulnerabilidades da área de estudo. A compreensão das condições ambientais é fundamental para a aplicação dos conceitos e recursos da infraestrutura-verde.

5.1. Hidrografia e Potencial de recarga hídrica

Um aspecto fundamental no planejamento das cidades é a drenagem urbana. É preciso buscar modelos de planejamento e gestão hídrica que incorporem os rios e córregos à paisagem urbana. Embora novos modelos de gerenciamento dos rios urbanos no Brasil busquem soluções de drenagem com enfoque integrado, com vista a manter o curso d’água em seu leito natural, despoluindo suas águas e revitalizando seu entorno (Bontempo *et al*, 2012), ainda são utilizadas soluções estruturais no que se refere ao tratamento da drenagem urbana nos moldes iniciais de construção da cidade. Isto é, soluções de adequação dos cursos d’água ao crescimento urbano, em que a canalização possibilita a construção de vias e a expansão das áreas para ocupação.

Embora a abundância de recursos hídricos tenha sido crucial para a escolha do arraial de Belo Horizonte como sede da nova capital, os trajetos dos córregos e ribeirões não foram adotados como referências naturais na malha urbana planejada da cidade, ainda que estivessem visíveis em vários trechos da cidade em seus primeiros anos. Ao longo dos anos, o aumento do desenvolvimento urbano e as ações de remodelamento da cidade resultaram no processo de retificação e canalização dos córregos e, a partir da década de 60, o Poder Público decidiu por fechar os cursos d'água que atravessam a zona urbana com objetivo de melhorar o fluxo viário e a salubridade (Borsagli & Medeiros, 2011).

O resultado desse tipo de produção do espaço se reflete na tipologia dos cursos d'água na cidade. A partir do mapa de cursos d'água por tipologia, elaborado a partir dos dados da PBH, foi possível calcular a dimensão linear de cursos em leito natural (Figura 51). Observou-se que Belo Horizonte conta com aproximadamente 700 km de cursos d'água, mas desses cerca de 300 km são do tipo canalizado, sendo a maior parte do tipo revestido fechado (263,86 Km). A maior parte dos 234,3 Km de cursos d'água em leito natural, situa-se em regiões inadequadas ou indefinidas em relação ao parcelamento urbano ou em áreas de preservação ambiental. (Prefeitura de Belo Horizonte, 2021).

O Ribeirão Arrudas percorre a cidade de oeste a leste, e ao Norte está o ribeirão Pampulha, que represado conforma o reservatório de mesmo nome. Estes cursos d'água drenam a maior parte dos esgotos da RMBH e têm sofrido com a diminuição das áreas de drenagem natural dos solos e com a ocupação desordenada de encostas e fundos de vale, causadas pela intensa e/ou desordenada ocupação das áreas das sub-bacias (Borsagli & Medeiros, 2011). Na área do plano de Aarão Reis, no perímetro da Avenida do Contorno, os cursos d'água estão 100% canalizados e fechados, como os córregos Acaba Mundo e do Leitão, ambos afluentes do Ribeirão Arrudas.

A partir do Mapa de canais de Belo Horizonte (Figura 51) é possível identificar a alta proporção de cursos d'água canalizados fechados na Bacia do Ribeirão Arrudas. Esta é a região com uma das maiores taxas de ocupação, com exceção das áreas que correspondem às nascentes e topo de morro da Serra do Curral. O mesmo ocorre nas bacias do Ribeirão Isidoro e do Ribeirão do Onça, em que as áreas mais adensadas também são aquelas que apresentam maior número de córregos canalizados e com revestimento fechado. Em contrapartida, os cursos d'água em leito natural estão localizados apenas em áreas pouco ou não ocupadas ou ainda de proteção ambiental.

Para classificar Belo Horizonte de acordo com o nível de importância hídrica, foram combinadas três variáveis: Densidade de Cursos d'água, Densidade de Cabeceiras e Potencial de Recarga.

Densidade de Cursos d'água (Figura 41) e a Densidade de Cabeceiras (Figura 42) foram obtidas a partir dos dados de nascentes e de corpo hídrico, respectivamente, seguida da análise de concentração espacial de elementos (densidade Kernel do *software Arcgis*). Como resultado obtivemos a indicação das áreas de Belo Horizonte mais capilarizadas quanto à presença de corpo hídrico e de cabeceiras. As densidades foram classificadas em cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta).

Para o cálculo da Densidade de Cursos d'água foram considerados tanto a densidade de elementos quanto a condição do corpo hídrico. Através da densidade de Kernel ponderada é possível atribuir valores hierarquizados para os elementos, indicando maior valor de atributo para o corpo hídrico em leito natural (atributo 100), ao passo que a condição de leito fechado recebeu o menor valor (atributo 5), e aqueles cursos sem informação tiveram pouca influência na ponderação (atributo 1). No que se refere ao cálculo da densidade de cabeceiras, todas as nascentes foram consideradas com a mesma condição de importância.

Os mapas de densidade de drenagem (cursos d'água e cabeceiras) mostraram que as áreas com maior densidade hídrica estão a norte ou a sul de Belo Horizonte. São, em geral, áreas menos ocupadas (com glebas não parceladas), como o Isidora, ou com algum tipo de proteção ambiental. As áreas na região central do município, já bastante adensadas e ocupadas, apresentam os menores valores de densidade de drenagem.

Figura 40? Mapa de tipologia de canais fluviais de Belo Horizonte

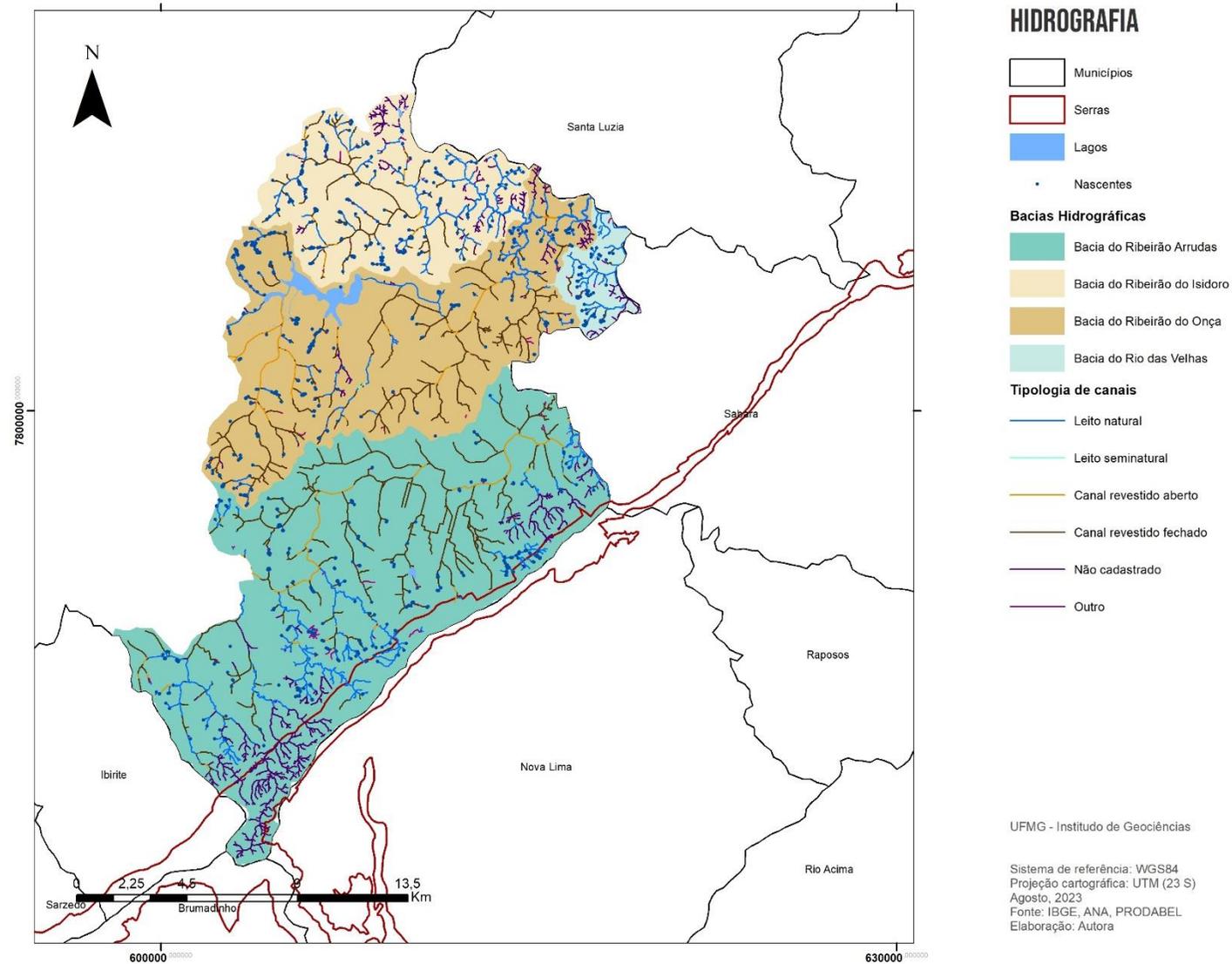
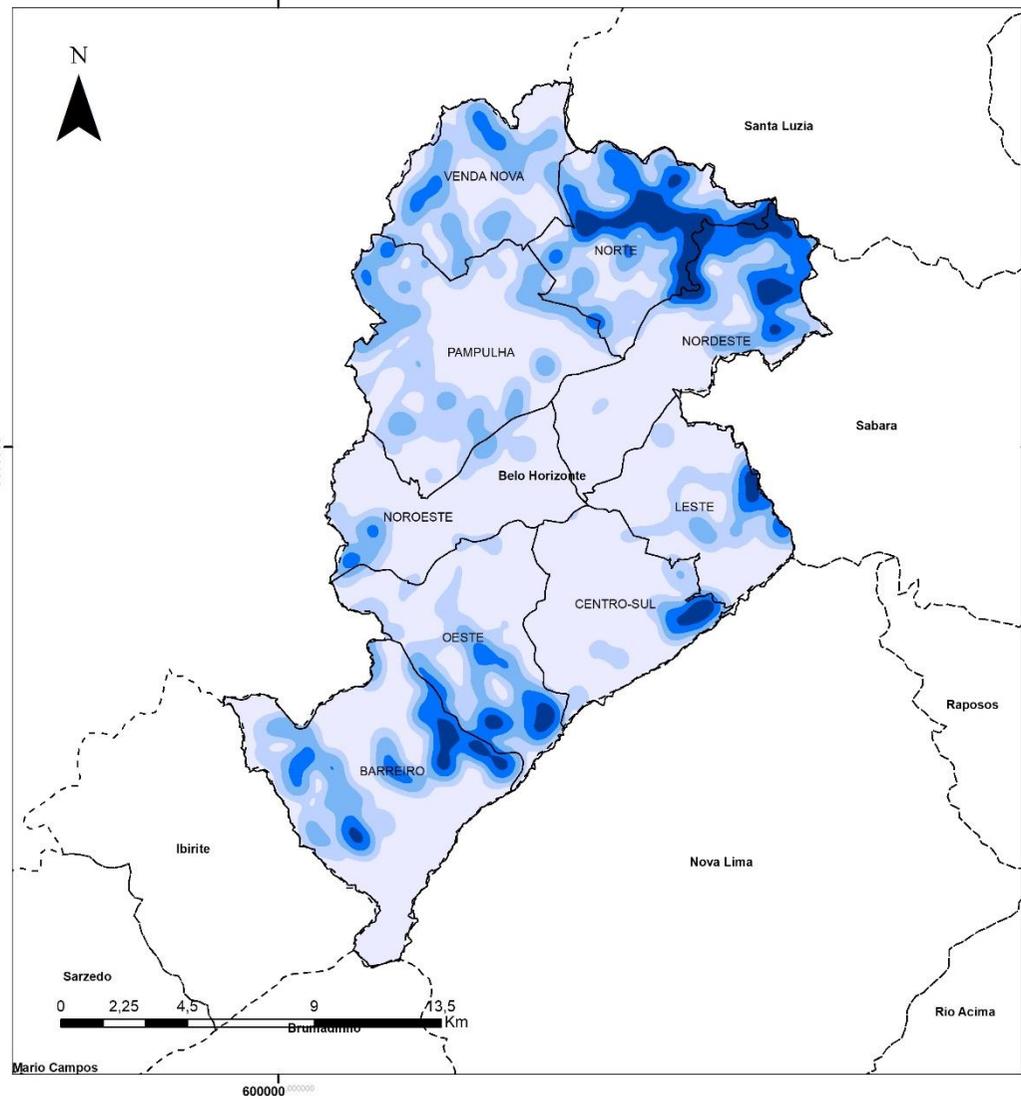


Figura 41: Mapa de Densidade de Cursos d'água de Belo Horizonte

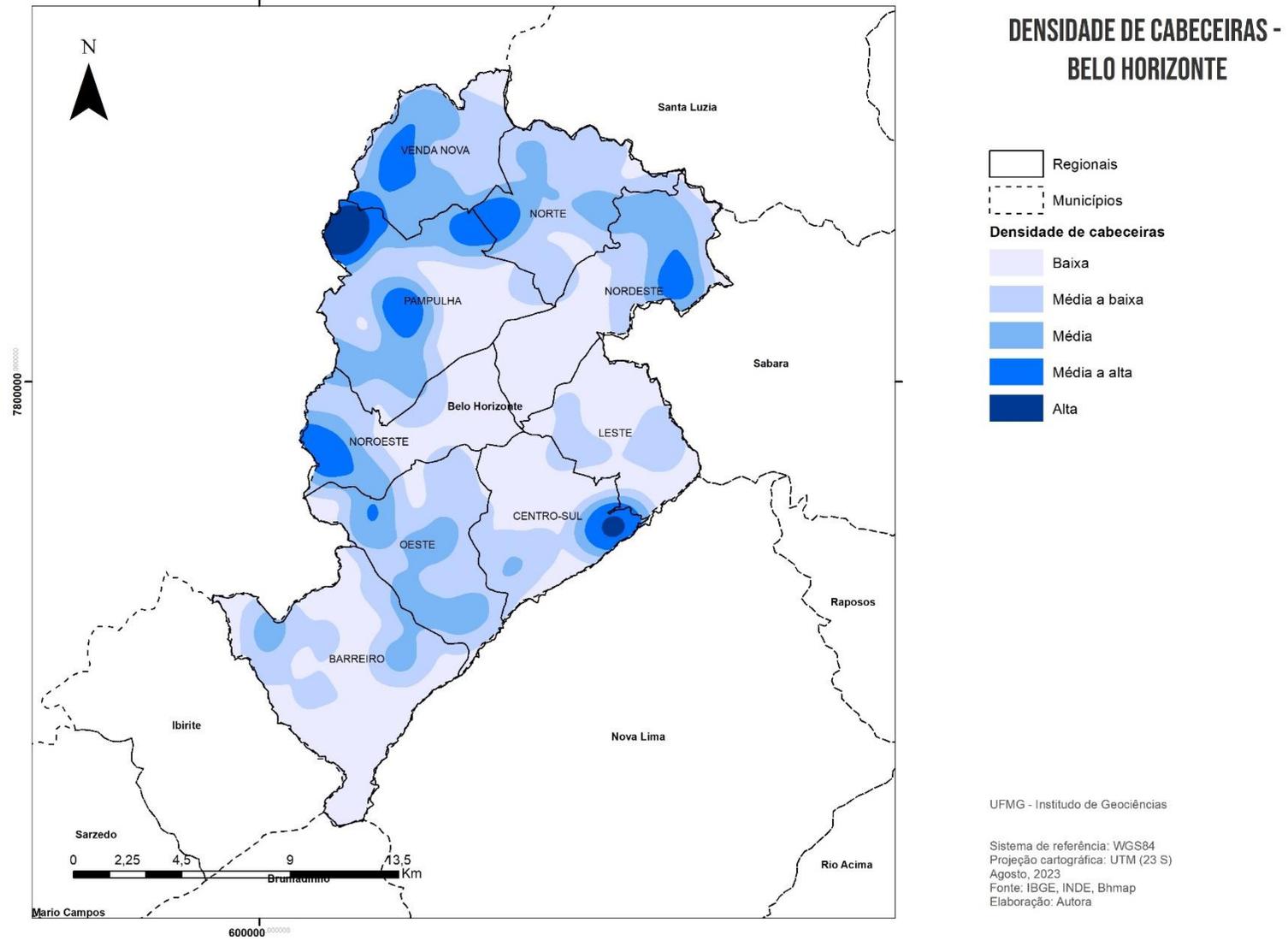


DENSIDADE DE CURSOS D'ÁGUA - BELO HORIZONTE



UFMG - Instituto de Geociências
 Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Agosto, 2023
 Fonte: IBGE, INDE, Bmap
 Elaboração: Autora

Figura 42: Mapa de Densidade de Cabeceiras de Belo Horizonte



Os dados de Potencial de Recarga, associado à potencialidade do terreno em recarregar aquíferos através da infiltração de água no solo, foram obtidos por Camargos *et al* (2020) a partir de uma Análise Multicritérios por Pesos de Evidência, resultante da combinação dos dados de declividade, potencialidade de contaminação do aquíferos, segundo a geologia, e uso e cobertura do solo. A potencialidade de recarga também foi classificada em cinco classes variando entre muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (Figura 43). O mapa de Potencial de Recarga evidencia como de modo geral o município apresenta péssimos valores de potencial de recarga, muito em razão do uso e cobertura do solo, com grandes áreas dos municípios impermeabilizadas e ocupadas.

Uma vez analisadas as condições de densidade de cabeceiras, densidade de cursos d'água considerando suas condições atuais, e o potencial de recarga existente, foi elaborada uma análise de síntese. Para a síntese da Importância Hídrica foi realizada uma Análise Multicritérios por Pesos de Evidência, atribuindo os pesos: densidade de cabeceiras (peso 35%) e densidade de cursos d'água (peso 35%) e potencial de recarga (peso 30%) (Figura 44). O mapa resultante evidenciou que as áreas de maior importância hídrica estão localizadas ao Norte e ao Sul de Belo Horizonte, principalmente nas áreas pouco ocupadas e não impermeabilizadas nas regionais Venda Nova, Norte, Nordeste e Pampulha, e nas áreas de parque ou proteção ambiental ao sul das regionais Centro sul, Barreiro e Oeste.

Figura 43: Mapa de Potencial de Recarga Hídrica de Belo Horizonte

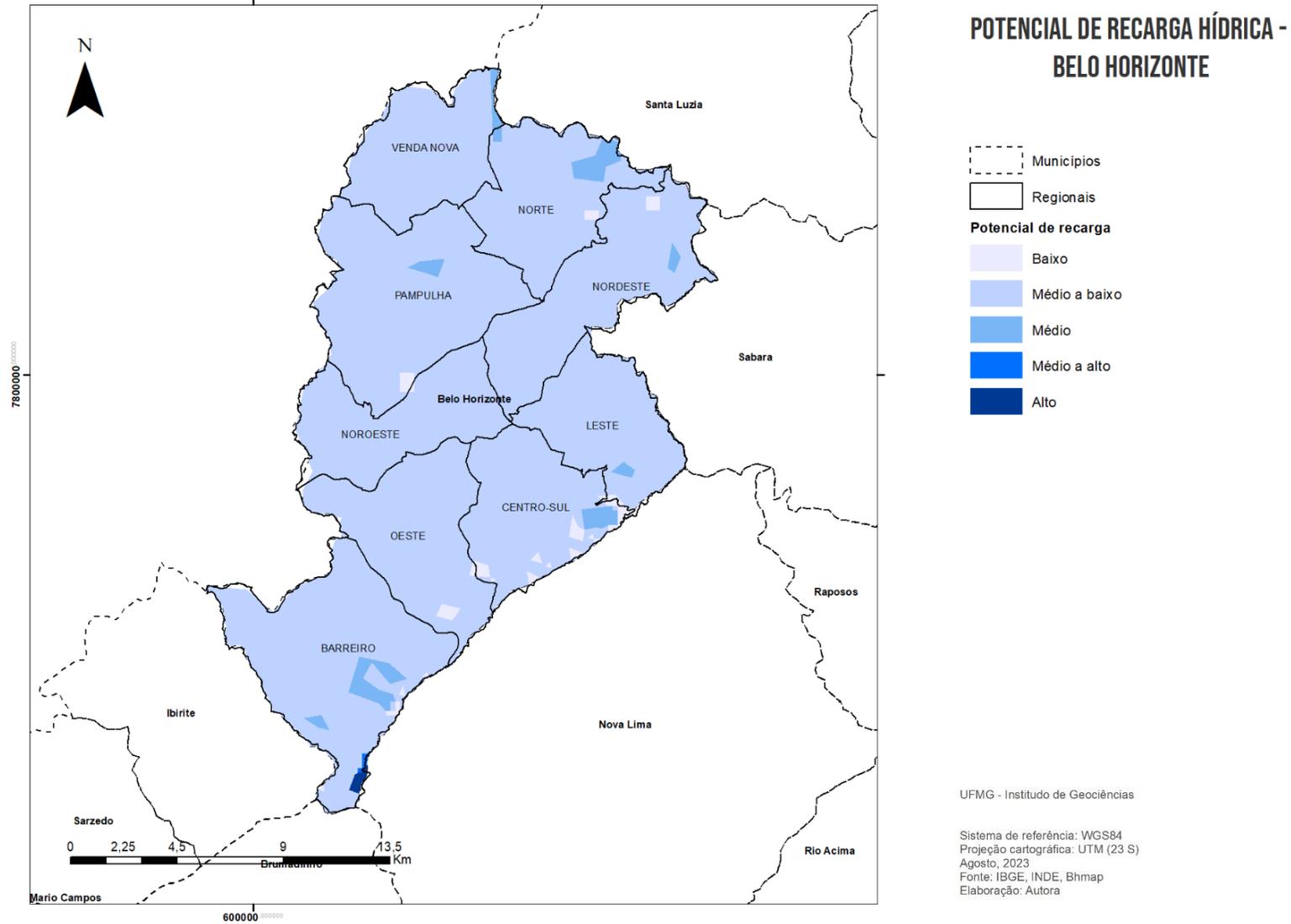
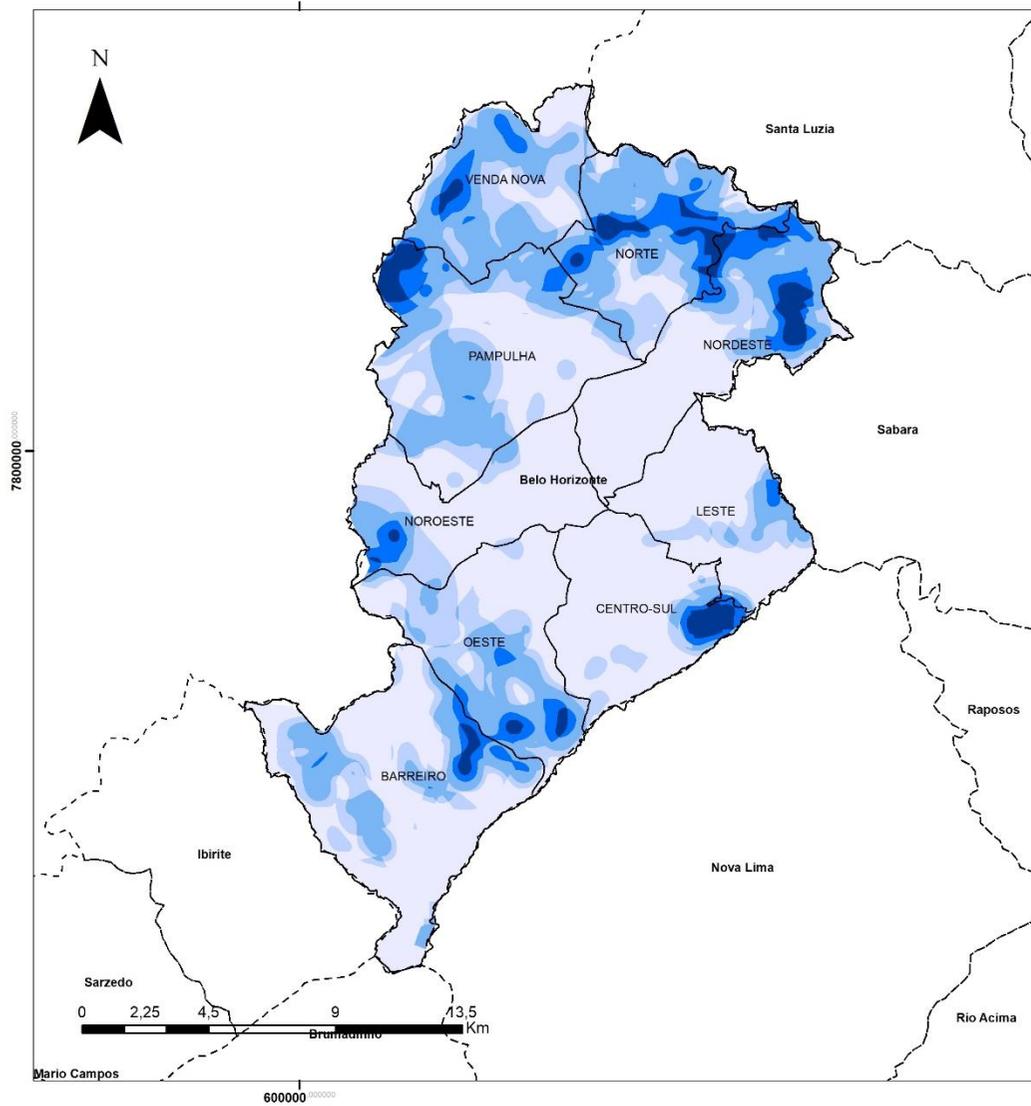


Figura 44: Mapa de Importância Hídrica de Belo Horizonte



IMPORTÂNCIA HÍDRICA - BELO HORIZONTE

-  Regionais
-  Municípios
- Importância hídrica**
-  Baixa
-  Média a baixa
-  Média
-  Média a alta
-  Alta

UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
Projeção cartográfica: UTM (23 S)
Agosto, 2023
Fonte: IBGE, INA, IGAM, Bhmap
Elaboração: Autora

5.2. NDVI

O mapa comparativo de NDVI de Belo Horizonte para 2014 e 2020 (Figura 45) permitiu constatar a transformação das áreas de vegetação rasteira e arbustiva em áreas de vegetação robusta, demonstrando uma melhora daquelas áreas já com vegetação. Entre as regionais de Belo Horizonte, a única que se apresenta como exceção a esse cenário é a Nordeste, visto que sofreu com a perda de vegetação e qualidade ambiental, com a transformação das áreas de vegetação rasteira e arbustiva em áreas antropizadas ou de solo exposto e vegetação rala.

As áreas com vegetação arbustiva em 2014 e que apresentaram um ganho de vegetação robusta até 2020 são áreas de parques municipais de Belo Horizonte ou são áreas de proteção ambiental ou ADE de Interesse Ambiental (Figura 46). É possível perceber que é a criação de parques ou áreas de preservação que tem garantido a preservação e melhora da robustez da vegetação em Belo Horizonte, demonstrando a importância da criação e ampliação dessas áreas dentro do espaço urbano.

Em contrapartida, de modo geral, em todas as regionais as áreas de antropização densa ou solo exposto apresentaram um quadro de piora, sendo transformadas em áreas de ausência total de vegetação. A regional Noroeste é a que apresentou o pior cenário de transformação em áreas de ausência total de vegetação e, já em 2014, a regional apresentava poucas áreas de vegetação rasteira e arbustiva, sendo quase inexistente a presença de vegetação robusta.

É possível constatar que nas porções mais adensadas e ocupadas do território a presença de vegetação arbustiva ou robusta é quase inexistente, com exceção das áreas de parques. A piora geral de transformação de áreas de solo exposto em áreas de ausência total de vegetação tem agravado ainda mais o quadro, que já em 2014 não se apresentava favorável.

Figura 45: Mapa de NDVI de Belo Horizonte (2014 e 2020) e parques municipais

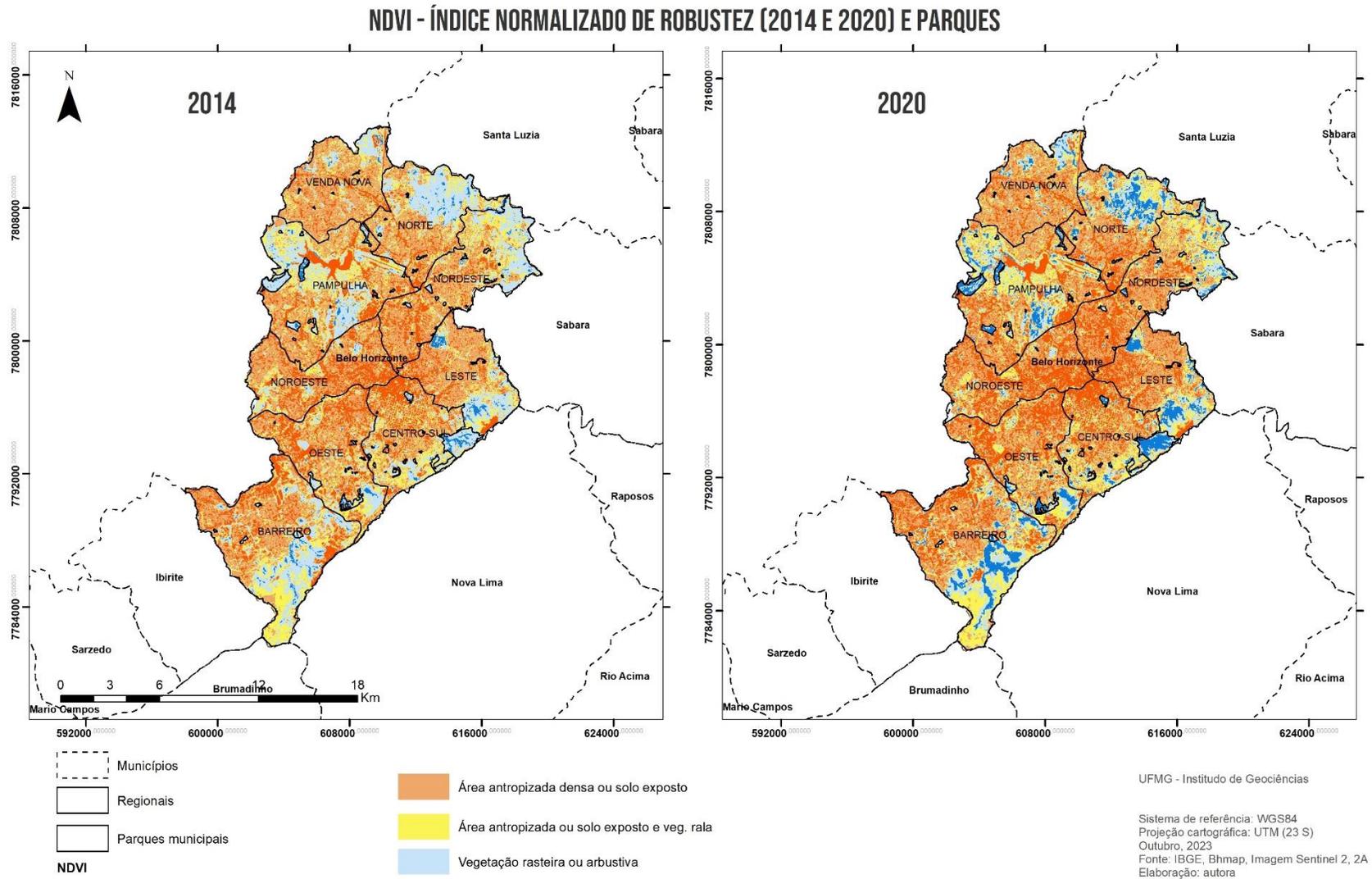
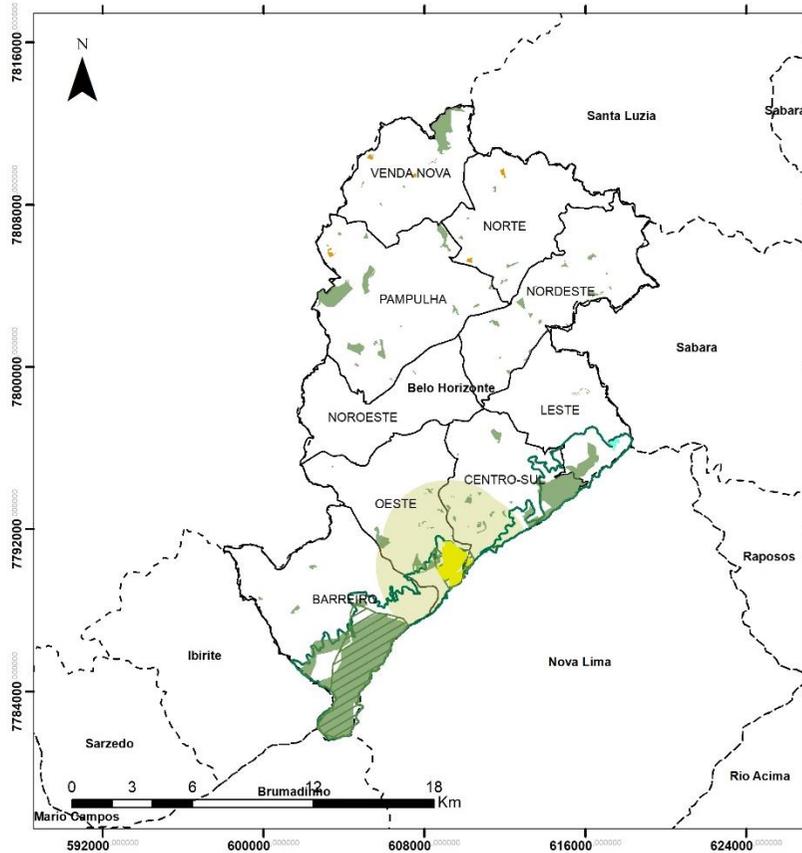
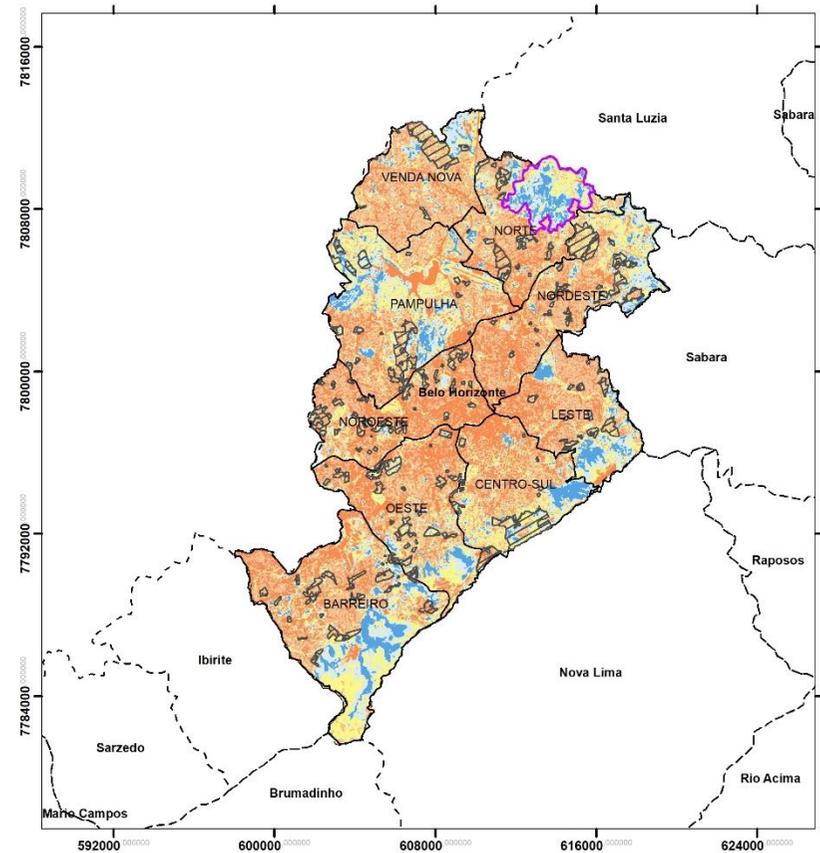


Figura 46: Mapa de NDVI, Áreas de Diretrizes Especiais e Parques

NDVI, ADE



- Municípios
- Regionais
- Parque
- Área de Proteção Ambiental
- Reserva Particular Ecológica
- Reserva Particular de Proteção Permanente
- Estação
- Área de Proteção Especial
- ZAEE
- ADE de Interesse Ambiental
- ADE de Interesse Ambiental da Izidora



- NDVI**
- Ausência total de vegetação
 - Área antropizada densa ou solo exposto
 - Área antropizada ou solo exposto e veg. rala
 - Vegetação rasteira ou arbustiva
 - Vegetação robusta

UFMG - Instituto de Geociências
 Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Outubro, 2023
 Fonte: IBGE, Bhmap, Imagem Sentinel 2, 2A
 Elaboração: autora

5.3. Métricas da Ecologia da Paisagem

Os estudos de métricas de Ecologia da Paisagem analisaram as condições de forma dos fragmentos (relação entre perímetro e área, para observação de maior risco à transformação em função de bordas vulneráveis), à presença e dimensão de área núcleo (porções internas protegidas dos fragmentos) e à conectividade (presença de outros fragmentos nas proximidades, o que favorece o fluxo gênico).

