



RELATÓRIO 1

Planejamento Territorial Baseado na Natureza:

Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos, Traçado de Conectividade de Áreas Verdes e Áreas Prioritárias para SbN



**PREFEITURA DE
CURVELO**



Governos Locais
pela Sustentabilidade



Praça Benedito Valadares, centro de Curvelo (MG)

Fonte: Arquivo da Prefeitura

RELATÓRIO 1

Planejamento Territorial

Baseado na Natureza:

Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos,
Traçado de Conectividade
de Áreas Verdes e Áreas Prioritárias
para SbN

Expediente

Prefeitura Municipal de Curvelo, MG

Gustavo Nascimento, Prefeito Municipal

Luiz Paulo, Prefeito de Curvelo (2021-2025)

Anne Smith Xavier, Secretária Municipal de Fazenda e Planejamento

Mariana Gonçalves Bueno Rodrigues, Secretária Municipal de Meio Ambiente

Vitor Augusto Assis Barcelos, Secretário Municipal de Fazenda e Planejamento (até Julho de 2026)

Grupo Executivo

Alice Pinheiro, técnica em Meio Ambiente

André Alves Ribeiro, Coordenador da Defesa Civil Municipal (até Julho de 2026)

Geane Soares Mesquita, Coordenadora de Centro de Desenvolvimento de Habilidade da Secretaria Municipal de Educação

Humberto Pinto Silva, Assessor Especial de Regularização Fundiária

Jeferson Pereira da Silva, técnico da Secretaria Municipal de Planejamento

Marcos Antônio Ribeiro, Chefe Departamento de Arborização, Parques e Jardins

Neyla Mariele Amorim Mascarenhas, Chefe de Departamento de Meio Ambiente

Vitória Aparecida Barboza Figueiredo, Chefe do Departamento de Dados e Produção Analítica (até Julho de 2026)

ICLEI - Governos Locais Pela Sustentabilidade

Secretaria Executiva

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo

Rodrigo Corradi, Secretário Executivo Adjunto

Armelle Cibaka, Diretora Brasil

Coordenação Técnica

Marília Israel, Coordenadora Técnica Regional

Project Management Office

Maria Caldas, Sênior Fellow em Desenvolvimento Urbano Sustentável

Equipe Técnica

Luísa Acauan Lorentz, Assessora Técnica

Bruno Portes, Analista Técnico

Jhonatan Gouveia, Estagiário de Biodiversidade

Comunicação

Gustavo Barboza – Analista de Comunicação Regional

Giovanna Galvani - Assessora de Comunicação

Colaboradores

Barbara Lima Silva, Voluntária ICLEI

Izabel Dias de Oliveira Melo, Consultora ICLEI

Laís Lopes Figueiredo, Consultora ICLEI

Victor de Carvalho Lopes

Isabella Hay Ide

Projeto Gráfico

Zootz Comunicação, diagramação

Bruna Bastos - Jambo Estúdio, designer ilustradora

Os conhecimentos, metodologias e processos contidos neste documento são de propriedade exclusiva do ICLEI América do Sul. Portanto, não podem ser publicados, distribuídos ou reproduzidos sem autorização explícita da organização. Para mais informações contatar: juridico@iclei.org.

Prefácio Curvelo

UMA CIDADE SUSTENTÁVEL, INCLUSIVA E PRONTA PARA O FUTURO

Ao assumir o compromisso de liderar a gestão de Curvelo, reafirmei a missão de construir uma cidade cada vez mais preparada para os desafios do presente e do futuro. O **Projeto Curvelo + Verde e Resiliente** é a consolidação desse compromisso com a nossa população e com as próximas gerações.

Acreditamos que a resiliência vai além de enfrentar eventos climáticos extremos: ela está no modo como planejamos nosso território, protegemos nossos recursos naturais e promovemos qualidade de vida real para as pessoas. Ao longo dos últimos anos, nosso município vem consolidando uma agenda ambiental consistente — marcada pela elaboração do Plano de Ação Climática, pela adesão à Agenda 2030, pela ampliação das áreas verdes e pela busca por soluções inovadoras para o nosso desenvolvimento.

Este relatório é fruto de uma construção verdadeiramente colaborativa, que reuniu o poder público, instituições de ensino e pesquisa, parceiros estratégicos e a sociedade civil. Ele nos entrega um instrumento valioso para orientar decisões públicas, priorizar investimentos e proteger nosso patrimônio natural — com destaque para a preservação do Cerrado e das nossas águas.

Agradeço a cada servidor, técnico, pesquisador e cidadão que dedicou seu tempo e conhecimento a este trabalho. Construir uma Curvelo mais forte, sustentável e resiliente é um dever de todos nós, e este documento marca um passo decisivo no legado que deixaremos para o nosso município.

Dr. Gustavo Nascimento

Prefeito Municipal de Curvelo



TRANSFORMANDO PLANEJAMENTO EM AÇÃO TERRITORIAL

Estar à frente da coordenação do **Projeto Curvelo + Verde e Resiliente**, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, representa uma enorme responsabilidade técnica e política. Nossa visão sempre foi clara: integrar a conservação ambiental ao planejamento urbano e social de Curvelo.

Este documento traduz o esforço técnico de mapear e entender nosso território a fundo. O programa fortalece nossa trajetória ao oferecer uma visão integrada baseada em evidências, participação social e nas **Soluções Baseadas na Natureza (SbN)**. Mais do que um diagnóstico estático, entregamos à sociedade um guia prático para direcionar políticas públicas sustentáveis, fortalecer a educação ambiental e proteger a biodiversidade única do nosso ecossistema.

Cada diagnóstico, oficina e proposta apresentada neste relatório reflete o empenho coletivo de transformar conhecimento em ação e planejamento em resultados concretos. Expresso minha profunda gratidão a todas as equipes técnicas, parceiros e à comunidade curvelana que participou ativamente de cada etapa desta construção.

Seguiremos trabalhando com dedicação, rigor técnico e inovação. Afinal, temos a convicção diária de que cuidar do meio ambiente é, essencialmente, cuidar das pessoas.

Mariana Gonçalves Bueno Rodrigues

Secretária Municipal de Meio Ambiente
Município de Curvelo – MG



Prefácio ICLEI América do Sul

À medida que os impactos da emergência climática e da perda de biodiversidade se tornam cada vez mais prementes, os governos locais são chamados a liderar a construção de territórios adaptados, justos e sustentáveis. Integrar a natureza ao planejamento urbano e territorial deixou de ser uma escolha opcional para se tornar um compromisso urgente com a segurança e o bem-estar das gerações presentes e futuras.

É com grande satisfação que o ICLEI América do Sul, em parceria com a Prefeitura Municipal de Curvelo, apresenta os resultados do Projeto Curvelo + Verde e Resiliente. Esta iniciativa estabelece a base analítica e estratégica indispensável para que o município avance com firmeza rumo ao desenvolvimento sustentável.

Ancorado no Bioma Cerrado — um dos hotspots de biodiversidade mais ricos e ameaçados do planeta —, o projeto alia a avaliação dos serviços ecossistêmicos de regulação (como controle de erosão, retenção hídrica e mitigação de ilhas de calor) a uma leitura rigorosa da paisagem local e do déficit de áreas verdes. A partir desse diagnóstico, o trabalho mapeia as áreas prioritárias para recuperação e intervenção, conectando o meio rural às dinâmicas da mancha urbana.

Para estruturar e direcionar essa visão de futuro, os produtos do projeto foram organizados em dois relatórios complementares:

Relatório 1 — Planejamento Territorial Baseado na Natureza: Consolida a fundamentação técnica e conceitual, abrangendo o Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos, a definição da rede de conectividade ecológica e o mapeamento de áreas prioritárias

para Soluções baseadas na Natureza (SbN). Acompanha o relatório um anexo com Análise das Políticas Locais de Ação Climática e Biodiversidade.

Relatório 2 — Estratégia de Implementação de Soluções Baseadas na Natureza: Apresenta o plano de ação prático do município, desdobrado em eixos temáticos, metas, ações, indicadores de monitoramento e instrumentos de financiamento. Acompanha o relatório um anexo com um Catálogo de SbN.

Complementando os relatórios, o projeto promoveu capacitações locais com foco na elaboração de projetos financiáveis, fortalecendo a autonomia do município para a captação de recursos.

Reconhecemos e parabenizamos a liderança e a visão da Prefeitura Municipal de Curvelo por abraçar a agenda da resiliência. Reafirmamos o compromisso do ICLEI em caminhar ao lado do município, impulsionando suas políticas públicas e conectando-o a redes de conhecimento e financiamento globais.

Convidamos gestores, técnicos, pesquisadores e a sociedade civil a se apropriarem deste material. Que as evidências e caminhos aqui apresentados inspirem decisões corajosas e guiem Curvelo para se consolidar como uma referência de sustentabilidade e resiliência no coração de Minas Gerais

Boa leitura!

Rodrigo Perpétuo

Secretário Executivo do ICLEI América do Sul



Sobre o ICLEI

O **ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade** é uma rede global de mais de 2.500 governos locais e regionais comprometida com o desenvolvimento urbano sustentável. Ativos em mais de 130 países, influenciaremos as políticas de sustentabilidade e impulsionamos a ação local para o desenvolvimento de zero carbono, baseado na natureza, equitativo, resiliente e circular.

Nossa rede e equipe de especialistas trabalham juntos oferecendo acesso a conhecimento, parcerias e capacitações para gerar mudanças sistêmicas. Foi fundado em 1990, na sede da ONU em Nova York, para dar voz aos governos locais em fóruns ambientais globais, e estabeleceu sua sede global em Bonn, na Alemanha. Nossa atuação ganhou força na Rio 92, a partir da consolidação do papel de articulação entre a implementação da cooperação internacional e os governos locais.

Somos a única rede de governos subnacionais credenciada como observadora nos três principais acordos internacionais resultantes da Rio 92: a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CBD) e a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD).

Na UNFCCC, o ICLEI tem mandato como ponto focal do Grupo de Observadores ou Constituency de Governos Locais e Autoridades Municipais (LGMA), integrando mais de 30 organizações e governos locais nos processos de negociações oficiais. Já na CDB, atua como um dos principais atores da Parceria Global para a Ação Local e Sub-nacional pela Biodiversidade.

A nível global, o ICLEI implementa seus projetos baseados em cinco caminhos para o desen-

volvimento urbano sustentável: **zero carbono, baseado na natureza, equitativo, resiliente e circular**; que estão desenhados para criar uma mudança sistêmica. Os caminhos são a base para projetar soluções integradas que equilibram os padrões da vida humana e os ambientes naturais e construídos. Todos os escritórios seguem a mesma metodologia que é debatida trienalmente entre os membros globais da rede reunidos no Congresso Mundial do ICLEI.

Com atuação na América Latina desde 1994, o ICLEI América do Sul conecta seus 157 associados em 8 países a este movimento global, com três escritórios nacionais estabelecidos no Brasil, Colômbia e Argentina. O escritório Brasil tem a maior base de associados na América do Sul, com 100 membros distribuídos entre 86 municípios, 11 estados e 3 organizações.

O ICLEI América do Sul atua buscando promover as seguintes estratégias aos governos associados:

- I. **Acesso a informações sobre acordos internacionais;**
- II. **Visibilidade e posicionamento nos debates internacionais;**
- III. **Oportunidades de intercâmbio técnico e troca de experiências;**
- IV. **Acesso às metodologias inovadoras disponíveis no portfólio de soluções.**

Dessa forma, o ICLEI América do Sul busca fortalecer a capacidade de seus membros em desenvolver e aplicar políticas públicas, contribuindo para tornar as cidades mais resilientes, sustentáveis e alinhadas aos compromissos climáticos globais.



Lista de Siglas

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
APAs	Áreas de Proteção Ambiental
CGIAR	Consultative Group on International Research in Agricultural Research (Grupo Consultivo para Pesquisa Agrícola Internacional)
COMUC	Coordenação de Uso e Conservação da Água (ANA)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes (Conference of the Parties)
DPLAE	Diretoria de Políticas e Licenciamento Ambiental e Econômico (SEMAD/MG)
DSE	Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
FBDS	Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
GBIF	Global Biodiversity Information Facility (Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade)
GEDI	Global Ecosystem Dynamics Investigation (Investigação Global da Dinâmica de Ecossistemas)
GHS	Global Human Settlement (Assentamentos Humanos Globais)
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
GRAPE	Gerência de Regularização Ambiental e de Projetos Especiais (IEF/MG)
ha	Hectare
IABS	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Local Governments for Sustainability (Governos Locais pela Sustentabilidade)
IDE-Sisema	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (MG)
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IEF	Instituto Estadual de Florestas (MG)
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INVEST	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (Avaliação Integrada de Serviços Ecossistêmicos e Compensações)
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos)

IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITTI	Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura
IUCN	International Union for Conservation of Nature (União Internacional para a Conservação da Natureza)
Km²	Quilômetro quadrado
LCZ	Local Climate Zones (Zonas Climáticas Locais)
LULC	Land Use and Land Cover (Uso e Cobertura da Terra)
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
OSM	OpenStreetMap
PIB	Produto Interno Bruto
QGIS	Quantum Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica Quantum)
RBSE	Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço
RPPNs	Reservas Particulares do Patrimônio Natural
SBAU	Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
SBN	Soluções Baseadas na Natureza (SbN)
SDR	Sediment Delivery Ratio (Taxa de Entrega de Sedimentos)
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MG)
SE	Serviços Ecossistêmicos
SHE	Superintendência de Hidrologia e Estratégias (ANA)
SIMI	Sistema Mineiro de Inovação
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity (A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade)
UC	Unidade de Conservação
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza
VAB	Valor Adicionado Bruto
WWF	World Wide Fund for Nature (Fundo Mundial para a Natureza)
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de localização do município de Curvelo.	.21
Figura 2 - Bacias hidrográficas e principais rios do município de Curvelo	.22
Figura 3 - Hidrografia dos principais cursos d'água da sede do município de Curvelo, MG	.23
Figura 4 - Domínios e Unidades Geológicas-Ambientais do Município de Curvelo, MG	.24
Figura 5 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo de Curvelo	.26
Figura 6 - Mudanças no Uso e Cobertura da Terra entre 1985 e 2024 em Curvelo, MG. Fonte: Elaboração própria, 2025 com dados de Mapbiomas (2024).	.27
Figura 7 - Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado em Curvelo, MG.	.29
Figura 8 - Áreas Verdes Urbanas e Periurbanas em Curvelo, MG.	.34
Figura 9 - Comparação histórica (2006 - 2021) do VAB por setor econômico	.37
Figura 10 - Índice de Risco de Impacto do Estresse Hídrico para o Município de Curvelo, MG e 05 fatores mais influenciadores no resultado.	.39
Figura 11 - Índice de Risco para inundações, enxurradas e alagamentos para o Município de Curvelo, MG e 05 fatores mais influenciadores no resultado.	.40
Figura 12 - Índice de Risco à integridade do bioma para o Município de Curvelo, MG e fatores mais influenciadores no resultado.	.41
Figura 13 - Perda de Solo modelada para o município de Curvelo, MG.	.46
Figura 14 - Perda de solo modelada no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.47
Figura 15 - Deposição de Sedimentos modelada para o município de Curvelo, MG.	.48
Figura 16 - Deposição de sedimentos modelada no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.49
Figura 17 - Erosão Evitada pela Vegetação modelada para o município de Curvelo, MG.	.50
Figura 18 - Erosão Evitada pela Vegetação modelada no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.51
Figura 19 - Assoreamento evitado pela vegetação modelado para o município de Curvelo, MG.	.52
Figura 20 - Assoreamento evitado pela vegetação no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.53
Figura 21 - Escoamento Superficial de Águas Pluviais modelado para o município de Curvelo, MG.	.55
Figura 22 - Escoamento Superficial de Águas Pluviais no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.56
Figura 23 - Retenção de Águas Pluviais no solo modelada para o município de Curvelo, MG.	.57
Figura 24 - Retenção de Águas Pluviais no solo no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.58
Figura 25 - Infiltração de Águas Pluviais no solo modelada para o município de Curvelo, MG.	.59
Figura 26 - Infiltração de Águas Pluviais no solo no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.60
Figura 27 - Variação da Temperatura do Ar modelada para o município de Curvelo, MG.	.63
Figura 28 - Variação da Temperatura do Ar no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.64
Figura 29 - Índice de Mitigação do Calor Urbano modelado para o município de Curvelo, MG.	.65
Figura 30 - Índice de Mitigação do Calor Urbano no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	.66
Figura 31 - Mapa de Fragmentos Florestais e Áreas de Interesse para criação de UCs.	.75

Figura 32 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Ecologia da Paisagem. Fonte: ICLEI, 2026 . . .	78
Figura 33 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Biodiversidade.	80
Figura 34 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Regeneração.	82
Figura 35 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Prioridade de Conservação. Fonte: ICLEI, 2026	84
Figura 36 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Fragmentos selecionados. Fonte: ICLEI, 2026	85
Figura 37 - Exemplo Esquemático do Método de Trecho de Menor Custo (LCP).	86
Figura 38 - Matriz de Custos para Traçado de Conectividade Municipal. Fonte: ICLEI, 2026.	88
Figura 39 - Trechos de Menor Custo para Conectividade Municipal	89
Figura 40 - Hierarquias do Traçado de Conectividade Municipal.	91
Figura 41 - Mapa dos Fragmentos Florestais, Praças e UC potencial no Perímetro Urbano de Curvelo. MG.	93
Figura 42 - Fragmentos Florestais Prioritários para Conservação no Perímetro Urbano de Curvelo (MG).	96
Figura 43 - Mapa das Áreas de Cálculo do Índice de Serviços Ecosistêmicos dos Fragmentos Florestais	97
Figura 44 - Fragmentos Florestais Selecionados pelo Índice de SE no Perímetro Urbano de Curvelo (MG)	99
Figura 45 - Elementos Estruturantes do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).	100
Figura 46 - Mapa de Custos Totais para Conectividade Urbana em Curvelo (MG).	102
Figura 47 - Mapa dos Trechos de Menor Custo para Traçado de Conectividade Urbana em Curvelo (MG).	103
Figura 48 - Mapa de Hierarquias do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).	105
Figura 49 - Mapa do Traçado de Conectividade Municipal de Curvelo (MG).	107
Figura 50 - Detalhamento do Traçado de Conectividade Municipal	109
Figura 51 - Ex. de estratégias para viabilizar corredores multifuncionais.	110
Figura 52 - Mapa do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).	111
Figura 53 - Detalhamento do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).	112
Figura 54 - Estrutura metodológica do Mapeamento de Áreas Prioritárias para SbN	116
Figura 55 - Mapa do Déficit de Áreas Verdes no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.	117
Figura 56 - Mapa de áreas prioritárias para SbN para controle de erosão.	119
Figura 57 - Mapa de áreas prioritárias para SbN para controle de assoreamento.	120
Figura 58 - Mapa de áreas prioritárias para SbN controle de escoamento superficial.	121
Figura 59 - Mapa de áreas prioritárias para SbN de resfriamento urbano.	122
Figura 60 - Mapa Síntese de Áreas Prioritárias para SbN no perímetro urbano de Curvelo, MG.	123
Figura 61 - Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de SbN em Curvelo, MG, com elementos de referência urbana.	125
Figura 62 - Mapa de áreas com prioridade alta e muita alta para implementação de SBN e sobreposição do traçado de conectividade	127

Lista de Quadros e Tabelas

Tabela 1 - Dados de biodiversidade identificados no município de Curvelo, (MG)	30
Tabela 2 - Área e percentual de cobertura vegetal das praças e parques de Curvelo (MG)	35
Quadro 1 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST Sediment Delivery Ratio.	44
Quadro 2 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST Urban Stormwater Retention.	54
Quadro 3 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST Urban Cooling.. . . .	61
Tabela 4 - Intensidade da perda de solo e suas respectivas proporções no município de Curvelo (MG)..	67
Tabela 5 - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de retenção de sedimentos por uso e cobertura da terra em Curvelo (MG)	68
Tabela 6A - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais por classe hidrológica de solo e uso e cobertura da terra em Curvelo (MG)	69
Tabela 6B - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais por classe hidrológica de solo e uso e cobertura da terra em Curvelo (MG)	70
Tabela 7 - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de resfriamento urbano por uso e cobertura da terra em Curvelo (MG)	71
Quadro 4 - Indicadores dos elementos estruturantes do Traçado de Conectividade Municipal.	76
Quadro 5 - Espécies ameaçadas de extinção identificadas em Curvelo.	79
Quadro 6 - Indicadores da Matriz de Custos para traçado de conectividade na escala municipal.	87
Quadro 7 - Indicadores dos elementos estruturantes do Traçado de Conectividade Urbano.	95
Quadro 8 - Indicadores da Matriz de Custos para traçado de conectividade na escala urbana.	101
Quadro 9 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST Urban Cooling.. . . .	116
Quadro 10 - Indicadores de Prioridade de Soluções Baseadas na Natureza	118

Sumário

APRESENTAÇÃO	16
1. Introdução	18
2. Caracterização do Território	20
2.1. Caracterização geoambiental	20
2.2. Contexto socioambiental	32
2.3. Contexto socioeconômico	37
2.4. Dados relacionados à ocorrência de emergências e vulnerabilidades climáticas	38
3. Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos	43
3.1. Metodologia	43
3.1.1 Retenção de Sedimentos	44
3.1.2. Retenção de Águas Pluviais	54
3.1.3. Resfriamento Urbano	61
3.2 Resultados	67
3.2.1. Retenção de Sedimentos	67
3.2.2. Retenção de Águas Pluviais	68
3.3.3. Resfriamento Urbano	70
4. Traçado de Conectividade	73
4.1 Metodologia	73
4.1.1. Traçado de Conectividade Municipal	74
4.1.1.1. Seleção dos elementos estruturantes do traçado	76
4.1.1.2. Identificação das rotas prioritárias de conectividade	86
4.1.1.3. Hierarquização dos Trechos de Menor Custo e refinamento do traçado	90
4.1.2. Traçado de Conectividade Urbano	92
4.1.2.1. Seleção dos elementos estruturantes do traçado	94
4.1.2.2. Identificação das rotas prioritárias de conectividade	101
4.1.2.3. Hierarquização dos Trechos de Menor Custo e refinamento do traçado	104
4.2 Resultados	106
5. Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de SBN	114
5.1 Metodologia	115
5.1.1. Análise do déficit de áreas verdes urbanas	116
5.1.2. Análise Integrada de prioridade de implementação de SbN	118
5.2. Resultados	124
6. Considerações finais	129
7. Referências	130

APRESENTAÇÃO

Este relatório integra o projeto Curvelo + Verde e Resiliente, uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Curvelo e o ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. Com base em dados técnicos e análise territorial, o projeto buscou orientar políticas públicas e investimentos para valorizar as contribuições da natureza para as pessoas, tornando Curvelo uma cidade mais verde, resiliente e preparada para o futuro.

O projeto incluiu uma etapa de diagnóstico que resultou no desenvolvimento de instrumentos para apoiar o planejamento urbano e ambiental do município: o Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos e o Mapa de Conectividade de Áreas Verdes para Curvelo, assim como um Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) no município. Juntos, esses instrumentos serviram de base para o desenvolvimento da Estratégia de Implementação de Soluções Baseadas na Natureza de Curvelo. O projeto envolveu ainda a capacitação local voltada à preparação de projetos financiáveis que viabilizem a captação de recursos.

Esse documento apresenta três produtos: o Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos, o Mapa de Traçado de Conectividade de Áreas Verdes e o Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de SbN. Juntos, esses instrumentos oferecem uma base técnica para orientar ações de planejamento territorial e ambiental, indicando oportunidades para fortalecer a rede de áreas verdes do município e direcionar intervenções capazes de gerar benefícios ambientais, sociais e climáticos. O relatório está estruturado em sete capítulos:

O **Capítulo 1 – Introdução** apresenta o contexto global e local que fundamenta o projeto, destacando a crise climática e de perda de biodiversidade, bem como o papel das Soluções Baseadas na Natureza (SbN) como estratégia integrada para enfrentar esses desafios. Também explicita os ob-

jetivos do diagnóstico e sua relevância para o planejamento territorial de Curvelo.

O **Capítulo 2 – Caracterização do território** reúne informações sobre o contexto geoambiental, socioambiental e socioeconômico do município, além de dados relacionados a emergências e vulnerabilidades climáticas. Esse capítulo estabelece a base de entendimento das dinâmicas territoriais, ambientais e sociais que influenciam a implementação de SbN.

O **Capítulo 3 – Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos** apresenta a metodologia adotada para modelagem e análise dos serviços ecossistêmicos prioritários — retenção de sedimentos, retenção de águas pluviais e resfriamento urbano — bem como a síntese dos resultados, evidenciando áreas com maior provisão desses serviços e sua importância para o território.

O **Capítulo 4 – Traçado de Conectividade** descreve os procedimentos metodológicos utilizados para identificar e estruturar o traçado de conectividade ecológica em escala municipal e urbana. Também apresenta os resultados obtidos, incluindo a definição de corredores ecológicos e a hierarquização de trechos prioritários para promover a conexão entre fragmentos de vegetação.

O **Capítulo 5 – Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de SbN** detalha a metodologia que integra análise da necessidade de ampliação de Serviços Ecossistêmicos para mitigar ameaças e do déficit de áreas verdes para priorização de áreas para intervenções baseadas na natureza. Apresenta, ainda, os resultados consolidados em mapas que indicam as áreas mais estratégicas para implementação de SbN no município.

O **Capítulo 6 – Considerações finais** sintetiza os principais achados do diagnóstico, destacando suas implicações para o planejamento urbano e

ambiental, e apontando caminhos para a implementação de ações futuras no município.

Por fim, o **Capítulo 7 – Referências** reúne as fontes bibliográficas e bases de dados utilizadas ao longo do estudo, assegurando a transparência metodológica e o embasamento técnico das análises apresentadas.

Além disso, também integra este relatório o Anexo I - *Análise das políticas locais de ação climática*

e *biodiversidade de Curvelo*, que buscou compreender as condições institucionais, normativas e financeiras existentes no município para apoiar a implementação de SbN. Este e os demais produtos elaborados no âmbito do projeto Curvelo + Verde e Resiliente podem ser consultados na biblioteca do ICLEI no seguinte endereço eletrônico: <https://americadosul.iclei.org/biblioteca/>.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

1. Introdução

O modelo convencional de desenvolvimento urbano, usualmente com pouca ou nenhuma conexão com o ambiente natural, tem gerado diversas pressões sobre os ecossistemas da Terra, acelerando a crise de perda de biodiversidade, que se entrelaça ao contexto atual de emergência climática. Essa dupla crise socioambiental representa um dos maiores desafios contemporâneos para governos, empresas e sociedade.

A degradação de habitats, a conversão de áreas naturais e a exploração insustentável de recursos têm reduzido a capacidade dos ecossistemas de manter suas funções ecológicas e de sustentar o bem-estar humano, ampliando riscos sociais, ambientais e econômicos em diferentes escalas. Segundo a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), cerca de um milhão de espécies estão ameaçadas de extinção e os ecossistemas naturais continuam se degradando em ritmo acelerado (IPBES, 2019; IPBES, 2024).

De acordo com o Fórum Econômico Mundial, mais da metade do Produto Interno Bruto (PIB) mundial (equivalente a U\$44 trilhões) depende moderada ou altamente da natureza e de seus serviços ecossistêmicos, como provisão de água, fertilidade do solo, polinização e regulação climática. A degradação dos ecossistemas, portanto, pode gerar impactos significativos sobre cadeias produtivas, segurança alimentar e infraestrutura, afetando diretamente o desenvolvimento econômico global (World Economic Forum, 2020).

Com isso, torna-se ainda mais preocupante que os riscos ambientais — incluindo perda de biodiversidade, colapso de ecossistemas e eventos climáticos extremos — figurem entre as principais ameaças globais no horizonte da próxima década (World Economic Forum, 2025). Esses riscos estão fortemente interconectados e tendem a se intensificar caso não haja mudanças estruturais nos modelos de desenvolvimento e uso do território.

Nesse sentido, se a degradação da biodiversidade e dos ecossistemas acarreta crises socioeconômicas e ambientais, por outro lado, sua proteção e promoção trazem novas oportunidades de desenvolvimento (IPBES, 2019). Para explorar esse potencial é preciso ir além de políticas setoriais, como tem sido a prática usual, e avançar com abordagens integradas. Isto significa buscar soluções que promovam, ao mesmo tempo, tanto a conservação da biodiversidade quanto a melhoria na resposta a outros desafios socioambientais contemporâneos, como eventos extremos, degradação ambiental e desigualdades socioespaciais.

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) têm se consolidado como uma estratégia eficaz para responder a esses desafios. A Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEA) define SbN como “ações para proteger, conservar, restaurar, utilizar e manejar de forma sustentável ecossistemas terrestres, de água doce, costeiros e marinhos, que abordem desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptativa, ao mesmo tempo em que proporcionam bem-estar humano, serviços ecossistêmicos, resiliência e benefícios para a biodiversidade” (UNEA 5.2, 2022).

Diversas organizações destacam que as SbN podem contribuir diretamente para enfrentar desafios sociais prioritários, como segurança hídrica, segurança alimentar, saúde humana e adaptação climática (IUCN, 2020; UNEA, 2022; WRI et al, 2022; UNDRR e UNU-EHS, 2023; FGB e ABU, 2024). As cidades e governos locais desempenham papel central na implementação dessas soluções. Por estarem diretamente envolvidos no planejamento territorial, na gestão ambiental e na provisão de infraestrutura urbana, os municípios possuem condições estratégicas para integrar a natureza ao desenvolvimento urbano e promover cidades mais resilientes, saudáveis e sustentáveis.

Nesse sentido, fortalecer a infraestrutura verde e azul — por meio da conservação de áreas na-

turais, da recuperação de ecossistemas e da ampliação da conectividade ecológica, por exemplo — constitui um caminho promissor para enfrentar os desafios climáticos e ambientais contemporâneos, promovendo serviços ecossistêmicos essenciais para a qualidade de vida da população. Essa abordagem também está alinhada aos compromissos globais estabelecidos pelo Marco Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal, adotado na COP15 da Convenção sobre Diversidade Biológica, que estabelece metas ambiciosas para deter e reverter a perda de biodiversidade até 2030 (CBD, 2022).

A estratégia para implementação de SbN em Curvelo partiu da avaliação da distribuição das áreas naturais e verdes existentes no município, de forma a identificar oportunidades de conexão entre fragmentos de vegetação e reconhecer territórios prioritários para intervenções baseadas na natureza. A implementação de SbN no município foi pensada como uma oportunidade para fortalecer a integração entre conservação ambiental, planejamento urbano e desenvolvimento sustentável.

Localizado na região central do estado de Minas Gerais, Curvelo apresenta características territo-

riais e ambientais que evidenciam a importância de tal integração. Inserido no bioma Cerrado — reconhecido como um dos principais hotspots globais de biodiversidade e simultaneamente um dos biomas mais ameaçados do planeta — o município abriga áreas naturais relevantes para a manutenção de serviços ecossistêmicos, a conectividade da paisagem e a regulação ambiental (WWF, 2023). A partir de uma abordagem integrada, o diagnóstico busca apoiar a identificação de áreas estratégicas para conservação, restauração e criação de novas infraestruturas verdes, contribuindo para aumentar a resiliência do município frente às mudanças climáticas e melhorar a qualidade de vida da população.

Assim, o presente diagnóstico se configura como um instrumento de apoio à tomada de decisão, contribuindo para aproximar conhecimento técnico-científico e planejamento público. Ao identificar oportunidades de conectividade ecológica e áreas prioritárias para a implementação de SbN, o estudo fornece subsídios para orientar políticas públicas, projetos e investimentos que integrem natureza e desenvolvimento urbano.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

2. Caracterização do território

O município de Curvelo está localizado na região central do estado de Minas Gerais e possui aproximadamente 3.296,200 km² de área total, com população estimada de 80.665 pessoas, segundo o Censo de 2022. Apresenta uma densidade demográfica de 24,47 hab/km² (IBGE, 2025). A Norte, faz fronteira com os municípios de Morro da Garça, Corinto e Santo Hipólito; a Oeste, com os municípios de Felixlândia e Pompéu; ao Sul, com os municípios de Paraopeba, Cordisburgo e Papagaio; e a Leste, com os municípios de Presidente Juscelino e Inimutaba (Figura 1).