A análise a partir das métricas citadas para Belo Horizonte permitiu identificar um cenário pouco expressivo de vegetação notável, estando a maior parte dos fragmentos vegetais em situação de vulnerabilidade à transformação e que, portanto, demandam maior atenção no que se refere à perda de áreas verdes. No que se refere à distribuição de vegetação, a presença de vegetação expressiva não ocorre de forma homogênea ao longo do território, sendo pouco expressiva nas regionais Nordeste e Oeste, e mais presente na regional Pampulha. Além disso, de modo geral, os fragmentos mais notáveis estão localizados nas bordas das regionais, sendo a região central do município a área com menor ou quase inexistente presença de fragmentos de vegetação.

De todos os fragmentos vegetais de Belo Horizonte, somente dois apresentaram boas condições de presença de área núcleo e estão localizados nas bordas do município, um em área de Proteção Ambiental, na regional Barreiro, e o outro em área de Interesse Ambiental Isidora, ainda pouco ocupada, na regional Norte (Figura 47). A maior parte dos fragmentos de vegetação apresentam a pior condição de presença de área núcleo, isto porque devido à ocupação territorial são, em geral, fragmentos pequenos em áreas residuais ou “intra-lote”. Os fragmentos de vegetação de maiores dimensões foram identificados em sua maioria nas áreas de parques ou áreas de proteção ambiental.

No que se refere à conectividade dos fragmentos de vegetação, esta condição é observada naqueles elementos cujos núcleos estão mais protegidos e são também fragmentos maiores, se somando a estas condições apresentaram as melhores condições de conectividade (Figura 48). É possível perceber que os menores fragmentos de vegetação e os menos protegidos em termos de área núcleo são também os fragmentos mais isolados. Em contrapartida, os fragmentos com melhor área núcleo e conectividade são os que apresentam a forma mais irregular e, conseqüentemente, estão mais suscetíveis aos efeitos de borda (Figura 49). Já os fragmentos menores, com pior condição de área núcleo e mais isolados, são os fragmentos mais regulares, e, portanto, menos vulneráveis aos efeitos de borda. Em síntese, os fragmentos com melhores condições são aqueles que apresentam simultaneamente melhor fator de forma

(menos bordas vulneráveis), maiores áreas núcleo (área interna protegida) e maior conectividade (promovem o fluxo gênico), e eles estão representados, sobretudo, por áreas oficialmente protegidas.

A análise a partir das métricas da Ecologia da Paisagem indicou que as áreas não protegidas estão mais vulneráveis aos avanços da dinâmica urbana que tende a espalhar e agravar o quadro de áreas núcleo pouco protegidas da maioria dos fragmentos. Os fragmentos de vegetação mais vulneráveis, em que a área núcleo é reduzida e apresentam menor conectividade, isto é, são menos concisos e mais frágeis, estão localizados na porção central do município, em que apresentam altas taxas de ocupação e urbanização.

A degradação do meio natural, associada ao crescimento desordenado das áreas urbanizadas, tem provocado transformações no clima urbano. O clima urbano, como parte do clima global, é caracterizado pelas interações de micro e macro escalas (Pinto *et al*, 2017). O tópico seguinte apresenta uma dessas transformações, na Temperatura de superfície nas regionais de Belo Horizonte.

Figura 47: Mapa de Fragmentos de vegetação de Belo Horizonte - Área Núcleo

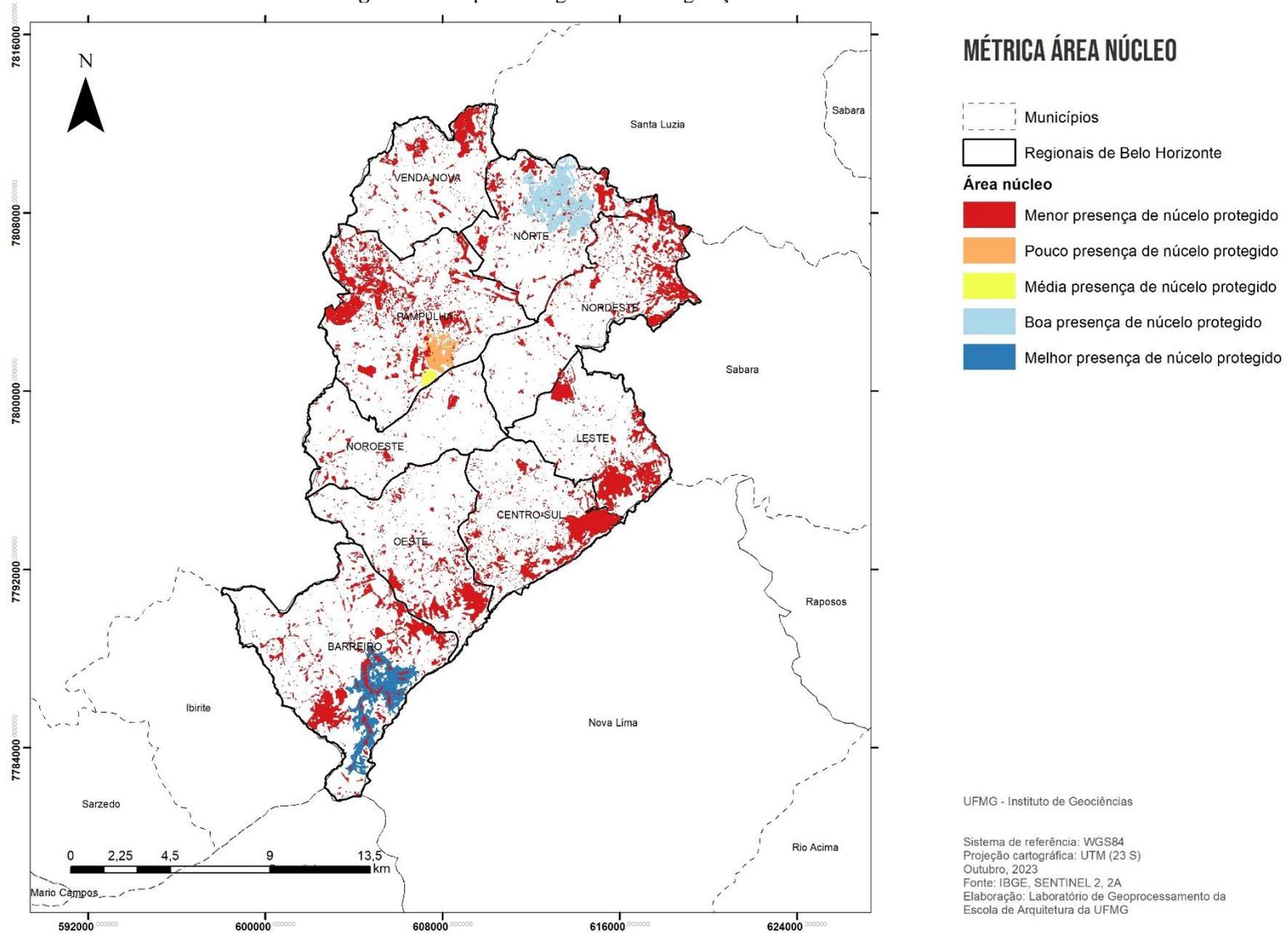


Figura 48: Mapa de Fragmentos de vegetação de Belo Horizonte – Conectividade

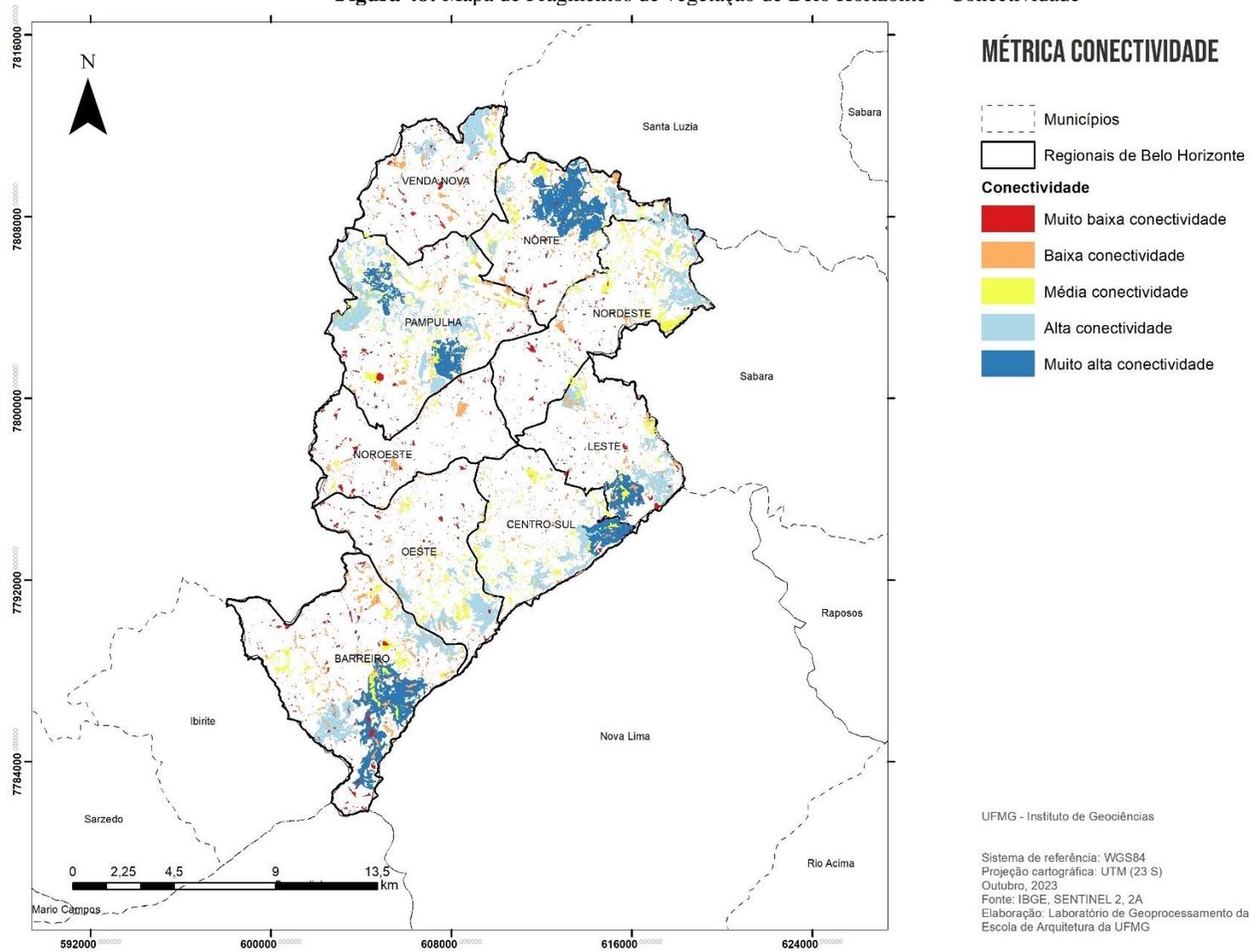
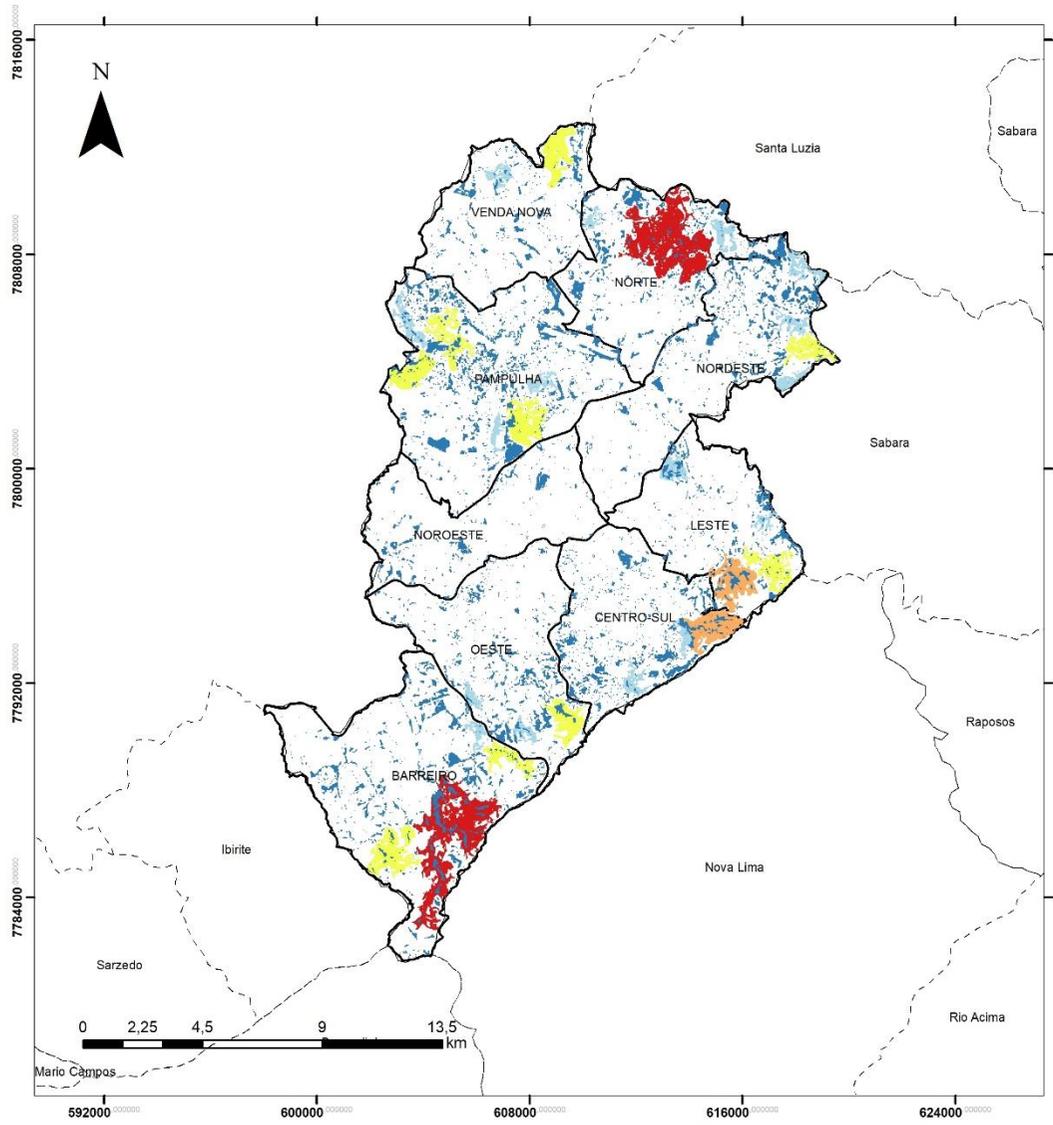


Figura 49: Mapa de Fragmentos de vegetação de Belo Horizonte - Fator de Forma



MÉTRICA FATOR DE FORMA

- Municípios
 - Regionais de Belo Horizonte
- Fator de Forma**
- Forma mais regular
 - Forma regular
 - Forma quase regular
 - Forma irregular
 - Forma muito irregular

UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Outubro, 2023
 Fonte: IBGE, SENTINEL 2, 2A
 Elaboração: Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG

5.4. Temperatura de superfície

Assim como para o NDVI, os mapas de Temperatura de Superfície foram realizados para os anos de 2014 e 2020, de modo a comparar as possíveis alterações (Figura 50). A análise dos dois momentos permitiu constatar, de modo geral, uma piora da temperatura da superfície para todo o município, com perda de áreas, que em 2014, apresentaram temperaturas mais amenas e com o aumento da temperatura em áreas que já apresentavam quadros mais críticos.

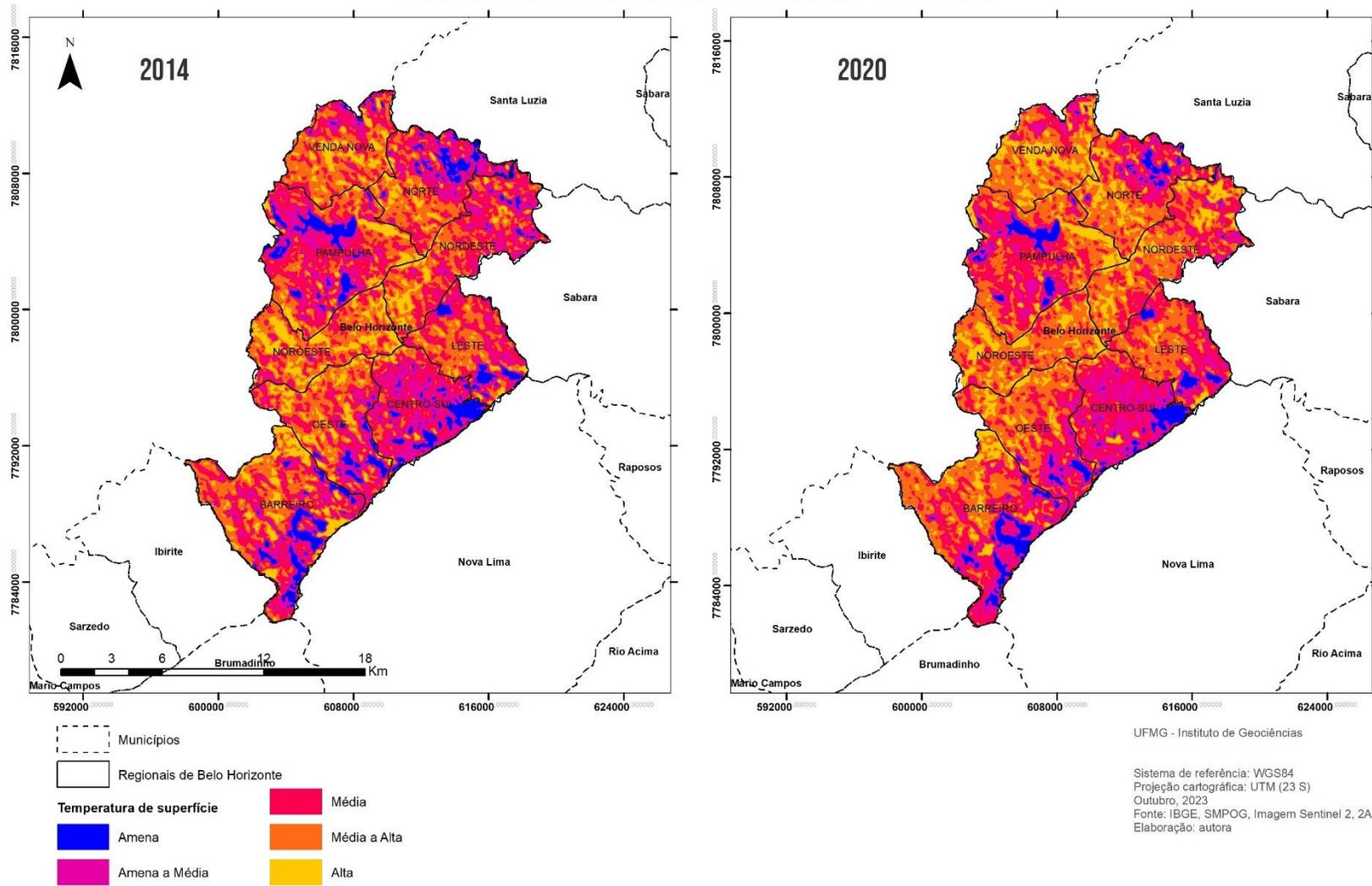
No que se refere às perdas de áreas com temperaturas amenas, as regionais Norte, Nordeste e principalmente a Centro-sul foram as que apresentaram as perdas mais significativas, com transformação em áreas de média ou alta temperatura. Somente a regional Pampulha apresentou em 2020 um aumento de áreas de temperaturas amenas, com destaque para o fato dessas áreas serem coincidentes com aquelas de aumento de robustez da vegetação. Outro fato que contribui para a existência de temperaturas mais amenas é a proximidade com a represa da Pampulha, uma vez que em geral os valores mais amenos de temperatura são registrados em áreas verdes e reservatórios de água (Souza; Massambani, 1992).

A predominância de temperaturas média a alta é em razão do modelo de urbanização presenciado com grandes áreas edificadas, altos índices de densidade populacional, redução da ventilação, uso do concreto, asfalto e outros materiais nas construções urbanas, que alteram os padrões de absorção da radiação solar e conseqüentemente as temperaturas de superfície (Steinke *et al.* 2010). Além disso, a perda das áreas vegetadas, principalmente arbórea, é outro fator fundamental, a vegetação desempenha papel importante na regulação do clima urbano, “é uma medida efetiva para criar um “efeito oásis” e mitigar o aquecimento urbano tanto no nível ‘macro’ quanto no ‘micro’” (Yu; Hian, 2006: p.105). Por isso, as áreas com melhores índices de temperatura de superfície em Belo Horizonte são aquelas mais próximas às massas vegetadas.

O modelo de urbanização de Belo Horizonte contribui para o estabelecimento de um microclima estressante, provocando desconforto térmico ainda mais ampliado pelas crescentes ondas de calor, as quais devem se intensificar em 10 (dez) vezes até 2030 (Scalioni, 2017). Ademais, as alterações relacionadas ao clima influenciam nas dinâmicas de regime de chuvas, afetando diretamente a drenagem urbana e os seus efeitos na cidade, como enchentes e aumento das áreas de inundação. O capítulo seguinte aborda os recursos hídricos e a importância do planejamento da drenagem urbana em Belo Horizonte.

Figura 50: Mapa de Temperatura de Superfície de Belo Horizonte (2014 e 2020)

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DE BELO HORIZONTE - 2014 E 2020



5.5. Síntese Leitura territorial - Abordagem municipal

A análise temporal do índice da robustez da vegetação (NDVI/Figura 45), mostrou incremento em áreas com vegetação rasteira ou arbustiva e a ampliação de áreas que já apresentavam vegetação robusta. Estas são, em geral, áreas de parques, áreas de proteção ou de interesse ambiental. Foi possível constatar que é a criação de parques ou áreas de proteção que tem garantido a preservação e a melhoria da robustez da vegetação (Figura 46). No entanto, as áreas de antropização densa ou solo exposto apresentaram um agravamento da situação, sendo transformadas em áreas de ausência total de vegetação. Nas áreas mais adensadas e ocupadas do território a presença de vegetação arbustiva ou robusta é quase inexistente, com exceção das áreas de parques. Observa-se o papel da gestão pública como fator fundamental para a existência e manutenção de cobertura vegetal na cidade.

As dinâmicas de modificação da morfologia urbana, que incluem a diminuição das áreas de massas vegetais, o adensamento urbano, ordenado ou desordenado, a substituição de áreas permeáveis por impermeáveis e própria presença das atividades antrópicas, são algumas das possíveis causas das alterações da Temperatura de superfície. A análise da Temperatura de Superfície para os anos de 2014 e 2020 (Figura 50) permitiu constatar, de modo geral, uma piora da temperatura da superfície para todo o município, com perda de áreas, que em 2014, apresentaram temperaturas mais amenas e com aumento da temperatura em áreas que já apresentavam quadros mais críticos.

Outro aspecto fundamental analisado foi a condição da drenagem urbana de Belo Horizonte, quanto às tipologias dos cursos d'água, as áreas de recarga e a importância hídrica. Dos quase 700 km de cursos d'água, mais de 1/3 são do tipo canalizado fechado (Figura 40). Os cursos d'água ainda em leito natural estão localizados em áreas de preservação ou em porções do território inadequadas ou indefinidas quanto ao parcelamento urbano, demonstrando ainda a inexistência de soluções de drenagem com enfoque integrando aspectos ambientais e urbanísticos, com possibilidade de trazer os cursos d'água até então ocultos reintegrando-os na paisagem.

A análise hídrica permitiu ainda identificar a correlação entre a alta proporção de cursos d'água canalizados e com revestimento fechado em áreas com altas taxas de ocupação. Por outro lado, os cursos d'água em leito natural estão localizados apenas em áreas pouco ou não ocupadas, ou ainda naquelas já definidas como de proteção ambiental. O mesmo ocorre para as áreas de potencial de recarga (Figura 43) e de importância hídrica (Figura 44), as quais estão

localizadas nas porções do território ainda pouco ocupadas ou pertencentes a parques e áreas de proteção ambiental.

Por fim, a análise da condição dos fragmentos vegetais a partir das métricas da Ecologia da Paisagem permitiu identificar um cenário pouco expressivo de vegetação notável, estando a maior parte dos fragmentos em situação de vulnerabilidade à transformação e que, portanto, demandam maior atenção no que se refere à perda de áreas verdes. A presença de vegetação notável e de fragmentos maiores ocorre quase que exclusivamente nos parques, nas áreas de proteção ambiental ou naquelas ainda pouco ocupadas. Estão localizados nas bordas das regionais, sendo a região central do município a área com menor ou quase inexistente presença de fragmentos de vegetação notável.

Além disso, em termos quantitativos, a maioria dos fragmentos apresenta as piores condições de núcleo protegido (Figura 47) e baixa a média conectividade (Figura 48). No entanto, no que se refere ao fator de forma (Figura 49), a maioria dos fragmentos apresenta forma mais regular, com menor fragilidade de bordas. Os fragmentos com melhores condições de área núcleo, bem como de conectividade são aqueles localizados nas áreas dos parques e de proteção/interesse ambiental, o que mais uma vez indica o papel da gestão pública na existência de áreas verdes qualificadas.

Partindo da leitura territorial municipal, a Regional Centro Sul foi escolhida como objeto de análise para a etapa seguinte, a escala local e proposição de parâmetros urbanísticos ambientais. A escolha se justifica por ser uma regional que não está nas bordas do Quadrilátero Ferrífero, de modo a evitar os “efeitos de borda” de análise; e também por ser uma regional mais integrada à paisagem do QF, no que se refere a presença das serras, da tipologia de vegetação Mata Atlântica etc. Ademais, foi uma escolha metodológica propor parâmetros urbanísticos para contextos que já sofreram extrema transformação em termos urbanos, de modo a trabalhar com cenários urbanos impactados pela transformação do uso do solo, o que pode se colocar como referência para outros estudos no Brasil. A regional Centro-sul sofreu expressiva transformação ao longo de sua formação e consolidação, mas atualmente se apresenta mais consolidada em termos de paisagem, de ocupação e de dinâmica de expansão. Berço do projeto urbanístico do engenheiro Aarão Reis, a área correspondentemente à regional foi ainda uma das primeiras a serem ocupadas desde a inauguração da capital mineira.

O capítulo seguinte apresenta a leitura territorial da Regional Centro sul e as propostas de parâmetros urbanísticos verdes, associados aos conceitos de infraestrutura-verde e serviços ecossistêmicos.

5.6. Parâmetros urbanísticos

Desde princípios do século XX, a parametrização urbana tem constituído, junto com o zoneamento, um dos principais instrumentos de planejamento urbano (Gonçalves, 2017). Enquanto instrumento jurídico de orientação, os parâmetros edilícios e urbanísticos são compostos por um conjunto de regras e mecanismos de controle, responsáveis por modelar a paisagem urbana considerando as relações entre o parcelamento, o uso e a ocupação do solo.

Fundamentado em parâmetros geométricos da ocupação do lote, o modelo de produção das cidades brasileiras ainda é essencialmente morfométrico (Moura, 2013). O que é realizado no lote, feito de forma individual e segmentada, ao ser reproduzido constitui a paisagem urbana, que tem se apresentado massificada e esvaziada de significado para as pessoas (Nogueira, 2018). Os Planos Diretores (PD) e as LUOS são repetidas em todo o país, sendo replicados em diversas cidades, produzindo cidades sem relação com o lugar, desconsiderando a inclusão de parâmetros urbanísticos que conduzam melhor as especificidades de cada território, sendo conduzidas apenas pelo aproveitamento máximo das possibilidades volumétricas.

No urbanismo, parametrizar é definir as principais variáveis de valor para uma coletividade, acordando os valores e condições de aplicação dessas variáveis, de modo de construir uma realidade desejada. Parte-se do entendimento matemático de que o parâmetro é a grandeza que, “podendo ser medida, permite apresentar as principais qualidades de um conjunto estatístico” (Nogueira, 2018 p.49). Dessa forma, estão fundamentadas as normativas urbanísticas, que atuam na urbanização primária (o desenho das cidades) e na secundária (as construções), de modo a reduzir a complexidade urbana a escalas gerenciáveis (Castilho, 2010).

Embora a Constituição Federal de 1988 assegure o direito a todos de um ambiente ecologicamente balanceado (Artigo 225) foi somente com a obrigatoriedade dos Planos Diretores, para municípios com mais de 20.000 habitantes, a partir da promulgação do Estatuto das Cidades (Lei 10.257 de 10 de julho de 2001) e questões alinhadas com a Agenda 21, que a pauta ambiental passou a ser discutidas no âmbito das políticas municipais (Rocha, 2019). Entretanto, embora a questão ambiental tenha sido mencionada, ela não esteve na gênese do Estatuto da Cidade, visto que as prioridades das reivindicações e urgências eram outras naquele momento (Gonçalves, 2017).

O Estatuto da Cidade prevê que as normas ambientais devam ser consideradas, quando estabelecidas normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, mas não fica claro quais as normas devem ser previstas nas legislações ambientais municipais. A ausência de instrumentos objetivos, que resultem em uma política ambiental incorporada às políticas municipais (Planos Diretores), torna os instrumentos edilícios e urbanísticos previstos

na lei mais fortes e efetivos que os ambientais (Gonçalves, 2017). Grande parte dos municípios não possui instrumentos de gestão urbana e ambiental, seja por meio dos Planos Diretores ou outros instrumentos jurídicos. Quando da existência deles, as leis federais, estaduais e municipais regem parâmetros e índices sem necessariamente uma percepção de sua adequabilidade ou ainda fundamentado em estudo mais aprofundados das fragilidades e potencialidades locais, sendo muitas vezes o resultado de consultas ou meras cópias de outras localidades (Nogueira, 2018; Gonçalves, 2017).

Foi de interesse realizar a análise dos Planos Diretores e Leis de Uso e Ocupação do Solo das capitais dos estados brasileiros, do que se constatou que poucos são aqueles que inserem a política ambiental junto à urbana (Tabela 21). Raros são os municípios que elaboram diretrizes/parâmetros compatíveis com a sustentabilidade urbana. Aqueles que preveem algum instrumento dentro do Plano Diretor enfrentam dificuldades no momento de aprovar ou executar determinadas ações ou ainda são parâmetros bastante generalistas, sem estrita relação com arborização ou melhoria da qualidade ambiental.

O levantamento evidencia o que já é conhecido: as leis de uso e ocupação do solo criaram e regulamentaram instrumentos muito relacionados às massas edificadas e cujo interesse está associado a questões econômicas (parâmetros morfométricos), tais como coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, recuos e afastamentos, gabarito máximo das edificações. Dentre os instrumentos tradicionais identificados, o único que favorece a criação ou manutenção das áreas verdes é a Taxa de Permeabilidade. No entanto, embora o instrumento possibilite a criação de áreas arborizadas, ele não as garante como volume vegetado, uma vez que foi elaborado com a finalidade de permitir a infiltração de águas pluviais e evitar a sobrecarga da infraestrutura de drenagem urbana. Já dentre os instrumentos não tradicionais, somente os municípios de Belo Horizonte, São Paulo, Maceió, Cuiabá e Goiânia apresentaram instrumentos relacionados a criação de áreas verdes ou à arborização dos espaços.

Tabela 21: Parâmetros de uso de solo das capitais dos estados brasileiros

Região	Cidade	Parâmetros Tradicionais					Parâmetros Não Tradicionais				Última Atualização	
		CA	TO	Afastamentos			Gabarito de Altura Máxima	Cota máxima de terreno por unidade (m ²)	Taxa de permeabilidade	Outros	Plano Diretor	LUOS
				Frontal	Lateral	Fundos						
Norte	Manaus	X	X	X	X	X	X		X		2014	2014
	Rio Branco	X	X	X	X		X		X		2016	2009
	Macapá	X	X	X	X	X	X		X		2004	2004
	Belém	X	X	X	X	X	X		X		2008	1999
	Porto Velho	X	X	X	X	X					2008	1999
	Boa Vista	X	X	X	X	X	X		X		2008	2006
	Palmas	X	X	X	X	X	X		X		2018	1993
Nordeste	São Luís			X	X	X	X				2006	1993
	Fortaleza	X	X	X	X	X	X	X			2009	2017
	Teresina	X	X	X	X	X	X				2019	2006
	Natal	X	X	X	X	X	X				2007	2007
	João Pessoa	X	X	X	X	X					2008	1975
	Recife	X		X	X	X	X		X		2020	1996
	Maceió	X	X*	X*	X*	X*	X*		X*	definição de vegetação de porte arbóreo por quantidade de m ² de estacionamento térreos sem coberturas	2005	2007
	Aracaju	X	X	X	X	X	X		X		2000	2010
	Salvador	X	X	X	X	X	X	X	X	quota máxima de garagem	2016	2016

Fonte: elaborado pela autora a partir dos Planos Diretores e Leis de Uso e Ocupação do Solo dos municípios.