2.1. Caracterização geoambiental

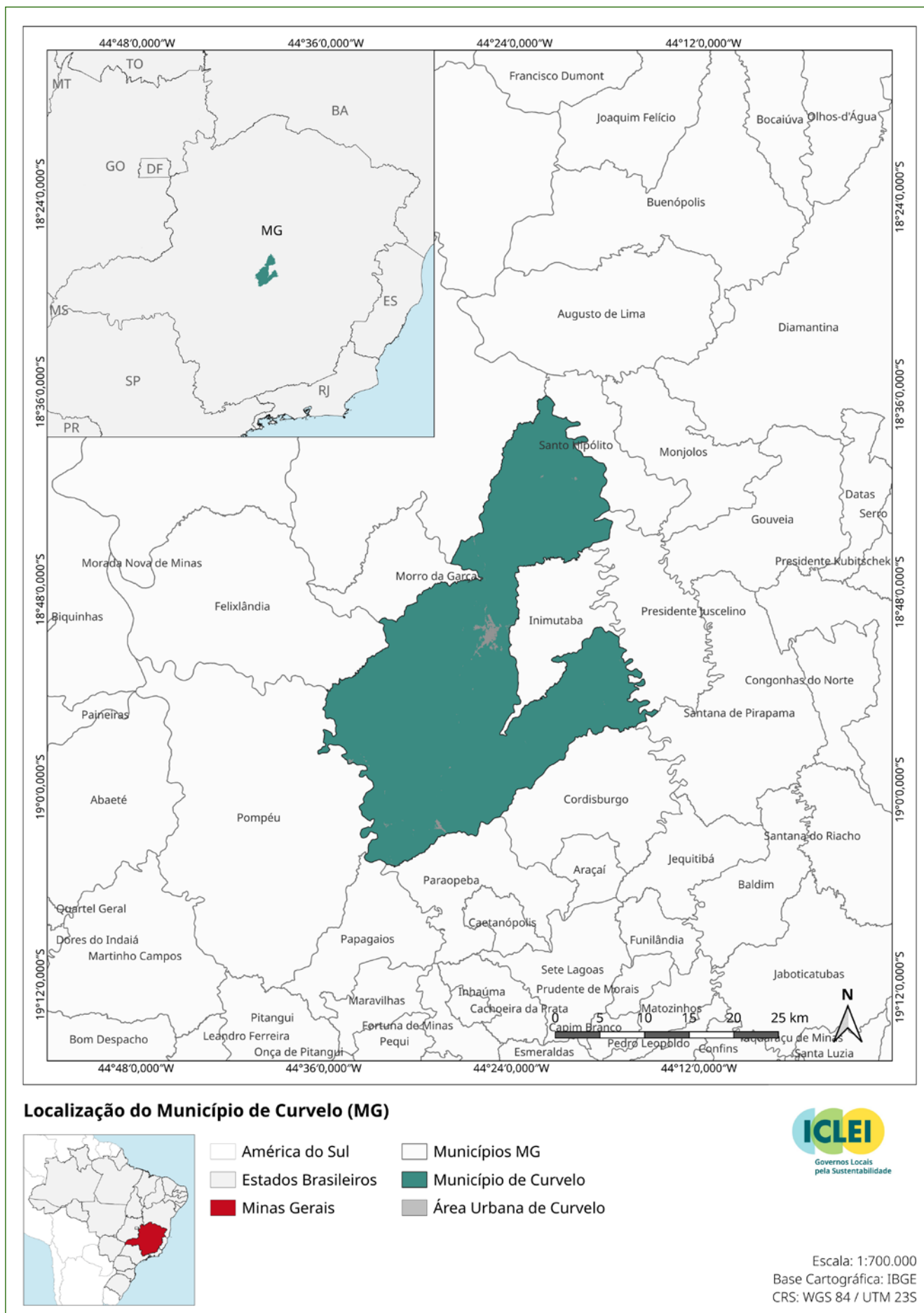
O clima predominante na região é subtropical e tropical (Cwa e Aw), com inverno seco (Álvares, 2013), temperatura média anual em torno de 28°C e um índice de precipitação anual de 1238mm (Strahler & Strahler, 2002). O relevo é predomi-

nante aplainado, variando em sua maior parte de 500m a 800m, e com uma região de 800 a 1200m de altitude na parte sul (MapBiomias, 2024). Considerando a área do município, 0,83% é coberta com corpos d'água, com uma rede hidrográfica que se estende por toda a região, composta por rios perenes e intermitentes.

O município está localizado predominantemente na bacia do Rio das Velhas, que recobre uma grande porção de seu território ao norte, nordeste e leste, abrangendo toda a área urbana. A região sul e sudoeste está inserida na bacia do Rio Paraopeba que, assim como o Rio das Velhas, é um dos afluentes do Rio São Francisco (Figura 2). Destacam-se dentro da malha urbana o Ribeirão Riacho Fundo, o Ribeirão Santo Antônio, o Córrego da Biquinha, o Córrego Santo Maria, o Córrego Januária e o Córrego Bebedouro (MYR, 2017) (Figura 3).

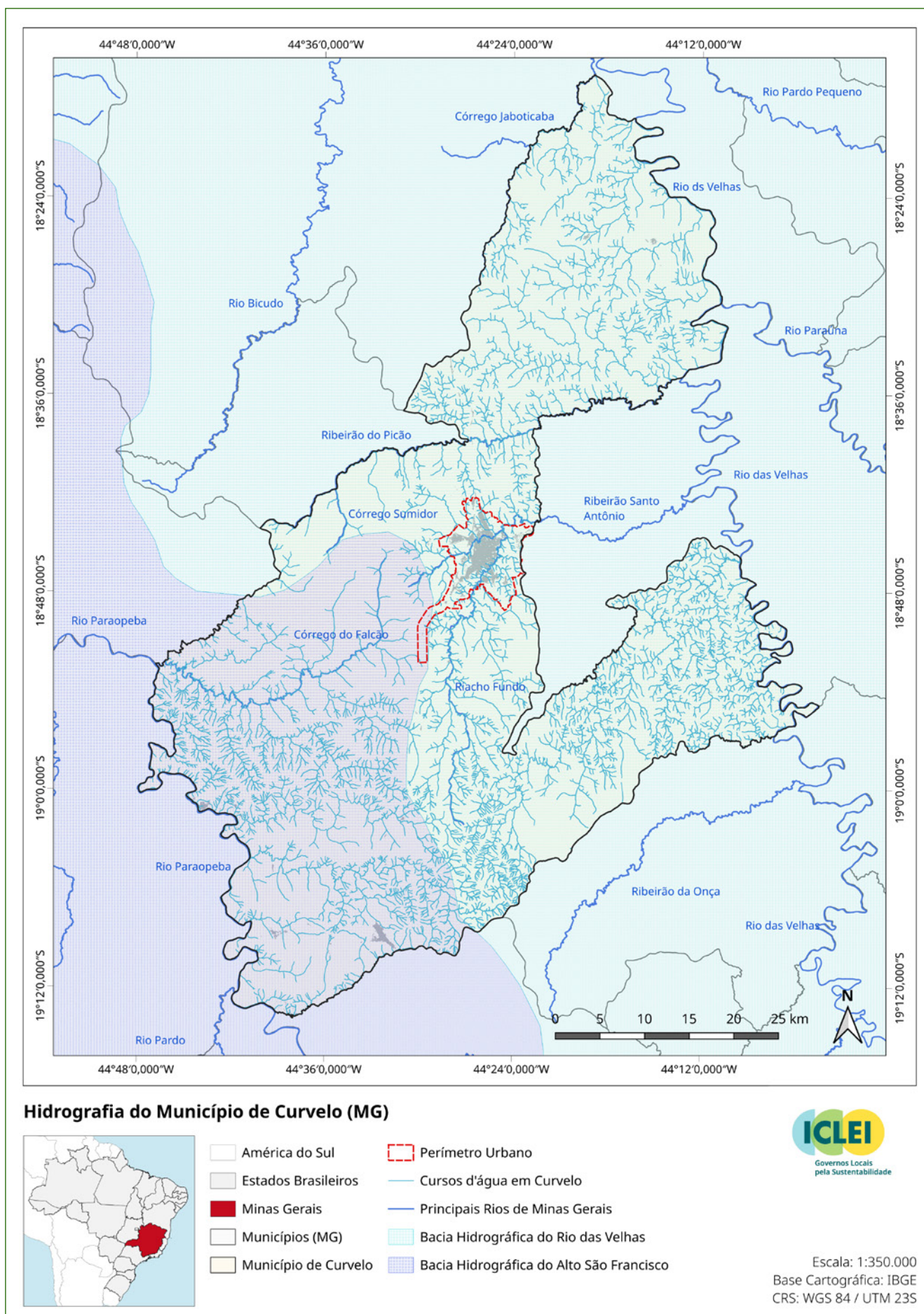


Figura 1 - Mapa de localização do município de Curvelo



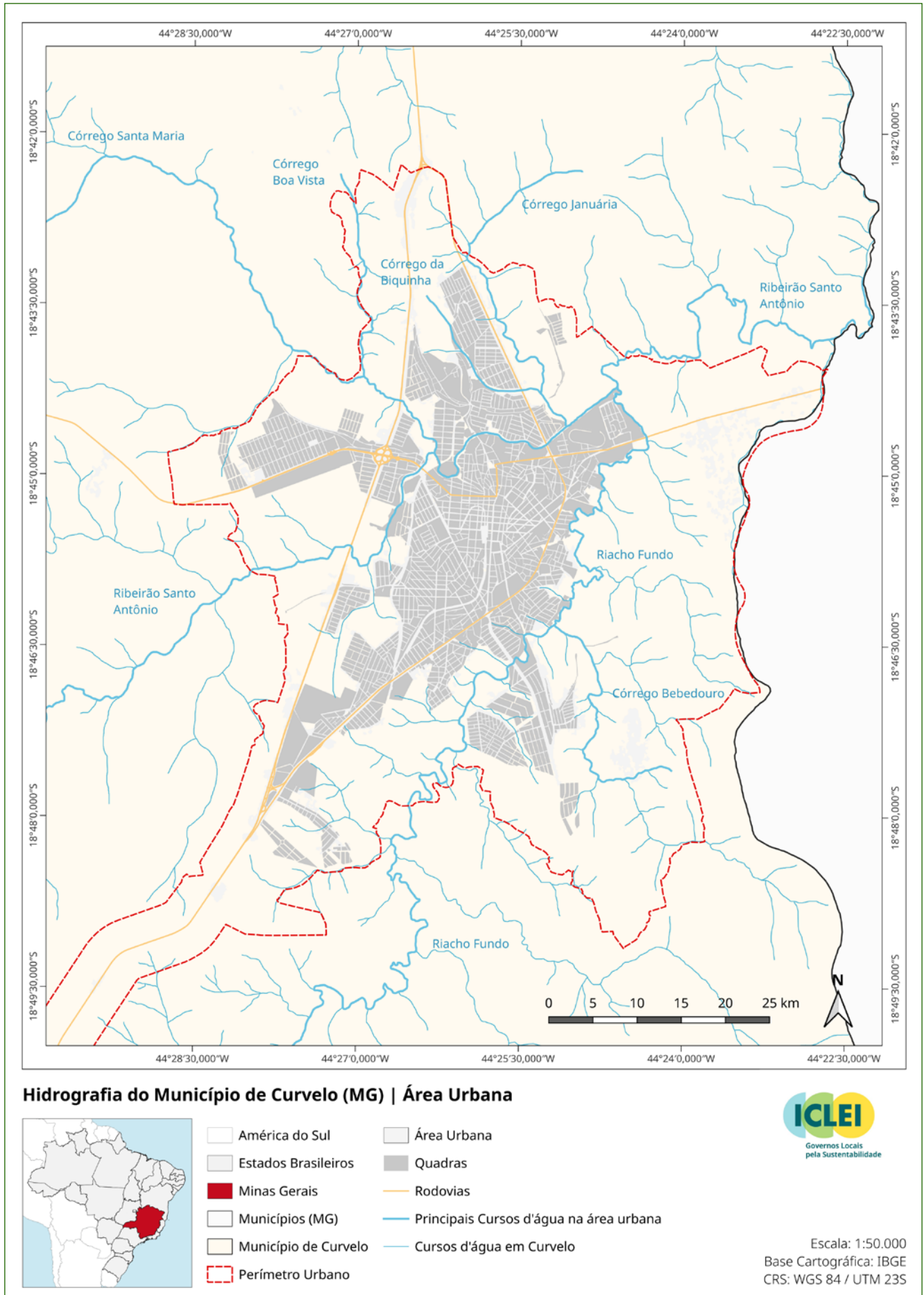
Fonte: Elaboração própria, 2025. Dados: IBGE

Figura 2 - Bacias hidrográficas e principais rios do município de Curvelo



Fonte: Elaboração própria, 2025. Dados: SNIRH.

Figura 3 - Hidrografia dos principais cursos d'água da sede do município de Curvelo, MG

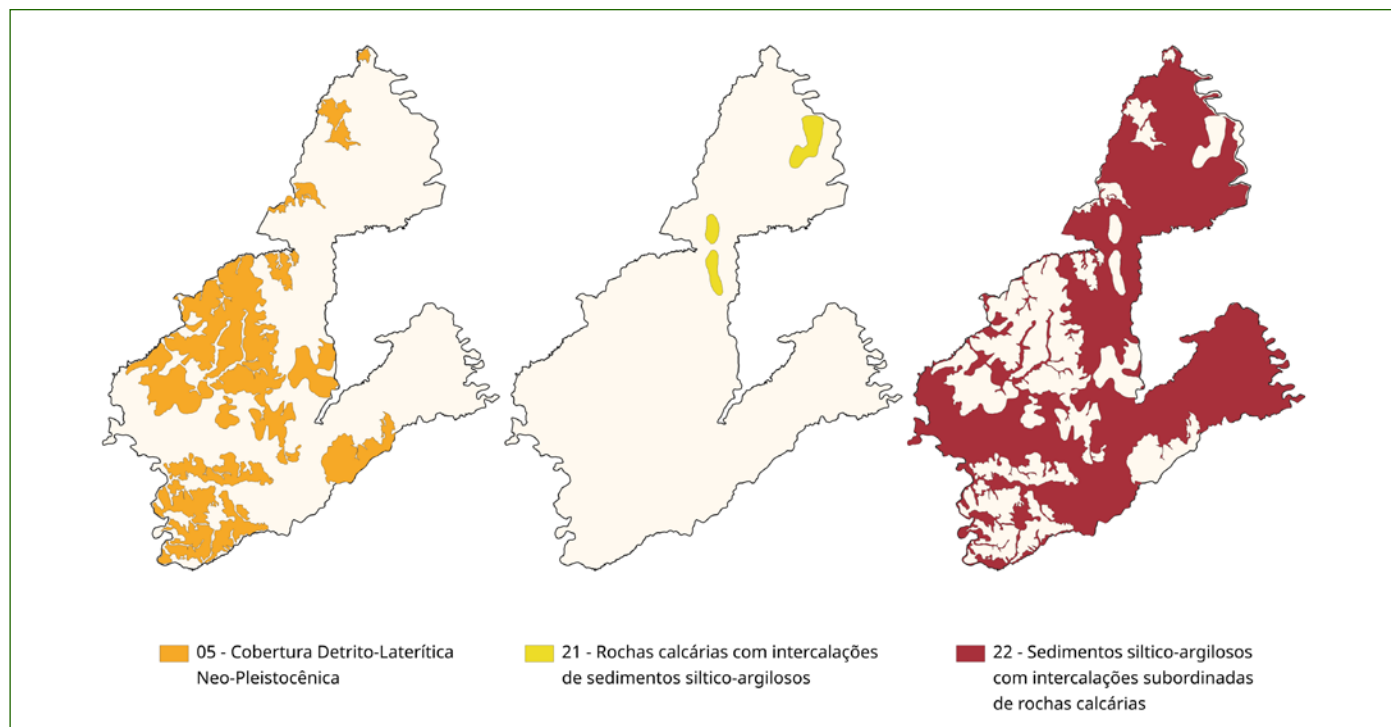


Fonte: Elaboração própria, 2025. Dados: SNIRH.

Do ponto de vista geomorfológico, Curvelo está integralmente inserido na Depressão Sanfranciscana, marcada por relevo relativamente suave (MYR Projetos Sustentáveis, 2017). O município apresenta três principais unidades geológico-ambientais: coberturas cenozóicas detrítico-lateríticas

(5), unidade de rochas calcárias com intercalações de sedimentos siltico-argilosos (21) e unidade com predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de rochas calcárias (22)(Figura 4).

Figura 4 - Domínios e Unidades Geológicas–Ambientais do Município de Curvelo, MG



Fonte: Adaptado de MYR Projetos Sustentáveis, 2017 com dados de CPRM/2010.

As formações geológicas de coberturas cenozóicas detrítico-lateríticas (05) se destacam pela boa estabilidade, baixa erodibilidade e alta capacidade de suporte, sendo favoráveis à implantação de infraestruturas e com potencial mineral relevante. Contudo, apresentam solos ácidos, pobres e altamente lixiviados, o que dificulta seu uso agrícola, além de apresentarem aquíferos superficiais vulneráveis à contaminação. Já a unidade com predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações calcárias (21), que se concentra em três áreas de maior altitude ao norte do município, apresenta condições mais favoráveis à agricultura, devido à fertilidade dos solos e boa retenção de umidade.

A maior parte do município insere-se, no entanto, na unidade de rochas calcárias com intercalações de sedimentos siltico-argilosos e arenosos (22),

que apresenta alta variabilidade dos solos, suscetibilidade à erosão, dificuldade de manejo agrícola e maior vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas. Destaca-se também que nas áreas de domínio das unidades (05) e (21) há risco de formação de cavidades subterrâneas mais suscetíveis a desmoronamentos (MYR Projetos Sustentáveis, 2017). Esse conjunto de características geológicas e geomorfológicas condicionam diretamente o uso e ocupação do solo, indicando tanto potencialidades quanto limitações para a expansão urbana, atividades econômicas e conservação ambiental.

Curvelo está inserido no bioma Cerrado, o segundo maior bioma do Brasil, que ocupa cerca de 23,3% do território nacional, sendo a segunda maior formação vegetal brasileira depois da Amazônia (MABIOPMAS, 2023). Trata-se da savana tro-

pical mais rica do mundo em biodiversidade, que concentra um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundiais (EMBRAPA, 2008).

O Cerrado abriga grande variedade de formações vegetacionais, incluindo além do cerrado *stricto sensu* e formações savânicas, formações florestais e campestres, e outros ambientes associados como veredas e matas ciliares (Ribeiro e Walter, 2008). Esses ambientes desempenham funções ecológicas importantes, como a proteção de nascentes, a manutenção da conectividade ecológica e o suporte à fauna.

Espécies típicas da flora do Cerrado mineiro incluem árvores como pequi (*Caryocar brasiliense*), aroeira ou gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), jacarandá-do-cerrado (*Dalbergia miscolobium*) e ipê-amarelo (*Handroa nthus ochraceus*), além da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*), característica das veredas e fundamental para diversas cadeias ecológicas e usos tradicionais (NATIVA, 2019). Entre as espécies de fauna encontram-se mamíferos emblemáticos como lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), tatu-canastra (*Priodontes maximus*), veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) e sagui-de-tufos-pretos (*Callithrix penicillata*), além de grande variedade de aves, répteis e insetos (Souza, Miretzki e Crivellari, 2021).

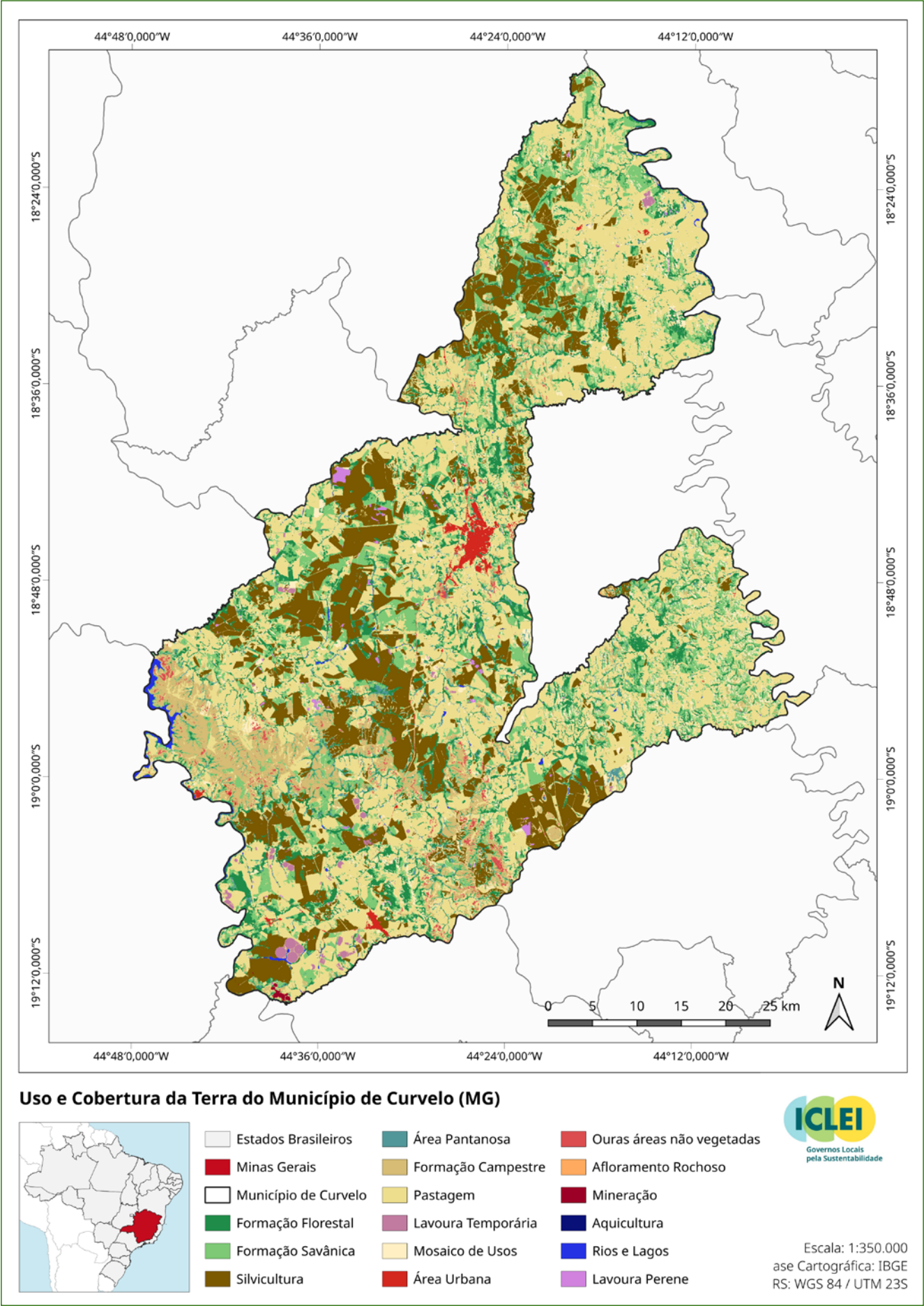
No entanto, em Minas Gerais, a maior parte dos estudos sobre a biodiversidade regional ainda concentra-se em unidades de conservação, enquanto fragmentos e remanescentes de vegeta-

ção isolados e no entorno de áreas protegidas ainda carecem de pesquisas (Aximoff et al., 2022). Isso é especialmente relevante ao considerar-se o contexto de fragmentação de habitats que atinge muitos dos municípios mineiros, dentre eles, o de Curvelo.

Mesmo caracterizado por solos geralmente rasos, ácidos e pobres em nutrientes, a região do Cerrado passou por intensa transformação nas últimas décadas devido em grande parte à expansão da agropecuária. Se por um lado isso contribuiu para torná-la uma das áreas mais produtivas do país, por outro, também trouxe impactos significativos à integridade de seus ecossistemas. Em Minas Gerais, onde o domínio do Cerrado ocupava originalmente 54% da extensão territorial do Estado (IBGE 2019), em 2022 a cobertura vegetal foi reduzida para menos da metade da extensão original, restando apenas 20,46% (IEF, 2022).

Em Curvelo, a expansão das atividades humanas também têm contribuído para a fragmentação de habitats e para a redução da integridade ecológica em grande parte do município. Segundo dados do MapBiomas, o município possui 27.92% da sua área com cobertura vegetal nativa, sendo 22.82% de cobertura florestal e 5.10% de vegetação herbácea e arbustiva (MapBiomas, 2025). O uso do solo relacionado a atividades humanas é composto majoritariamente de pastagem (48.87% ou 109.604 ha), seguido por mosaico de usos (26.8% ou 60.098 ha), silvicultura (22.21% ou 49.823 ha), e 2.12% de agricultura (4.755 ha), além de 1.02% de área urbanizada (3.366 ha) (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo de Curvelo

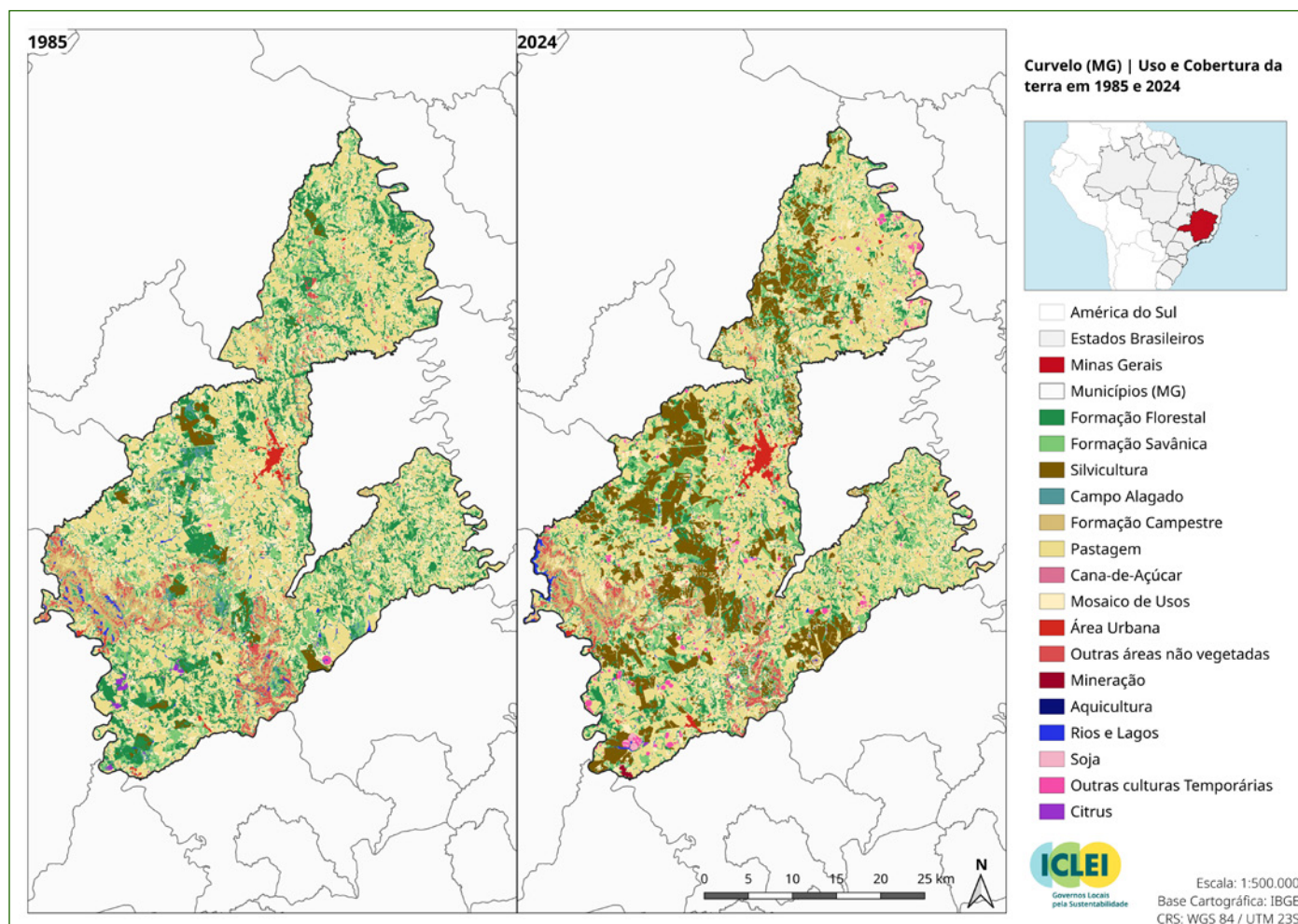


Fonte: Elaboração própria, 2025 com dados de Mapbiomas (2024)

Comparando-se o ano de 2024 ao primeiro ano da série histórica, 1985, a maior parte do uso do solo foi convertido para silvicultura (40.86%) e

aproximadamente 36% da vegetação nativa foi convertida para pastagem, agricultura e áreas não vegetadas (Figura 6).

Figura 6 - Mudanças no Uso e Cobertura da Terra entre 1985 e 2024 em Curvelo, MG.



Fonte: Elaboração própria, 2025 com dados de Mapbiomas (2024).

Estudos do Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais (2008) indicam que mais de 80% da área do município apresenta baixa integridade da fauna, embora ainda existam áreas com maior integridade. Se a área é considerada com integridade muito alta, presume-se que a ocupação indiscriminada desta poderá acarretar em grande perda de biodiversidade. Com isso, é possível avaliar o grau de vulnerabilidade da fauna de regiões do município de Curvelo, quanto à perda de biodiversidade da fauna, frente à expansão dos diversos usos da terra, planejados ou não.

De acordo com o estudo, nas porções central e nordeste do território, verificam-se áreas com in-

tegridade muito alta de fauna, devido à prioridade muito alta para conservação de invertebrados. As demais áreas de Curvelo com integridade da fauna muito alta encontram-se nos limites do município, junto ao rio Paraopeba (limite sudoeste) e rio das Velhas (limite nordeste), onde essa classificação é devida à alta prioridade para conservação da ictiofauna (peixes) (Scolforo, Carvalho e Oliveira, 2008).

O município não possui unidades de conservação (UCs) formalmente instituídas segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). No entanto, em seu entorno imediato encontram-se diversas UCs de diferentes categorias e esferas de

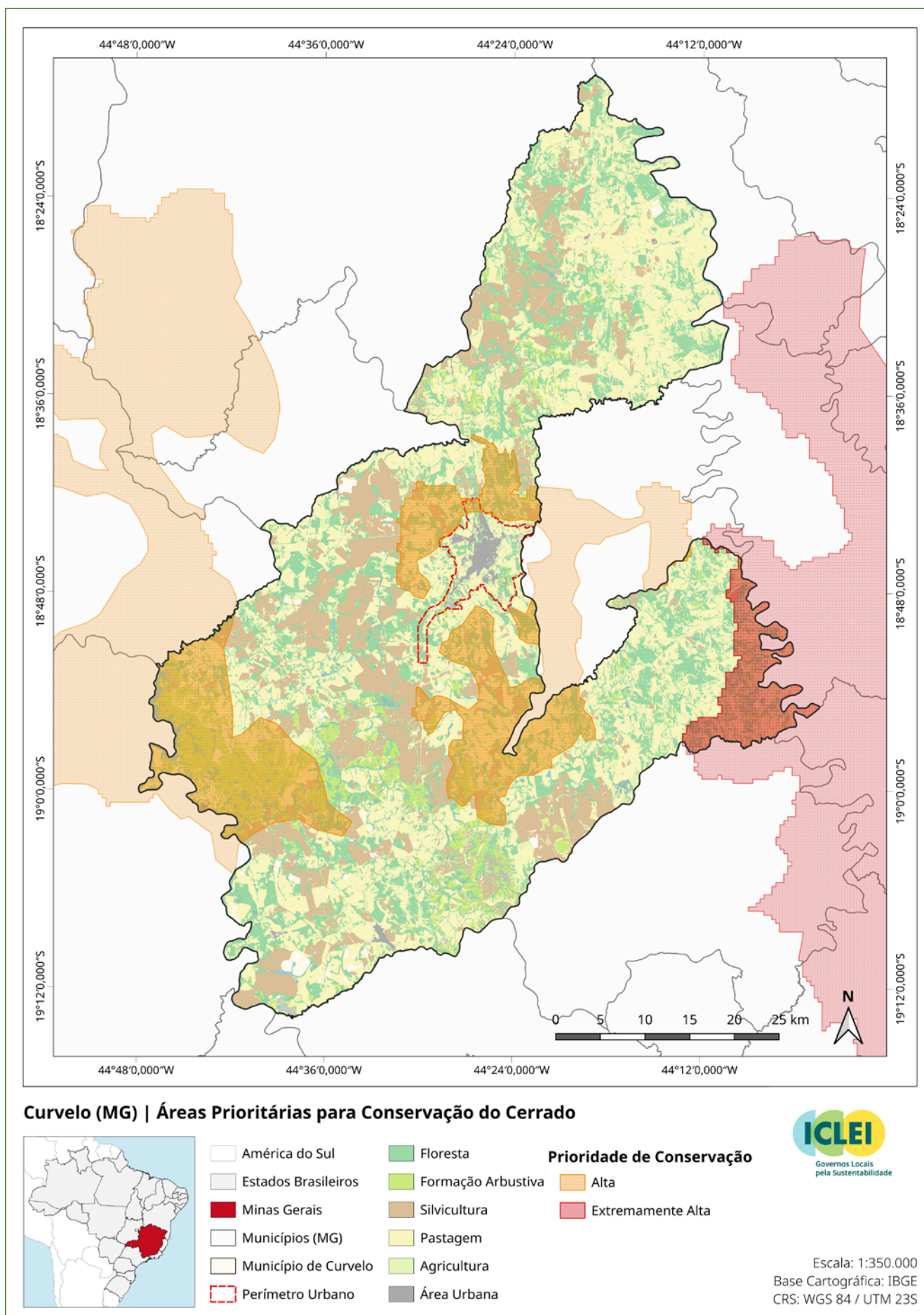
gestão¹. Destaca-se também que uma pequena porção do município, ao Norte, está inserida na zona de transição da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (IABS e RBSE, 2017). A existência dessas áreas protegidas reflete a relevância ambiental da região.