Região	Cidade	Parâmetros Tradicionais					Parâmetros Não Tradicionais				Última Atualização	
		CA	TO	Afastamentos			Gabarito de Altura Máxima	Cota máxima de terreno por unidade (m²)	Taxa de permeabilidade	Outros	Plano Diretor	LUOS
				Frontal	Lateral	Fundos						
Centro-oeste	Goiânia	X		X	X	X	X			Índice Paisagístico (cobertura vegetal em solo natural, em concregrama ou cobertura vegetal não permeável)	2018	2008
	Brasília	X	X	X	X	X	X		X	Subsolo; galerias e marquise; vagas para veículo; tratamento das divisas	2009	2019
	Cuiabá	X	X	X			X		X	Potencial construtivo excedente, limite de adensamento	2007	2015
										Cobertura Vegetal Arbórea e Cobertura vegetal paisagística		
	Campo Grande	X	X	X	X	X	X					2018
Sudeste	Belo Horizonte	X	X	X	X	X	X	X	X	vagas de garagem	2019	**
										taxa de permeabilidade vegetada, caixa de captação,		
	São Paulo	X	X	X	X	X	X	X	X	Quota ambiental	2014	2016
	Rio de Janeiro	X	X	X	X	X	X		X	Subsolo, limite de profundidade, projeção horizontal	2011	2013
	Vitória	X	X	X	X	X	X		X	Vagas de garagem	2006	**
Sul	Curitiba	X	X	X	X	X	X	X	X		2015	2019
	Florianópolis	X	X	X	X	X	X			Taxa de impermeabilização máxima, vagas de estacionamento	2014	2014
	Porto Alegre	X	X	X	X	X	X		X	Vagas de garagem	2010	**

** Lei de uso e ocupação como parte integrante do plano diretor, segundo o IBGE, Pesquisa de Informações Básicas Municipais - 2018

X* - Parâmetros não aparecem no Plano diretor. Foram indicados Código de Urbanismo e Edificações publicado em 2007.

Ainda que a legislação procure abranger a questão ambiental, pouca ou nenhuma ênfase é dada ao planejamento ambiental, além de a legislação ambiental não possuir integração com o regime urbanístico, havendo, inclusive, conflitos na legislação.

O planejamento urbano deve incluir nos planos diretores a abordagem das áreas verdes urbanas de modo integrado, não como meras menções generalistas, e também com o devido cuidado para não causarem efeitos como a gentrificação verde (*Green gentrification*). Um exemplo da gentrificação é o caso da revitalização e transformação em parque linear de um antigo ramal elevado da linha de trem em Manhattan, conhecido como *High Line Park*. Inaugurado em 2009, o parque é um dos principais e mais populares destinos turísticos de Nova Iorque, com aproximadamente cinco milhões de visitantes por ano. A intensa valorização do preço do solo em seu entorno fez antigos símbolos do local serem forçados a se mudarem e trouxe transformações como a vinda para a região de hotéis modernos, lojas de luxo e restaurantes sofisticados. O aumento dos valores imobiliários em razão de um projeto de sustentabilidade urbana em larga escala torna o *High Line Park* um exemplo de gentrificação verde (Torres, 2017).

Embora ainda que pouco expressivas, algumas iniciativas têm sido implementadas, como é o caso da criação da Quota Ambiental (QA) e Taxa de Permeabilidade Mínima (TP) pela Prefeitura de São Paulo (Lei n.º 16.402/2016 e Decreto n.º 57.565), criadas com a finalidade de promover a melhoria da drenagem urbana, atenuação das alterações microclimáticas e a proteção da biodiversidade. A quota ambiental equivale a um conjunto de condições de ocupação dos lotes cujo objetivo é qualificá-los ambientalmente, tendo como referência uma medida da eficácia ambiental para cada lote, expressa por um índice que agrega os indicadores Cobertura Vegetal e Drenagem (São Paulo, 2016).

No entanto, no que se refere especificamente à cobertura vegetal, a aplicação da quota ambiental inclui a utilização de áreas ajardinadas, coberturas e fachadas verdes que, embora cumpram alguma expectativa de embelezamento e conforto ambiental, não se traduzem necessariamente em volume vegetado/massa arbórea que resulte em significativas melhorias ambientais e dos serviços ecossistêmicos no ambiente urbano. Os instrumentos utilizados na QA estão mais estritamente relacionados a soluções de permeabilidade do solo e de drenagem urbana, uma vez que os reservatórios de água pluvial, seja para o aproveitamento dentro do lote e/ou para o amortecimento em dias de chuvas fortes, promovem grande contribuição à quota ambiental, no entanto, não podem ser vistos como áreas verdes propriamente ditas (Rocha, 2019).

No que se refere às áreas verdes em Belo Horizonte, a Lei Orgânica do Município de 1990 já determinava que competia ao município: a proteção do meio ambiente, das paisagens naturais notáveis; a preservação das florestas, da fauna e da flora; a criação de parques, de reservas, de estações ecológicas e outras unidades de conservação; o estímulo e promoção de reflorestamento com espécies nativas, objetivando, especialmente, a proteção de encostas e dos recursos hídricos; e a implantação e manutenção de áreas verdes de preservação permanente, em proporção nunca inferior a 12m² por habitante, distribuídos equitativamente por administração regional. Esse índice de referência pode ser considerado um avanço, quando comparado a outros municípios que abordam o aspecto da criação de áreas verdes, sem estabelecer um parâmetro a ser aplicado.

A questão das áreas verdes também aparece no Plano Diretor de Belo Horizonte de 1996 (PDBH, Lei nº 7.165/1996), no Item VIII do art. 6º, colocando a ocupação inadequada de áreas verdes como um objeto estratégico para o desenvolvimento urbano do município. A revisão do Plano Diretor, de 2000, coloca a proteção das áreas verdes e aquelas ameaçadas de degradação como um dos princípios fundamentais da Política Municipal de Meio Ambiente (Art.21-B). A questão da criação e preservação da vegetação/áreas verdes também aparece também na relação de diretrizes relativas ao meio ambiente (Art.22, PDBH Lei nº 7.165/1996), através da delimitação de espaços apropriados que tenham características e potencialidade para se tornarem áreas verdes, da arborização de logradouros públicos, da delimitação de áreas para preservação dos ecossistemas e da preservação da cobertura vegetal de interesse ambiental em áreas particulares, por meio de mecanismos de compensação aos proprietários.

A última revisão do Plano Diretor de Belo Horizonte (PDBH Lei nº 11.181/2019) acrescentou novas diretrizes relativas às áreas verdes e qualidade ambiental, como: a qualificação de áreas vazias como áreas verdes, a instituição de corredores verdes, bem como programa voltado para a criação de condições para a sobrevivência de avifauna no meio urbano pelo plantio de árvores frutíferas, nos termos da legislação federal; a criação de parques lineares (para preservação e recuperação de fundos de vale) e de áreas verdes e de lazer (nas áreas remanescentes de tratamento de fundos de vale).

O PDBH de 2019, propõe ainda em suas diretrizes a elaboração de um plano diretor de áreas verdes, com a caracterização e mapeamento dessas; e a criação de mecanismos de incentivos que favoreçam parcerias para implantação e manutenção de áreas verdes. O programa Adote o Verde (Decreto nº 14.708/2011) é um exemplo dessas parcerias entre poder público e sociedade, para os fins de implantação, reforma ou manutenção de áreas verdes públicas (praças, parques, canteiros, jardins e outras áreas passíveis de ajardinamento). O

adotante se compromete a manter as áreas verdes limpas e bem cuidadas, cabendo a Prefeitura o desenvolvimento dos projetos de implantação ou reforma e de paisagismo, o pagamento de contas de água e luz, o apoio técnico e permissão para colocação e placa no local adotado, divulgando a parceria¹¹.

Através do Plano Diretor, ao longo do tempo Belo Horizonte foi ampliando suas diretrizes para áreas verdes, a partir também da ampliação do entendimento de áreas verdes, que passaram a ser vistas como fundamentais para promoção da qualidade de vida humana e da avifauna, para a garantia da manutenção da biodiversidade e dos bancos genéticos, vistas como áreas de esponja e infiltração para as águas pluviais, como elemento paisagístico e de lazer etc.

Entretanto, embora o entendimento e a importância das áreas verdes tenham se ampliado ao longo do tempo, elas ainda são abordadas na legislação municipal enquanto diretrizes. Não há a definição de parâmetros ambientais que possibilitem a ampliação, requalificação e manutenção de áreas verdes. É preciso considerar parâmetros que atendam à questão ambiental para além das necessidades de permeabilidade, a qual não garante áreas com vegetação expressiva que são significantes para a paisagem, para a ambiência urbana e para os serviços ecossistêmicos.

Com planejamento adequado e eficiente, as cidades são capazes de promover recursos substanciais de biodiversidade, aumentar a funcionalidade ecológica e maximizar os serviços ecossistêmicos oferecidos (CBD, 2013; URBES, 2013 apud Monteiro, 2016). Por exemplo, a arborização urbana nas calçadas contribui para a regulação do microclima, a permeabilidade através de jardins e a provisão para espécies da fauna e da flora.

A leitura territorial da regional Centro-sul, quanto do restante de Belo Horizonte, realizada neste trabalho permitiu identificar que os fragmentos de vegetação robusta remanescentes estão localizados em áreas protegidas e amparadas pela Lei (como áreas de conservação, de proteção permanente, de interesse ambiental ou parques e praças). O que significa dizer que a criação e conservação de áreas verdes não ocorrem de forma espontânea no município. Por isso é fundamental a criação de parâmetros que possibilitem a ampliação desses espaços pela cidade, bem como que garantam a sua preservação.

A instrumentalização através de parâmetros ambientais permitirá a conservação e restauração dos serviços ecossistêmicos em áreas urbanas, buscando também a redução dos insumos consumidos e dos dejetos produzidos pela cidade, de modo a alinhar com os Objetivos

¹¹ Praça situada na avenida Silviano Brandão participa do Programa Adote o Verde. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/praca-situada-na-avenida-silviano-brandao-participa-do-programa-adote-o-verde>>.

do Desenvolvimento Sustentável, mitigar os efeitos das mudanças climáticas e tornar as cidades mais justas, saudáveis e resilientes.

A seguir são apresentados os instrumentos e/ou parâmetros que podem servir como norteadores da política urbana ambiental, de forma a estabelecer o comprometimento com a gestão sustentável dos recursos naturais, proteger e qualificar o ecossistema urbano, com a redução de risco de desastres, concomitantemente à promoção do desenvolvimento econômico sustentável e do bem-estar e da qualidade de vida.

5.7. Proposição – Abordagem municipal

Com vistas a evidenciar as áreas mais indicadas a receberem propostas alternativas (parâmetros, instrumentos e intervenções urbanísticas) visando aprimorar a qualidade ambiental, realizou-se uma análise/síntese de alguns dos dados da leitura territorial para a escala municipal, com o objetivo de identificar as áreas mais indicadas para a manutenção e preservação ambiental, bem como aquelas mais vulneráveis, e que, portanto, demandam atenção especial para recuperação e requalificação ambiental.

Cabe ressaltar, que no caso da escala municipal, os parâmetros elaborados para serem utilizados em workshops futuros de Geodesign, serão aplicados nas zonas que são caracterizadas como ocupações urbanas e que, portanto, não seriam reaplicadas na escala municipal, embora a trama verde e azul possa ser também aplicada nas áreas de zona de expansão urbana.

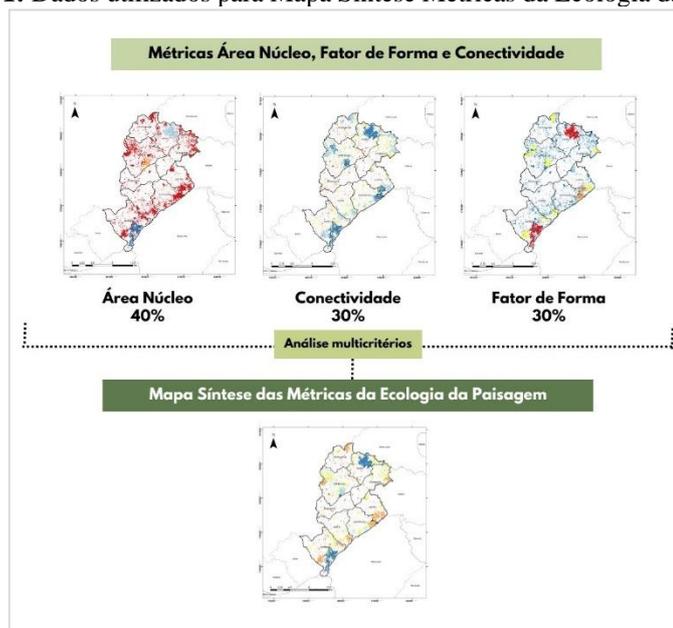
A análise combinou o seguinte conjunto de dados: temperatura de superfície (referente ao ano de 2020) para a identificação de locais com temperaturas amenas, correlacionados, em certa medida à presença de vegetação; mapa síntese de importância hídrica, determinando as áreas de maior e menor relevância hídrica, destacando as áreas com maior interesse para proteção e aquelas que exigem maior atenção para recuperação, respectivamente; mapa síntese das métricas da ecologia da paisagem para identificar os fragmentos mais e menos qualificados (avaliando a condição desses fragmentos); e os dados de Áreas de Diretrizes Especiais (ADE) de Belo Horizonte.

A questão hídrica é um recurso de destaque na qualidade ambiental e, portanto, a identificação das áreas de maior e menor importância hídrica é importante no direcionamento de ações estratégicas para manutenção e preservação das áreas de importância hídrica, e também na adoção de medidas de cuidado e estratégias de recuperação para daquelas que apresentam uma menor importância hídrica.

No que se refere ao dado de Temperatura de superfície, ele foi utilizado pois a leitura territorial para Belo Horizonte permitiu a identificação de como a temperatura de superfície está diretamente relacionada à presença da vegetação robusta e da urbanização, visto que as áreas com temperaturas amenas e amenas à média estão associadas a presença de vegetação notável enquanto as áreas com temperaturas mais elevadas são aquelas mais ocupadas e adensadas.

Também foram utilizados os mapas das métricas individuais (Conectividade, Área Núcleo e Fator de Forma), realizados na etapa de leitura do território, para geração de um mapa síntese das métricas (Figura 63). Para a síntese foi utilizada a Análise de Multicritérios com uso do método de Pesos de Evidência, classificando os fragmentos conforme suas condições. O método de pesos de evidência realiza a integração simultânea de todas as variáveis, atribuindo a cada uma um peso de importância predefinido. O resultado desse processo consiste em um ranking classificatório que indica um potencial ou uma vulnerabilidade, nesse caso a classificação evidenciou os fragmentos com melhores condições.

Foram atribuídos pesos para cada variável, sendo a métrica de Área Núcleo considerada a mais importante na análise, por indicar os fragmentos vegetais mais preservados e portanto, recebeu peso de 40%. Já as métricas de Fator de Forma e de Conectividade foram consideradas com mesma relevância na análise, logo mesmo peso de evidência de 30% cada. Também foram atribuídas notas para cada componente de legenda segundo o grau de pertinência e conforme o objetivo da análise. Isto é, no mapa síntese cujo objetivo é o de identificar as áreas potenciais de preservação, o dado de temperatura de superfície as classes que indicam uma temperatura de superfície mais amenas são mais relevantes (maior nota), enquanto para o mapa de áreas de vulnerabilidade para recuperação, as temperaturas de superfície mais quentes são mais pertinentes, pois indicam áreas que demandam intervenções.

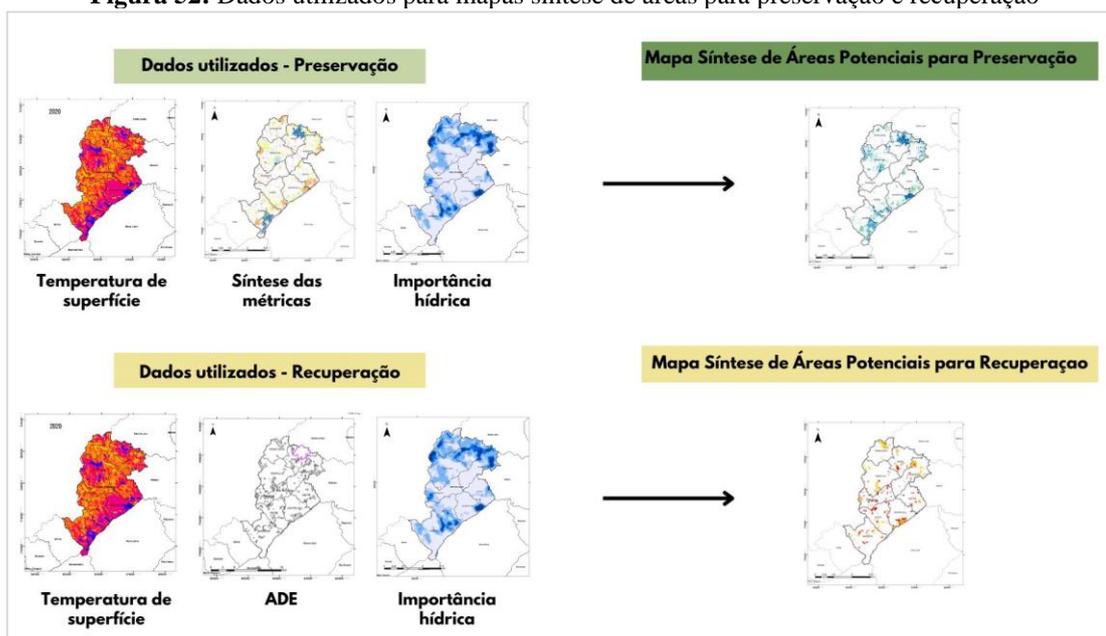
Figura 51: Dados utilizados para Mapa Síntese Métricas da Ecologia da Paisagem

Fonte: elaborado pela autora

Já os dados de Áreas de Diretrizes Especiais (ADE) de Belo Horizonte foi utilizado para indicar as áreas com interesse ambiental, mas que não apresentam nenhuma que ainda não apresentam nenhum tipo de proteção, portanto, mais vulneráveis. Também considera as áreas mais frágeis ou já antropizadas, com ausência de recursos, mas de interesse ambiental, isto é, áreas estratégicas para recuperação ambiental. Por esse motivo, a ADE Izidora por ser uma área de expressividade ambiental e bastante vegetada foi retirada dessa parte da análise, que o objetivo era a identificação de áreas mais vulneráveis.

O resultado foi a elaboração de dois mapas sínteses, um com a indicação de Áreas Potenciais para Preservação (Figura 54) e um com as Áreas Potenciais para Recuperação (Figura 55). Para o mapa voltado a identificação das **áreas potenciais de preservação** foram combinados os mapas de Temperatura de superfície, o de síntese das métricas da Ecologia da paisagem, indicando a presença de fragmentos que quanto mais qualificados mais indicados para a manutenção e proteção; e o mapa de Importância hídrica que quanto mais importante, maior o interesse em preservar. Para o mapa de áreas potenciais de recuperação foram utilizados o mapa de Temperatura de superfície, quanto mais quente mais necessário intervir; o mapa com as Áreas de Diretrizes Especiais (ADE), uma vez que quanto menos vegetação, áreas mais antropizadas e frágeis maior a necessidade de intervenção; e por fim o Mapa de importância hídrica, já que quanto menos importância hídrica maior a necessidade de cuidar e recuperar a área.

Figura 52: Dados utilizados para mapas síntese de áreas para preservação e recuperação



Fonte: autora

No contexto da gestão e planejamento territorial, é imperativo que o gestor adote uma abordagem estratégica e equilibrada ao decidir sobre intervenções no espaço urbano. Nesse sentido, as estratégias e ações devem ser embasadas em análises espaciais utilizando-as como ferramentas orientadoras para alcançar objetivos específicos. O gestor, ao tomar decisões que moldam o ambiente urbano, deve buscar simultaneamente a proteção e a requalificação desse espaço, reconhecendo a complexidade das necessidades e demandas locais.

Os mapas sínteses aqui apresentados, apesar de não se configurarem como um zoneamento tradicional, podem desempenhar um papel de suporte no processo decisório territorial. Eles fornecem um panorama sobre o "onde" das intervenções, servindo como instrumentos que norteiam as escolhas do gestor quanto as áreas potenciais tanto para a preservação quanto aquelas que demandam recuperação ambiental. Ao destacar áreas prioritárias para proteção e aquelas que demandam requalificação, esses mapas-guias oferecem uma visão estratégica que ajuda a direcionar os esforços para onde são mais necessários.

Dessa forma, a distribuição das intervenções urbanísticas, parâmetros ou instrumentos propostos a seguir para a Escala Municipal podem servir de suporte ao gestor pautando quais propostas são mais adequadas a proteção e/ou requalificação.

Figura 53: Mapa da Síntese das Métricas da Ecologia da Paisagem

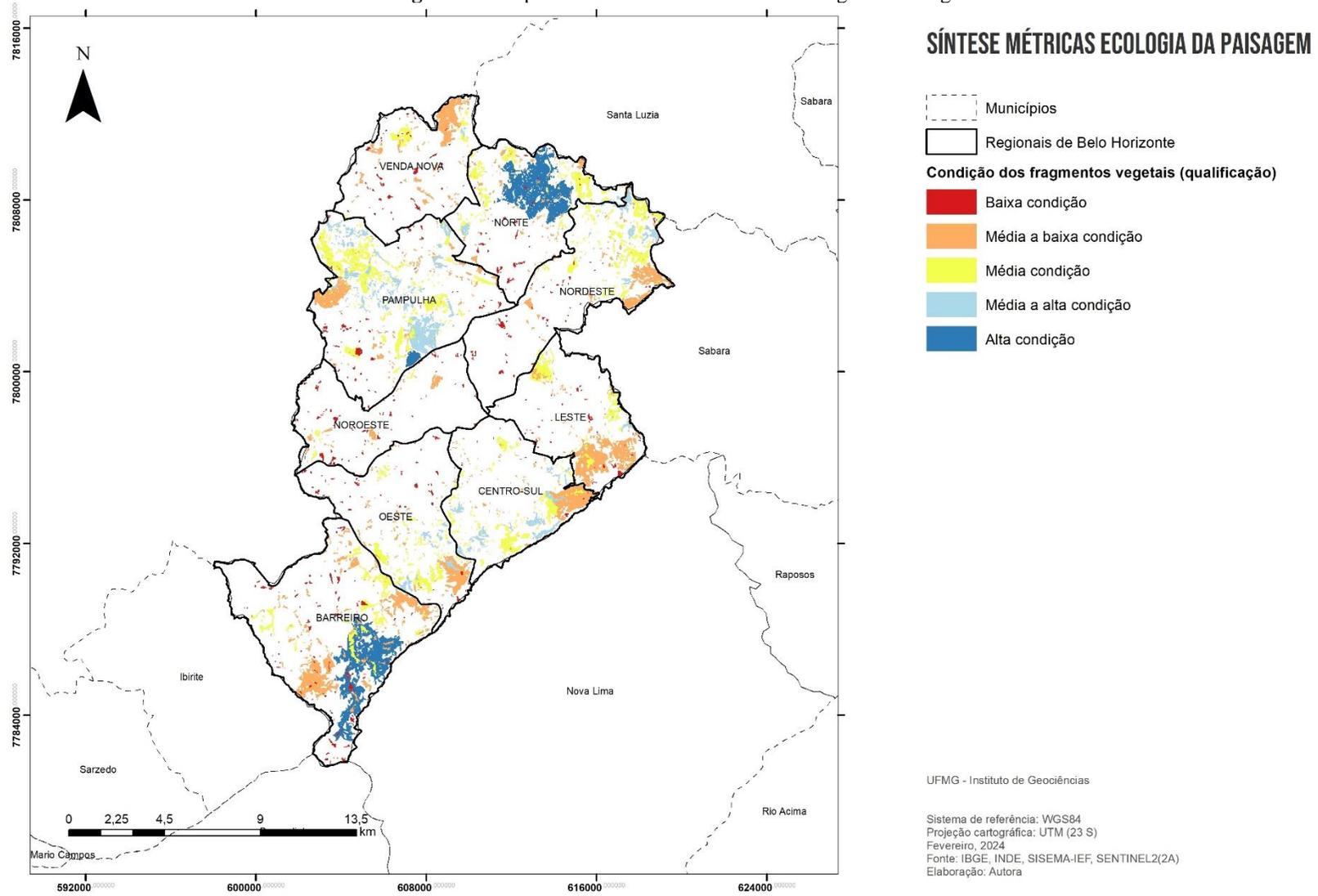


Figura 54: Mapa de áreas potenciais para preservação

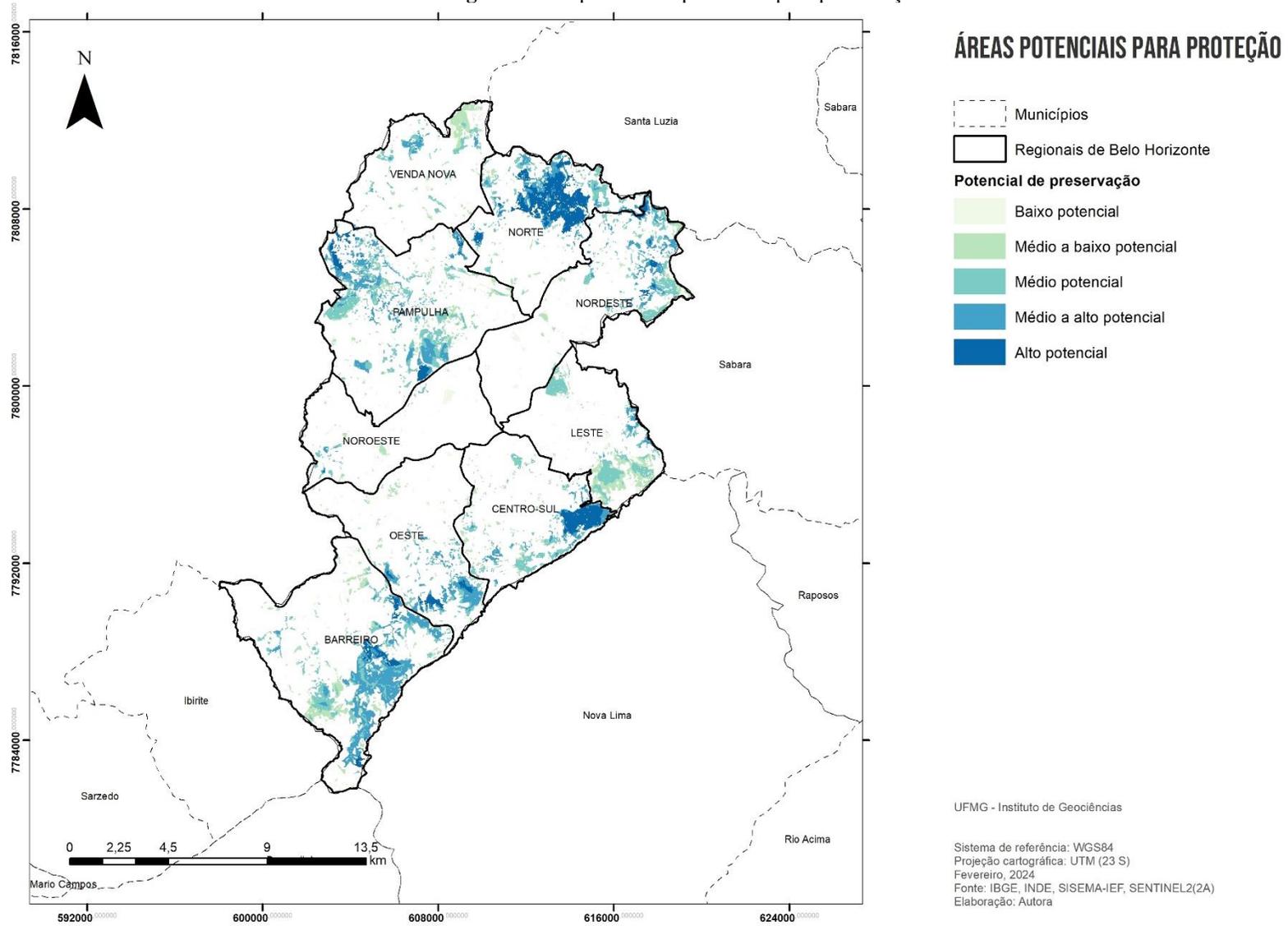
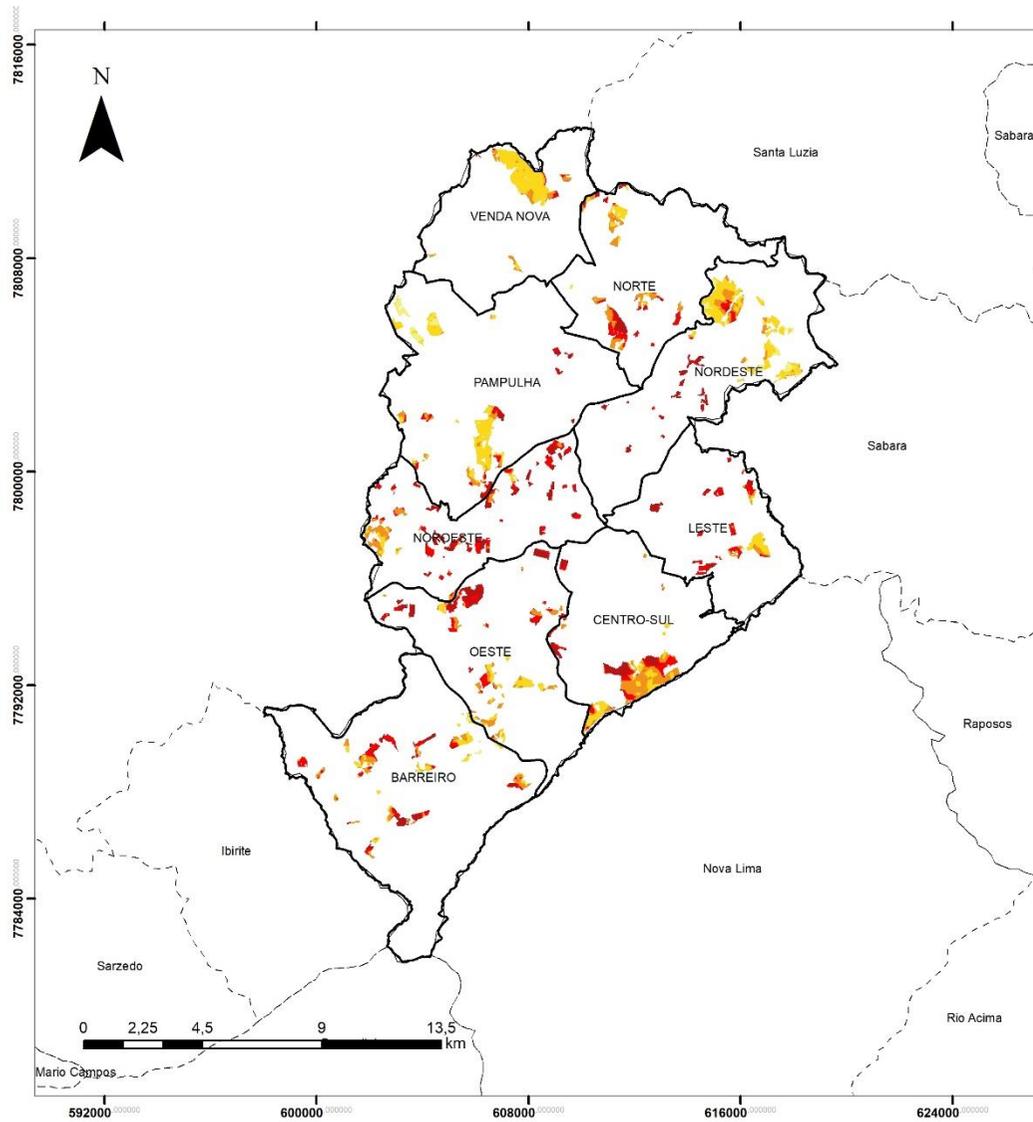


Figura 55: Mapa de áreas potenciais para recuperação



ÁREAS POTENCIAIS PARA PROTEÇÃO

- Municípios
- Regionais de Belo Horizonte
- Áreas ambientalmente vulneráveis**
 - Alta vulnerabilidade
 - Média a média vulnerabilidade
 - Média vulnerabilidade
 - Média a alta vulnerabilidade
 - Alta vulnerabilidade

UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Fevereiro, 2024
 Fonte: IBGE, INDE, SISEMA-IEF, SENTINEL2(2A)
 Elaboração: Autora

Os parâmetros, instrumentos e possíveis intervenções urbanísticas aqui propostos são apresentados em formato de ficha contendo informações como: Nome e a descrição; impacto (curto ou longo prazo); tipo (tradicional ou inovador); responsabilidade (poder público, iniciativa privada); Leis de benefícios; benefícios proporcionados pelo parâmetro (texto e ícones); local de implementação e imagem de referência de aplicação.

A indicação do tipo de **Impacto** do parâmetro/instrumento ocorre em razão de abordar a questão do tempo de percepção dele na paisagem. Quando um parâmetro urbanístico de impacto é implementado em áreas muito transformadas e impactadas como a Regional Centro-sul, em geral os resultados na paisagem serão perceptíveis em um espaço temporal maior, visto que acontecerá com a substituição de usos e da propriedade, a partir da transformação de propriedade, unidades unifamiliares em multifamiliares, ou através do uso, residencial em uso misto. A substituição de uso e propriedade poderá exigir uma contrapartida ambiental significativa. Os efeitos desse tipo de parâmetro são percebidos em um prazo mais prolongado, uma vez que demandam a dinâmica de mercado de substituição. Em contrapartida, os parâmetros de menor impacto, como jardins de chuva, cobertura verde etc., atuam como ações imediatas mitigadoras e de correção de conduta, sendo seus efeitos perceptíveis em espaço de tempo menor.

O campo **Tipo**, indica se é um parâmetro convencional, comumente conhecido e implementado ou se é um parâmetro do tipo não convencional, que incorpora conceitos de desenvolvimento urbano arrojados e ambiciosos, mais inovadores e articulados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O campo **Responsabilidade**, diz respeito a responsável pela implementação do parâmetro, podendo ser poder público e/ou iniciativa privada (sociedade civil). As soluções propostas podem apresentar algum tipo de incentivos, que podem constituir em benefícios edilícios ou fiscais (**Leis de benefícios**). Também é apresentado, quando ocorrer, um local onde o parâmetro já foi implementado (**Local de implementação**).

Ainda são apresentados os benefícios proporcionados pela implementação do parâmetro, com indicação de referências de estudiosos do tema. Para uma rápida identificação dos benefícios foram criados ícones para cada uma das seis (06) categorias de contribuições aqui consideradas. Foram considerados os benefícios: à **Ecologia**, contribuição à biodiversidade da fauna e da flora; aos **Riscos geológicos**, como a contenção de encostas; à **Drenagem**, com a melhoria da infiltração; ao **Microclima**, como redução de ilhas de calor; ao **Paisagem**, com a melhoria da qualidade da paisagem; e ao **Lazer**, com a criação de áreas verdes que contemplem recreação.

Figura 56: Categorias de benefícios dos Parâmetros urbanísticos ambientais



Fonte: autora.