Mesmo sem áreas protegidas formais, a biodiversidade no município apresenta elevada relevância para a conservação, com parcelas do território inseridas em Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira, com prioridade alta e extremamente alta para ações de conservação do

bioma Cerrado (Figura 6). Instituídas pelo Decreto nº 5.092 de 21/05/2004 (BRASIL, 2004), no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, estas áreas são um instrumento de política pública que visam subsidiar a tomada de decisão sobre planejamento e implementação de medidas adequadas à conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas. As diretrizes para estas áreas incluem iniciativas como a criação de unidades de conservação (UCs), o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, a fiscalização, o fomento ao uso sustentável e a regularização ambiental (MMA, 2022).

¹ Entre as UC municipais, destacam-se as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) Municipal Barão e Capivara, em Gouveia; APA Municipal Serra do Cabral Augusto de Lima, em Augusto de Lima; APA Municipal Serra de Minas, em Buenópolis; APA Municipal da Serra Talhada, em Congonhas do Norte; além do Parque Natural Municipal Ribeirão do Campo, em Conceição do Mato Dentro. Há também três áreas na categoria de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), sendo uma delas a RPPN Fazenda Bau, em Pompeu, localizada na divisa municipal entre Pompeu e Curvelo (IDE-Sisema, 2024). Em âmbito estadual, estão próximas o Monumento Natural Estadual Peter Lund, em Cordisburgo; o Parque Estadual do Biribiri, em Diamantina; e o Parque Estadual Serra do Intendente, em Conceição do Mato Dentro. No nível federal, a Floresta Nacional de Paraopeba, situada em Paraopeba, também integra o conjunto de áreas protegidas que cercam o município (IDE-Sisema, 2024).

Figura 7 - Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado em Curvelo, MG.



Fonte: Elaboração própria, com dados de MMA (2022).

Esse contexto reforça a posição estratégica de Curvelo para a conservação do Cerrado, não apenas por abrigar espécies ameaçadas, mas também por manter um patrimônio natural expressivo e diversificado. A busca em plataformas como a *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* - uma rede internacional de infraestrutura de dados sobre biodiversidade advindos de coleções biológicas, publicações científicas e dados de ciência cidadã - e Wikiaves - maior comunidade de observadores de aves do Brasil, complementada por levantamentos bibliográficos de pesquisas locais, indica ao menos 675 espécies nativas registradas no município.

Avaliou-se o grau de vulnerabilidade das espécies considerando três escalas de classificação: estadual (Minas Gerais), nacional (Brasil) e global (UICN). A escala estadual tem como referência a Deliberação Normativa COPAM n.º 147, de 30 de abril de 2010, que aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas

Gerais (Minas Gerais, 2010). Trata-se do instrumento normativo vigente no estado para orientar políticas de conservação e o licenciamento ambiental no âmbito estadual.

A escala nacional segue a Portaria MMA n.º 148, de 7 de junho de 2022, que atualiza a Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Brasil, 2022). Essa portaria representa o instrumento federal de referência para a proteção da fauna ameaçada em todo o território brasileiro. Já a escala global é orientada pela Lista Vermelha da UICN, o sistema mais abrangente e reconhecido internacionalmente para avaliação do risco de extinção de espécies.

Embora as três escalas adotem categorias de ameaça similares, o enquadramento de uma mesma espécie pode diferir entre elas, uma vez que o status de conservação varia conforme a extensão territorial analisada e as pressões específicas de cada contexto. Para esta avaliação, focou-se em

Tabela 1 - Dados de biodiversidade identificados no município de Curvelo, MG

		Origem		Ameaçadas de extinção		
CLASSE	QUANTIDADE DE ESPÉCIES	NATIVAS (%)	EXÓTICAS (%)	MG	BR	UICN
Flora	87	98,85	1,15	-	4	3
Anfíbios	22	100	0	-	-	-
Aves	394	99,24	0,76	13	4	7
Mamíferos	45	95,55	4,44	5	6	2
Himenópteros	12	91,66	8,33	-	-	-
Lepidópteros	53	100	0	-	-	-
Dipteros	6	0	100	-	-	-
Peixes	55	100	0	-	-	-
Répteis	19	94,74	5,26	-	-	-
TOTAL DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO				18	14	12

Fonte: Elaboração própria, com dados de MMA (2022).

espécies ameaçadas de extinção de acordo com o enquadramento de cada referência. Com isso, a lista resultante incluiu 86 espécies de flora, 392 aves, 43 mamíferos, 22 anfíbios, 11 himenópteros, 53 lepidópteros, 51 peixes e 18 répteis (GBIF, 2025; WikiAves, 2025; Nativa Meio Ambiente, 2019).

Destaca-se a ocorrência de 29 espécies ameaçadas de extinção, considerando diferentes esferas de avaliação: 18 em nível estadual, 14 em nível nacional e 12 em nível global (Minas Gerais, 2010; Brasil, 2022; IUCN, 2025).

Parte dessas espécies encontra-se simultaneamente em mais de uma classificação de ameaça, como estadual e nacional. O grupo das aves se destaca como o mais ameaçado em nível estadual e global, enquanto entre os mamíferos está a maior concentração de espécies em risco no âmbito nacional. Entre os exemplos mais emblemáticos estão o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), o veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*), a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), a arara-canindé (*Ara ararauna*), o bugio-ruivo (*Alouatta guariba*), a andorinha-de-coleira (*Atticora melanoleuca*) e a catuaba (*Anemopaegma arvense*).

Os mamíferos de grande porte, como o tamanduá-bandeira, o lobo-guará e o bugio-ruivo, desempenham papel ecológico essencial, por serem espécies-chave e espécies guarda-chuva, isto é, sua preservação favorece a manutenção de diversas outras espécies que compartilham o mesmo habitat (Drummond *et al.*, 2010; Roberge e Angelstam, 2004). O bugio-ruivo, assim como outros primatas, também atua como sentinela para a febre-amarela, ajudando na detecção precoce de epidemias, evidenciando sua importância ecológica e sanitária (Araújo *et al.*, 2011).

Já a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), fortemente associada a matas ciliares e áreas de preservação permanente, ilustra a relevância da conservação

de ambientes florestais no Cerrado, complementares às áreas savânicas (Paolino *et al.*, 2018). Além disso, muitas dessas espécies ameaçadas, como aves e primatas, exercem funções cruciais como dispersores de sementes, garantindo a regeneração natural da vegetação e, consequentemente, colaboram para a manutenção de serviços ecossistêmicos fundamentais, incluindo a retenção de água (Carlo e Morales, 2016; Chaves *et al.*, 2018; Lacher *et al.*, 2019; Traveset *et al.*, 2013; Whelan *et al.*, 2008).

É importante considerar que foram verificadas também 18 espécies exóticas registradas na região de Curvelo, muitas delas diretamente relacionadas a atividades humanas ou à ocupação urbana. Entre os exemplos mais conhecidos estão a abelha *Apis mellifera* e a tilápia, ambas amplamente introduzidas e utilizadas por sua importância econômica, mas que podem representar riscos à biodiversidade nativa. Outras espécies, como os pernilongos (*Aedes spp.* e *Culex spp.*) e o pombo-doméstico (*Columba livia*), estão fortemente associadas a ambientes urbanos.

Espécies exóticas podem competir com ou preda espécies nativas, alterar cadeias tróficas e causar desequilíbrios ecológicos. Estudos demonstram, por exemplo, que a produção de tilápia, quando o manejo é inadequado, pode comprometer a comunidade de espécies nativas e afetar a qualidade da água (Storck *et al.*, 2023). A presença desses organismos reforça, assim, a importância de ações de conservação e manejo. Além disso, a preservação de áreas naturais por meio de instrumentos como corredores ecológicos é uma ação estratégica, pois contribui para a manutenção das populações de espécies nativas, e consequentemente assegura tanto a biodiversidade quanto a continuidade dos serviços ecossistêmicos vitais para a região e para o bioma como um todo (Montes-Rojas *et al.*, 2024).

2.2. Contexto socioambiental

Curvelo é um município de território majoritariamente rural, com densidade populacional relativamente baixa. A área urbanizada é de 23,63 km², o que representa aproximadamente 0,72% do território do município. Por outro lado, 92,14% da população reside em áreas urbanas, ao passo que 7,86% vivem em zonas rurais (IBGE, 2022).

Em termos étnico-raciais, a maior parte da população do município se declara parda, representando 63,87% do total. Em seguida, estão as pessoas autodeclaradas brancas (25,75%) e pretas (0,24%). Já as pessoas que se declararam amarelas e indígenas correspondem a uma pequena parcela, 0,11% e 0,05%, respectivamente (IBGE, 2022).

No campo do desenvolvimento humano, a análise do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) auxilia na compreensão das disparidades regionais e de seus reflexos diretos sobre a resiliência da população frente aos riscos ambientais (IPEA, 2023). O IDH-M de Curvelo, calculado em 2010, é de 0,713, o que o enquadra na faixa de valores “altos” (IBGE, 2010). Houve um crescimento de cerca de 55% nas últimas duas décadas, superando as médias de crescimento nacional (47%) e estadual (52%) (IBGE, 2010; ICLEI, 2023).

Entre os componentes do IDHM em Curvelo, a dimensão longevidade (IDHM-L) apresenta o melhor desempenho em Curvelo, com valor de 0,85, seguida por renda (IDHM-R: 0,69) e educação (IDHM-E: 0,62) (INFOSANBAS, 2023). A mortalidade infantil registrada em 2023 foi de 6,41 óbitos por mil nascidos vivos, índice que se encontra abaixo da média nacional (IBGE, 2023). A taxa de escolarização de crianças entre 6 e 14 anos é de 99,73%, o que indica cobertura praticamente universal da educação básica nessa faixa etária (IBGE, 2022).

Apesar dos avanços, os dados do IDHM do município revelam a permanência de desigualdades internas. Ao avaliar o componente “educação” como um todo, por exemplo, nota-se um nível

relativamente baixo (0,62), não acompanhando a tendência de melhora observada na longevidade e na renda. É importante considerar que o acesso desigual ao conhecimento é um fator que limita tanto a mobilidade social quanto a participação cidadã nos processos de planejamento e gestão ambiental.

Em relação às condições de saneamento, todo o esgoto coletado é tratado no município (ÁGUA E SANEAMENTO, 2023). Não obstante, de acordo com Censo de 2022, 82,55% da população utilizava a rede geral de esgoto (fossa ligada à rede ou pluvial), enquanto 9,03% ainda viviam com fossas rudimentares (IBGE, 2022). Em relação ao abastecimento de água, 94,7% da população é atendida pela rede de abastecimento (IBGE, 2022). No entanto, aproximadamente 39,14% da água tratada é perdida por vazamentos, ligações clandestinas ou falhas de medição, superando a média nacional (36,24%) e estadual (36,77%) (GAZETA MINEIRA, 2023). Esse percentual de perdas pode indicar ineficiência operacional, e contribuir para o aumento dos custos de produção de água e maior pressão sobre mananciais.

No que diz respeito à gestão de resíduos, a geração média no município é de 0,62 kg por habitante/dia, abaixo das médias estadual (0,8 kg) e nacional (1 kg). A coleta regular atende 94,18% da população; no entanto a recuperação via coleta seletiva alcança apenas 0,67% dos resíduos, contrastando com os percentuais de Minas Gerais (2,6%) e Brasil (2,4%). Curvelo dispõe de aterro sanitário licenciado, mas a maior parte dos resíduos destinados é composta por orgânicos e recicláveis. O município ainda não possui usina de compostagem (IBGE, 2022; ÁGUA E SANEAMENTO, 2023; SEMAD/MG, 2019).

Segundo o Censo Demográfico de 2022, 84,1% dos domicílios particulares em Curvelo em setores censitários urbanos apresentam ao menos 01 árvore em seu entorno. Esse resultado situa-se próximo à média do estado de Minas Gerais (86,7%) e ligeiramente acima da média nacional (82,8%) (IBGE, 2022). Por outro lado, é importante

ressaltar que esse indicador não captura plenamente as desigualdades na distribuição da arborização no território urbano, tampouco permite avaliar aspectos qualitativos, como densidade de cobertura arbórea, diversidade de espécies ou a proximidade da população a áreas verdes estruturadas.

Nesse sentido, referências recentes no planejamento urbano e ambiental têm apontado para metas mais abrangentes de infraestrutura verde. Entre elas destaca-se a regra 3-30-300, proposta pelo pesquisador Cecil Konijnendijk, que recomenda que cada pessoa possa visualizar ao menos três árvores a partir de sua residência, que os bairros apresentem pelo menos 30% de cobertura arbórea e que todos os moradores estejam a no máximo 300 metros de um espaço verde público de qualidade. Essa abordagem tem sido adotada internacionalmente como referência para orientar estratégias de arborização urbana e ampliação da infraestrutura verde nas cidades.

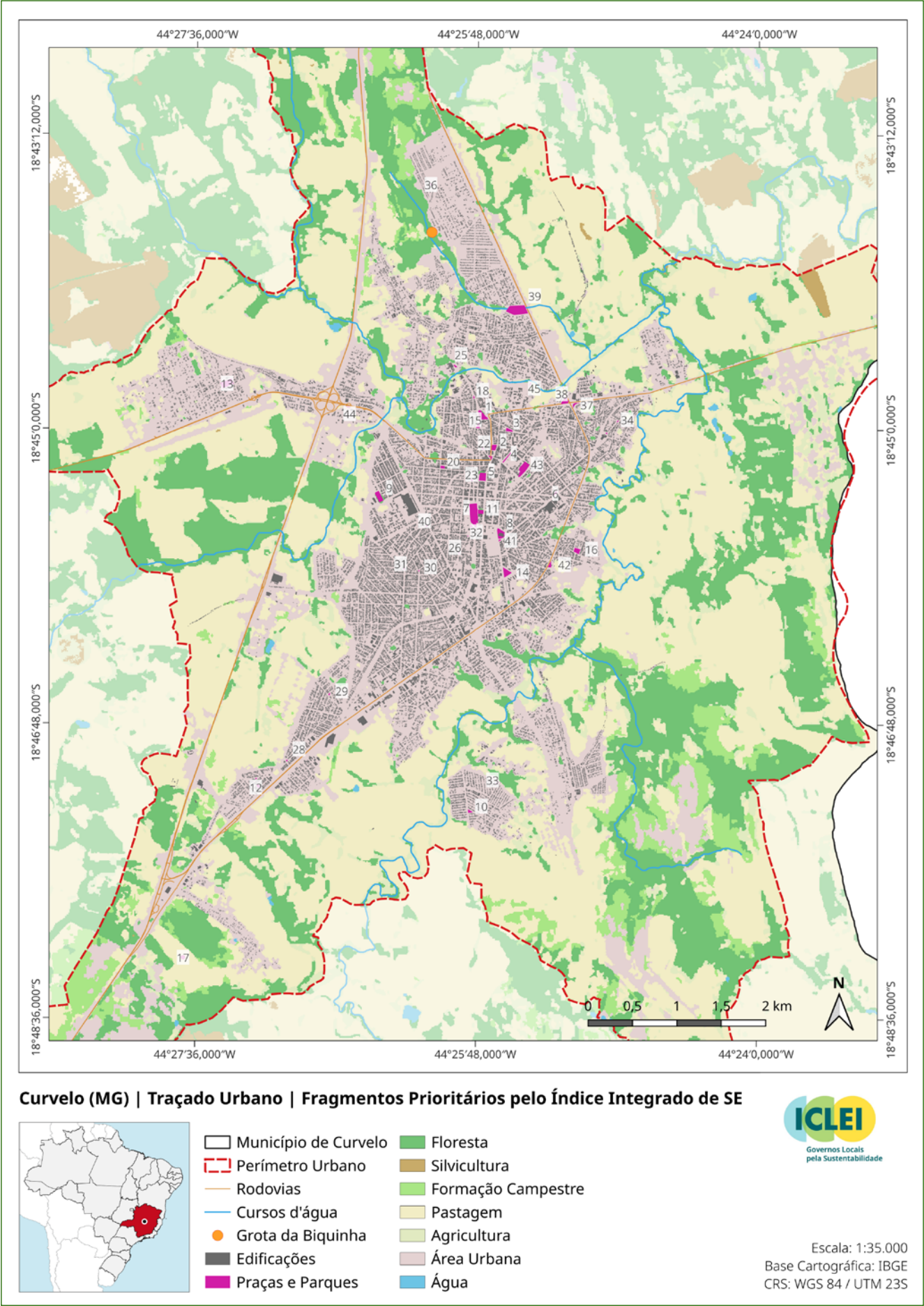
No contexto brasileiro, essas diretrizes foram incorporadas, adaptadas às realidades nacionais, ao Plano Nacional de Arborização Urbana, que busca orientar municípios na ampliação da cobertura arbórea e na melhoria da qualidade ambiental das cidades (BRASIL, 2025). Considerando os dados atuais de presença de árvores no entorno dos domicílios, Curvelo apresenta uma base relevante sobre a qual avançar. A adoção de metas alinhadas a referenciais como a regra 3-30-300 pode contribuir para orientar uma estratégia municipal mais ambiciosa de arborização urbana, promovendo benefícios associados à regulação microclimática, melhoria da qualidade do ar, bem-estar da população e fortalecimento da biodiversidade urbana.

A figura 08 apresenta a relação de áreas verdes urbanas e periurbanas da sede do município de Curvelo.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 8 - Áreas Verdes Urbanas e Periurbanas em Curvelo, MG.



Fonte: Elaboração própria, 2025 com dados de Mapbiomas (2024)

Nota-se que os principais fragmentos de vegetação concentram-se no entorno da mancha urbana e ao longo dos principais corpos hídricos. As praças e parques públicos concentram-se ao longo do eixo central do município, persistindo padrões significativos de desigualdade em termos de distribuição espacial. Considerando o dado de cobertura vegetal em áreas construídas por sensoriamento remoto realizado pelo programa GHSL - *Global Human Settlement Layer* (Kemper *et al.*, 2022), o percentual de cobertura vegetal das praças e parques de Curvelo variam de 53,89% a 73,88% (Tabela 2).

A Praça Voluntários da Pátria, o Parque da Sani-tária e a Praça Maria Amália são os três espaços com mais cobertura vegetal, enquanto a Praça Rotary, a Área de Lazer da Lagoa Mister James e a Praça 02 Boa Esperança apresentam os menores percentuais de cobertura vegetal. Cabe destacar que o espaço da Lagoa Mister James é majorita-riamente composto por água, o que explica sua cobertura vegetal relativamente inferior. No en-tanto, este local consiste em uma importante área verde do município em função dos usos sociais do espaço, além da importância de massas d'água na cidade para regulação do microclima urbano.

Tabela 2 - Área e percentual de cobertura vegetal das praças e parques de Curvelo (MG)

LEGENDA	NOME DA PRAÇA OU PARQUE	ÁREA (M²)	COBERTURA VEGETAL (%)
1	Praça Voluntários da Pátria	6826	73.886
2	Praça Tiradentes	3070	68.767
3	Praça Santa Rita	2069	62.737
4	Praça José Júlio Mascarenhas	1459	63.063
5	Praça Benedito Valadares	6470	67.136
6	Praça Targino Raimundo Figueiredo	1175	66.800
7	Praça Central do Brasil Eng. Eliseu Res.	19908	57.395
8	Praça Tancredo de Almeida Neves	7796	56.053
9	Praça Maria Amalia	6384	71.919
10	Praça Fatima Guedes	1133	60.417
11	Praça de Maua	2704	67.840
12	Praça 04 Boa Esperança	1026	59.625
13	Praça Ceu Azul	8802	59.115
14	Praça Evaristo de Paula	5468	57.855
15	Praça Cesário Alvim	1766	66.588
16	Praça São Pedro	3298	63.471
17	Praça 02 Boa Esperanca	1991	53.895
18	Praça Joao Gonzaga	362	59.000
19	Praça do Marco Centenário	528	60.333
20	Praça do Mercado	1301	66.800

Tabela 2 - Área e percentual de cobertura vegetal das praças e parques de Curvelo (MG)

LEGENDA	NOME DA PRAÇA OU PARQUE	ÁREA (M²)	COBERTURA VEGETAL (%)
21	Praça Luciano Jose da Fonseca	252	61.000
22	Praça Irineu Gonzaga	457	67.333
23	Praça Newton Gabriel Diniz	458	67.750
24	Praça da CDL	462	64.800
25	Praça Dr. Marcio de Carvalho Lopes	582	59.667
26	Praça Nossa Senhora de Fátima	243	63.500
27	Praça (Rua B)	198	59.500
28	Praça (Rua Francisco Bispo Pereira)	310	60.000
29	Praça no Bairro São Pedro	367	55.750
30	Praça do Lapis	123	56.000
31	Praça Orestes Ricardo	266	55.667
32	Praça (Rua Bahia)	88	60.500
33	Praça Antônio Carlos de Souza	282	59.600
34	Praça (Ana Nery)	241	66.333
35	Praça (Rua Prudente de Moraes)	213	59.500
36	Praça e Anexo Esportivo do Pequizeiro	329	58.750
37	Praça Mário Duque de Oliveira	1264	55.917
38	Praça Juscelino Kubitschek	3996	61.050
39	Área de Lazer da Lagoa Mister James	20247	54.276
40	Praça Antônio Salvo	284	59.500
41	Praça Rotary	377	54.600
42	Praça José Gonçalves de Ribeiro	1518	56.000
43	Parque da Sanitaria	10300	72.385
44	Praça em frente 42º BPM	720	60.429
45	Praça do Camelódromo	343	60.500

Fonte: Elaboração própria, 2025 com dados de Curvelo Aberta (2024) e GHSL (2022).

2.3. Contexto socioeconômico

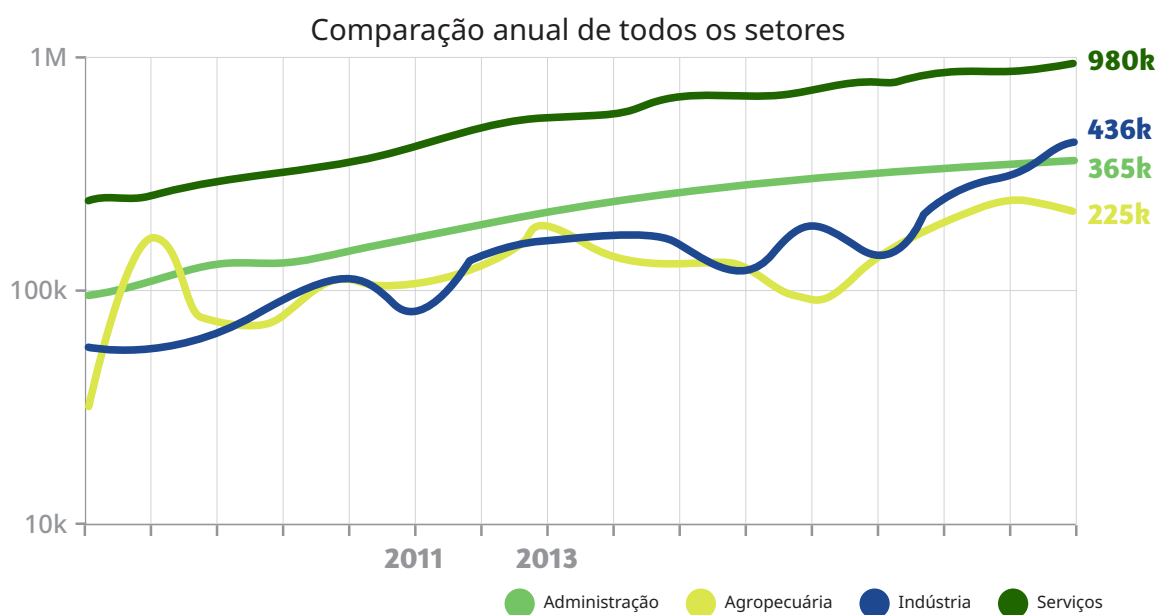
Em relação ao contexto socioeconômico, em 2021, o PIB total do município foi de cerca de R\$2,2 bilhões, o 65º maior PIB na comparação entre os 853 municípios de Minas Gerais. Por outro lado, o PIB per capita no mesmo ano foi de R\$ 27.509,61. Esse resultado deixa o município, na comparação com outros municípios do estado, na posição 241 (IBGE, 2021). Com esta estrutura, o PIB per capita de Curvelo é de valor inferior à média do estado (R\$ 40,1 mil), da grande região de Belo Horizonte (R\$ 51 mil) e da pequena região em que se insere o município (R\$ 36,5 mil).

Esses números reforçam que o crescimento da renda não resulta, necessariamente, em maior equidade, devido a questões como concentração fundiária e de renda. No entanto, o índice de Gini de Curvelo, de 0,52, coloca-o na posição 137 dentre os 853 municípios mineiros, indicando contex-

tos mais críticos de desigualdade no estado (Atlas Brasil, 2010). Por outro lado, esse valor é também mediano e é importante considerar que a desigualdade, em especial em termos de renda, está relacionada a diferenças na capacidade adaptativa da população frente a riscos climáticos, agravando vulnerabilidades pré-existentes, como de saúde, educação e segurança alimentar (Gênero e Clima & Observatório do Clima, 2022).

Em relação à paisagem produtiva, no ano de 2021, os setores com o maior PIB foram Serviços (48,9%), Indústria (21,7%), Administração (18,2%) e , seguidos pela Agropecuária (11,2%). Os setores de serviços e administração têm apresentado trajetória de crescimento constante desde o início da série histórica, em 2006 (Data MPE/SEBRAE, 2025). Por outro lado, os setores de agropecuária e indústria, embora também tenham mantido trajetória ascendente, apresentaram mais variação (Figura 9).

Figura 9 - Comparação histórica (2006 - 2021) do VAB por setor econômico



O município de Curvelo estruturou-se historicamente a partir da pecuária, favorecida por condições de solo pouco fértil e desfavorável para o cultivo agrícola. A partir da década de 1970, a introdução da silvicultura, voltada sobretudo ao abastecimento da siderurgia com carvão vegetal, alterou significativamente a dinâmica produ-

tiva local. Esse processo se intensificou nos anos 1990, quando a abertura econômica e as exigências técnicas do setor leiteiro inviabilizaram a permanência de pequenos produtores, ampliando a migração de áreas para o cultivo de eucalipto (Aracri, 2021).

Na configuração atual, apesar da predominância do setor de serviços, Curvelo apresenta uma paisagem fortemente marcada pela especialização florestal, com concentração de empresas, viveiros de mudas, comércio de equipamentos e serviços técnicos associados principalmente à cadeia do eucalipto. Embora a população rural represente menos de 10% do total, a área rural, como visto, corresponde a 99% do território municipal, o que reforça a relevância do setor e das políticas de apoio à produção rural. O município destaca-se, ainda, como pólo regional de inovação em silvicultura, integrando o Sistema Mineiro de Inovação (SIMI).

2.4. Dados relacionados à ocorrência de emergências e vulnerabilidades climáticas

A compreensão do histórico de desastres, da distribuição, frequência e impacto desses eventos é fundamental para o planejamento do território e para a adoção de políticas públicas efetivas. Nas seções a seguir, analisa-se a trajetória relacionada à ocorrência de eventos extremos no município de Curvelo, a partir de bases de dados abertos. Dados sistematizados no Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil identificaram 05 registros de desastres em Curvelo, sendo o primeiro de enxurrada no ano de 1997, e os demais de estiagem e seca, nos anos de 2014, 2017, 2023 e 2024. (MDR, 2022)

Embora seja importante considerar que os registros na plataforma podem subestimar a real dimensão dos eventos extremos no município, já indicam impactos sobre pessoas, infraestruturas e serviços. Considerando os 04 eventos registrados para seca e estiagem, 10,44 mil pessoas foram di-

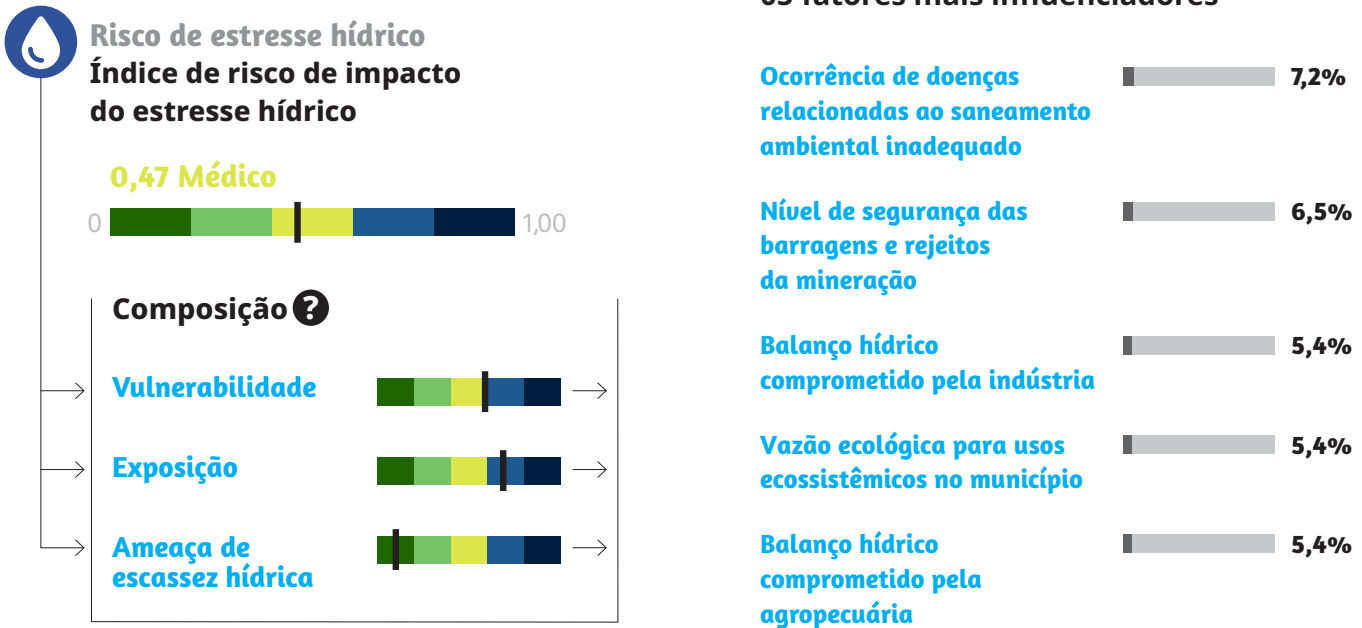
retamente afetadas, e os prejuízos privados foram em torno de 296 mil reais e os públicos ultrapassaram os R\$570 mil.

Curvelo vem apresentando riscos crescentes associados a seca prolongada, reconhecida em decretos municipais (nº 5.724/2024 e nº 5.958/2024) e pelo Decreto Estadual nº 643/2024, com impactos sobre o abastecimento de água. O município também enfrentou em 2024 uma emergência em saúde pública por arboviroses, destacada nos Decretos nº 5.744/2024 e nº 5.828/2024. Outros eventos registrados foram alagamentos localizados e o risco de incêndios florestais, que são monitorados pelo IEF.

Outro fator importante registrado foi o rompimento da barragem de Brumadinho em 2019, que afetou o distrito de Cachoeira do Choro, localizado na bacia do Rio Paraopeba. Esse contexto geral indica que o município pode se beneficiar de estratégias de adaptação voltadas para a gestão hídrica, prevenção de queimadas e fortalecimento da infraestrutura urbana contra eventos extremos, tanto de excesso hídrico quanto, principalmente, escassez.

Os dados disponibilizados no Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas (AdaptaBrasil MCTI), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), complementam a análise do histórico de desastres com informações sobre os impactos da mudança do clima, observados e projetados, dando subsídios para ações de adaptação. Considerando os riscos avaliados na plataforma, para o município de Curvelo destacam-se os riscos decorrentes de impactos de estresse hídrico e risco para inundações, enxurradas e alagamentos.

Figura 10 - Índice de Risco de Impacto do Estresse Hídrico para o Município de Curvelo, MG e 05 fatores mais influenciadores no resultado.