As propostas que se seguem foram indicadas a partir do entendimento de que a infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma rede (espaços interconectados) e multifuncionais; portanto, elementos e funções adicionais podem ser incorporados à rede, como áreas de lazer, locais turísticos e culturais, hortas, áreas de cultivo etc., contribuindo para a saúde e qualidade de vida das comunidades.

A infraestrutura verde enfatiza a importância dos espaços livres verdes como parte de um sistema interconectado que é protegido e gerenciado para a promoção de benefícios ecológicos. Enquanto as áreas verdes são frequentemente vistas como alguma coisa que é boa de ter, para a infraestrutura verde elas são uma coisa que tem que se ter. Proteger e restaurar o nosso sistema natural de suporte à vida é uma necessidade. Enquanto os espaços verdes são comumente vistos como auto-sustentáveis, a infraestrutura verde sugere que os espaços verdes e os sistemas naturais devem ser ativamente protegidos, manejados e, em alguns casos, restaurados." (Benedict; McMahon, 2006 p.2 tradução Vasconcellos, 2016).

Tabela 22: Ruas verdes

Parâmetro, instrumento ou intervenção:	
Impacto: curto prazo	Local de aplicação: Vauban - Freiburg/Alemanha
Tipo: não convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público	
Lei de benefícios: não se aplica	Fonte: Vauban, Freiburg (Alemanha) . Acesso em: 30 jan 2022
<p>Proposta: Ruas com arborização intensa. São ruas de circulação viária mais restritas, privilegiando o trânsito de pedestres e ciclistas. A arborização deve dar preferência a vegetação nativa que promova biodiversidade urbana e com indicação adequada a cada uso. As ruas devem ser compostas por outros recursos da infraestrutura verde como: jardim de chuva, pavimentos porosos, valas vegetadas (biovaletas) etc.</p>	
<p>Benefícios: A maioria dos benefícios está relacionada aos serviços ecossistêmicos proporcionados pela cobertura vegetal arbórea, capaz de melhorar a qualidade do ar, aumento da umidade através da evapotranspiração, proporciona sombreamento, diminuição possibilita a captura de carbono, diminui o escoamento superficial, reduz as ilhas de calor e também os níveis de ruídos. Ademais, a vegetação possibilita conexões para a avifauna e microfauna entre os fragmentos de vegetação ao longo da cidade (como de praças e parques), estimula a circulação de baixo impacto, valoriza a área etc. (Herzog, 2009 apud Vasconcellos, 2015).</p>	Fonte: Vauban, Freiburg (Alemanha) - The Guardian Acesso em: 30 jan 2022

Tabela 23: Parque Linear

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Parque Linear	
Impacto: Longo prazo	
Tipo: não convencional	Local de aplicação: Parque Lineal Ferrocarril de Cuernavaca ¹² (Cidade do México / México).
Responsabilidade: Poder público ou parceria público privada	Imagem de referência:
Lei de benefícios: não se aplica	
<p>Proposta: Áreas lineares de vegetação abrangendo rios e córregos, atuando de conduto biológico para a vida selvagem, contemplando a função de áreas de lazer, de mobilidade urbana (como ciclovias) e ainda podendo recuperar e requalificar áreas da cidade, bem como possibilitar a preservação de patrimônio histórico.</p>	

¹² Contempla 4,5 quilômetros de extensão, cujo objetivo com sua implantação era equilibrar vida urbana, social, econômica e preservação do patrimônio. Foi construído ao longo de uma linha ferroviária histórica que está em desuso e ocupa mais de 17.500 m² (Archdaily México, 2018).

Benefícios: Conservação da biodiversidade e dos recursos naturais, formação de corredores ecológicos, aumento de áreas verdes, recuperação de áreas degradadas, prevenção a enchentes e alagamentos, melhoria do microclima urbano, redução da poluição do ar e particulados, integração e harmonização do ambiente natural com urbano (Colding, 2007). Possibilita a relação de áreas e corredores verdes, com equipamentos culturais e sociais, acomodando, especialmente, atividades de recreação e lazer, podendo também incorporar uma rede de transporte público e sustentável (como ciclovias). Isto é, é uma rede de espaços interconectados, tratando as questões relacionadas ao conforto ambiental, biodiversidade, manejo das águas, alternativas de circulação, acessibilidade, imagem local e lazer, gestão do uso do solo, promovendo benefícios à sociedade. (Custódio & Brinker, 2012).



Fonte: [Parque linear - Archdaily.mx](https://www.archdaily.mx). Acesso em: 02 fev 2024

Tabela 24: Corredores ecológicos urbanos

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Corredores ecológicos urbanos	
Impacto: longo prazo	Local de aplicação: Madrid Río ¹³ (Madri - Espanha) /
Tipo: não convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: poder público e ou parceria público-privada	
Lei de benefícios: não se aplica (obrigatoriedade)	
<p>Proposta: Espaços livres lineares que se ligam áreas não lineares ou grandes manchas de espaços naturais, constituindo sistemas de espaços, planejados, projetados e geridos para fins múltiplos, incluindo objetivos ecológicos, recreativos, culturais, estéticos e produtivos, compatíveis com o conceito de sustentabilidade.</p>	
<p>Benefícios: A floresta urbana é importante proteção da biodiversidade ecológica e de sustentação de rotas de dispersão da fauna (Forman 1995). Contribui para a proteção de nascentes e cursos d'água para o equilíbrio das funções relacionadas ao clima, umidade, qualidade do ar e da água e gerenciamento acústico, age contra problemas geológicos e alagamentos, (Falcón, 2008; Fonseca <i>et al.</i>, 2015 apud Rosa, 2017). Os corredores interconectados e entrelaçados na paisagem quando associados a fragmentos de ecossistemas de fontes internas e externas à matriz, conformam redes de habitats (Cook,1991). A temperatura atmosférica e da superfície e a poluição do ar são menores em espaços arborizados, (Vailshery <i>et al.</i>, 2013). Por melhorarem a qualidade do ar, ajudam a prevenir problemas respiratórios do contato com a poluição do ar urbana.</p>	<p>Fonte: Madrid Río - corredor verde. Acesso em: 30 jan 2022</p>

¹³ É um grande corredor verde realizado a partir do soterramento da M-30 (anel rodoviário da cidade de Madri) em sua passagem pela zona madrilenha do rio Manzanares.

Tabela 25: Rios urbanos

Parâmetro, instrumento ou intervenção:	
Impacto: longo prazo	Local de aplicação: Rio <i>Cheonggyecheon</i> (Seul - Coreia do Sul)
Tipo: Convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público	
Lei de benefícios: não se aplica	
<p>Proposta: Renaturalização de rios ou córregos urbanos, com o processo de transformação de rios, canalizados ou enterrados, em rios vivos, regenerando suas funções hidrológicas e biológicas, com biodiversidade nativa (aquática e terrestre) abertura do curso d'água e a ampliação da largura anterior, levando em conta as áreas de cheias. A abertura do rio pode contar instalações de artes públicas, espaços para o pedestre, com corredores para cruzar o córrego, a plantação de novas árvores, implantação de centros comunitários, criação de um parque linear, além de poder contemplar pequenos negócios realizados na área adjacente ao rio.</p>	<p>Fonte: Rio Cheonggyecheon. Acesso em: 30 jan 2024</p>
<p>Benefícios: Os rios urbanos podem trazer benefícios paisagísticos que vão além da valorização do desenho urbano, estabelecendo conexão da cidade com os elementos naturais (Morsch <i>et al.</i> 2018), além de serem fundamentais para garantir o habitat de flora e fauna, tendo também papel no equilíbrio do ciclo hidrológico das cidades (Gomes Sant'anna, 2020). Além nova qualidade ambiental proporcionada, a diminuição do efeito de ilha de calor é um dos pontos positivos da proposta. Reconfiguração das formas de interações entre os pedestres e veículos, modificando seus direitos de passagem, bem como a relação das pessoas com os cursos d'água da cidade. (Observatório de inovação para cidades sustentáveis)</p>	
	<p>Fonte: Wikipedia - Rio Cheonggyecheon. Acesso em: 30 jan 2024.</p>

Tabela 26: Bosques comunitários

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Bosques comunitários	
Impacto: Longo prazo	Local de aplicação: Bosque Reinhard Maack – Curitiba (RS) / Brasil
Tipo: Convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público	
Lei de benefícios: Não se aplica	
Proposta:	<p>Fonte: Archdaily - Jardins flutuantes estão transformando o rio Chicago. Acesso em: 26 jan 2024.</p>
<p>Benefícios: “Los bosques urbanos, si están bien diseñados y distribuidos, pueden tener funciones clave para aumentar la igualdad social, promover un sentido de comunidad entre los residentes y garantizar el mantenimiento de los valores culturales locales” (FAO, 2017, p. 56). Mesmo em uma escala menor, os bosques também podem oferecer benefícios ambientais como combate à poluição do ar; regulação da umidade e temperatura do ar; contribuição à permeabilidade, fertilidade e umidade do solo, protegendo contra processos erosivos; redução dos níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho nas cidades, dentre outros. (Benini e Godoy, 201).</p>	

Tabela 27: Parques urbanos

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Parques urbanos	
Impacto: Longo prazo	Local de aplicação: Parque do Ibirapuera – São Paulo (SP) / Brasil
Tipo: Convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público	
Lei de benefícios: Não se aplica	
<p>Proposta: Áreas urbanas destinadas à preservação natural e integral do espaço, bem como que proporcione espaços de lazer para a população.</p>	
<p>Benefícios: São conhecidos pelos benefícios ambientais, tais como: combate à poluição do ar; regulação da umidade e temperatura do ar; contribuição à permeabilidade, fertilidade e umidade do solo, protegendo contra processos erosivos; redução dos níveis de ruído servindo como amortecedor do barulho nas cidades, dentre outros. Em síntese, contribuem para conforto ambiental dos locais onde estão inseridas. Somam-se a essas funções a de embelezamento da cidade, bem como a função do lazer (Benini e Godoy, 201).</p>	<p>Fonte: São Paulo in foco - PARque do Ibirapuera Acesso em: 26 jan 2024.</p>

Tabela 28: Parques alagáveis

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Lagos pluviais	
Impacto: Curto prazo	Local de aplicação: Parque de águas pluviais – Haerbin, China
Tipo: Convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público	
Lei de benefícios:	<p>Fonte: Archdaily Parque Manancial de Águas Pluviais / Turenscape Acesso em: 02 fev 2024.</p>
<p>Proposta: São lagos artificiais com vegetação, projetados para reter água, cujo nível oscila conforme a precipitação e o escoamento. São construções elaboradas com o objetivo de permanecerem parcialmente alagadas durante vários meses do ano, além de serem projetados estrategicamente à beira de rios, córregos ou qualquer curso d'água, mas perto de regiões com depressão, formando regiões geográficas com o diferencial de facilitar o armazenamento de água. São projetados para direcionar o excesso de água para outro local, caso os níveis de água ultrapassem o limite.</p>	

Benefícios: Sua principal função e benefício é gerenciar o escoamento de águas pluviais para evitar inundações e o processo de erosão. As vantagens obtidas com a construção do parque é o armazenamento de grandes quantidades de água, a recuperação da qualidade da água e a cooperação com o habitat. Entretanto sua limitação é justamente a necessidade de grandes áreas para implantação do sistema (Herzog, 2009 apud Vasconcellos, 2015). Durante o período das cheias, as estruturas contam com passarelas ou pequenas pontes suspensas para que os visitantes possam frequentá-los. Nos períodos mais secos estes espaços podem também ser livremente visitados, cumprindo a função de espaços de lazer. (Serra, 2023).



Fonte: Trentini, 2021 apud Serra, 2023. .

6 LEITURA DO TERRITÓRIO – ABORDAGEM LOCAL

A escolha da Unidade administrativa Centro-sul de Belo Horizonte enquanto escala de análise local se deu por ser uma regional integrada à paisagem do Quadrilátero Ferrífero, não estando localizada às bordas e evitando os “efeitos de borda” de análise. A Centro-sul está entre as regionais de maior densidade populacional e as que apresentam maior infraestrutura e diversidade de serviços institucionais, culturais e financeiros, sendo muito acessada e utilizada não apenas por seus moradores. Ademais, é uma escolha metodológica propor estratégias e parâmetros verdes para um contexto urbano já consolidado em termos de transformação, como é o caso da área de estudo em questão, apresentando o potencial de ser referência para outros estudos no Brasil.

A regional centro-sul está localizada em uma região bem central de Belo Horizonte, reunindo a maior parte do patrimônio histórico, arquitetônico e cultural da cidade. Com população de 283.776 habitantes e 102.346 domicílios, tem 31,7 km de extensão territorial e uma densidade populacional de 8.943 habitantes/km². Além do centro tradicional, a regional também zonas residenciais. A região Centro-Sul também repleta de pontos icônicos que servem como referências para os habitantes de Belo Horizonte, como a Praça Sete de Setembro, a Matriz da Boa Viagem, o Mercado Central, o Minascentro, o Palácio das Artes, a Feira Tom Jobim, a Feira de Arte, Artesanato e Produtores de Variedades da Avenida Afonso Pena, entre outros. (Prefeitura de Belo Horizonte, 2024). Destacam-se ainda o Parque Municipal e o Parque das Mangabeiras, que desempenham papéis fundamentais como espaços de lazer para a população e a presença de vegetação com espaços ambientais de qualidade urbana.

6.1. NDVI

A análise do NDVI (Figura 57) permitiu constatar que a distribuição da vegetação notável não ocorre de forma homogênea pela regional, sendo pouco expressiva ou inexistente sua presença na maior parte do território. As áreas de vegetação robusta e os fragmentos mais notáveis em tamanho estão localizados na franja das serras e no parque das Mangabeiras e/ou quase que exclusivamente localizadas em áreas de preservação ambiental ou em parques; o que é um indicativo de que tais fragmentos não foram destruídos por serem protegidos por lei. Desse modo, é possível perceber a condição de vulnerabilidade a transformação dos fragmentos de vegetação localizados fora das áreas de proteção ambiental ou de parques, principalmente quando considerado o alto valor imobiliário que a regional apresenta, com alta concentração de prédios comerciais e residenciais, cujo cenário é de forte pressão sobre as áreas não edificadas.

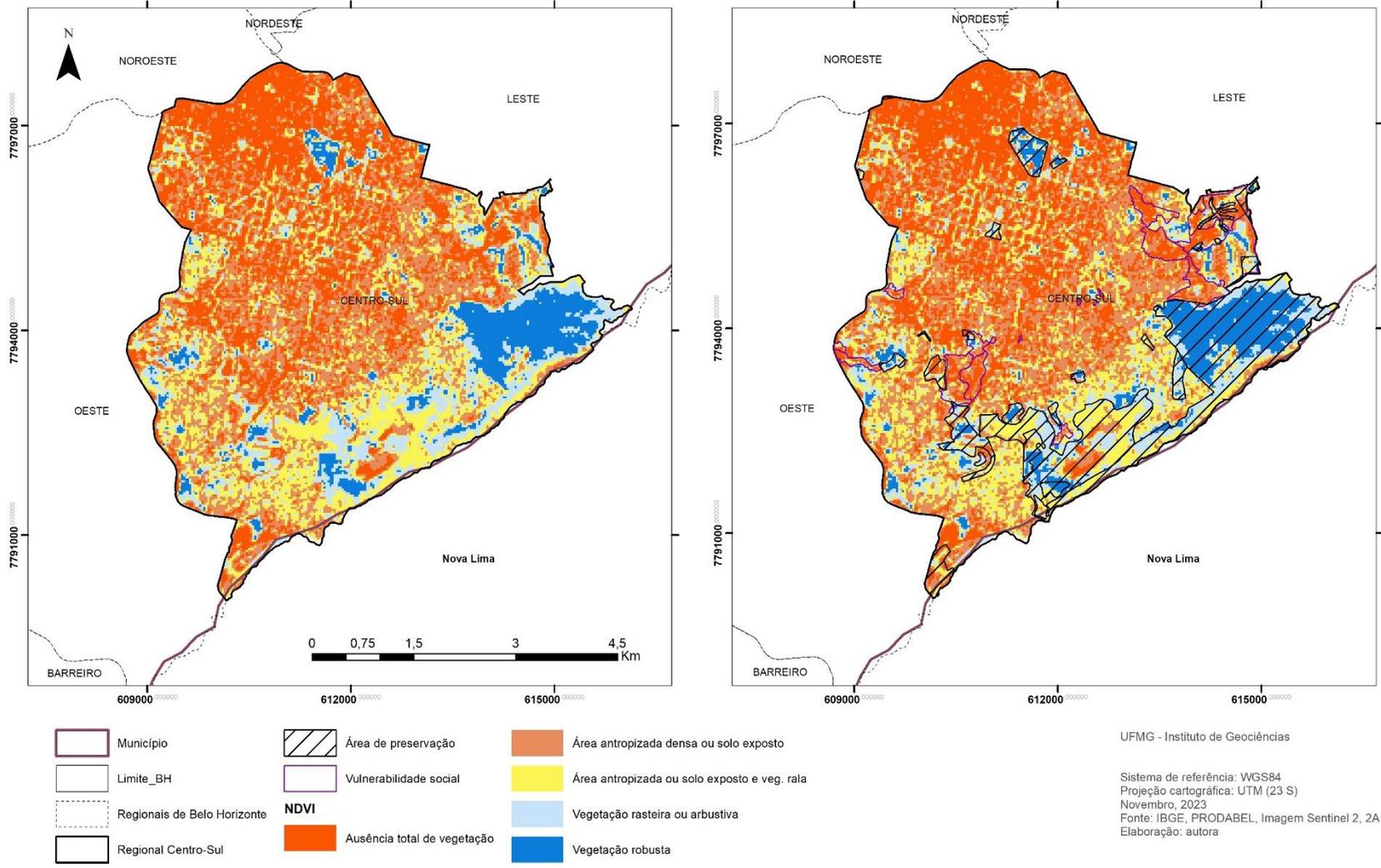
Não por acaso, os fragmentos em áreas não protegidas são de pequena dimensão, pontuais ou ainda localizados em praças ou áreas residuais.

Embora no entorno imediato existam fragmentos de vegetação robusta e arbustiva, as áreas de vulnerabilidade social (vilas e favelas, assentamentos e ZEIS) apresentaram condições de ausência total de vegetação. Ademais, esses fragmentos remanescentes de vegetação robusta não estão localizados em áreas de parque ou de preservação permanente e, portanto, não estão protegidos por lei. A impossibilidade de parametrização de parte dessas áreas vulnerabilidade social, devido ao seu caráter de “cidade informal”, torna ainda mais necessária a análise dessas porções territoriais, de modo a compreender as condições da vegetação e dos demais aspectos aqui analisados, que condicionam ou determinam as condições ambientais.

As áreas de ausência total de vegetação indicam possíveis áreas de impermeabilidade. Esta interpretação é possível, pois considerando a valorização do ponto de vista imobiliário da região, dificilmente as áreas sem vegetação são de solo exposto ou sem uso. Cabe ressaltar que as análises a partir do NDVI associadas à escala do lote contam com certo grau de generalização, visto que o pixel do NDVI é maior do que a área do lote. Desse modo, não é possível considerar as pequenas variabilidades, já que não há a mensuração dessa variável por lote. Entretanto, essa deficiência de dados não inviabiliza a análise. Dados de detalhamento de uso interno dos lotes permitiriam a identificação precisa das superfícies impermeáveis e outros tipos de análise.

É possível concluir que a criação de parques ou áreas de preservação têm garantido a preservação dos fragmentos robustos e o aumento da robustez, demonstrando a importância da criação e ampliação dessas áreas dentro do espaço urbano. Outro aspecto é a necessidade de criação de parâmetros que possibilitem o espalhamento das áreas verdes e, conseqüentemente, da qualidade ambiental ao longo da cidade, uma vez que a vegetação robusta está concentrada ao sul da regional, ficando a porção norte quase que totalmente com áreas de ausência total de vegetação.

Figura 57: Mapa de NDVI da Regional Centro-Sul
NDVI, ÁREA DE PRESERVAÇÃO E ÁREA DE VULNERABILIDADE SOCIAL



6.2. Métricas da Ecologia da Paisagem

A análise das métricas da Ecologia da Paisagem permitiu identificar um cenário em que a maior parte dos fragmentos de vegetação notável, fora das áreas de proteção, estão em situação de vulnerabilidade à transformação e, portanto, demandam maior atenção no que se refere à perda de áreas verdes. Embora a maioria dos fragmentos apresenta forma regular, são fragmentos com piores condições de área núcleo e baixa conectividade.

Como mencionado anteriormente, o fatiamento das classes da métrica é uma análise relativa (não absoluta) associada à escala de recorte. Isto é, a análise é realizada de modo a classificar os fragmentos de vegetação que têm uma melhor condição de servirem como infraestrutura-verde e os que têm piores condições, dentro da escala de análise. Assim como para as demais escalas de análise, o cálculo da área núcleo foi realizado medindo a área interna de um fragmento a partir da distância de 200 metros da borda. Todos os fragmentos de vegetação apresentaram as piores condições de área núcleo (Figura 58), permitindo compreender a fragilidade dos mesmos frente aos potenciais de transformação, isto é, estão menos protegidos das ações externas dos efeitos de borda.

Os fragmentos com melhores condições de conectividade (Figura 59) são aqueles localizados em áreas de parque ou de proteção ambiental. Entretanto, esses mesmos fragmentos são considerados vulneráveis por causa do péssimo fator de forma (Figura 60). Embora protegidos, precisam receber ações de melhoramento das condições, de modo a mitigar os efeitos de borda a que estão sujeitos. A condição de núcleo protegido, o equivalente a quase dois quarteirões (200m), é muito difícil de ser atingida em cidades com morfologias e distribuição de uso do solo como de Belo Horizonte, exceto na presença de parques e áreas de proteção. Diante disto, se destaca a importância do atributo de conectividade, de modo a garantir a relação entre os fragmentos e fazer o "*stepping stones*"¹⁴ até as áreas de parques e proteção.

¹⁴ pontos de ligação, funcionando como trampolins ecológicos

Figura 58: Mapa de Fragmentos de vegetação da Regional Centro-sul - Área Núcleo

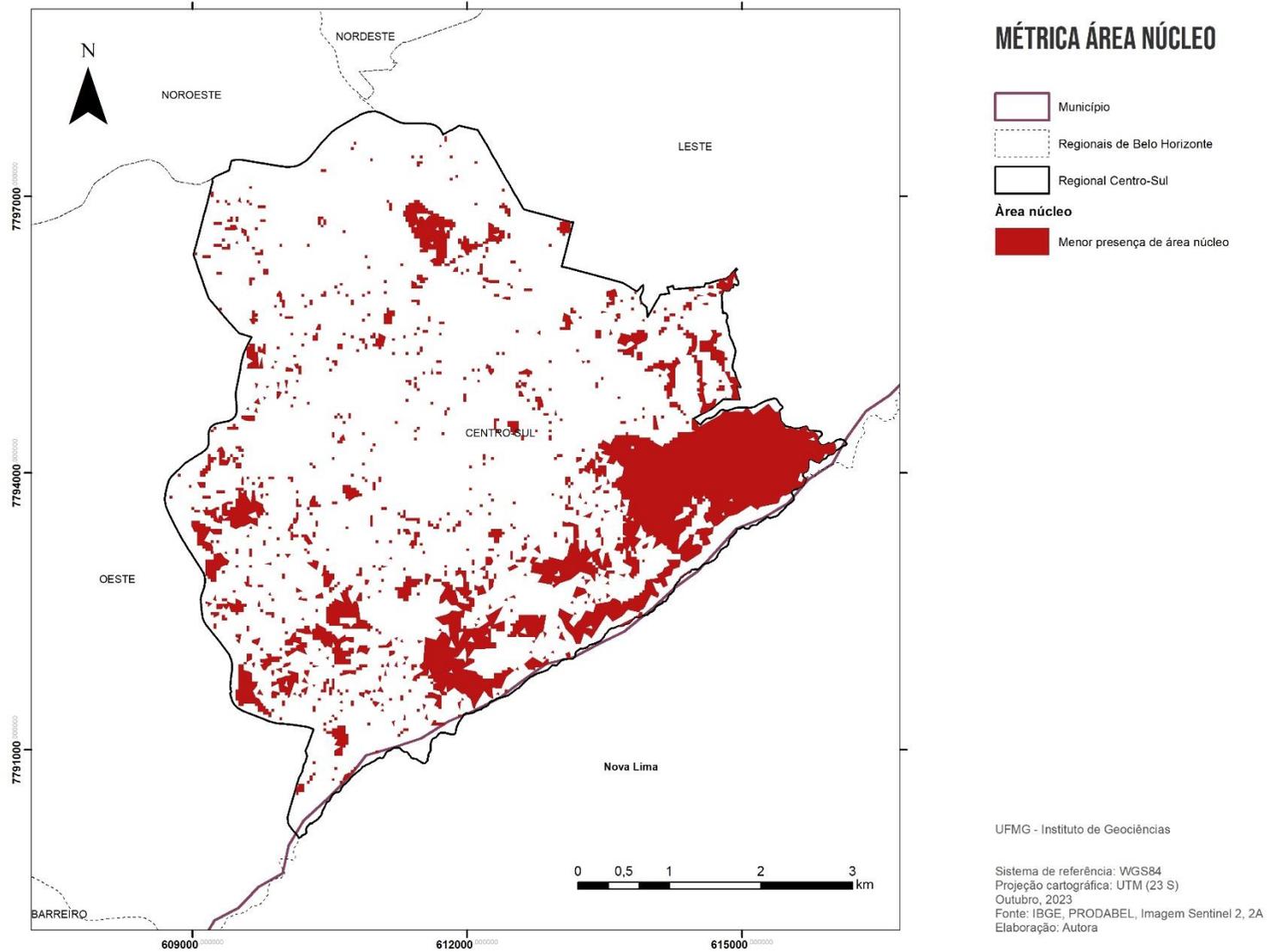


Figura 59 : Mapa de Fragmentos de vegetação da Regional Centro-sul – Conectividade

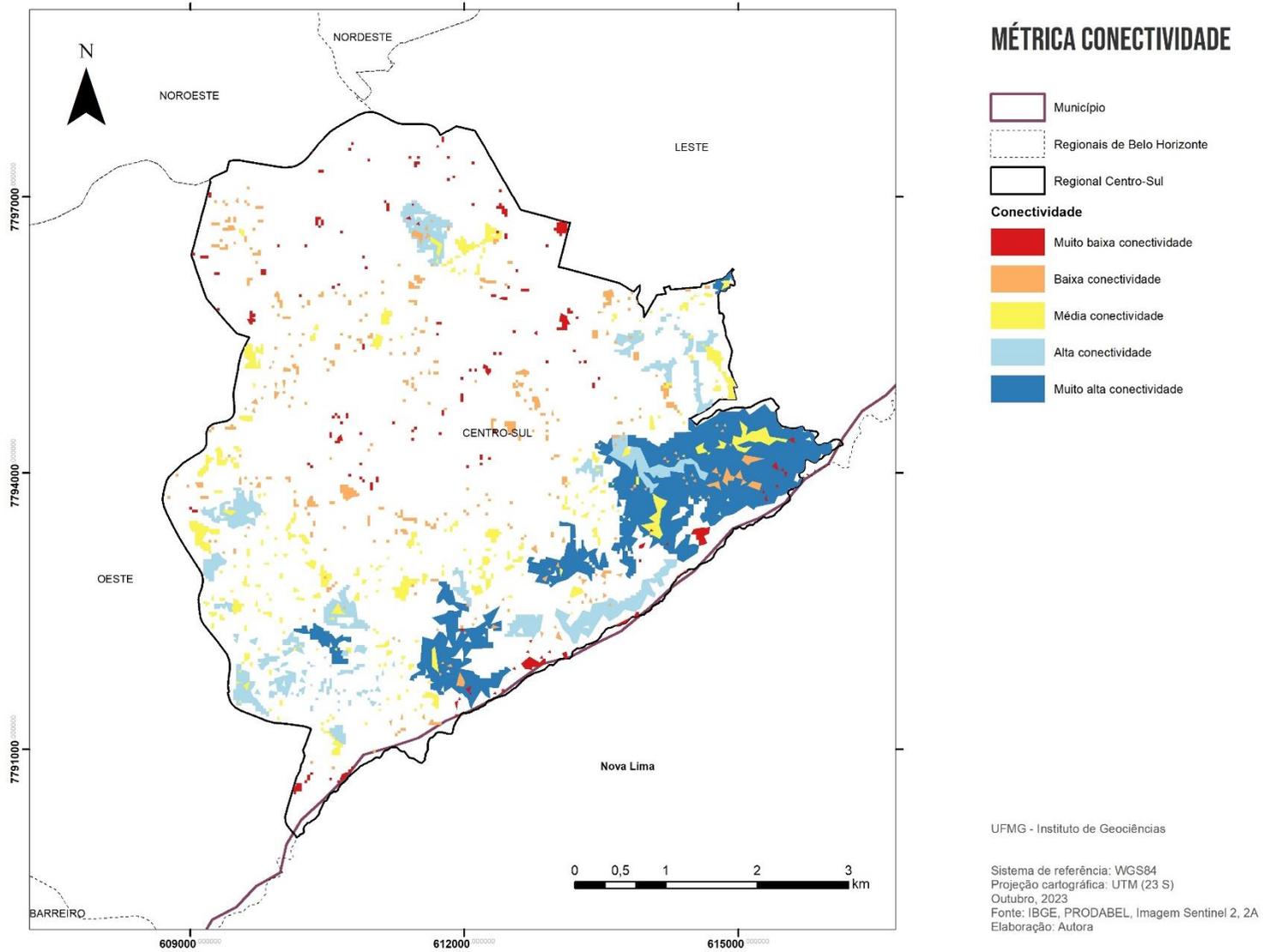
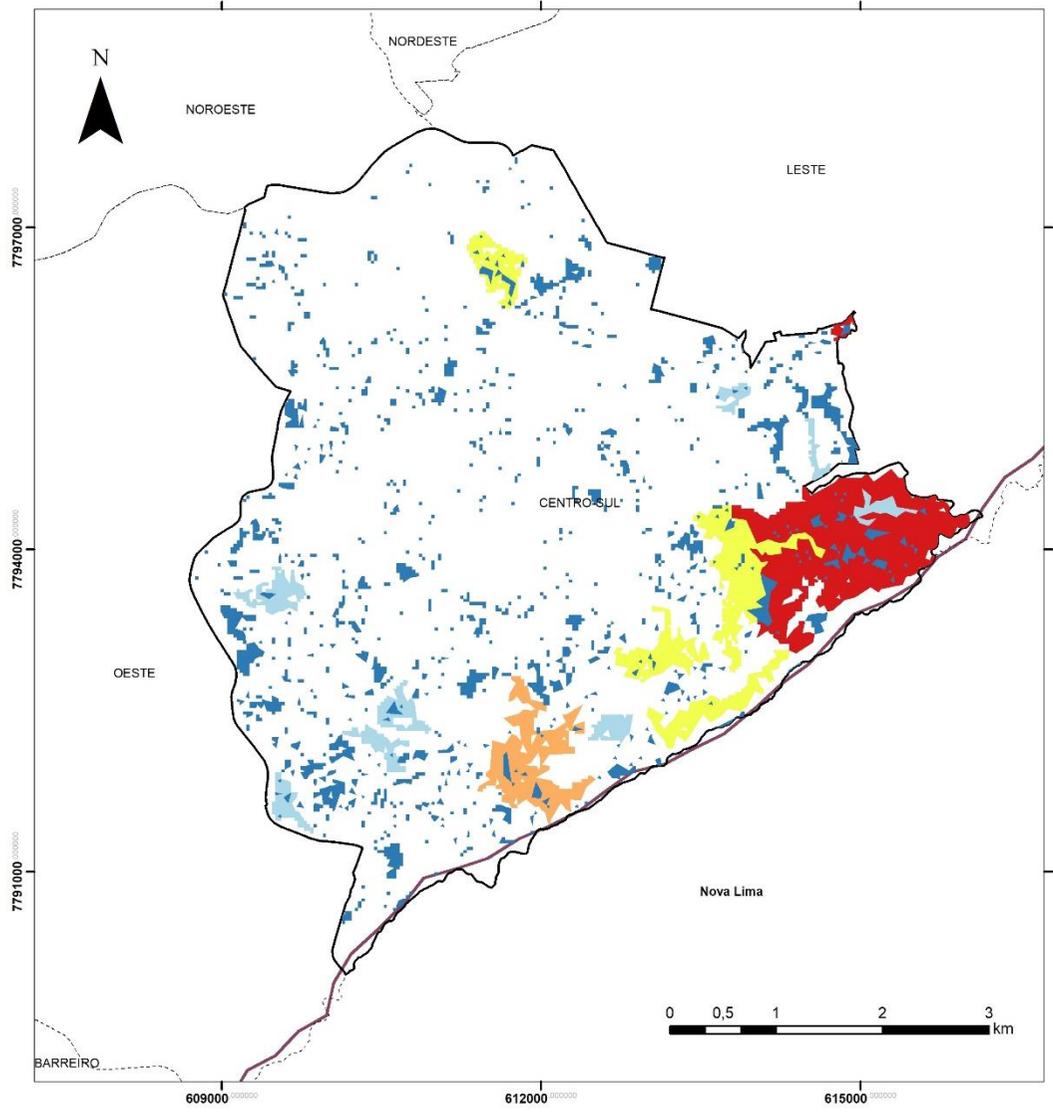


Figura 60: Mapa de Fragmentos de vegetação da Regional Centro-sul - Fator de Forma



MÉTRICA FATOR DE FORMA

- Município
 - Regionais de Belo Horizonte
 - Regional Centro-Sul
- Fator de forma**
- Forma mais regular
 - Forma regular
 - Forma quase regular
 - Forma irregular
 - Forma muito irregular

UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Outubro, 2023
 Fonte: IBGE, PRODABEL, Imagem Sentinel 2, 2A
 Elaboração: Autora

De modo geral, a cobertura vegetal é composta de fragmentos de baixa conectividade e com as piores condições de área núcleos e que, embora pouco fragilizados pela presença de bordas, são fragmentos vulneráveis às ações transformativas do espaço pois não estão localizados em áreas de preservação. Aqueles fragmentos concentrados em áreas de parque e proteção legal são os que apresentaram as maiores dimensões e condições de conectividade. No entanto, as condições dos fragmentos, no que se refere ao Fator forma e a Área núcleo, precisam ser melhoradas de modo a garantir a diminuição dos efeitos de borda e a preservação da biodiversidade.

Desse modo, a função da parametrização da variável de vegetação deve considerar o melhoramento das condições dos fragmentos, bem como o espalhamento do benefício ao longo da cidade, de modo a reduzir o cenário atual de concentração da qualidade ambiental e de áreas verdes em algumas localidades.