Fonte: AdaptaBrasil/MCTI, 2026



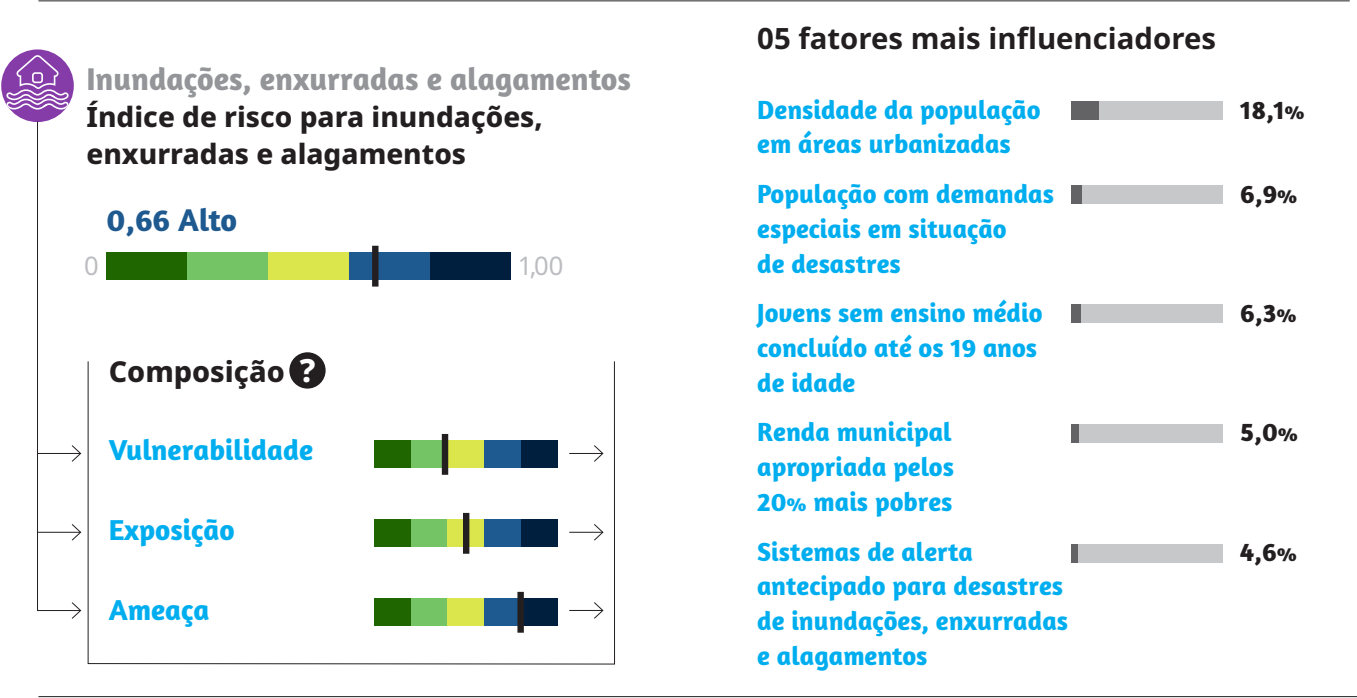
Fonte: Arquivo da Prefeitura

Os dados indicam que o município de Curvelo apresenta índice de risco de impacto do estresse hídrico classificado como médio (0,47 em uma escala de 0 a 1), sugerindo uma situação de atenção em relação à disponibilidade e à gestão dos recursos hídricos no território. A composição do indicador demonstra que o risco resulta especialmente da combinação entre maior nível de exposição e média para alta vulnerabilidade. Entre os fatores mais influentes destacam-se a ocorrência de doenças associadas ao saneamento ambiental inadequado (7,2%), o nível de segurança de barragens e rejeitos da mineração (6,5%) e pressões sobre o balanço hídrico relacionadas às atividades

produtivas, especialmente a indústria e a agropecuária (5,4% cada).

Além disso, a necessidade de manutenção da vazão ecológica para suporte aos usos ecossistêmicos também aparece como elemento relevante. Em conjunto, esses fatores evidenciam que o risco de estresse hídrico no município está associado não apenas à disponibilidade física de água, mas também às condições de infraestrutura, gestão ambiental e intensidade de uso dos recursos hídricos, reforçando a importância de estratégias integradas de planejamento territorial e conservação dos ecossistemas para garantir a segurança hídrica local.

Figura 11 - Índice de Risco para inundações, enxurradas e alagamentos para o Município de Curvelo, MG e 05 fatores mais influenciadores no resultado.

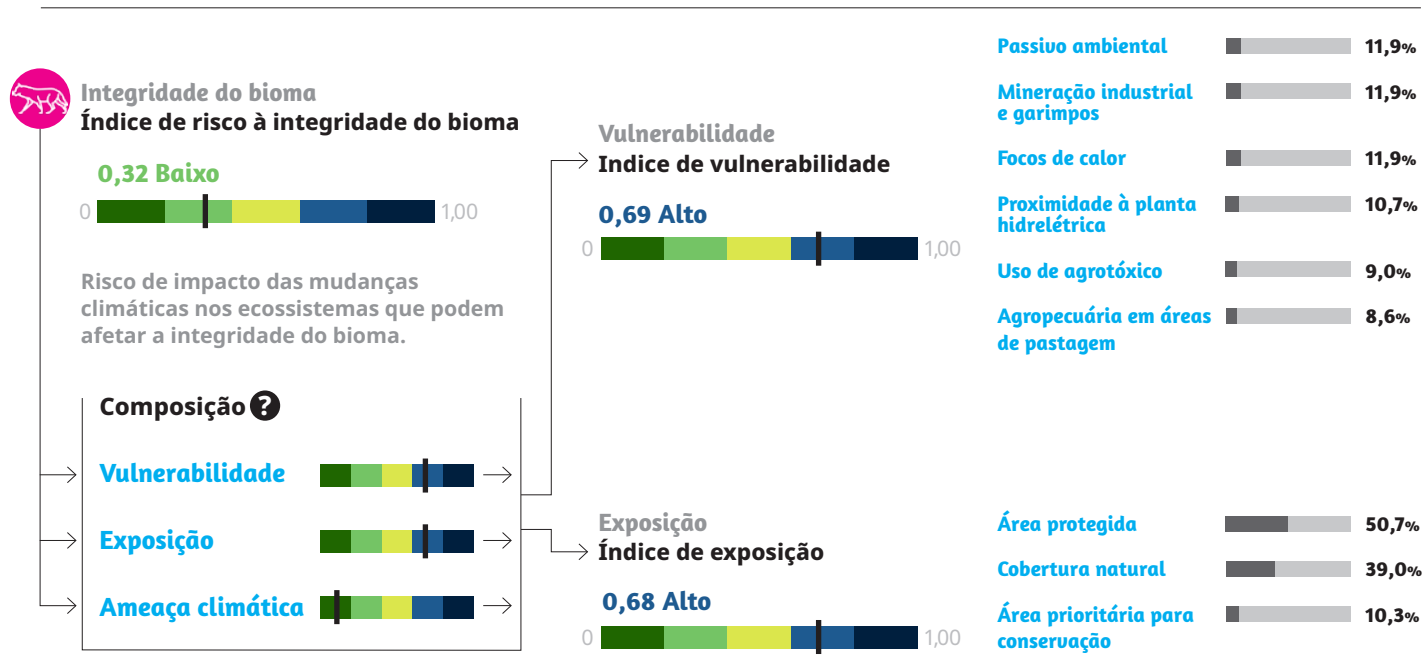


Fonte: AdaptaBrasil/MCTI, 2026

Já em relação ao risco de inundações, enxurradas e alagamentos, os dados indicam um índice de risco alto (0,66 em uma escala de 0 a 1). Para esse risco, destaca-se especialmente a dimensão de ameaça, associada à ocorrência desses eventos, e sua interação com a exposição, que leva em conta moradias em ambiente de risco e, especialmente no contexto de Curvelo, a densidade demográfica. Esse é o fator que mais influenciou o índice de nível de risco (18,1%), pois a concentração populacional em áreas potencialmente suscetíveis amplia os impactos potenciais de eventos de inundação.

Outros fatores relevantes incluem a presença de população com demandas especiais em situações de desastres (6,9%), a proporção de jovens sem ensino médio concluído até os 19 anos (6,3%), e a distribuição de renda municipal, com parte significativa concentrada entre os 20% mais pobres (5,0%), aspectos que podem aumentar a vulnerabilidade social diante de eventos extremos. Soma-se a isso a relevância dos sistemas de alerta antecipado para desastres hidrológicos (4,6%), indicando a necessidade de fortalecer a capacidade institucional de monitoramento e resposta.

Figura 12 - Índice de Risco à integridade do bioma para o Município de Curvelo, MG e fatores mais influenciadores no resultado.



Fonte: AdaptaBrasil/MCTI, 2026

Os dados indicam que o município de Curvelo apresenta índice de risco baixo (0,32 em uma escala de 0 a 1) para a integridade do bioma, sugerindo que, de forma geral, os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre os ecossistemas locais permanecem relativamente moderados no cenário atual. No entanto, a decomposição do indicador revela níveis elevados de vulnerabilidade (0,69) e exposição (0,68), indicando que a baixa classificação geral do risco não elimina a presença de pressões relevantes sobre os ecossistemas do território. Esse quadro sugere uma combinação

de alta sensibilidade ecológica e baixa capacidade adaptativa, que pode aumentar a suscetibilidade da biodiversidade local a alterações ambientais caso as pressões se intensifiquem.

Entre os fatores que mais influenciam a vulnerabilidade destacam-se o passivo ambiental (11,9%), a atividade de mineração e garimpos (11,9%) e a ocorrência de focos de calor (11,9%), além da proximidade a plantas hidrelétricas (10,7%), o uso de agrotóxicos (9,0%) e a expansão da agropecuária em áreas de pastagem (8,6%). Esses elementos

evidenciam a influência de atividades produtivas e de pressões antrópicas sobre os ecossistemas naturais.

Nesse contexto, mudanças no uso e cobertura do solo configuram fatores determinantes para a sensibilidade ambiental do território, uma vez que a conversão de áreas naturais, a fragmentação da vegetação e a intensificação de usos agropecuários podem comprometer processos ecológicos essenciais, como a conectividade de habitats, a regulação hídrica e a manutenção da biodiversidade. Dentre os fatores associados à exposição, destacam-se a baixa presença de áreas protegidas (impacto de 50,7% no índice), de remanescentes

de cobertura natural (impacto de 39,0% no índice) e de áreas prioritárias para conservação (10,3%).

Esses elementos funcionam como importantes ativos ambientais para a conservação da biodiversidade e para a resiliência dos ecossistemas frente às mudanças climáticas. Assim, embora o risco agregado seja classificado como baixo, os resultados apontam para a importância de políticas de ordenamento territorial e conservação que evitem a intensificação das pressões antrópicas sobre a cobertura natural e fortaleçam a conectividade ecológica da paisagem, contribuindo para ampliar a capacidade adaptativa dos ecossistemas locais.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

3. Diagnóstico de Serviços Ecosistêmicos

O diagnóstico de Serviços Ecosistêmicos (DSE) consiste em uma análise territorial para avaliar as contribuições da natureza para o bem-estar humano, com o objetivo de gerar insumos para apoiar a tomada de decisão. Considerando que o planejamento urbano e regional envolve processos decisórios sobre o território, o mapeamento mostra-se como uma ferramenta relevante para entender a distribuição espacial dos serviços fornecidos pelos ecossistemas, bem como de riscos e ameaças a essa oferta (TEEB, 2011).

Neste sentido, o DSE foi realizado neste projeto para levantar subsídios para o traçado de conectividade e para o mapeamento de áreas prioritárias para Soluções Baseadas na Natureza. Quando se trata de conectividade, o DSE permite realizar uma avaliação em termos de contribuição relativa de fragmentos florestais, o que permite uma compreensão mais nuançada do que, por exemplo, métricas de ecologia da paisagem. Isso é especialmente importante para avaliar a importância de fragmentos em relação à proximidade com a mancha urbana. Esse ponto será abordado em mais detalhes no Capítulo 04, dedicado à metodologia do Traçado de Conectividade para Curvelo.

De maneira complementar, o DSE subsidiou o mapeamento de áreas prioritárias para Soluções Baseadas na Natureza, por permitir identificar as áreas onde os serviços ecosistêmicos são relativamente baixos em relação às suas respectivas ameaças. Ou seja, as áreas onde haveria maior necessidade de ampliar a oferta de serviços ecosistêmicos, portanto, onde haveria maior contribuição relativa por meio da implementação de SbN.

Na sequência, a Seção 3.1 apresenta o diagnóstico de serviços ecosistêmicos associados ao território, contemplando análises de retenção de

sedimentos, retenção de águas pluviais e resfriamento urbano. A Seção 3.2 encerra o capítulo com uma síntese dos resultados, de modo a qualificar as áreas estratégicas sob a ótica de seus múltiplos benefícios.

3.1. Metodologia

O Diagnóstico de Serviços Ecosistêmicos avaliou três serviços de regulação: retenção de sedimentos, retenção de águas pluviais e resfriamento urbano. Os modelos utilizados neste diagnóstico foram realizados no *software* InVEST® - *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*, versão 3.16.2. Trata-se de um repositório de algoritmos elaborados pela *Natural Capital Alliance*, uma rede global de pesquisadores baseada na Universidade de Stanford, com o objetivo de subsidiar a incorporação dos serviços ecosistêmicos na tomada de decisão.

Os modelos do InVEST são fundamentados em métodos científicos amplamente utilizados e validados na literatura internacional sobre serviços ecosistêmicos. Eles são revisados periodicamente para correções de distorções e incorporação de novos elementos relevantes para a tomada de decisão. O detalhamento das equações e processamentos de dados dos algoritmos dos modelos utilizados neste Diagnóstico podem ser encontrados em *Natural Capital Alliance* (2026).

Apesar dos modelos do InVEST possuírem uma abrangência global, podendo ser replicados em diferentes escalas e recortes territoriais, o ajuste dos modelos para as especificidades deste projeto é fundamental para garantir a melhor fidelidade dos resultados. Este ajuste é feito pela escolha dos dados com melhor resolução espacial e temporal para cada dado de entrada e pelos parâmetros de calibragem.

Estes parâmetros diferem em cada modelo, podendo envolver tratamentos de dados topográficos para os que envolvem dinâmicas hidrológicas e de sedimentos, mas principalmente as variáveis que ajustam os modelos para o contexto territorial da análise, como fatores de erosão, coeficientes de retenção e percolação de águas pluviais, temperatura de referência e efeito de ilha de calor no município, entre outros. A escolha dos parâmetros adotados priorizou a produção científica nacional, adotando os valores de referência obtidos por estudos que mais se aproximem da realidade local, de modo que os resultados obtidos fossem os mais fiéis possíveis, dentro das limitações dos modelos.

3.1.1 Retenção de Sedimentos

Para avaliar o serviço ecossistêmico de retenção de sedimentos, foi realizado o modelo *Sediment Delivery Ratio (SDR)* do InVEST. Este modelo visa quantificar e mapear as taxas anuais de perda de solo, de transporte e deposição de sedimentos por pixel, que representam a quantidade de solo que é perdida por erosões provocadas pelas chuvas e a quantidade deste solo perdido que é depositada no relevo até ser transportada para os cursos d’água. Complementarmente, este modelo calcula a perda de solo evitada pela vegetação existente, assim como o assoreamento evitado pela vegetação que age como barreira de sedimentos, evitando que atinjam o curso d’água (Natural Capital Alliance, 2026). Os dados de entrada utilizados no modelo estão descritos no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST *Sediment Delivery Ratio*.

DADO DE ENTRADA	DADO UTILIZADO	FONTE
Modelo Digital de Elevação	ASTER Global Digital Elevation Model V003	NASA <i>et al.</i> (2019)
Erosividade das chuvas	Erosividade das Chuvas no Brasil	EMBRAPA Solos (2023)
Erodibilidade do solo	Erodibilidade dos Solos do Brasil	Coelho <i>et al.</i> (2024)
Uso e Cobertura da Terra	Uso e Cobertura da Terra em 2023	Mapbiomas (2025)
	Local Climate Zones	Demuzere <i>et al.</i> (2022)
Tabela Biofísica	Fator de erosão por classe de cobertura da terra	Anjinho <i>et al.</i> (2022), Bendito <i>et al.</i> (2023), Santana <i>et al.</i> (2025), Nicoletti <i>et al.</i> (2025)
	Fator de práticas de controle de erosão	
Bacias Hidrográficas	ASTER Global Digital Elevation Model V003	NASA <i>et al.</i> (2019)

Fonte: elaborado pelos autores.

O principal dado de entrada para a calibragem deste modelo é o Modelo Digital de Elevação, para o qual foi utilizado o Global Digital Elevation Model V003 (NASA et al. 2019). Este dado também subsidiou a delimitação das bacias hidrográficas por meio do modelo *DelineateIT*, do InVEST (Natural Capital Alliance, 2026). Todos os dados espaciais foram reprojatados para a resolução espacial de 10 metros para melhor precisão e alinhamento com o dado de uso e cobertura da terra do MapBiomas, que também tem um papel chave na adequação e refinamento do modelo para a realidade local.