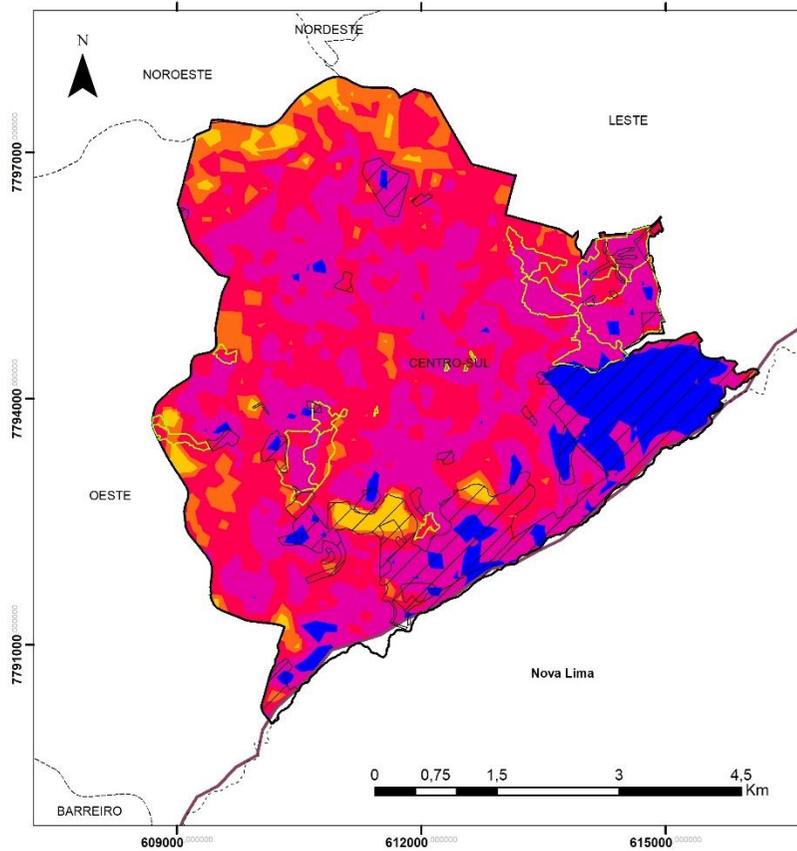
6.3. Temperatura de Superfície

O mapa de Temperatura de Superfície, realizado para 2020 (Figura 61), permitiu identificar de modo geral a sobreposição das áreas de temperaturas amenas com as áreas mais expressivas de fragmentos de vegetação robusta e nas proximidades das áreas de relevo elevado. A porção norte da regional Centro-Sul (mais baixa, próxima à calha do Rio Arrudas, e muito impermeabilizada) apresentou as áreas com as mais altas temperaturas superficiais, variando de média a alta temperatura.

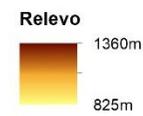
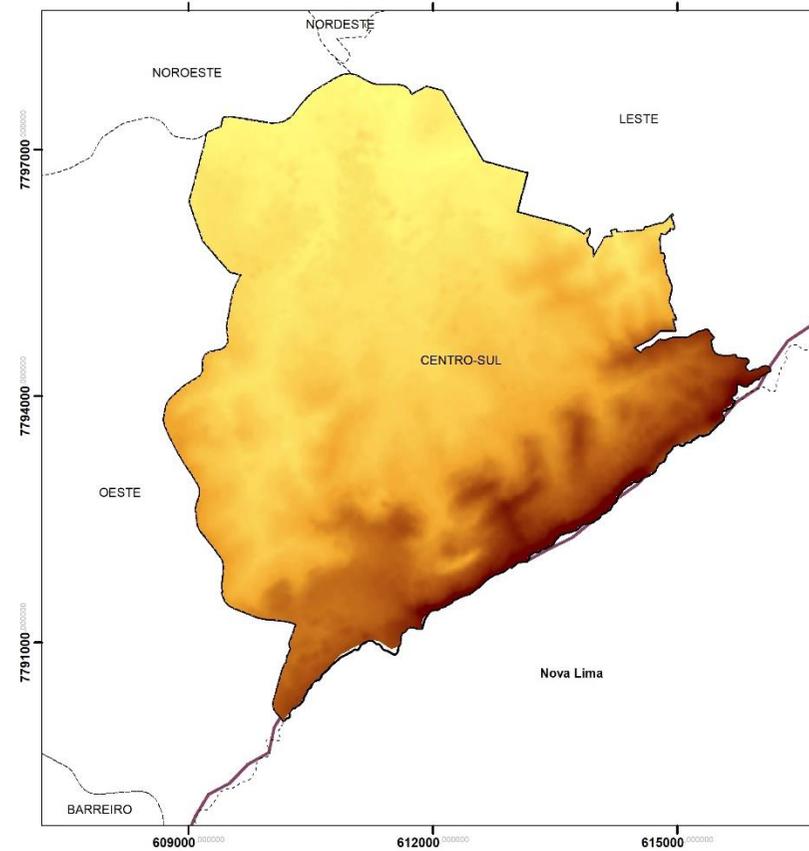
As áreas com altas temperaturas superficiais não estão exclusivamente associadas às áreas de elevado adensamento populacional e de massa edificada, como as áreas de vulnerabilidade social (como as vilas e aglomerados) ou ainda toda a área delimitada pela Av. do Contorno, onde estão concentrados os maiores índices de taxa de ocupação, volume edificado e densidade volumétrica.

Figura 61: Mapa de Temperatura de Superfície da Regional Centro-sul

TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE, PRESERVAÇÃO E VULNERABILIDADE SOCIAL



RELEVO



UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Outubro, 2023
 Fonte: IBGE, PRODABEL, Imagem Sentinel 2, 2A,
 Imagem DEM Alos Palsar
 Elaboração: autora

6.4. Densidade populacional, Taxa de ocupação, Volume Edificado e Densidade volumétrica

A análise da densidade populacional (Figura 62) permitiu identificar a presença de alta densidade populacional em poucos setores, principalmente na porção norte da regional. Essas áreas de alta densidade coincidem com os piores índices de NDVI, com áreas de ausência total de vegetação. Não foi identificada presença de alta densidade nas áreas de vulnerabilidade social, entretanto são áreas de média a alta densidade populacional. Já as áreas de baixa densidade onde tem ausência de uso ou áreas de parque, institucionais etc.

Associando a densidade populacional à distribuição de fragmentos de vegetação notável, é possível perceber que a presença de vegetação em áreas de alta e média a alta densidade é quase inexpressiva. A maioria dos fragmentos está localizada em áreas de ausência de moradores ou de baixa densidade populacional, por serem áreas de preservação ambiental, de parques ou áreas institucionais.

No que se refere à Taxa de ocupação (T.O), relativa ao percentual da área do lote que a edificação pode ocupar, a regional apresenta, no geral, valores de média a alta taxa de ocupação (Figura 63). A área mais tradicional (delimitada pela Av. do Contorno) apresenta a maior concentração de altas taxas de ocupação. Esta distribuição seguiu a expansão de ocupação e do tecido comercial e de serviços. A lei de Uso e Ocupação do solo de Belo Horizonte de 1985 (PBH, 1985), permitia uma taxa de ocupação de até 100%, possibilitando a impermeabilização de todo o lote. Ademais, os critérios de ocupação não limitavam o número de unidades habitacionais por lote, resultando no adensamento exacerbado destas áreas, impactando negativamente a cidade, por exemplo no que se refere a presença de áreas verdes.

Na medida que a T.O, não está diretamente ligada ao número de pavimentos da edificação, medindo apenas a projeção da área edificada no terreno, outros aspectos como o volume edificado e a relação deste com o lote precisam ser considerados, de modo a entender os efeitos disso na paisagem e no meio ambiente.

O Volume Edificado (Figura 64) foi obtido da multiplicação da altura estimada (em metros) pela área ocupada no plano pela edificação (em m²), de modo a estimar a verticalização e avaliar a sua distribuição pela regional. O índice permitiu observar que os maiores níveis de verticalização correspondem à área tradicional, compreendida pelo projeto inicial de Aarão Reis (área delimitada pela Av. do Contorno), ainda que outras áreas se destaquem no espaço urbano. São partes do território que até recentemente apresentavam, do ponto de vista legal, legislação com maiores níveis de coeficiente de aproveitamento (CAs), em função do zoneamento urbano e onde as restrições à atuação de grandes corporações do mercado imobiliário são menores.

Já os valores de Densidade volumétrica foram obtidos da razão entre o volume edificado e a área do lote. O resultado dessa relação é um indicador do efeito disso na paisagem, na medida que um prédio muito verticalizado, mas localizado em um grande lote produz efeito menos impactante, em termos de ambiência, de um grande prédio do mesmo porte em um lote pequeno.

Como exemplo, podemos citar o envelope solar¹⁵ em que a verticalização, sem os recuos e afastamentos necessários, pode comprometer o acesso das edificações ao sol e à luz natural. O tamanho do lote, o total da sua área que pode ser ocupada e a altura da construção a ser erguida em relação ao total da área a ser construída revelam as dimensões mais visíveis da densidade.

O mapa de Densidade volumétrica (Figura 65) permite constatar que a maior concentração das grandes densidades volumétricas também ocorre na área no perímetro da Av. do Contorno. Corresponde a uma área com grande adensamento, os maiores volumes edificados e de grande densidade volumétrica. Conforme pontua Souza (1994), o processo de verticalização está associado à valorização dos terrenos, aparecendo assim, em áreas bem equipadas em infraestrutura e acessibilidade. Não por acaso, a região mais tradicional da cidade apresenta altos valores de volume edificado e, conseqüentemente, de densidade volumétrica em razão do aproveitamento máximo do lote.

¹⁵ Envelope solar é um conceito criado por Knowles e Berry, em 1980, e corresponde ao maior volume que uma edificação pode ocupar no terreno de forma a permitir o acesso ao sol e à luz natural na sua vizinhança imediata. (Castro Pérez, 2013)

Figura 62: Mapa de Densidade Populacional da Regional Centro-sul

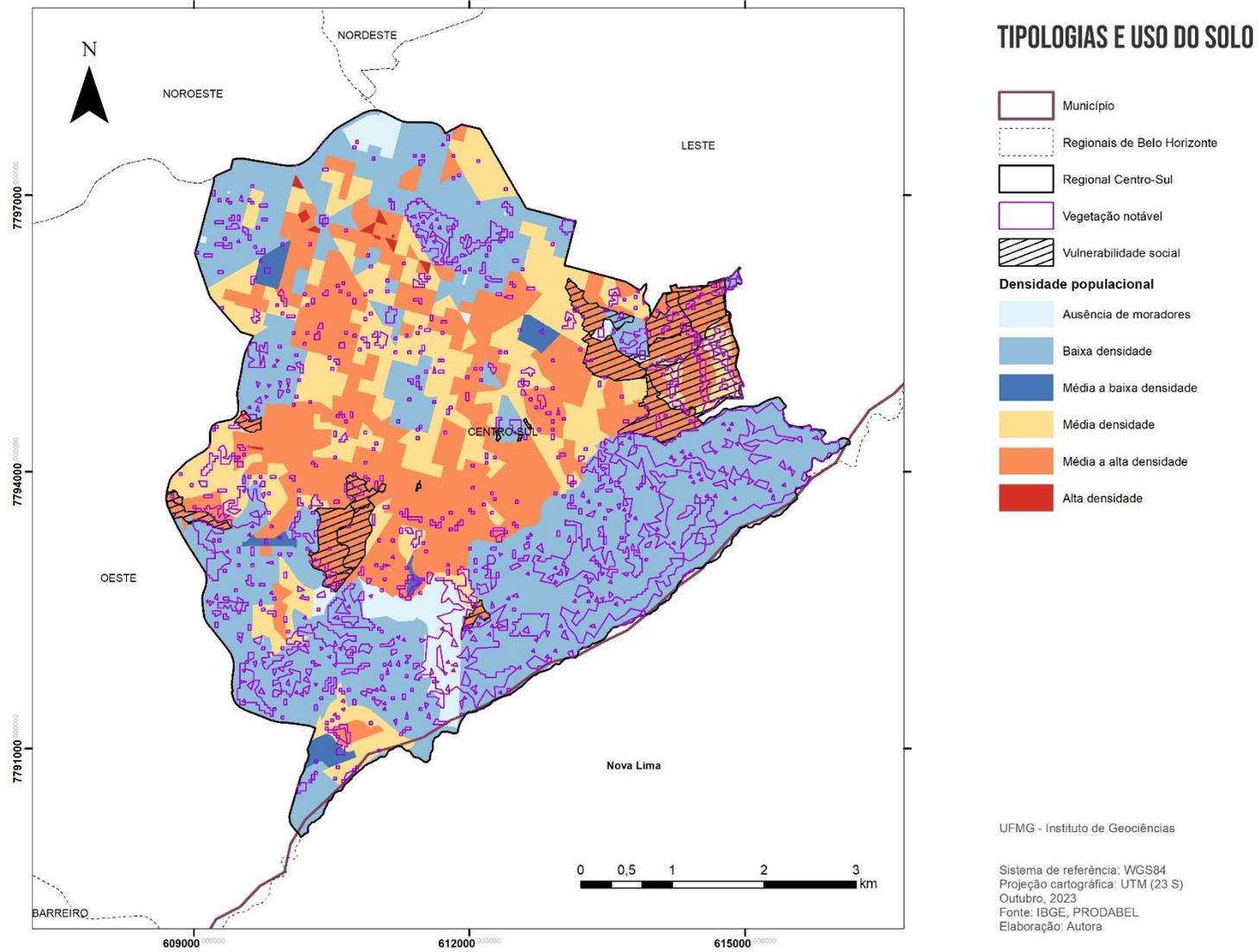


Figura 63: Mapa de Taxa de Ocupação da Regional Centro-sul

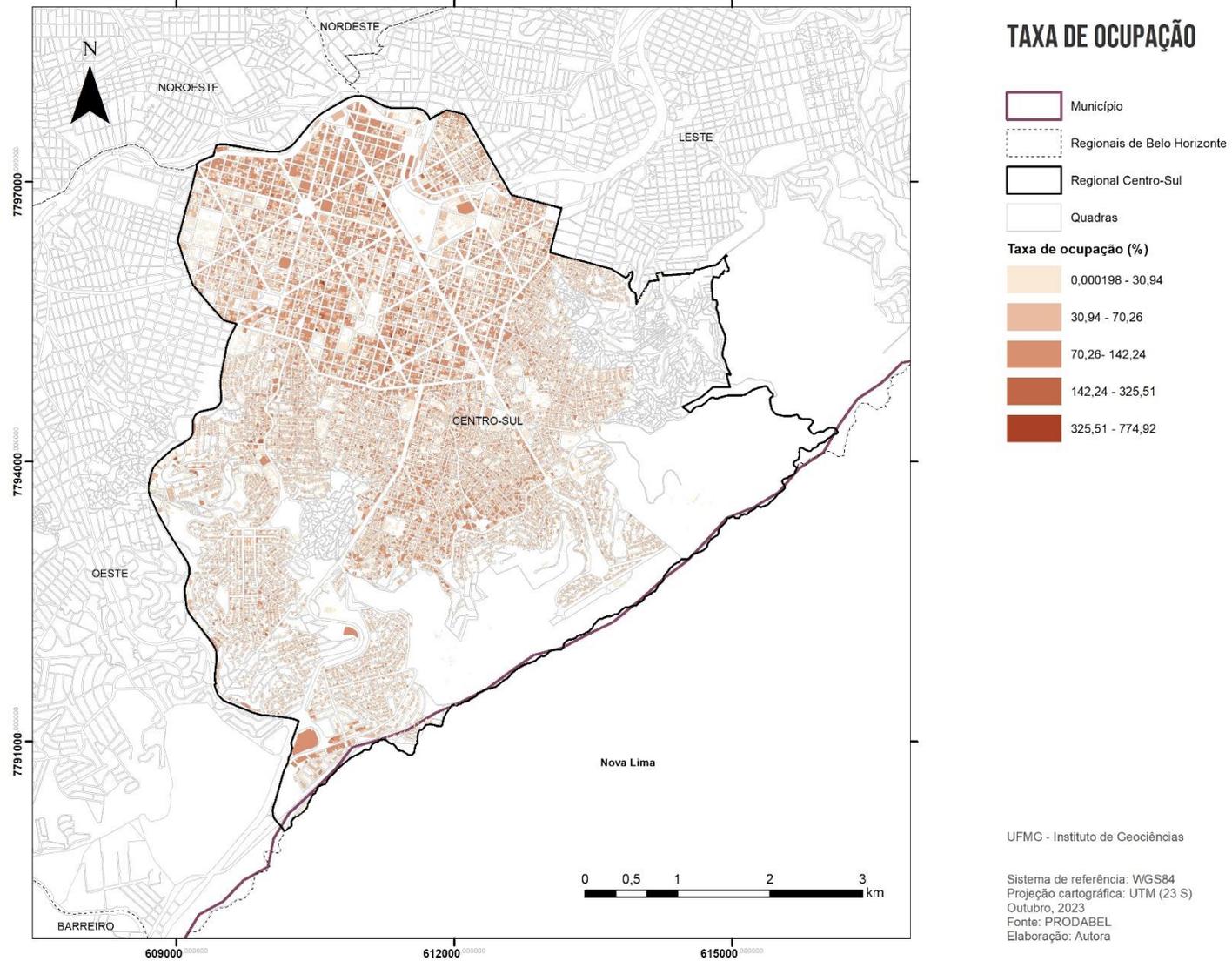


Figura 64: Mapa de Volume Edificado da Regional Centro-sul

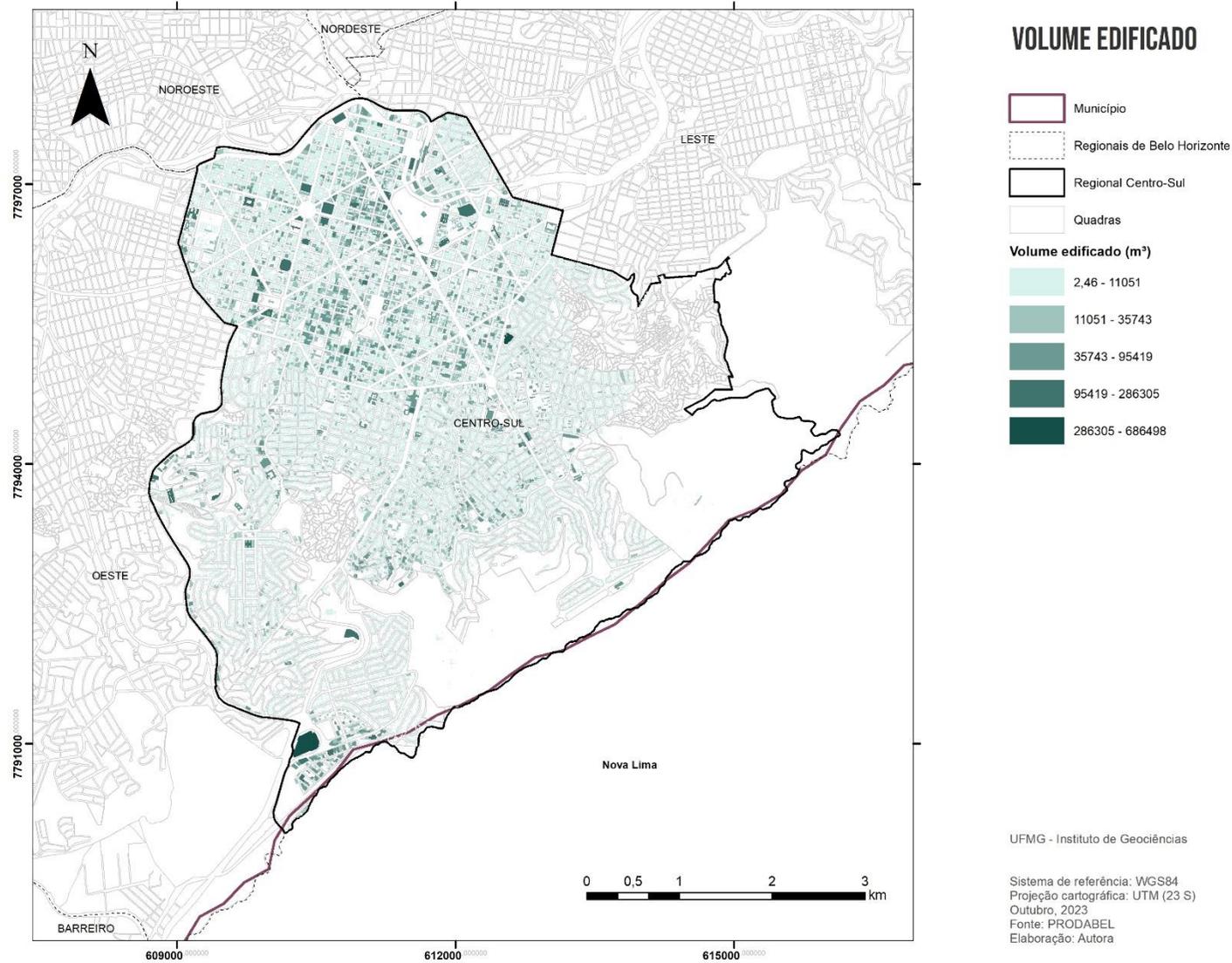
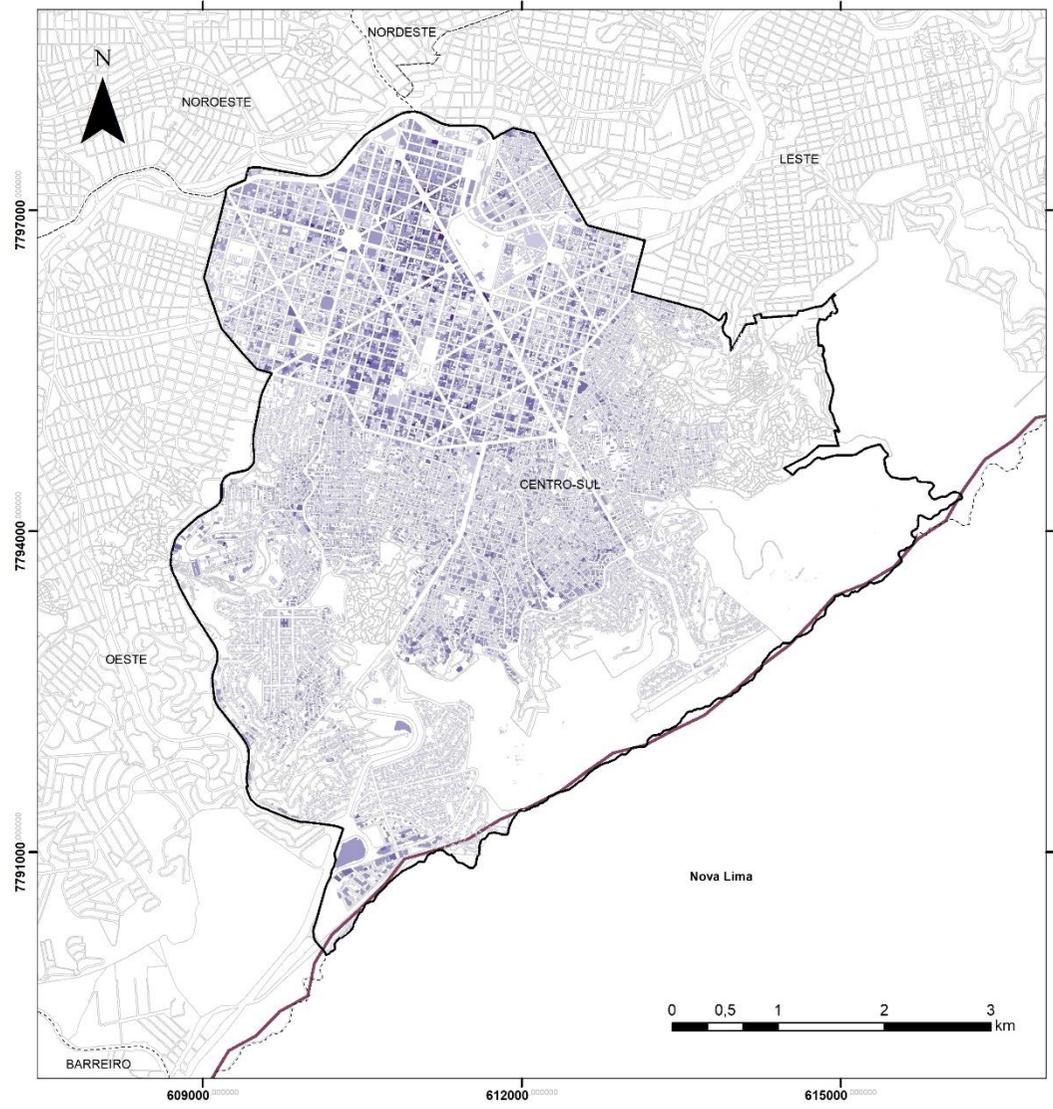
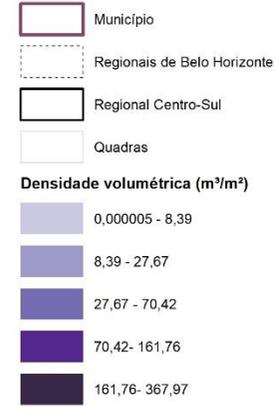


Figura 65: Mapa de Densidade Volumétrica da Regional Centro-sul



DENSIDADE VOLUMÉTRICA



UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Outubro, 2023
 Fonte: PRODABEL
 Elaboração: Autora

6.5. Uso e ocupação do solo e lotes vagos

Quanto ao uso e ocupação do solo, a área no perímetro da Av. do Contorno é constituída em sua maioria de uso não residencial e uso misto, enquanto o restante da regional é em sua maioria de uso residencial (Figura 66). A presença de uso não residencial e misto - comércio e serviços - indica uma área onde ocorre maior circulação de pessoas. Entretanto, também é a área que apresenta menor presença de vegetação robusta, isto é, um maior número de pessoas que circulam na cidade, em áreas com piores condições ambientais.

Quanto a presença de lotes vagos (Figura 67), de modo geral a regional praticamente não apresenta lote vago. Os lotes vagos ou as poucas áreas não ocupadas restringem-se, basicamente, às unidades de conservação, áreas de interesse ambiental, praças e parques. O restante dos lotes vagos está localizado na área mais residencial da regional, ficando a área mais tradicional (delimitada pela av. do Contorno) com inexpressiva presença de lotes vagos não correspondentes a praças e parques. A presença pouco expressiva de lotes vagos é um indicativo da alta impermeabilidade da regional, que provoca inúmeros impactos, entre eles a alteração no sistema hídrico, como veremos a seguir.

Figura 66: Mapa de Uso do solo e Tipologias da regional Centro-sul

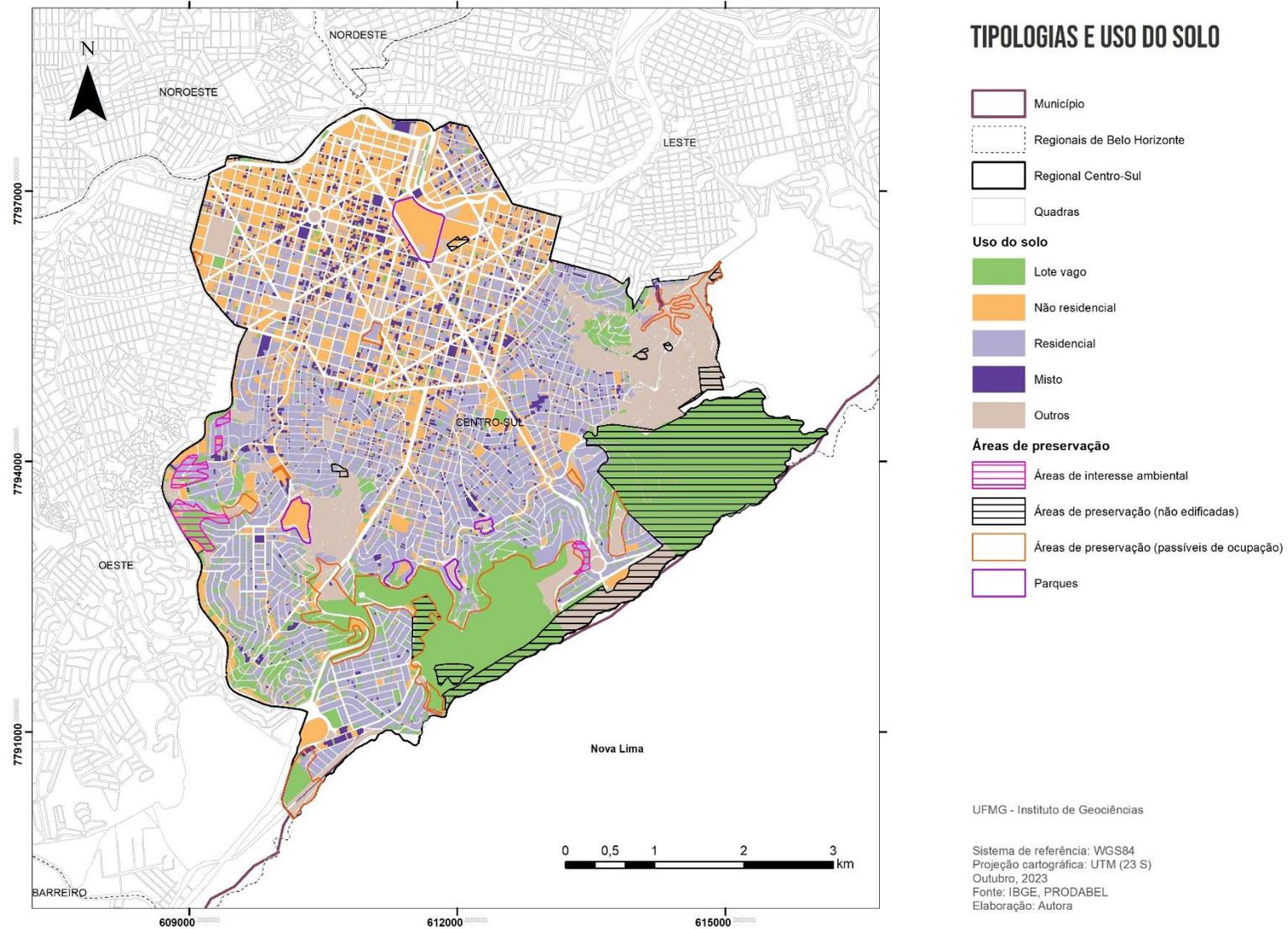
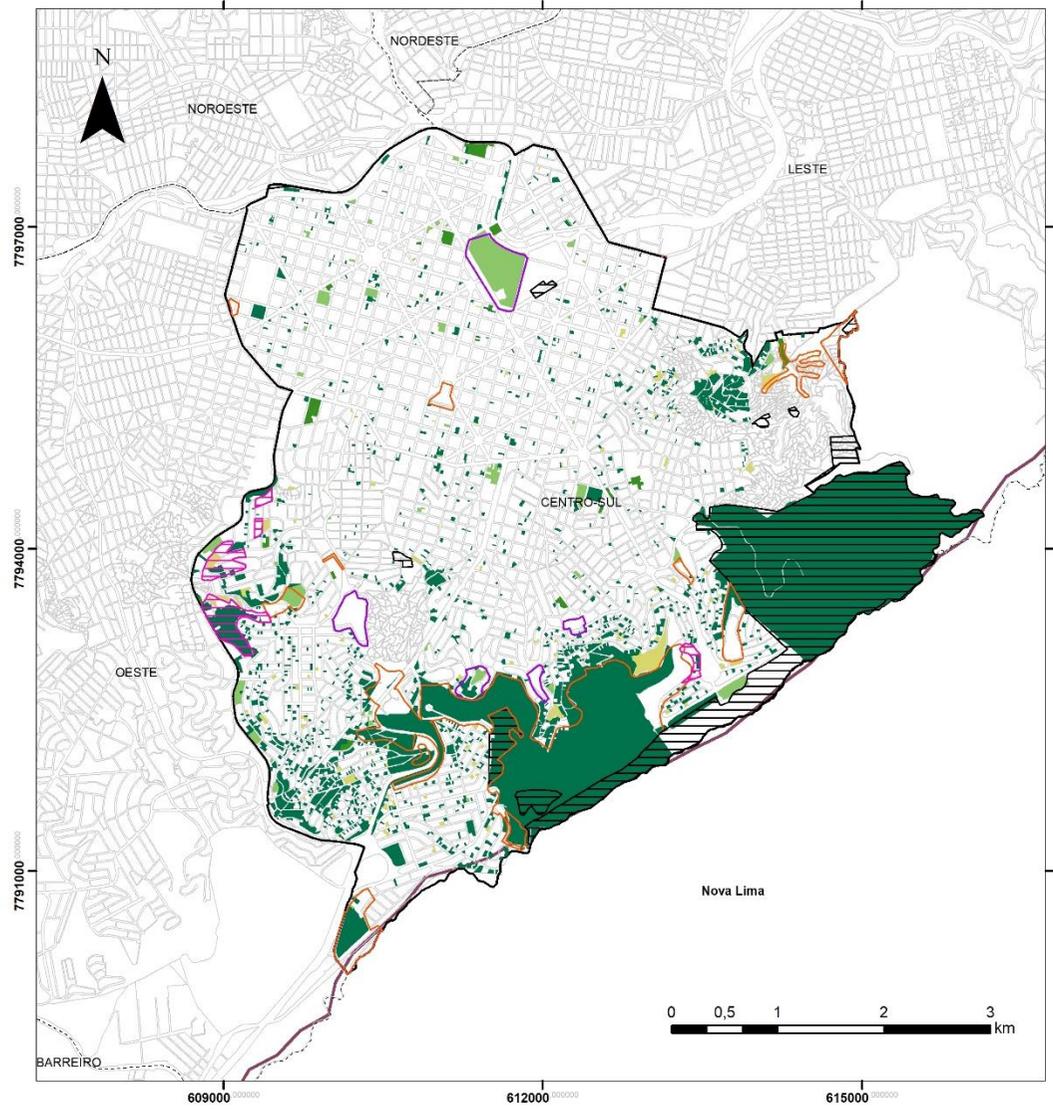


Figura 67: Mapa de Lotes vagos e áreas de preservação da regional Centro-sul



LOTES VAGO E ÁREAS DE PROTEÇÃO

-  Município
 -  Regionais de Belo Horizonte
 -  Regional Centro-Sul
 -  Quadras
- Tipologias e lote vago**
-  Lote vago
 -  Uso misto + lote vago
 -  Não residencial +lote vago
 -  Residencial +lote vago
- Áreas de preservação**
-  Áreas de interesse ambiental
 -  Áreas de preservação (não edificadas)
 -  Áreas de preservação (passíveis de ocupação)
 -  Parques

UFMG - Instituto de Geociências

Sistema de referência: WGS84
 Projeção cartográfica: UTM (23 S)
 Outubro, 2023
 Fonte: IBGE, PRODABEL
 Elaboração: Autora

6.6. Hidrografia

Localizada na bacia hidrográfica do Ribeirão Arrudas, a regional Centro-sul apresenta a maioria de seus cursos d'água revestidos fechados, distribuídos ao longo de toda a área (Figura 68). Os cursos em leito natural estão localizados quase exclusivamente na base da serra do curral, em área de preservação permanente. Com a expressiva ocupação da regional e a intensa impermeabilização das áreas, o planejamento urbano não conseguiu controlar as pressões sobre os cursos d'água, levando, entre outros resultados, à quase total ocupação de planícies fluviais e à supressão ou pressão sobre as APPs.

No que se refere ao dado de densidade de cabeceiras, para a realização do dado foi utilizado o dado de Nascentes da Prefeitura de Belo Horizonte¹⁶, que considera somente as nascentes dos cursos de água que não estão em canais revestidos fechados. Portanto, embora compreendamos que existam nascentes em outros locais da regional, a densidade de cabeceiras aqui realizadas e apresentada apresenta essa limitação de dados.

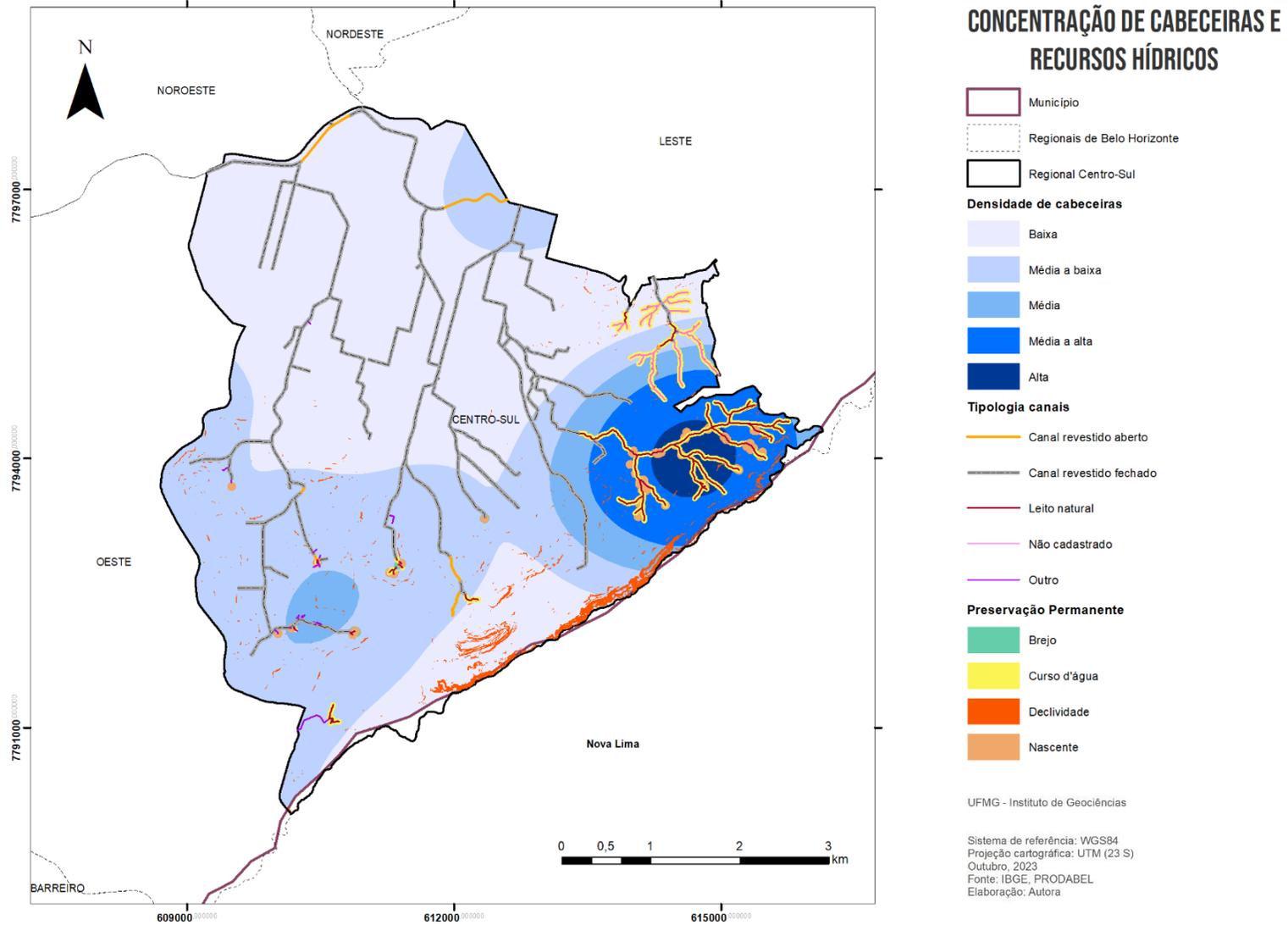
Ademais, os níveis hipsométricos da regional variam de 825m a 1360m (Figura 61), favorecendo o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, potencializando os processos de inundações principalmente na inexistência de bacias de contenção. A impermeabilização do solo anula as características de permeabilidade da geologia da área, intensificando o processo de escoamento superficial. O tamponamento dos cursos d'água cria problemas à jusante, em razão do aumento de escoamento e/ou à montante em função da ressurgência, que pode ser provocada por estrangulamentos dos cursos canalizados fechados, por excesso de lixo etc. Dessa forma, provocados alagamentos em áreas não ligadas diretamente aos cursos d'água, e sim ao sistema de drenagem formado pelas galerias de água pluvial (Aroeira, 2010).

Em termos gerais, a densidade populacional e o aumento da densidade de construções, proveniente do processo de urbanização, são algumas das causas de impacto dos recursos hídricos. Isto porque o aumento da densidade populacional cria novas demandas que ampliam o volume de água retirada do sistema para abastecimento, enquanto o aumento das construções gera o aumento das áreas impermeabilizadas modificando o sistema de drenagem urbano (Hall, 1984).

¹⁶ Prefeitura de Belo Horizonte. Nascentes de Belo Horizonte. Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=3&lat=7794465.25581&lon=611294.58719&baselayer=bas e&layers=Nascente>. Acesso em: 15 jan 2024.

Conseqüentemente, com a diminuição da infiltração o escoamento superficial é intensificado e direcionado ao sistema de drenagem urbana ou aos cursos d'água. Sendo a infiltração a condição primeira da recarga dos aquíferos, a recarga fica restrita às poucas regiões não construídas da regional, provocando a redução dos volumes hídricos, ou até o rebaixamento do nível do lençol freático, o que prejudicaria os mananciais. Além dos efeitos de curto prazo, as reduções constantes do nível do lençol freático podem levar à migração das nascentes a jusante ou mesmo o seu desaparecimento (Felippe *et al*, 2011). Ademais, com a impermeabilização as águas chegam aos canais de drenagem em quantidade e velocidade maior, tornando as enchentes e inundações comuns, o que no espaço urbano provoca transtornos, por exemplo à população que reside nos fundos de vale. Assim, é fundamental compreender essa transformação na dinâmica do sistema hídrico, interpretando os processos e agentes envolvidos que deflagram tais impactos, identificando as áreas de vulnerabilidade e estabelecendo ações de gestão atual e futura dos recursos ambientais.

Figura 68: Mapa de Hidrografia da Regional Centro-sul



6.7. Vulnerabilidade à inundação

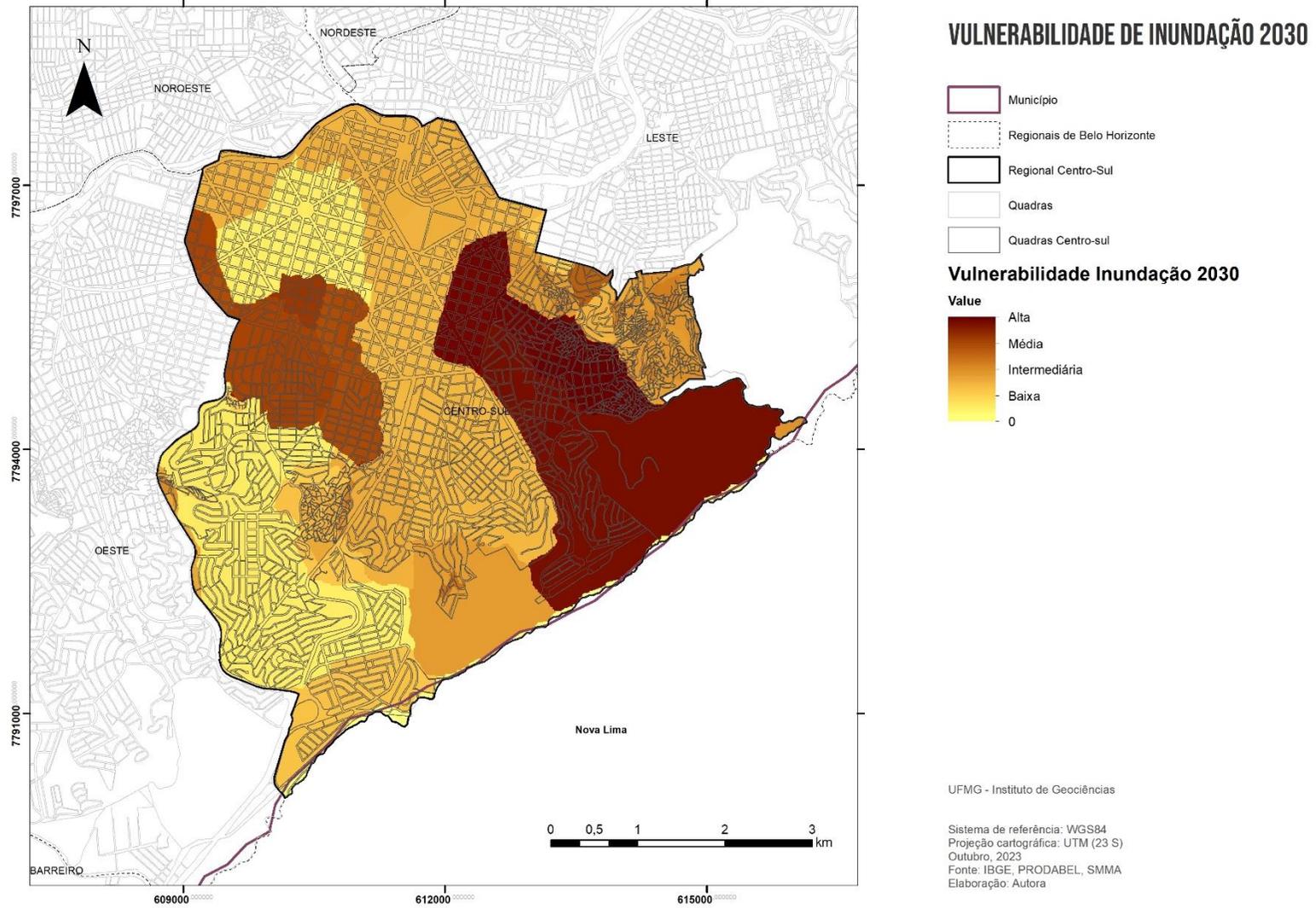
Os modelos climáticos simulados para Belo Horizonte para o ano de 2030¹⁷ apontam, de modo geral, para um aumento da exposição às inundações ao longo do município, as quais tendem a ser mais intensas, com maior volume de chuva concentrada e conseqüentemente com maior propensão à geração de danos e impactos. No modelo de Vulnerabilidade a Inundação (2030), a regional Centro-sul aparece entre as mais vulneráveis em Belo Horizonte. Realizado pela Prefeitura de Belo Horizonte, o modelo utilizou como metodologia o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4 - IPCC, 2007), e considera exposição de riscos associados às alterações do clima, à sensibilidade socioambiental a essas variações e à capacidade do sistema urbano de lidar e se adaptar às condições mais extremas como critérios de avaliação. O índice de vulnerabilidade é resultado da análise conjunta de dados meteorológicos, fluviométricos e registros de eventos extremos, bem como modelos hidrológicos e hidráulicos relacionados aos dados (Prefeitura de Belo Horizonte *et al*, 2016).

Além de estar entre as regionais mais vulneráveis à inundação, a Centro-sul é a segunda com maior número de pessoas atingidas devido à sua densidade populacional, apresentando uma grande porção a sudeste com alto índice de vulnerabilidade à inundação (Figura 69). Dentre os índices de sensibilidade¹⁸, a impermeabilidade é o que apresenta o maior destaque, seguidos do tipo de ocupação, topografia e indicador socioeconômico. O Córrego do Leitão, próximo à Av. Prudente de Moraes no Bairro Santo Antônio, aparece entre os *hotspots* identificados no município, que deveriam ser prioritários para investimentos em condições de infraestrutura, sistemas de alerta e obras de macrodrenagem para redução de inundações. A identificação das potencialidades e vulnerabilidades fornecem informações estratégicas para planejamento e tomada de decisão, de modo a apoiar a contenção ou redução de potenciais ameaças considerando as especificidades do lugar. É através dessa identificação e da projeção de paisagem urbana almejada que os parâmetros urbanísticos são produzidos, sendo, portanto, instrumentos fundamentais para geração de cidades mais sustentáveis e resilientes

¹⁷ Ver mais em “Análise de vulnerabilidade às mudanças, climáticas do município de Belo Horizonte: resumo para os tomadores de decisão” (Prefeitura de Belo Horizonte *et al*, 2016).

¹⁸ Evidencia o nível ao qual um sistema será positivamente ou negativamente afetado pelos parâmetros climáticos do índice de exposição. Inclui atributos naturais e físicos, dados geodemográficos e sociais.

Figura 69: Mapa de Vulnerabilidade de Inundação (2030) da Regional Centro-sul



6.8. Proposição abordagem local - Parâmetros, instrumentos e possíveis intervenções

Assim como nas proposições da Escala Municipal, os parâmetros, instrumentos e possíveis intervenções urbanísticas aqui propostos são apresentados em formato de ficha contendo informações de Nome, descrição; impacto (curto ou longo prazo); tipo (tradicional ou inovador); responsabilidade (poder público, iniciativa privada); Leis de benefícios; benefícios proporcionados pelo parâmetro (texto e ícones); local de implementação; imagem de referência de aplicação.

Para as propostas de Escala Local foi acrescentado a ficha um mapa com a sugestão de zoneamento para aplicação da proposta, indicando as áreas de alta a baixa prioridade de implantação. A construção do mapa de zoneamento foi pautada principalmente na leitura territorial realizada para a regional Centro-sul, no entanto, sem deixar de considerar as análises das escalas municipal e regional. Os mapas utilizados para construção do zoneamento são indicados no campo **Mapas base**. A realização do mapa de zoneamento somente para a Escala Local se deu pois nessa escala a leitura territorial contou com uma quantidade e variedade de dados maiores contemplando desde dados ambientais a dados demográficos e aqueles racionados a parâmetros urbanísticos, como densidade populacional, taxa de ocupação, densidade volumétrica etc.

As propostas a seguir foram formuladas com base na compreensão dos conceitos de serviços ecossistêmicos e infraestrutura verde, considerando a importância das questões ambientais e dos serviços ecossistêmicos. Além disso, visam criar uma rede de espaços interconectados e multifuncionais, onde funções adicionais, como áreas de lazer, locais turísticos e culturais, hortas e áreas de cultivo, podem ser incorporadas. Isso contribuirá para promover a saúde e a qualidade de vida das comunidades.

A implementação dessas propostas exige uma compreensão aprofundada do contexto local, regional e municipal, buscando identificar oportunidades existentes. Portanto, as propostas estão condicionadas a uma leitura territorial detalhada. Por fim, é fundamental destacar que a efetiva implementação dessas ideias requer um compromisso de longo prazo.

Tabela 29: Empena verde / Jardins verticais

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Empena verde / Jardins Verticais</p>	
<p>Impacto: Curto prazo</p>	<p>Local de aplicação: Edifício Huds - Região do minhocão em São Paulo /SP</p>
<p>Tipo: Convencional</p>	<p>Imagem de referência:</p>
<p>Responsabilidade: Poder público e/ou iniciativa privada</p>	
<p>Lei de benefícios: Benefícios edilícios e fiscais aos projetos qualificados</p>	<p>Fonte: Prefeitura de São Paulo. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/noticias/?p=215573. Acesso em 20 jan 2022.</p>
<p>Proposta: Empenas verdes e coberturas verdes em fachadas</p> <p>Benefícios: As empenas verdes contribuem para a melhoria do microclima local, melhorando as condições de conforto do meio ambiente, regulando a temperatura e umidade, filtrando os poluentes e auxiliando no sequestro de carbono, além de contribuir com o ganho estético (Gengo e Henkes, 2013). A Secretaria do Verde e Meio Ambiente (SMVMA-PMSP, 2015) cita que os jardins verticais, ou empenas verdes, têm várias vantagens, como o fato de a temperatura interna das construções ficarem até 7°C mais baixa em relação ao ambiente externo nas épocas de calor mais intenso. Os jardins verticais são eficientes isolantes acústicos, sendo capazes de reduzir consideravelmente a poluição sonora interna do edifício. Podem reduzir, em média, 30% da concentração de gases poluentes em seu entorno, e no caso das micropartículas em suspensão no ar, MP10 (material particulado < 10 µm), reduzem em até 60%, melhorando a qualidade do ar (Movimento 90°, 2016).</p>	

Tabela 30: Cobertura verde

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Cobertura verde	
Impacto: Curto prazo	Local de aplicação: Edifício Mattarazo - sede da Prefeitura de São Paulo (São Paulo /SP).
Tipo: Convencional	Imagem de referência:
<p>Responsabilidade: Poder público e/ou iniciativa privada</p> <p>Lei de benefícios: Obrigatoriedade para um número mínimo de andares o edifício ou concessão de benefícios fiscais aos projetos qualificados, como descontos no IPTU, incentivos governamentais para instalação¹⁹, preferência nos processos de licenciamento do empreendimento, atribuição de selos e certificados sustentáveis.</p>	
<p>Proposta: Áreas vegetadas sobre casas ou edifícios residenciais, industriais, comerciais ou públicos. A vegetação pode ser rasteira, arbustiva ou arbórea. O telhado pode ser do tipo extensivo (com função ecológica); Semi-intensivo (telhado verde com design) e Intensivo (jardim tipo parque). A implantação de telhados verdes em coberturas já existentes é importante para que se criem corredores verdes ecológicos, pois a multiplicação desses telhados pode ligar os centros urbanos com áreas naturais no entorno das cidades²⁰.</p>	<p>Fonte: Rooftop garden. Disponível em: https://quandoacidade.wordpress.com/2014/06/09/rooftop-garden/ . Acesso em 20 jan 2022.</p>

¹⁹ Na Alemanha existem incentivos de mais de 50% do custo total de instalação dos telhados verdes, como é o caso das cidades de Stuttgart e Bremen. Ou ainda, como Freiburg, Aix-la-chapelle, Paderborn e Giessen que reduzem os impostos em torno de 50%, enquanto que Hildesheim a zero (Gauzin-muller, 2002 apud Catuzzo, 2013).

²⁰ Foi possível encontrar insetos e abelhas atraídos pelas espécies de vegetação existentes na cobertura verde instalada no Edifício Matarazzo, no 14º andar. (Catuzzo,2013) .

Benefícios: Retenção de água pluvial, mitigando os efeitos das inundações (Morais *et al*, 2021), habitat de flora e fauna; contribui para a redução dos efeitos de ilhas de calor; redução de particulados e poluentes da atmosfera; melhoram a qualidade paisagística da cidade; aumento da vida útil do telhado, além de funcionar como isolante térmico e acústico para a edificação; uso do espaço como áreas de lazer, esportivas, de visitação etc.(International Green Roof Association apud Catuzzo, 2013;Eisenman, 2006).

Mapas base: Temperatura de superfície, NDVI

Figura 70: Mapa de Zoneamento para parâmetro de Cobertura verde e Parede Verde

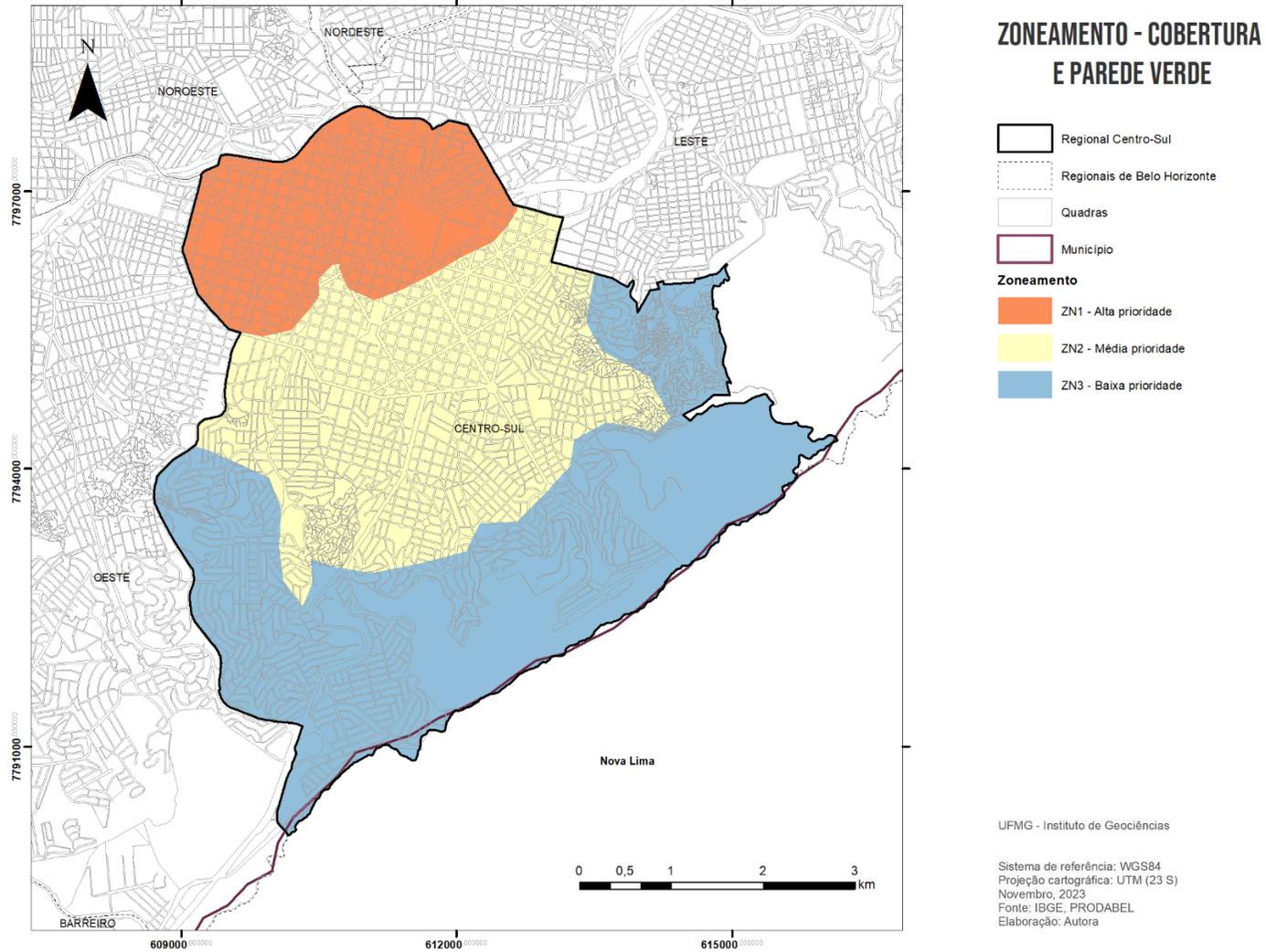


Tabela 31: Taxa de permeabilidade mínima

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Taxa de permeabilidade mínima	
Impacto: Longo prazo	
Tipo: Convencional (adaptado)	Local de aplicação: ----
Responsabilidade: Iniciativa privada	Imagem de referência:
Lei de benefícios: não se aplica (obrigatoriedade)	
<p>Proposta: Área permeável do lote que deve estar sobre solo natural e parcialmente vegetada com vegetação arbustiva e/ou robusta. O cálculo da Taxa de permeabilidade mínima deve considerar não somente a dimensão do lote, mas também a capacidade de drenagem do solo (tipo de solo). Isto é, as áreas mais frágeis em termo de tipologia de solo (menos drenante), devem apresentar uma maior taxa de permeabilidade. Para as áreas não forem possíveis de praticar a permeabilidade, em função da densidade de ocupação e/ou saturação de infraestrutura em razão da ocupação, é preciso adicionar proporcionalmente a taxa de permeabilidade outras formas de captura da águas pluviais, como telhado verde e caixa de captação. Exemplo: 30% de taxa de permeabilidade + 10% de recursos de captação.</p>	 <p>Fonte: Quintal - permabilidade</p>

Benefícios: Possibilita a infiltração e retenção da água nos lotes, contribuindo para a drenagem urbana, prevenção aos problemas de enchentes e a melhoria do microclima. A área permeável associada a vegetação apresenta um desempenho maior, uma vez que o emprego de vegetação permite interceptar, evaporar, armazenar, absorver e infiltrar água, nutrientes e sedimentos (Souza *et al*, 2012). Além disso, o espaço destinado a área impermeável pode incorporar soluções paisagísticas bem como espaços de lazer.

Mapas base: Vulnerabilidade a inundação 2030, Densidade volumétrica

Figura 71: Mapa de Zoneamento para parâmetro de Taxa de Permeabilidade Mínima

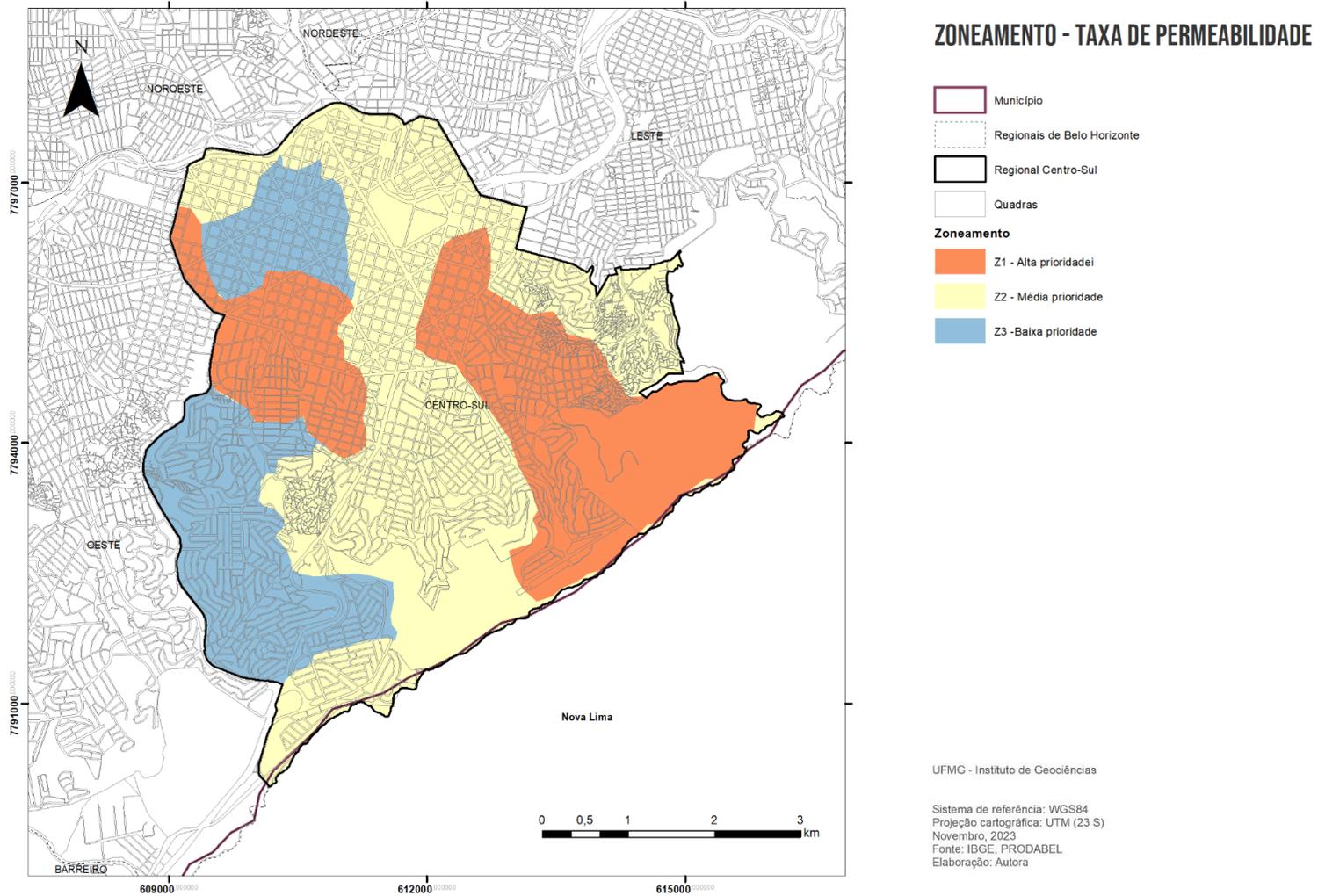


Tabela 32: Jardim comunitário

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Jardim comunitário (pocket garden)</p>	
<p>Impacto: Curto prazo</p>	<p>Local de aplicação: West Side Community Garden (Manhattan / New York – EUA)</p>
<p>Tipo: Não convencional</p>	<p>Imagem de referência:</p>
<p>Responsabilidade: Poder público e/ou iniciativa privada</p>	 <p>Fonte: West Side Rag » 7 Walks in 7 Days: A Garden in the Middle of the City. Acesso em: 25 jan 2022.</p>
<p>Lei de benefícios: Benefícios fiscais aos projetos qualificados, incentivos governamentais para instalação e manutenção, concessão de uso prolongado.</p>	
<p>Proposta: criação de uma área verde em um terreno/lote que pode ser compartilhado por um grupo de pessoas. O proprietário tem permissão para registrá-lo na Prefeitura como espaço coletivo e em contrapartida, recebe incentivo governamental para requalificação e manutenção do espaço e um aluguel do espaço para uso coletivo. O grupo é responsável pela consolidação e manutenção do espaço.</p>	
<p>Benefícios: Contribuem para a melhoria da qualidade do ar, diminuição do calor, aproveitamento de água pluvial, acesso a hortas, maior proximidade com a natureza, espaço para moradores construir e desfrutarem de uma área verde, além de cultivar alimentos, conviver com a vizinhança. Cada jardim permite uma experiência com seu próprio arranjo, estética, uso e cores. São espaços portadores de cultura dentro da cidade, pois são a expressão espacial de um grupo específico. (Castro, 2014)</p>	

Mapas base: Densidade populacional, Tipologias e uso do solo, lotes vagos

Figura 72: Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Jardim comunitário

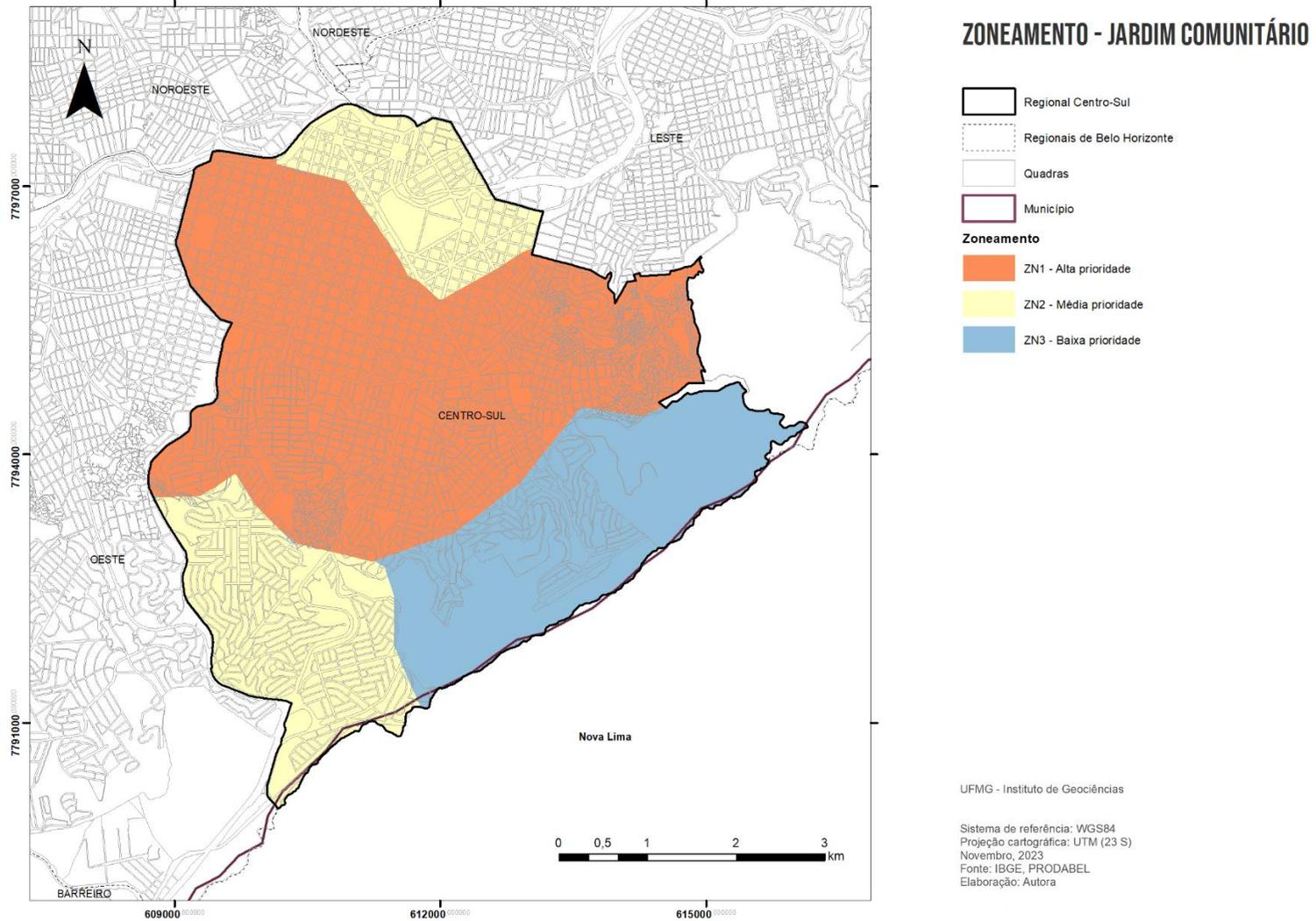


Tabela 33: volume vegetado (fundo do lote)

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Volume vegetado (fundo do lote)</p>	
<p>Impacto: longo prazo</p>	<p>Local de aplicação: -----</p>
<p>Tipo: não convencional</p>	<p>Imagem de referência:</p>
<p>Responsabilidade: iniciativa privada</p>	
<p>Lei de benefícios: não se aplica (obrigatoriedade)</p>	<p>Fonte: Vauban, Freiburg.</p>
<p>Proposta: criação de volume vegetado (vegetação arbórea) mínimo proporcional a área do lote e ao volume edificado, implantado nos fundos dos lotes, de modo que a multiplicação em todos os quintais crie uma espécie de corredor verde pela cidade.</p> <p>Benefícios: A floresta urbana é importante proteção da biodiversidade ecológica e de sustentação de rotas de dispersão da fauna (Forman 1995). Contribui para a proteção de nascentes e cursos d'água, bem como contra problemas geológicos e alagamentos, além de contribuir para o equilíbrio das funções relacionadas ao clima, umidade, qualidade do ar e da água e gerenciamento acústico (Falcón, 2008; Fonseca <i>et al.</i>, 2015 apud Rosa, 2017). Os corredores interconectados e entrelaçados na paisagem quando associados a fragmentos de ecossistemas de fontes internas e externas à matriz, conformam redes de habitats (Cook, 1991). A temperatura atmosférica, a temperatura da superfície e poluição do ar são menores em espaços arborizados, comparados àqueles que não são (Vailshery <i>et al.</i>, 2013). Por melhorarem a qualidade do ar, ajudam a prevenir problemas respiratórios do contato com a poluição do ar urbana. O estudo de Lovasi <i>et al.</i> (2008), mostrou que ruas e bairros com maior densidade de árvores da cidade de Nova York apresentaram uma menor prevalência de asma infantil.</p>	
	<p>Fonte: Coates, 2013, p.279.</p>

Mapas base: métricas da Ecologia da Paisagem, NDVI, Temperatura de superfície, Volume edificado.

Figura 74: Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Volume vegetado (fundo do lote)

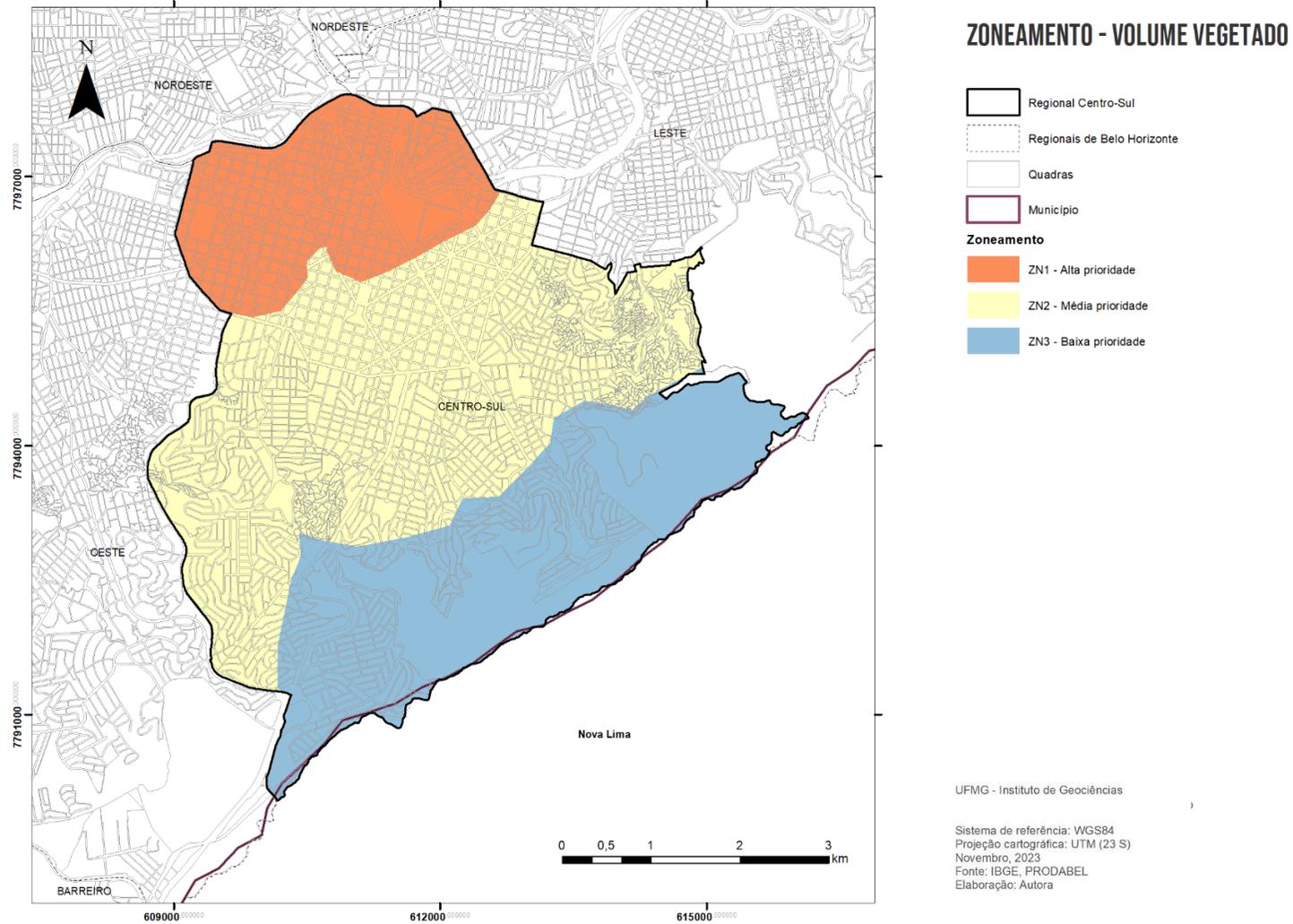


Tabela 34: Reservatório de detenção em lote ou loteamento

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Reservatório de detenção em lote ou loteamento</p>	
<p>Impacto: curto prazo</p>	<p>Local de aplicação: São Paulo (SP) - parte da Quota Ambiental</p>
<p>Tipo: convencional</p>	<p>Imagem de referência:</p>  <p>Fonte: Tucci, Carlos E.M. (2005)</p>
<p>Responsabilidade: iniciativa privada</p>	
<p>Lei de benefícios: obrigatoriedade, exceto para Zonas especiais (por exemplo, áreas de Interesse social). Benefícios fiscais, como redução do IPTU, para projetos que contemplem o reúso da água.</p>	
<p>Proposta: Obter o retardamento do acesso das águas pluviais à rede de drenagem, compatibilizando os fluxos de entrada e saída do reservatório. O critério de dimensionamento do reservatório deve considerar que a condição de saída não pode ser pior do que o lote teria em sua condição “natural”, isto é, antes da “urbanização²¹”.</p>	

²¹ O conceito de antes da “urbanização” é bastante problemático e de difícil mensuração. No entanto, seria considerar a condição do antes de certo nível de desenvolvimento urbano.

Benefícios: Proporciona a detenção da água por um tempo determinado, evitando o pico de enchentes. Os dispositivos possibilitam a reabilitação dos sistemas de drenagem existentes. (Canholi, 2005). O reservatório de detenção também participa do controle de qualidade da água de drenagem superficial, uma vez que propiciam uma significativa “redução dos níveis de fósforo, pesticidas, metais pesados e bactérias, que são carregados pelas partículas sólidas e podem ser removidas após decantação no reservatório” (Raasch & Huber, 1986 apud Canholi, 2005, p.54). Segundo Canholi (2005) há ainda o aspecto paisagístico que pode ser associado ao projeto, e tem se mostrado de fundamental importância na viabilização social das obras, isto porque a aceitação dos dispositivos por parte da comunidade apresenta estreita relação com a implantação de áreas verdes e de lazer nestes locais.



Fonte: [Reservatório de detenção de edifício](#)

Mapas base: Vulnerabilidade a inunda o 2030, Tipologias e usos, relevo, NDVI

Figura 78: Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Reservatório de deten o

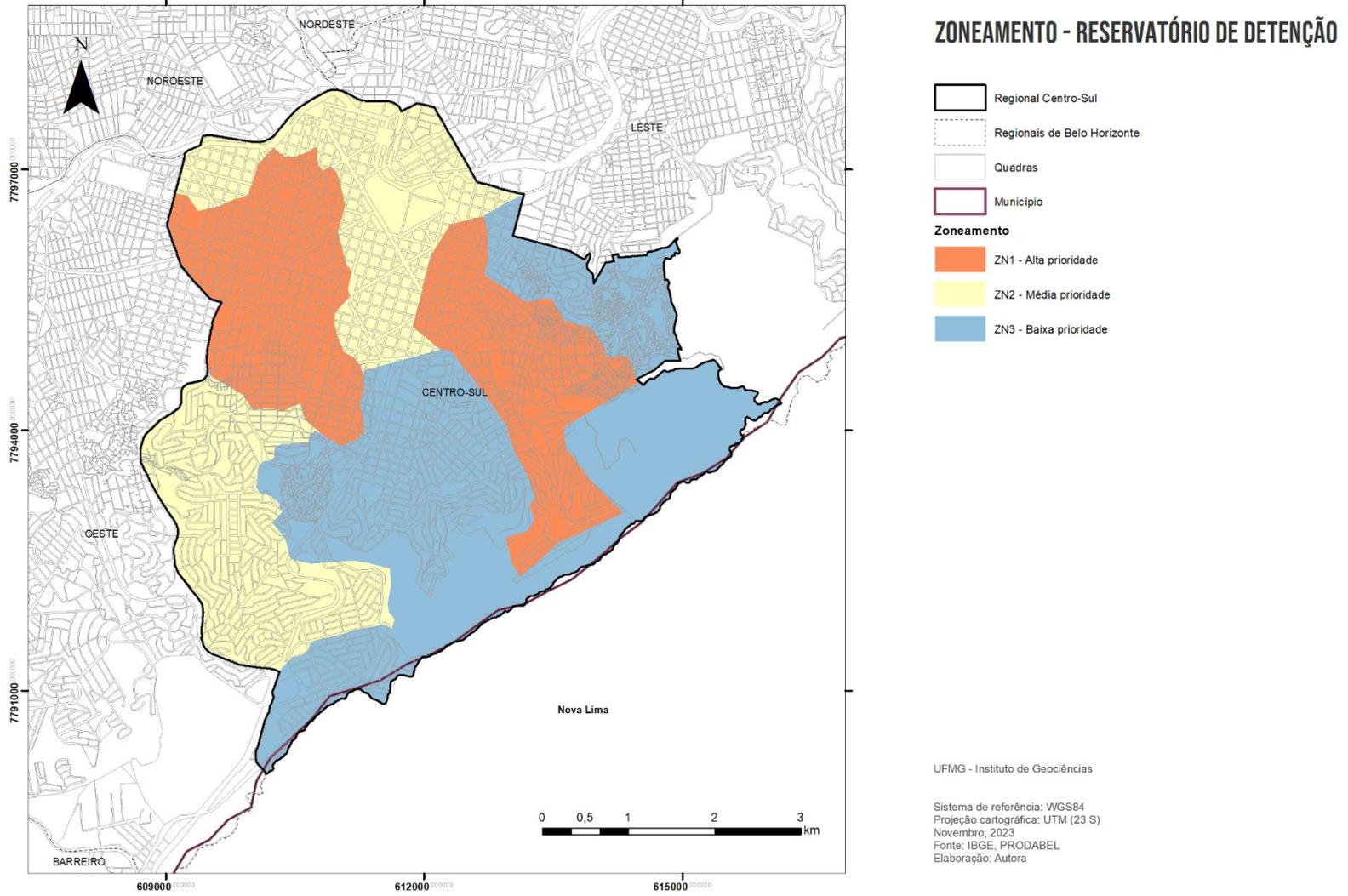


Tabela 35: Jardim de chuva

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Jardim de chuva	
Impacto: Curto prazo	Local de aplicação: Distritos de Sé, República, Santa Cecília, Bela Vista, Bom Retiro, Cambuci, Consolação e Liberdade em São Paulo /SP
Tipo: Não convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público e iniciativa privada	
Lei de benefícios: Benefícios edilícios e fiscais, como redução do IPTU	<p>Fonte: Jardim de Chuva da Vila Jataí. Acesso em: 31 jan 2022.</p>
Proposta: Jardins de chuva em cotas mais baixas, que podem ser projetadas nas ruas ou nos edifícios, para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis.	
Benefícios: Proporciona a detenção e filtragem preliminar de água, infiltração da água e diminuição do escoamento superficial, promoção da biodiversidade, moderação da ilha de calor, evapotranspiração, entre outros (Herzog, 2009; Cingapura,2011 apud Vasconcellos, 2015). Pode ser instalado de maneira relativamente fácil, incorporando e melhorando o sistema de drenagem urbano.	<p>Fonte: Jardim de Chuva em Nova Iorque. Acesso em: 31 jan 2022.</p>

Tabela 36: Canteiro fluvial

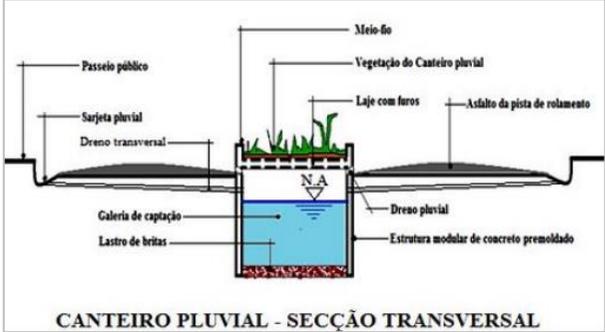
Parâmetro, instrumento ou intervenção: Canteiro fluvial	
Impacto: Curto prazo	
Tipo: Não convencional	Local de aplicação: ----
Responsabilidade: Poder público e iniciativa privada	Imagem de referência:
Lei de benefícios: Benefícios edilícios e fiscais, como redução do IPTU	
Proposta: São como pequenos jardins de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser construídos em vias urbanas, ruas e edifícios com objetivo de receber as águas superficiais que escoam de áreas impermeáveis.	 <p style="text-align: center;">CANTEIRO PLUVIAL - SECCÃO TRANSVERSAL</p>
Benefícios: Proporciona a detenção e filtragem de forma preliminar a água, diminuir o escoamento superficial, realizar evapotranspiração e capturar carbono. Pode também ajudar na promoção da biodiversidade, moderação da ilha de calor, evapotranspiração, entre outros (Herzog, 2009; Cingapura,2011 apud Vasconcellos, 2015). Os projetos de canteiros pluviais podem estar interligados aos sistemas de drenagem e assim proporcionam a diminuição do volume de águas do escoamento para bueiros e canais drenantes e como consequência promovem a infiltração da água de volta ao solo após um breve processo de purificação.	Fonte: Marinho, 2011 apud PUC RIO Acesso em: 02 fev 2024.

Tabela 37: Biovaletas ou valas vegetadas

Parâmetro, instrumento ou intervenção: Biovaletas ou valas vegetadas	
Impacto: curto prazo	Local de aplicação: Street Edge Alternatives em Seattle, Washington
Tipo: não convencional	Imagem de referência:
Responsabilidade: Poder público e iniciativa privada	
Lei de benefícios: benefícios edilícios e fiscais, como redução do IPTU.	<p>Fonte: Green solution - Vegetated swale. Acesso em: 30 Jan 2022.</p>
<p>Proposta: Dispositivos constituídos por meio de depressões escavadas no solo, cujo objetivo é coletar as águas pluviais do escoamento superficial para serem armazenadas temporariamente. As valas são vegetadas configurando jardins lineares, podendo ser implementadas em áreas comuns de loteamentos, ruas, avenidas, estradas, paralelos aos VLT/metrô, em estacionamentos, em limites de propriedades etc.</p> <p>Benefícios: As águas recebidas do escoamento superficial podem estar contaminadas por resíduos de óleos, borracha de pneu, partículas de poluição e outros detritos, que acabam purificadas pela sedimentação, filtração, absorção biológica e então filtradas. Dessa forma os principais benefícios são: deter as águas pluviais, reduzindo o escoamento superficial e aliviando a pressão sobre o sistema de drenagem bem como os riscos com os problemas com enchentes e alagamentos; proporciona um pré-tratamento da água através da sedimentação, através do processo de filtração descrito anteriormente; além de servir como elemento paisagístico. (Cormier; Pellegrino, 2008).</p>	

Mapas base: NDVI, Vulnerabilidade a inundação 2030, Tipologias e usos, relevo.

Figura 79 - Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Jardim de Chuva, Biovaletas e Jardim Fluvial

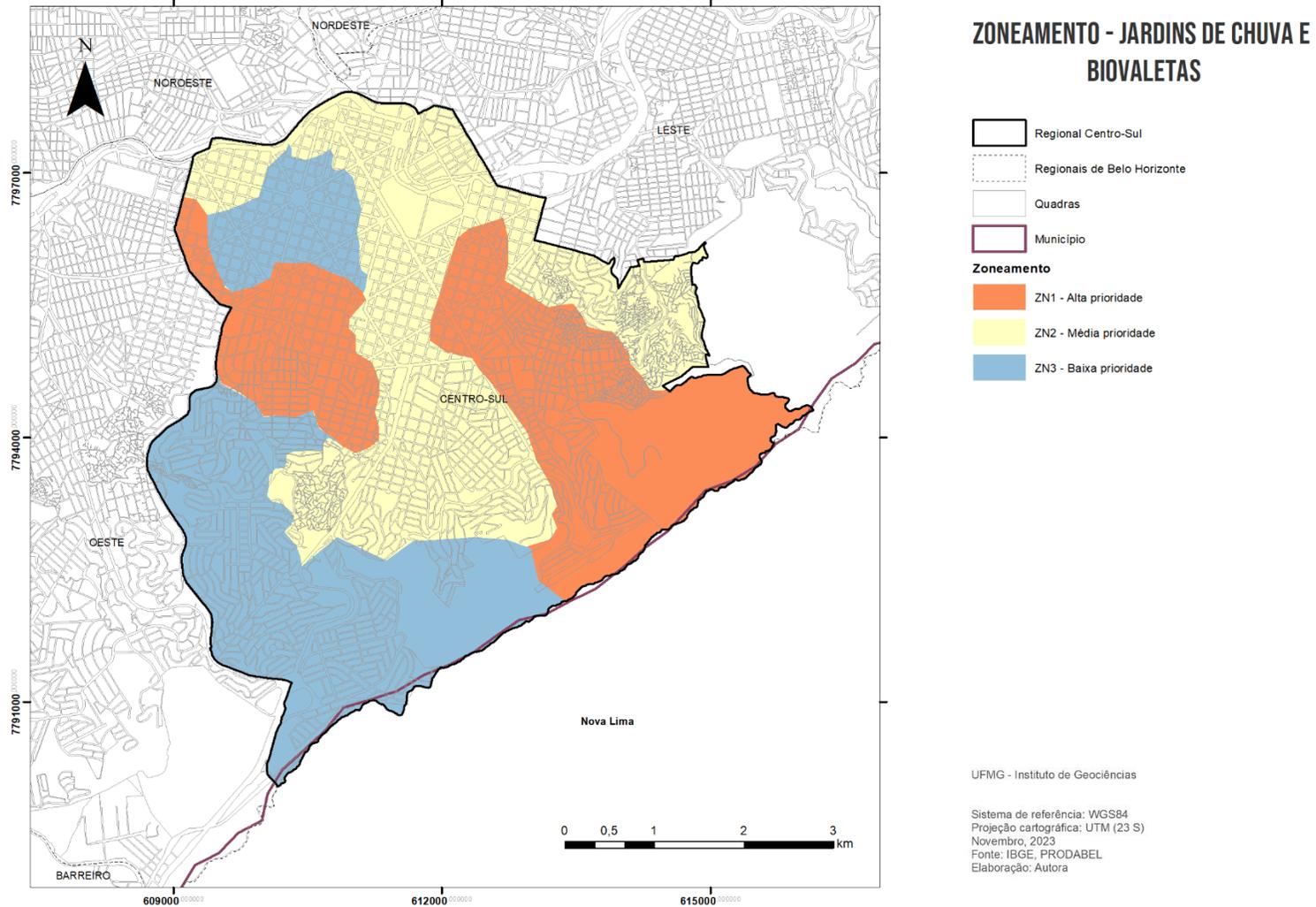


Tabela 38: Lagoa pluvial ou bacia de retenção

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Lagoa pluvial ou bacia de retenção</p>	
<p>Impacto: Curto prazo</p>	
<p>Tipo: Não convencional</p>	<p>Local de aplicação:</p>
<p>Responsabilidade: Poder público</p>	<p>Imagem de referência:</p>
<p>Lei de benefícios: Não se aplica</p>	
<p>Proposta: Depressão vegetada que durante o período de chuvas recebe as águas diminuindo o escoamento superficial e consequentemente retardando a entrada das águas pluviais no sistema de drenagem.</p>	
<p>Benefícios: Diminui a possibilidade de problemas como enchentes, em razão de diminuir o escoamento superficial, o grande responsável pelas inundações. Ao retardar a entrada das águas no sistema de drenagem, a retendo na lagoa (bacia de detenção), possibilita a infiltração e logo a recarga de aquíferos. Pode ser implementada em diferentes pontos da bacia de drenagem, como ao longo de vias, cursos d'água, em parques lineares ou jardins públicos e privados, em praças etc. Nos períodos de seca, a área pode ser utilizada para atividades diversas, principalmente de lazer, como um campo de futebol gramado (Herzog, 2009 apud Vasconcellos, 2015).</p>	 <p>Fonte: Lagoa pluvial - Rieselfeld - Freiburg Acesso em: 31 jan 2022.</p>
<p>Mapas base: NDVI, Vulnerabilidade a inundação 2030</p>	

Figura 80: Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Lagoa seca (pluvial)

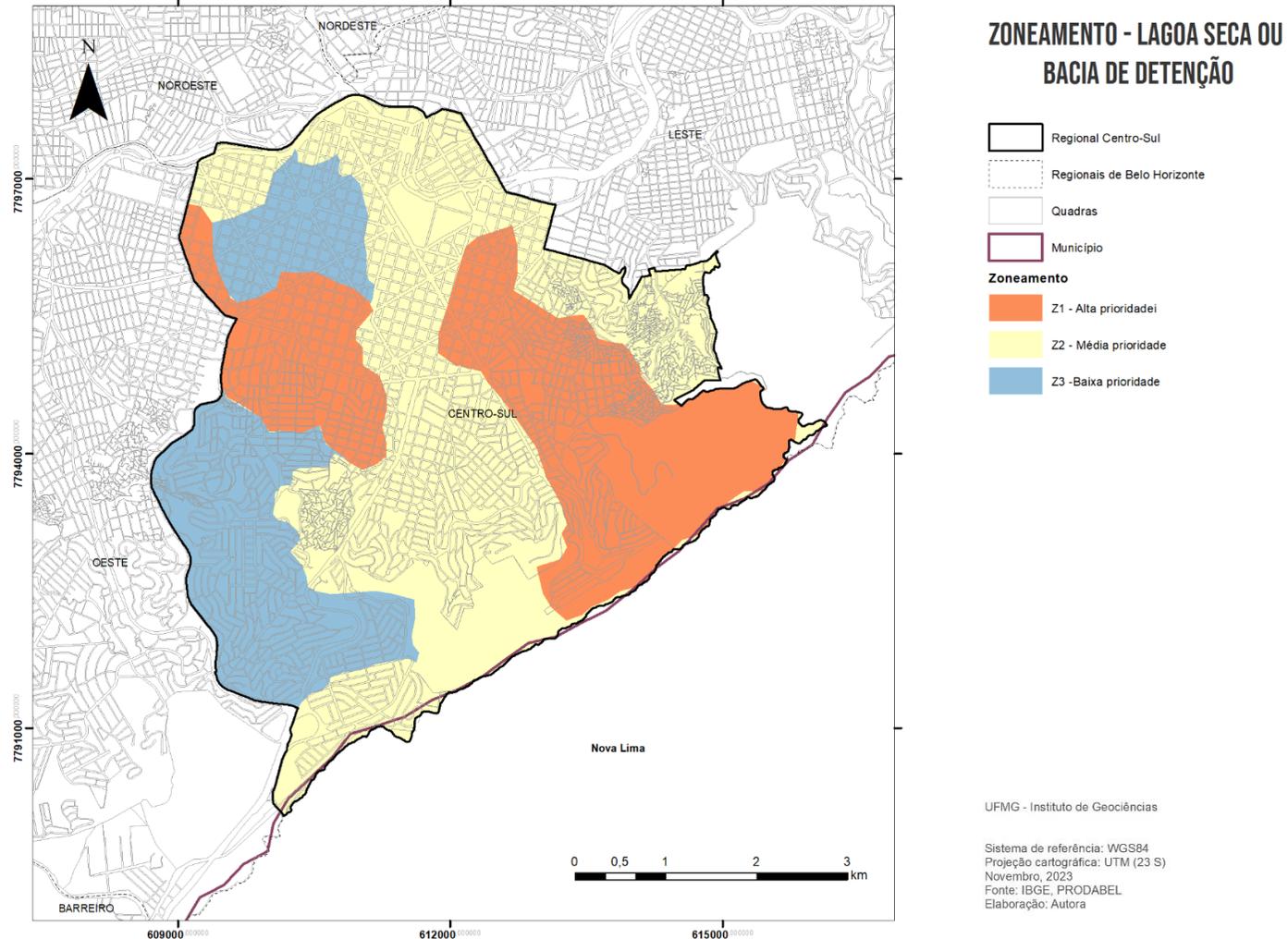


Tabela 39: Jardins flutuantes

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Jardins flutuantes</p>	
<p>Impacto: Curto prazo</p>	
<p>Tipo: Não convencional</p>	
<p>Responsabilidade: Poder público</p>	<p>Local de aplicação: Rio Chicago – Illinois / EUA</p>
<p>Lei de benefícios: Não se aplica</p>	<p>Imagem de referência:</p> 
<p>Proposta: ilhas ou jardins flutuantes de sistemas modulares que funcionam como ilhas artificiais flutuantes, baseadas nos wetlands construídos clássicos e nos mecanismos de remoção de resíduos presentes neles. As ilhas podem configurar com apenas funções ecológicas ou estarem associadas a funções de recreação.</p>	
<p>Benefícios: Fornece habitat para plantas e para a vida selvagem. Ademais o rio é cercado por vegetação exuberante, calçadas públicas proporcionando uso para comunidade, contato com os cursos hídricos e revitalizando os negócios ao longo de suas margens. As ilhas ou jardins flutuantes são utilizados para a remediação de águas superficiais e águas residuais, devido a sua eficiência em assimilar nutrientes e criar condições favoráveis para a decomposição microbiana da matéria orgânica (ZHAO <i>et al.</i>, 2012; WANG <i>et al.</i> 2009 apud Rocha, 2018.).</p>	
<p>Fonte: Archdaily - Jardins flutuantes estão transformando o rio Chicago. Acesso em: 26 jan 2024.</p>	

Mapas base: Cursos d'água, relevo, vias urbanas, NDVI, densidade demográfica

Figura 80: Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Jardins Flutuantes

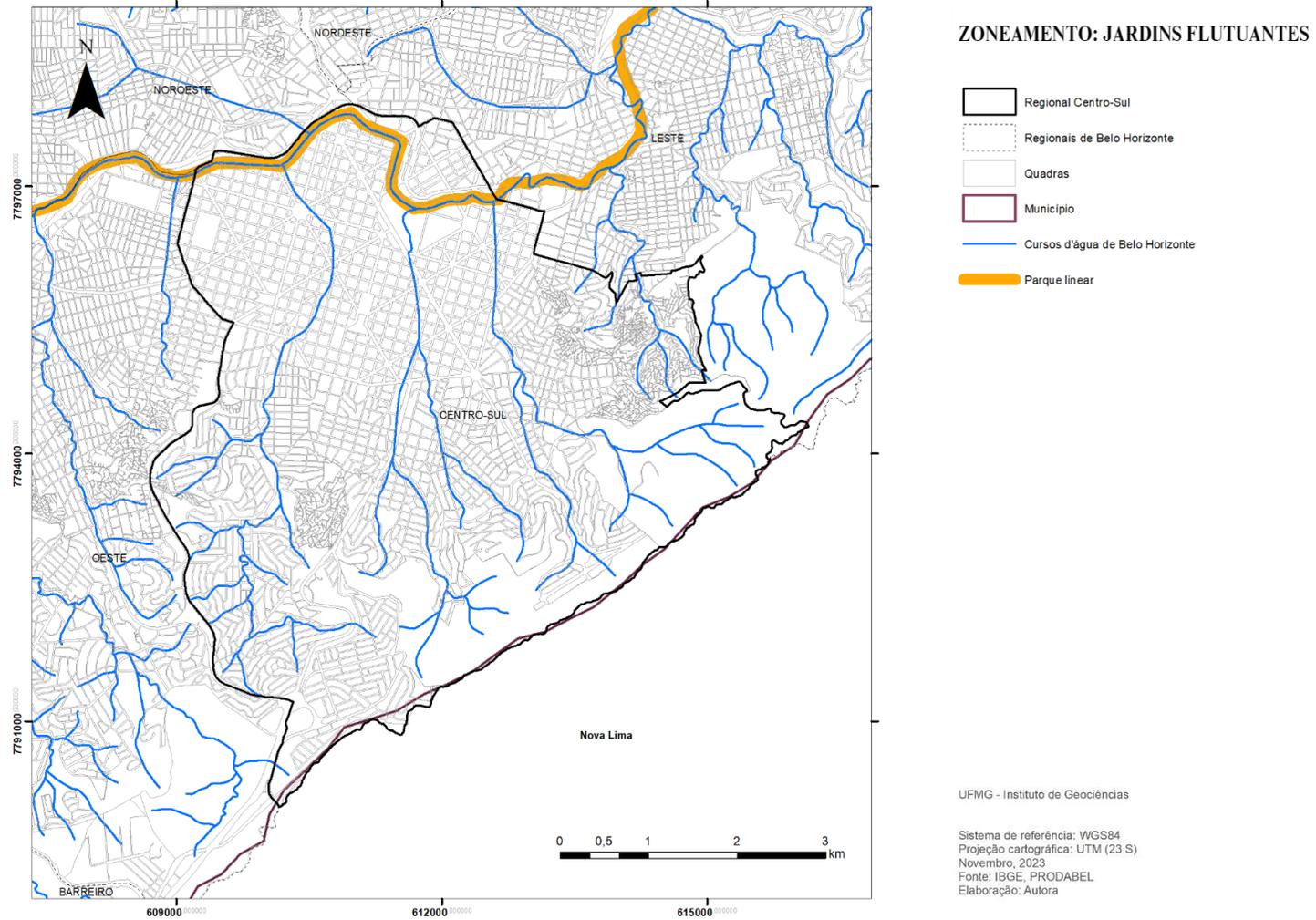
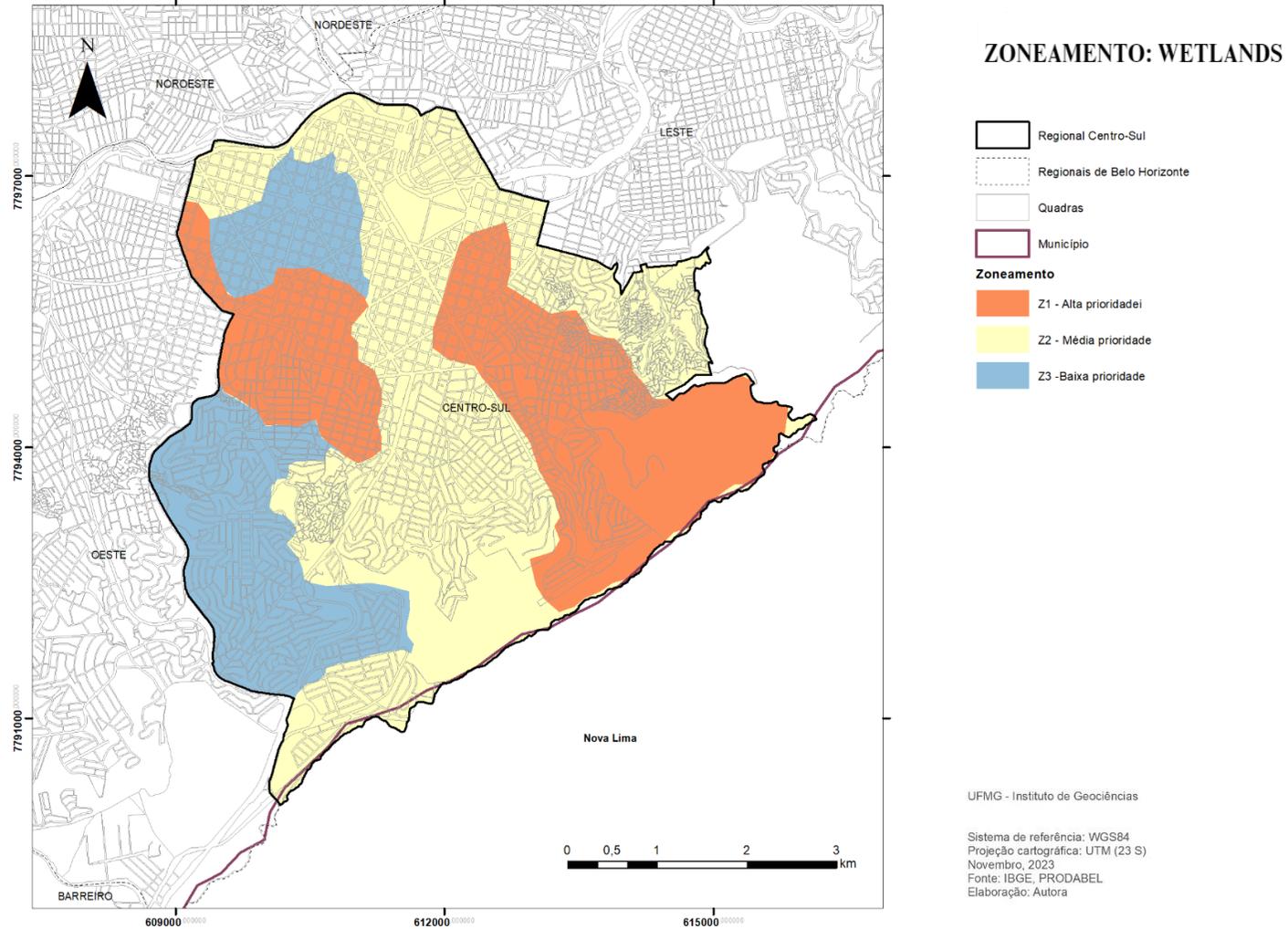


Tabela 40: Wetlands construídos ou jardins filtrantes

<p>Parâmetro, instrumento ou intervenção: Wetlands Construídos ou jardins filtrantes</p>	
<p>Impacto: Curto prazo</p>	
<p>Tipo: Convencional</p>	<p>Local de aplicação: Parque Pajeú em Sobral - CE</p>
<p>Responsabilidade: Poder público e iniciativa privada</p>	<p>Imagem de referência:</p>
<p>Lei de benefícios: Não se aplica</p>	
<p>Proposta: sistemas projetados e construídos para utilizar os processos naturais que envolvem a vegetação de uma zona úmida, solo e suas associações microbianas associadas para auxiliar no tratamento de águas residuais. Esses wetlands podem ser também modulares, de modo a não se restringirem as áreas próprias para recebê-los.</p>	<p>Fonte: Evers <i>et al.</i>, 2022 apud Serra, 2023.</p>
<p>Benefícios: A tecnologia dos Wetlands construídos (WC) replica processos físicos, químicos e biológicos que acontecem na natureza, como a filtragem dos sólidos em suspensão do esgoto pelo material filtrante; adsorção na superfície dos grãos do material filtrante; e, depuração da matéria orgânica pelos microrganismos e fitoextração pelas macrófitas (SEZERINO <i>et al.</i>, 2018. Desde que projetados e gerenciados da maneira adequada os WC têm o potencial de sequestrar carbono, pois essas áreas desempenham um papel importante no ciclo global do carbono, por serem sumidouros (ROSLI, 2017).</p>	 <p>Fonte: Wetlands Construídos. Acesso em: 31 jan 2024.</p>

Mapas base: NDVI, Vulnerabilidade a inundação 2030

Figura 80: Mapa de Zoneamento para o parâmetro de Wetland



7 CONCLUSÕES

O trabalho propôs repensar o planejamento das áreas verdes urbanas, conjuntamente com a ocupação do solo urbano, buscando integrar paisagem urbana, qualidade ambiental e de vida das pessoas que vivem na cidade, proporcionando uma relação harmônica entre as áreas vegetadas e as construídas. E compreendendo essa abordagem como fundamental para alcançar o desenvolvimento sustentável e resiliente dos municípios.

A partir da realização da caracterização e da leitura territorial da escala regional a escala local foi possível identificar as potencialidades e vulnerabilidades das áreas de estudo, permitindo identificar as viabilidades existentes para implantação e qualificação das áreas verdes, bem como serviu de subsídio para a proposição de parâmetros urbanísticos que possibilitem qualidade ambiental distribuída no espaço urbano e não mais concentrada, como ocorre atualmente.

A metodologia adotada para a leitura territorial partiu da tendência contemporânea em planejamento urbano, que parte da análise em escala regional para chegar à escala local. O resultado foi satisfatório na medida em que a abordagem de contexto (Escala regional) permitiu compreender a heterogeneidade dos contextos e dos distintos territórios e, os processos e conflitos ali existentes, bem como as relações e conexões existentes entre os recursos naturais e as áreas urbanas.

Ademais, a abordagem em diferentes escalas permitiu utilizar propostas que trabalham com resultados espaciais e temporais distintos. Isto é, as ações em escala regional serão percebidas em um espaço de tempo maior já que suas ações são em dimensões espacialmente maiores, e portanto, terão amplo efeito temporal e espacial. Em contrapartida, na escala local as ações são espacialmente mais restritas, com efeito espacial e temporal mais imediatos, funcionando como “cirurgias urbanas” e ações mitigadoras aos processos mais urgentes. A análise e proposição a partir das três diferentes escalas de paisagem (Regional, municipal e local) permitiu também compreender como as ações e legislações relativas ao planejamento urbano devem estar conectadas e articuladas nas diferentes escalas.

O diagnóstico e leitura territorial aqui realizados, contribuíram enormemente para minha capacitação profissional, uma vez que permitiu o tratamento, a análise e relação de um grande volume de dados de diferentes naturezas, além de possibilitar trabalhar com diferentes escalas de abordagem, envolvendo diferentes atores, problemas e soluções. A análise em diferentes abordagens permitiu pensar um planejamento urbano articulado, integrando e conectando as propostas nas diferentes escalas, entendendo a importância de um planejamento conectado.

Possibilitou também pensar as ações e propostas de planejamento mais satisfatórias e coerentes com cada escala de planejamento, considerando os diferentes atores envolvidos, percebendo que cada escala cumpre funções específicas relacionadas ao planejamento e que, portanto, os efeitos temporais e espaciais na paisagem urbana são diferentes e associados a natureza das propostas e escalas.

A leitura territorial identificou que a criação e conservação das áreas verdes no município de Belo Horizonte não tem ocorrido de forma espontânea, uma vez que os fragmentos remanescentes de vegetação robusta estão localizados em áreas protegidas por Lei. Além disso, os fragmentos robustos estão concentrados em poucas porções da cidade, principalmente em parques e praças ou áreas de proteção ambiental nas bordas do município. Por isso é fundamental a discussão aqui apresentada a respeito da necessidade de criação e consolidação dos parâmetros verdes nos planejamentos urbanos, possibilitando a ampliação e distribuição homogênea desses espaços pela cidade, garantindo a sua preservação.

Através da proposição de parâmetros e urbanísticos e estratégias verdes, elaboradas a partir da leitura territorial e análises em casa escala de estudo (multiescalaridade), buscou-se dar visibilidade às possibilidades de ações, integrando diferentes funções (princípio da multifuncionalidade), e contemplando a possibilidade de atuação para os diferentes atores - Poder público, iniciativa privada e sociedade civil. As propostas também contemplaram ações de curto a longo prazo e consideram os diferentes benefícios ambientais e sociais envolvidos, como melhoria de clima, da drenagem, de áreas de lazer etc. As propostas partiram do conceito de infraestrutura verde e azul de modo à mitigação dos problemas causados pelo modelo de urbanização tradicional que, em geral, não contempla a estrutura e os processos que ocorrem na paisagem.

As propostas de parâmetros e estratégias alternativas com enfoque na questão ambiental, funcionará como lista de boas práticas para suporte ao processo de cocriação de ideias para transformação de um território, nos workshops de Geodesign voltados discussão das áreas verdes e qualidade ambiental urbana.

Uma das limitações do estudo está relacionada ao acesso a dados. A análise realizada nas escalas municipal e local foi possível devido a disponibilidade e qualidade dos dados que o município de Belo Horizonte apresenta. A reprodução da análise regional para qualquer área do Brasil é possível de ser realizada, devido a disponibilidade de dados apresentados para essa escala. Porém, a reprodução do estudo na escala municipal e local e para cidades que não apresentam a natureza e a qualidade dos dados utilizados, fica impossibilitada.

O objetivo aqui foi abordar conceitos sobre o que significa trabalhar nas diferentes escalas segundo o pensamento geográfico, cumprindo a função de investigações bibliográficas e conceituais, e de entrega de relação de pressupostos na forma de lista de melhores práticas para serem empregadas na multiescalaridade. Dessa forma os estudos se desenvolveram na multiescalaridade, ao passo que um possível **desdobramento** seria a elaboração na interescalaridade, o que é raciocínio bem mais complexo, em que as escalas não são mais analisadas separadamente, mas sim considerando as interações interescalares das diferentes escalas e as consequências disso para o planejamento ambiental urbano, e portanto, os pressupostos e as melhores práticas precisarão atender à interescalaridade e a proposição metodológica de cocriação de ideias no Geodesign também segundo este princípio.

Outro possível desdobramento é a elaboração de estudos preditivos de simulação, promovendo a geovisualização para se entender o impacto de um parâmetro urbanístico proposto, na simulação na paisagem futura. Isto é, simular o resultado da distribuição difusa daquele parâmetro na paisagem do local. A simulação poderá ser realizada por meio de análises espaciais preditivas (em modelo “if-then”), introduzindo características ambientais fictícias a um conjunto de dados, por exemplo a distribuição da cobertura vegetal, construindo assim análises que dão respostas sobre as conformações espaciais cenários futuros. Se na análise multicritérios a camada de cobertura vegetal apresentava determinada condição, ao substituí-la pela camada de realidade simulada, simular um cenário futuro de distribuição difusa da cobertura vegetal e o resultado do seu impacto na área de estudo.

A partir do conjunto de parâmetros e da definição das áreas prioritárias para destinação e implantação, também seria possível realizar uma análise multicritérios indicando a hierarquização dos critérios de definição das áreas de implantação. Isto se justifica como modo a identificar mais facilmente parâmetros prioritários, por exemplo para análises em casos de definições de investimento.

Outro desdobramento futuro será o de explorar a relação entre as escalas, realizando a análise interpretativa comparativa entre as diferentes escalas, a fim de explorar suas relações e compreender melhor os dados elaborados e a relação entre eles.

Ademais, estudos com a aplicação de geoprocessamento são também contribuições metodológicas, visto que o organizador do estudo propõe passos, aplicações de modelos, coleções e integrações de dados com critérios reproduzíveis e aplicáveis a outras áreas de estudos, caso essas áreas possuam a mesma qualidade de coleções de dados. Todo trabalho que envolve geoprocessamento é uma contribuição metodológica, por ser um conjunto de métodos e técnicas que resultará na proposição de um framework de trabalho, cuja intenção é de

colaborar não somente com o estudo em si, mas também com a possibilidade de aplicabilidade do modelo em outros estudos de caso.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, E., et al. Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services. **AMBIO** 43, 445–453, 2014.
- AHERN, J. Green Infrastructure for Cities: The Spatial Dimension. In: **Cities of the Future – Towards Integrated Sustainable Water Landscape Mangement** (orgs.) Novotny, V. e Brown, P. IWA Publishing, London, 2007. pp. 267-283.
- _____. Sustainability, Urbanism and Resilience. Palestra na Primeira Conferência de Humanidades e Indústria Criativa, Universidade de Tecnologia Nacional Chyn-Yi, Taichung, Taiwan, 4 de junho de 2009. pp. 4-22.
- AMARAL, R. Os processos ecológicos de suporte no planejamento e projeto da infraestrutura verde regional: estudos dos fluxos de carbono na paisagem. Tese de Doutorado. Brasília, 2023.
- AMARAL, R., RIBEIRO, R.R. Enchentes e Inundações. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.), **Desastres Naturais, conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, p. 40-53, 2009.
- ALBERTI, G. A.; VICTORINO, H.S. Detecção da expansão da barragem de rejeitos Maravilhas II (MG) por Subtração Simples de Bandas e Análise de Componentes Principais - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos - SP, 2015. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. p. 4883-4890.
- ALVES, R.J.V.; KOLBEK, J. Species endemism in savanna vegetation on table mountains (campo rupestre). **Brazil. Vegetation (Plant Ecol.)** 113,125–139, 1994.
- ARAÚJO, M. A. R. **Unidades de conservação no Brasil: da República à gestão de classe mundial**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2007.
- ARCHDAILY MÉXICO. "Parque Lineal Ferrocarril de Cuernavaca / Gaeta-Springall arquitectos" 04 ene 2018. **ArchDaily México**. Accedido el 27 Ene 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/886566/parque-lineal-ferrocarril-de-cuernavaca-gaeta-springall-arquitectos>> ISSN 0719-8914
- AROEIRA, R. de M. Programa Drenurbs: Prefeitura de Belo Horizonte - Brasil. In: MACHADO, A. T. G. da M.; LISBOA, A. H.; ALVES, C. B. M.; LOPES, D. A.; GOULART, E. M. A.; LEITE, F. A.; POLIGNANO, M. V. **Revitalização de rios no mundo: América, Europa e Ásia**. 1 ed. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy – Projeto Manuelzão/Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.p.221-240
- AZEVEDO, U.R; MACHADO, M.M.M; CASTRO, P.T.A; RENGER, F.E.; TREVISOL, A.; BEATO; D.A.C; **Geoparque Quadrilátero Ferrífero - Proposta (Volume I)**. (s/d)
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- BAHIANA, L. C. C. **Contribuição ao estudo da questão da escala na Geografia: escalas em Geografia Urbana**. 1986. 256 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1986.
- BACCHIN, T. K., et al. A multi-scale approach in the planning and design of water sensitive environments. **Proceedings of the 8th International Conference Novatech**, 2013, 22-27 June, 2013, Lyon, France

BELO HORIZONTE. Câmara Municipal de Belo Horizonte. Lei Orgânica do Município de Belo Horizonte, aprovada em 21 de março de 1990. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/smsa/biblioteca/conselho/lei_organica_do_municipio.htm>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BELO HORIZONTE. Lei nº7165, de 27 de agosto de 1996. Institui o Plano diretor do município de Belo Horizonte. Prefeitura de Belo Horizonte, 1996. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/1996/716/7165/lei-ordinaria-n-7165-1996-institui-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte>>. Acesso em: 13 jan 2022.

BELO HORIZONTE. Lei nº11.181, de 8 de agosto de 2019. Institui o Plano diretor do município de Belo Horizonte. Prefeitura de Belo Horizonte, 2019. 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>>. Acesso em: 14 jan 2022.

BELO HORIZONTE. Lei Municipal nº4.034, de 25 de março de 1985. Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano. Belo Horizonte, 1985.

BENEDICT, M. A.; McMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Island Press, Washington, 2006.

BENINI, S. M., & GODOY, J. A. R. de G. (2021). Metodologia de Análise Qualitativa das Áreas Verdes Públicas: Um olhar sobre a Zona Norte da cidade de Cuiabá-MT. **CIS - Conjecturas Inter Studies**,21(3), 749–766

BONTEMPO, V. L. et al. Os córregos e a metrópole: a inserção no espaço urbano dos cursos d'água que atravessam a zona urbana de Belo Horizonte. **REGA** – Vol. 9, no. 1, p. 5-16, jan./jun. 2012.

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

BORRINI-FEYERABEND, G., et al. Governança de Áreas Protegidas: da compreensão à ação. **Série Diretrizes para melhores Práticas para Áreas Protegidas**, No. 20, Gland, Suíça: UICN, 2017.

BRAAT, L. et al. **The Cost of Policy Inaction (COPI): The Case of not Meeting the Biodiversity Target**. Brussels: European Commission, 2008.

BRANDÃO, Carlos Antônio. Producción social del ambiente construído y sus escalas espaciales: notas para uma teoria acerca de las acciones y decisiones de sujetos concretos. In: Fernández, Victor R. y Brandão, Carlos (Org.). **Escalas y Políticas del Desarrollo Regional – Desafios para América Latina**. Buenos Aires: Ed. Mino y D'ávila. 2010. p.241-272.

BRASIL. Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Brasília, Disponível em: Acesso em: 20 nov. 2023.

CAICHE, D. T., PERES, R. B., SCHENK, L. B. M. Floresta urbana, soluções baseadas na natureza e paisagem: Planejamento e projeto na cidade de São Carlos (SP). **Revista Labverde**, 11(1), 121-149, 2021.

CAMARGOS, L. M.; MOURA, A. C. M.; REZENDE, C. Análise multicritérios na identificação de classificação de importância hídrica no quadrilátero ferrífero - MG. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ, Vol. 43-3/, p. 23-34, 2020.

CANHOLI, A. P. **Drenagem e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARGNIN, A. P. A dimensão territorial do planejamento: escalas, atores e metodologias. In: **Três décadas de planejamento em áreas rurais: balanços e perspectivas**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2021. p.57-78.

CARMO, F. F. **Importância ambiental e estado de conservação dos ecossistemas de cangas no Quadrilátero Ferrífero e proposta de áreas-alvo para a investigação e proteção da biodiversidade em Minas Gerais**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

CASAGRANDE, P. B. **O Framework Geodesign aplicado ao Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais/Brasil)**. 2018. 209 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

CASTILHO, J. R. F. **Disciplina urbanística da propriedade: o lote e seu destino**. São Paulo: Editora Pillares, 2010.

CASTRO, G. V. **Jardins comunitários de Nova York: um método para recomendações baseado no design de experiência**. 2014. 177p. Tese de Doutorado – Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro).

CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, Iná Elias de. et al. (orgs.): **Geografia: conceitos e temas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

CASTRO, T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. **Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020.

CASTRO PEREZ, D. R. **Diretrizes solares para o planejamento urbano: o envelope solar como critério para adensamento e verticalização**. 2013. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

CATUZZO, H. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da Cidade de São Paulo**. 2013. 207 p. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CHACHAM, V. A memória urbana entre o panorama e as ruínas. In: DUTRA, E. (Org.). **BH: horizonte históricos**. Belo Horizonte: C/Arte Editora, 1996, p. 183-237.

COATES, G. J. The sustainable urban district of Vauban in Freiburg, Germany. **Int. J. of Design & Nature and Ecodynamics**. Vol. 8, Nº. 4, 2013, p. 265–286

COLDING, J. Ecological Land-Use Complementation for Building Resilience in Urban Ecosystems. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, n.1-2, p.46-55, 2007

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 369, 28 de março de 2006.

- CONTI, A. **O espaço perimetropolitano de Belo Horizonte: uma análise exploratória**. 2009. 632 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial, PUCMINAS, Belo Horizonte, 2009.
- CONTI, A.; MARTINEZ, G. A. T. Unidades de Paisagem rural no Quadrilátero ferrífero, uma análise preliminar. In: MOURA, A. C. M. (org.). **Unidades de Paisagem e Geodesign no Quadrilátero Ferrífero**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022.
- CONSTANZA et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. **Nature**, 387(15), p. 253-260, 1997.
- CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem Ambiente: ensaios** - n. 25 - São Paulo - p. 125 - 142 – 2008.
- COOK, E. A. Urban landscape networks: an ecological framework. **Landscape Research**, 16, pp.7–15, 1991.
- CROWTHER, T. W *et al.* Mapping tree density at a global scale. **Nature**, 525(7568), 201-205. 2015.
- CUSTÓDIO, N.; BRINKER, U. Identificação das áreas verdes no distrito da Barra Funda, para a proposta do parque linear Brás-Lapa e sua contribuição para uma infraestrutura verde na cidade de São Paulo. **Revista LABVERDE**, (5), 94-116, 2012. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i5p94-116>
- DAVIES, C., et al. Green infrastructure planning guide. **Journal of Arboriculture**, (30), 269-275, 2015.
- DELFINO, D. S. **Os valores da paisagem como instrumento de gestão territorial na área de proteção ambiental da baleia franca (Santa Catarina – Brasil)**. 2017. 352 p. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- DAILY, GC. et al. The value of nature and the nature of value. **Science**, 289: 395–96, 2000.
- DO NASCIMENTO, A. P. B. et al. Os serviços ecossistêmicos de espaços verdes urbanos: contribuições para a Agenda 2030. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, 10 (77), 108-120, 2022.
- DORR, J. V. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Geological Survey Professional Paper** 641-A, 2. ed., USGS/DNPM, 1969. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/pp/0641a/report.pdf>>. Acesso em: 08/08/2021.
- EISENMAN, T. **Raising the Bar on Green Roof Design**. Landscape Architecture, Washington D. C., p. 22-29, 2006
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>. Acesso em: 11 set 2021.
- FAO. **Directrices para la silvicultura urbana y periurbana**, por Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. FAO: Montes, n.178, Roma, FAO, 2017.
- FARR, D. **Sustainable Urbanism – Urban design with nature**. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, 2008.

FELIPPE, M. F.; *et al.* Evolução da ocupação urbana nas zonas preferenciais de recarga de aquíferos de Belo Horizonte - MG. **Revista de Geografia - PPGeo** - v. 2, nº 1, 2011.

FELIX, A.C. T.; FONTGALLAND, I. **Valoração Ambiental**. Ampla Editora, 2021.

FERNÁNDEZ, Victor Ramiro. Desarrollo Regional bajo transformaciones trans-escalares. Porqué y cómo recuperar la escala nacional? In: Fernández, Victor R. y Brandão, Carlos (Org.). **Escalas y Políticas del Desarrollo Regional – Desafíos para América Latina**. Buenos Aires: Ed. Mino y D'ávila. 2010. P.301-341.

PHILLIPS, A. **Management Guidelines for IUCN Category V Protected Areas: Protected Landscapes/Seascapes**. Gland: IUCN - the World Conservation Union, 2002.

FONSECA, C. O. **A dinâmica espacial da Serra do Gandarela e entorno a partir da formação de territórios: análise e representações coremáticas**. 2014. 127p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

FORMAN, R.T.T; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley& Sons, 1986.

FREUHAUF, A. L. Et al. A relevância da Infraestrutura Verde na paisagem urbana: uma contribuição aos serviços ecossistêmicos. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, 10(28), 129-143, 2022.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. Quadrilátero Ferrífero: Avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. in **Biodiversidade em Minas Gerais**. Segunda Edição. Belo 2020. 1st ed., Pp. 480. Belo Horizonte: 3i Editora Horizonte, 2005. 178p.

GENGO, R. de C; HENKES, J. A. A utilização do paisagismo como ferramenta na preservação e melhoria ambiental em área urbana. **Revista Gestão e sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 55 - 81, 2013.

GOMES SANT' ANNA, C. **A infraestrutura verde e sua contribuição para o desenho da paisagem da cidade**. 2020. 303p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2020.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D.N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecol. Econ.** **86**, 235–245, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. et al. Urban Ecosystem Services. In: ELMQVIST, T. et al. (eds.), **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities** (pp. 175-251). New York, NY: Springer. doi:10.1007/978-94-007-7088-1

GONÇALVES, F. S. **Parâmetros Ambientais para o Ordenamento Territorial Municipal e Proposta para o Estado do Rio Grande do Sul**. 2017. 300 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

GONÇALVES, W. **Arborização Urbana**. Viçosa-MG: CPT, 2009.

GOWARD, S. N. Thermal behavior or urban landscapes and the urban heat island. **Physical Geography**, v.1.p.19–33,1981.

GUIMARÃES, L. F.; OLIVEIRA, A. K. B. de; VERÍSSIMO, L. de F.; MERLO, M. L.; VÉROL, A. P. O uso de infraestruturas verde e azul na revitalização urbana e na melhoria do manejo das águas pluviais: o caso da sub-bacia do Rio Comprido In: **Paisagem e Ambiente**,

no 42, 2018, p. 75-95. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i42p75-95>, acesso 12.nov.2023.

HALL, M. J. **Urban Hydrology**. Essex: Elsevier, 1984.

HARVEY, David. **Social justice and the city**. London, The Johns Hopkins University Press, 1973.

_____. **Espaços da esperança**. São Paulo: Ed. Loyola. SP. 2000

HANSEN, R.; PAULEIT, S. From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas. **AMBIO** 43, 516–529, 2014 <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0510-2>

HASSLER, Márcio Luís. A importância das Unidades de Conservação no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33, 2005.

HERZOG, C. P. **Guaratiba Verde: subsídios para o projeto de infraestrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro**. 2009. 182 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **Cidades para todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza**. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde, 2013.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista LABVERDE**, (1), 92-115, 2010.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, 56(3): 275-370, 1945.

IBGE 2020. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros para 2019**. Disponível: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25278-ibge-divulga-as-estimativas-da-populacao-dos-municipios-para-2019>>. Acesso em 08/06/2021.

LACOSTE, Yves. **A Geografia – isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. Trad.: FRANÇA, Maria Cecília. Campinas: Papirus, 1988.

LOVASI, G.S.; *et al.* **Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma**, Short Report, United States, 2008.

MACUNOVICH, J. **É fácil construir um jardim: 12 etapas simples para criar jardins e paisagens**. São Paulo: Nobel, 2006.

MAGALHÃES, D. R. de M. **O papel das áreas de proteção Ambiental (APAs) na conservação da Biodiversidade brasileira**. 2017. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

MARQUES, T. H. N. **Eixos Multifuncionais: Infraestrutura Verde e Serviços Ecosistêmicos urbanos aplicados ao córrego Mandaqui São Paulo, SP**. 2020. 218 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

- MARSTON, S. et al. **Human geography without scale**. Transactions of the Institute of British Geographers, NS 30, pp. 416-432, 2005.
- MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. E. A. R. **Vegetação urbana**. 2 ed. Porto Alegre: Editora +4, 2015.
- MELO, A. C. A. Reflexões sobre a história social dos rios no processo de produção do espaço de Belo Horizonte. **Revista Eletrônica do Arquivo Público de Belo Horizonte**, v.6, n.6, 2019.
- MELL, I.C. Green infrastructure: reflections on past, present and future praxis, **Landscape Research**, 42:2, 135-145, 2017.
- METZGER, JP: **O que é Ecologia de Paisagens?**. Biota Neotrópica, vol. 1, pp. 1-9, 2001.
- MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental** - Artigos, nº16, 2017.
- MILANO, M. S. **Avaliação Quali-Quantitativa e Manejo da Arborização Urbana: Exemplo de Maringá – PR**. 1988. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná (Curitiba).
- MILLER, Willian R. **Introducing Geodesign: the concept**. Esri Press, Redlands, 2012.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT(MEA). **Millenium Ecosystem Assessment, 2003**. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>. Acesso em 27 julho 2023.
- MONTEIRO, M. dos S. **Serviços Ecosistêmicos como diretriz para o planejamento urbano: uma análise da Área Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2016. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2016.
- MORAIS, B. R *et al.* Os telhados verdes nas políticas ambientais e como medida mitigadora das inundações urbanas: uma revisão sistemática. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 15, n. 00, p. e021018, 2021. DOI: 10.20396/labore.v15i00.8663910. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8663910>. Acesso em: 28 jan. 2022.
- MORSCH, M.; MASCARO, J.; PANDOLFO, A. Sustentabilidade urbana: recuperação dos rios como um dos princípios da infraestrutura verde. **Ambiente construído**, Porto Alegre , v. 17, n. 4, p. 305-321, Dec. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/yhZVfk87CZC6yXDRYHQPpgp/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso: 29 Jan. 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400199>.
- MOURA, A. C. M. Landscape design or parameterization? Recent tendencies in geotechnologies for representing and planning urban territory. **DisegnareCon**, n.11, 2013. p. 3-10.
- MOURA, A. C. M. et al. Geodesign na definição de unidades de paisagem no Quadrilátero Ferrífero base para um plano da paisagem. In: MOURA, A. C. M. (org.). **Unidades de Paisagem e Geodesign no Quadrilátero Ferrífero**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022.
- MOURA, A. C. M.; FREITAS, C. R. Scalability in the application of Geodesign in Brazil: expanding the use of the Brazilian Geodesign Platform to Metropolitan Regions in Transformative-learning planning. **Sustainability**, 13 (12):6508, 2021.
- MOURA, A. C. M.; MORAIS, C. F.; MELLO, T. A. G. Geodesign and Sustainable Development Goals in the environmental parameterization of the Iron Quadrangle region,

Brazil: an academic experience. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-11-2021-0143>.

MOURA, A. C. M., RIBEIRO, S. R., CORREA, I., BRAGA, B. Parametric Modeling of Urban Landscape: Decoding the Brasilia of Lucio Costa from Modernism to Present Days. **TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment** 1(1), 2014, p.697- 708.

MOURÃO, M. A. A. **Caracterização Hidrogeológica do aquífero cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG**. 2007. 321 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MOVIMENTO 90°. **Benefícios dos paredões verdes**. 2015. Disponível em: <[http://movimento90](http://movimento90.com)>.com. Acesso em: jan 2022

MUMFORD, L. **A cidade na história**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1965.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10 n.1 p. 36-48. Belo Horizonte, 2005.

NOGUEIRA, R. H. **Os (des)caminhos da linguagem coletiva nas paisagens urbanas brasileiras: a forma urbana modelada pela norma**. 2018. Dissertação de mestrado, Escola de Arquitetura – Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte).

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS. Disponível em: https://oics.cgee.org.br/estudos-de-caso/recuperacao-do-corrego-cheonggyecheon-seul-coreia-do-sul_5d3787a58d1d76322165ae33/resultados-esperados. Acesso em 30 jan 2024.

ONU 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development in Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. United Nations, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E>. Acesso em: 08/08/2021.

ONU 2018. Revision of World Urbanization Prospects, 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>. Acesso em: 07/06/2021.

PAULEIT et al. Urban Landscapes and Green Infrastructure. **Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science**, p. 1-53, 2017.

PELLEGRINO, P. R. M.; MOURA, N. C. B. de. Estratégias para uma infraestrutura verde. [S.l.: s.n.], 2017

PEREIRA, A. F. S. **Florística, Fitossociologia e Relação Solo Vegetação em Campo Rupestre Ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero, MG**. UFV, 2010.

POLIGNANO, M.V; LEMOS, R.S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba In: **Cienc. Cult.** vol.72 no.2 São Paulo Apr./June, 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Base cartográfica: Curso D'água Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), 2021.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Praça situada na avenida Silviano Brandão participa do Programa Adote o Verde. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/praca-situada-na-avenida-silviano-brandao-participa-do-programa-adote-o-verde>>. Acesso em: 10 jan 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE; WAY CARBON; ESLA-KAS. Análise de vulnerabilidade às mudanças, climáticas do município de Belo Horizonte: resumo para os tomadores de decisão. Prefeitura de Belo Horizonte, 2016.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/centro-sul>>. Acesso em 05 fev de 2024.

PUJADAS, R. Y.; FONT, J. **Ordenación y planificación territorial**. Madrid. Editorial Síntesis, 1998.

RACINE, J. B.; RAFFESTIN, C.; RUFFY, V. Escala e ação, contribuições para uma interpretação do mecanismo de escala na prática da geografia. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, IBGE, v. 45, nº 1, 1983. pp. 123-135.

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. São Paulo: Ática, 1993.

RAMÍREZ, B. R. De la escala al espacio en la construcción del desarrollo regional. In: FERNÁNDEZ, V. R.; BRANDAO, C. (Coord.). **Escalas y políticas del desarrollo regional. Desafíos para América Latina**. Buenos Aires: Universidad Nacional del Litoral; Miño Dávila, 2010. p. 217-237.

RAPINI, A.; RIBEIRO, P.L; LAMBERTI, J.R.P. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, 4, 15–23, 2008

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora** v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008.

RIBOLDI, L. C. O. *et al.* Análise das métricas da ecologia da paisagem em fragmentos florestais no município de salgado filho/PR. **Rev. GEOMAE**. Campo Mourão, PR v.8 n. Especial SIAUT p. 177 - 185, 2017.

ROCHA, Elis Gean *et al.* **Uso de jardins flutuantes na remediação de águas superficiais poluídas**. 2018. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

ROCHA, N. A. da. **Geoprocessamento na parametrização de áreas verdes urbanas: Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana**. 2019. 174 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

ROCHA, N. A. da; BORGES, J. L. de C.; MOURA, A. C. M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 1, p. 23–34, 2016. DOI: 10.20396/parc.v7i1.8644222. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8644222>. Acesso em: 16 fev. 2022.

ROCHA, N. A. da; CAMARGOS, L. M.; MORAIS, C. F. de; MOURA, A. C. M. & MELLO, T. A. G. Geodesign na definição de unidades de paisagem no Quadrilátero Ferrífero base para um plano da paisagem. In: MOURA, A. C. M. (org.). **Unidades de Paisagem e Geodesign no Quadrilátero Ferrífero**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022.

ROCHA, N. A., SENA, I. S., FONSECA, B., MOURA, A.C.M. Association between a spectral index and a landscape index for mapping and analysis of urban vegetation cover. Torino,

INPUT, **9th International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning**, 2016.

ROCHA, N. A. da; BORGES, J. L.de C., MOURA, A. C. M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 1, 2016.

ROSA, G. **Corredores ecológicos como ferramenta para o planejamento de florestas urbanas**. 2017. 108 f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/156605>>.

ROSLI, Farah Afiqah *et al.* The Use of Constructed Wetlands in Sequestering Carbon: An Overview. **Nature Environment & Pollution Technology**, v. 16, n. 3, 2017.

SÃO PAULO. Lei n.º 16.402/2016 e Decreto n.º 57.565, 2016. Quota Ambiental e Taxa de Permeabilidade Mínima. Disponível em: <https://goo.gl/easARF>, acessado em: 17 jan 2022.

SCALIONI, T. Cairá neve em BH? Pesquisa busca antever e analisar alterações climáticas na capital mineira. **Minas Faz Ciência** – Fapemig, set/out/nov, nº 71, p.31-37 2017.

SCHVARSTZHAUPT, C. C.; REIS, A. T. Vegetação Urbana e instrumentos legais. In: **Desenvolvimento, crise e resistência: quais os caminhos do planejamento urbano e regional?**. 2017.

SERRA, J. M. L. **Contribuições das soluções baseadas na natureza para a gestão municipal** / Jomary Mauricia Leite Serra, Natasha Javiel Comassetto. -- Brasília: CNM, 2023. 53 p.: il.

SEZERINO, P. H. *et al.* **Cartilha Wetlands construídos aplicados no tratamento de esgoto sanitário: recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção/Ministério da Saúde**. Fundação Nacional de Saúde –Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

SILVA, M. M. A.; BEZERRA, M. C. L. Ecológico: possibilidades de suporte ao Sistema de Áreas Verdes Urbano na construção de cidades mais saudáveis. Trabalho Inscrito na Categoria de Resumo Expandido ISBN 978-65-86753-30-1. **I Congresso Latino-americano de desenvolvimento sustentável**, 2021.

SILVEIRA, R. L. L. Escalas Espaciais, Território e Desenvolvimento Regional: Notas para discussão teórica e metodológica. In: SOUSA, C. M., THEIS, I. M., & BARBOSA, J. L. A., eds. **Celso Furtado: a esperança militante (Desafios)**. vol. 3 [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2020, pp. 193-215. Projeto editorial 100 anos de Celso Furtado Collection, vol. 3. ISBN: 978-65-86221-12-1. <https://doi.org/10.7476/9786586221688.008>.

SIMÃO NETO, I. **Análise da efetividade das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNS) de âmbito federal em Santa Catarina**. 2017. 180 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SMALL, H. Co-citation in the scientific literature: a new measure of the relationship between two documents. **Journal of the American Society for Information Science**, Washington, v. 24, n. 4, p. 265-269, 1973.

SMITH, N. **Desenvolvimento Desigual, Natureza, Capital e Produção do Espaço**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1988. p. 191-250.

_____. Contornos de uma política espacializada: veículos dos sem-teto e a produção de escala geográfica. In: ARANTES, Antonio A. (org.). **O espaço da diferença**. Campinas: Papirus, 2000a. p. 132-159.

SMVMA-PMSP - Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente. São Paulo, 2015. http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/. Acesso em: jan 2022.

SOUZA, A. L. F.; MASSAMBANI, O. Ilha de calor urbana na região metropolitana de São Paulo. São Paulo, SP. **Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas**, 1992.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C.E.M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Vol. 17, Nº.2 - Abr/Jun 2012, 9-18, 2012.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

_____. **Os conceitos fundamentais da Pesquisa Sócio-espacial**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2018.

SPAWN, S. A.; SULLIVAN, C. C.; LARK, T. J.; GIBBS, H. K. Harmonized global maps of above and belowground biomass carbon density in the year 2010. **Sci Data** 7, 112 (2020).

STEINKE, V., STEINKE E.; SAITO, C. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, 6, 37-56, 2010.

STEFFEN, W. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, Vol 347, No 6223. DOI: 10.1126/science.1259855

STEINITZ, Carl. **A framework for Geodesign – changing geography by design**. Redlands: Esri Press, 2012.

SUASSUNA, S. B. **Infraestrutura Verde e Azul e sua Influência no Bem-estar humano por meio dos Serviços ecossistêmicos: estudo de caso: trecho na planície da Calha do Rio Pinheiros, São Paulo**. 2020. 174 p. Dissertação (Mestrado em arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SUTIL, T. **Framework para zoneamento de áreas de proteção ambiental**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2022.

TEEB – THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. Interim Report. Cambridge, UK: Banson Production, 2008. Disponível em: <http://www.teebweb.org/publication/teeb-manual-for-cities-ecosystem-services-in-urban-management/>. Acesso em: 8 fev. 2023.

THORSEN B. J.; MAVSAR, R.; TYRVÄINEN, L.; PROKOFIEVA, I.; STENGER A. The provision of forest ecosystem services. v. 2. **What Science Can Tell Us**. European Forest Institute, 2014.

TORRES, P. H. C. Gentrificação verde: novos debates, abordagens e agendas de luta na cidade contemporânea. **Resenha, e-metropolis**, nº 31, ano 8, 2017.

TUCCI, C. E.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

VAILSHERY, L.S.; JAGANMOHAN, M. & NAGENDRA, H. Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. **Urban Forestry & Urban Greening** 12: 408–415, 2013.

VASCONCELLOS, A. A. de. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana**. 1ed., Curitiba: Appris, 2015

WATSON, J. E. M.; DUDLEY, N.; SEGAN, D. B.; HOCKINGS, M. The performance and potential of protected areas. **Nature**, [S.L.], v. 515, n. 7525, p. 67-73, nov. 2014.

YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 38, p. 105-120, 2006.

YU, K.; PADUA, M. **The Art of Survival: Recovering Landscape Architecture**. The Images Publishing Group Pty, Victoria, 2006.

ZAMAN-UL-HAQ, M.; SAQUIB, Z.; KANWAL, A.; NASEER, S.; SHAFIQ, M.; AKHTAR, N.; BOKHARI, S.A.; IRSHAD, A.; HAMAM, H. The Trajectories, Trends, and Opportunities for Assessing Urban Ecosystem Services: A Systematic Review of Geospatial Methods. **Sustainability** 2022, 14, 1471. <<https://doi.org/10.3390/su14031471>>.