Para refinamento do modelo, a classe de uso e cobertura da terra de Área Urbana do MapBiomas foi complementada com tipologias de *Local Climate Zones (LCZ)* (Demuzere et al., 2022), para identificar nuances intraurbanas no modelo. Os coeficientes da Tabela biofísica adotados para as tipologias de LCZ identificadas no território foram inferidas de acordo com a proporção de área ve-

getada e valores de referência da classe de cobertura vegetal na literatura supracitada que mais se aproximam das características das tipologias de LCZ (Stewart, Oke, 2012).

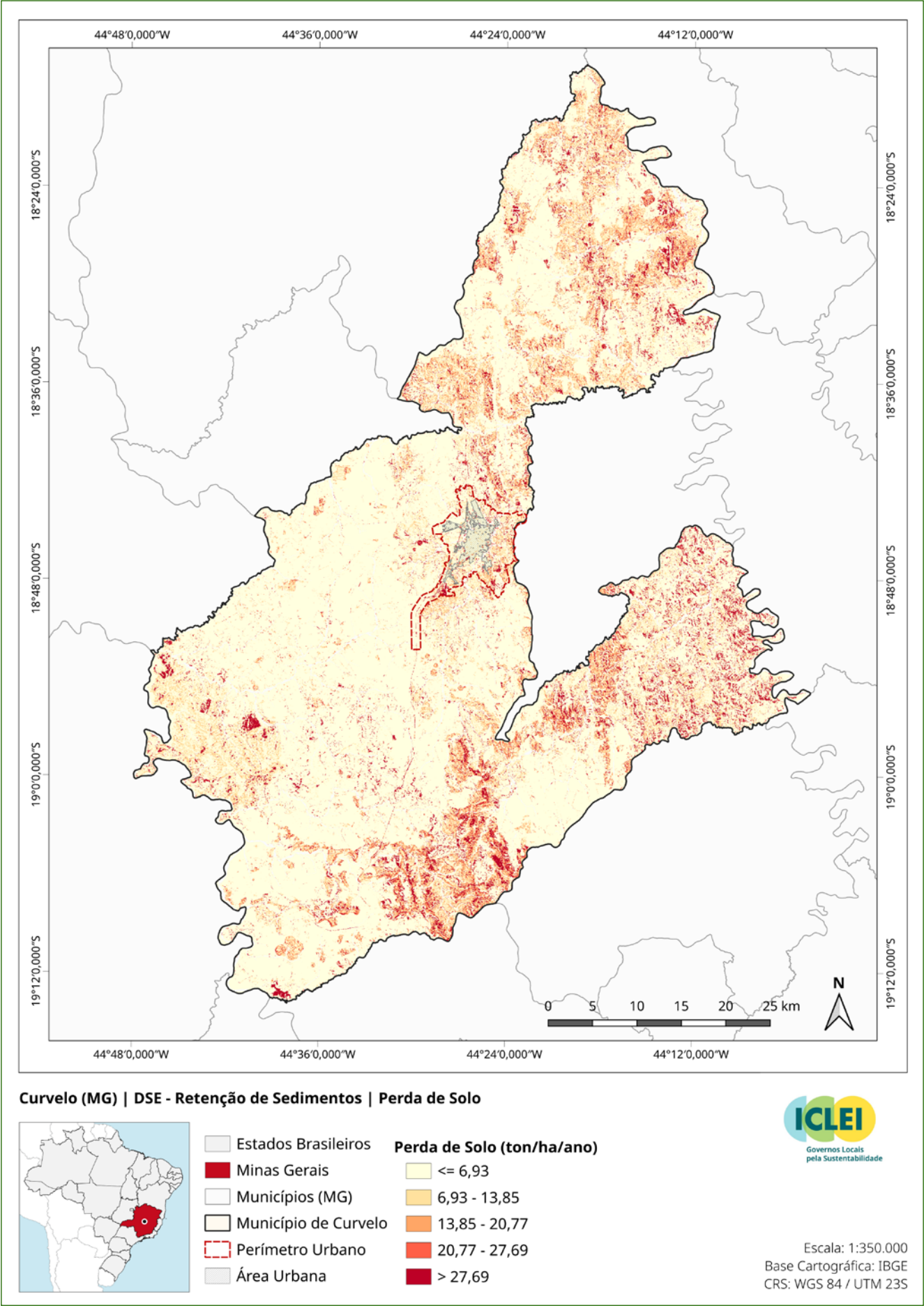
Após a modelagem, os resultados foram classificados em cinco faixas com intervalos iguais de acordo com a distribuição de valores de cada resultado. Para esta classificação foram desconsiderados os extremos mínimos (P05) e máximos (P95) de cada resultado, de modo a reduzir as distorções na distribuição de valores, calculando as faixas de acordo com os intervalos de valores que ocorrem majoritariamente no espaço.

Com base nestes dados de entrada e critérios de refinamento foram modelados os processos de perda de solo (Figuras 13 e 14) e deposição de sedimentos (Figuras 15 e 16) e os respectivos serviços ecossistêmicos de erosão (17 e 18) e assoreamento (19 e 20) evitados pela vegetação.



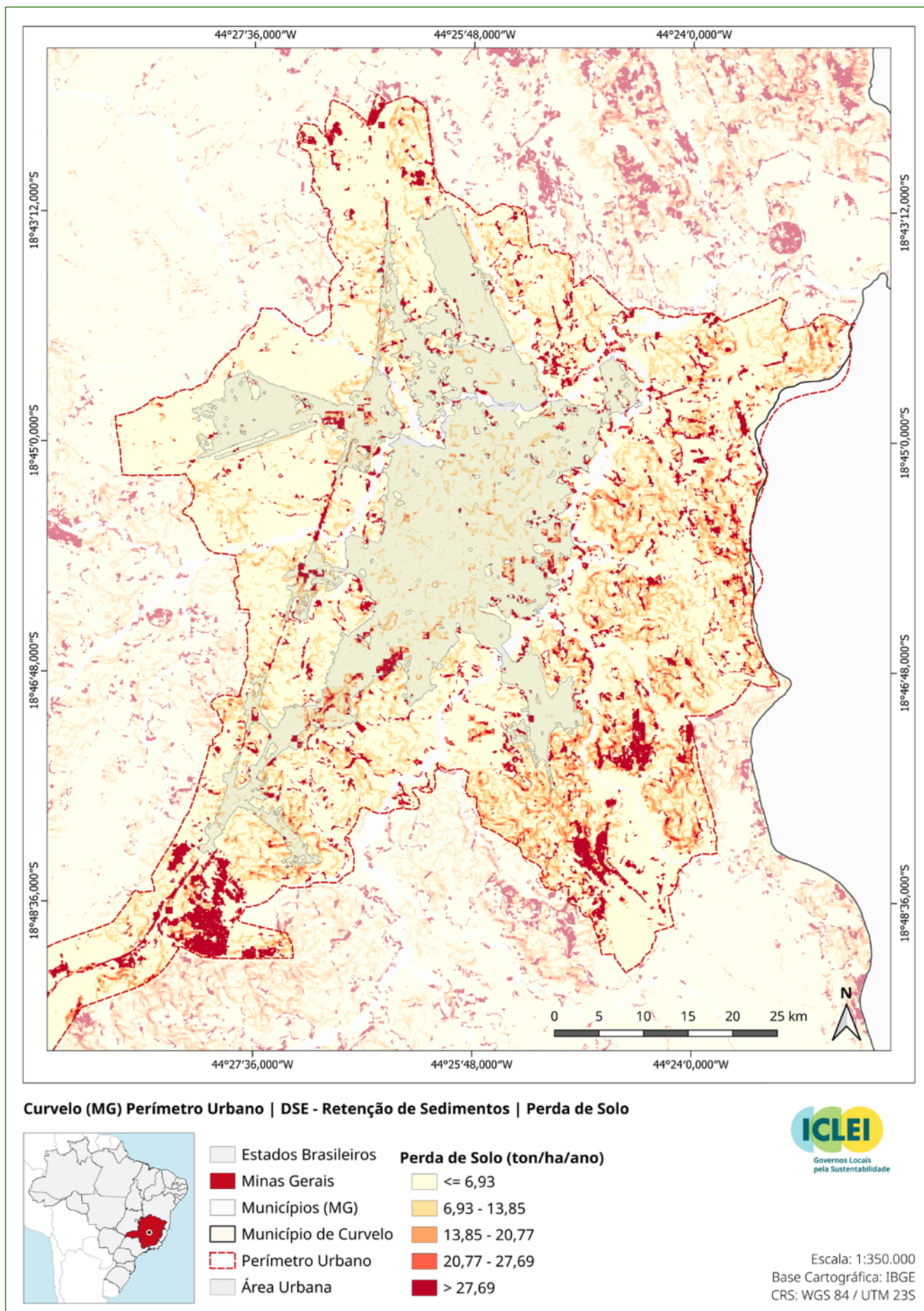
Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 13 - Perda de Solo modelada para o município de Curvelo, MG.



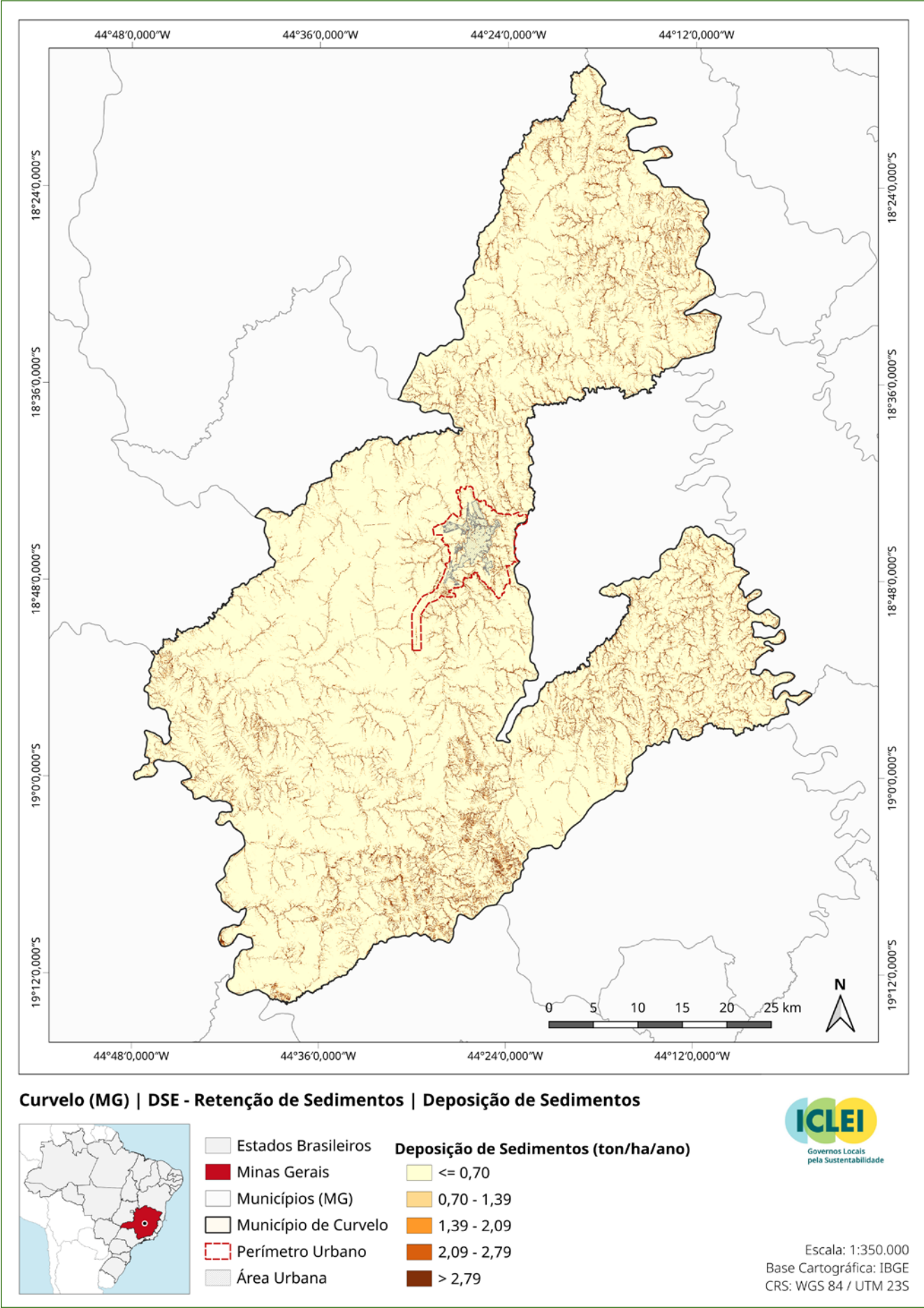
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 14 - Perda de solo modelada no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



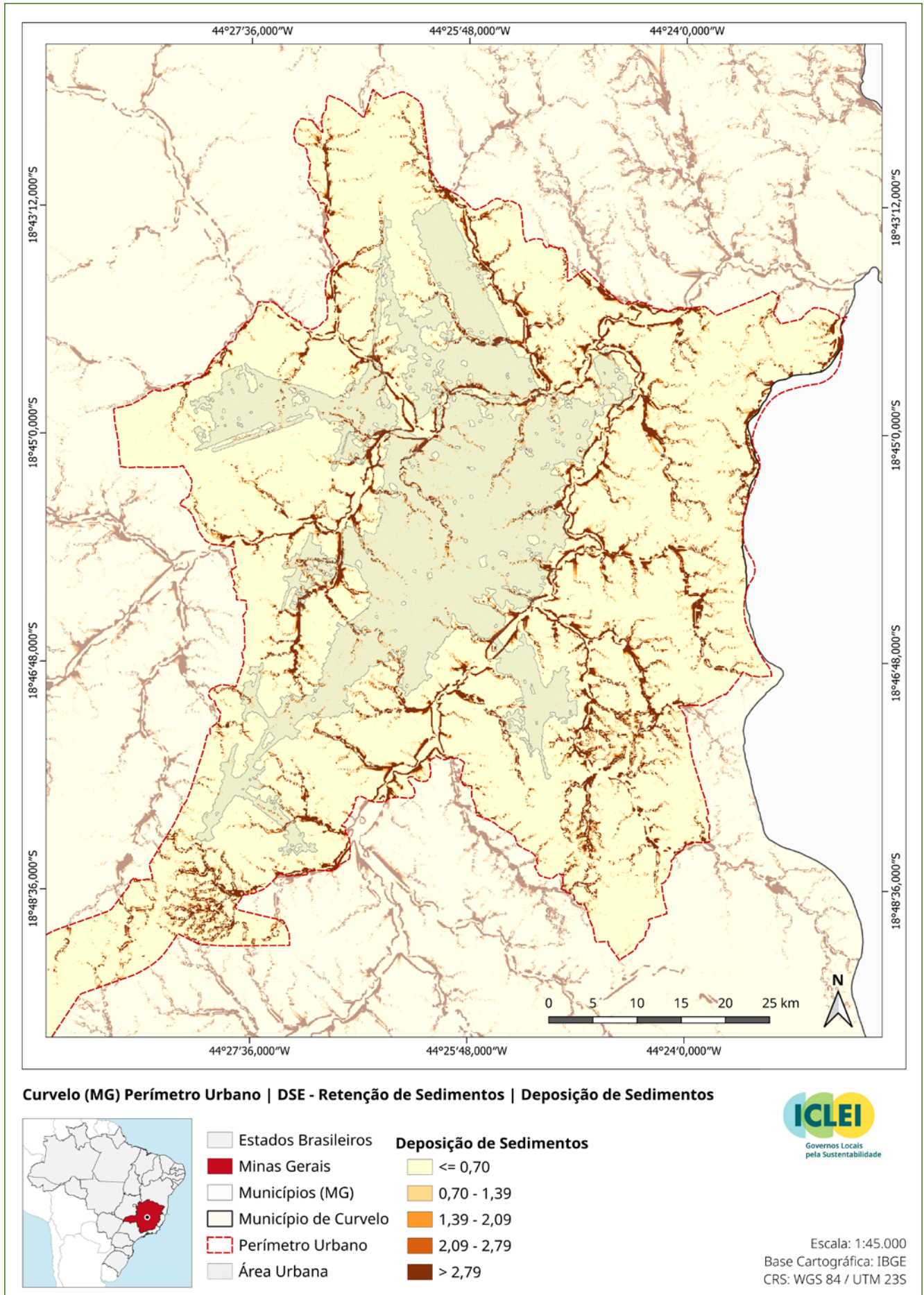
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 15 - Deposição de Sedimentos modelada para o município de Curvelo, MG.



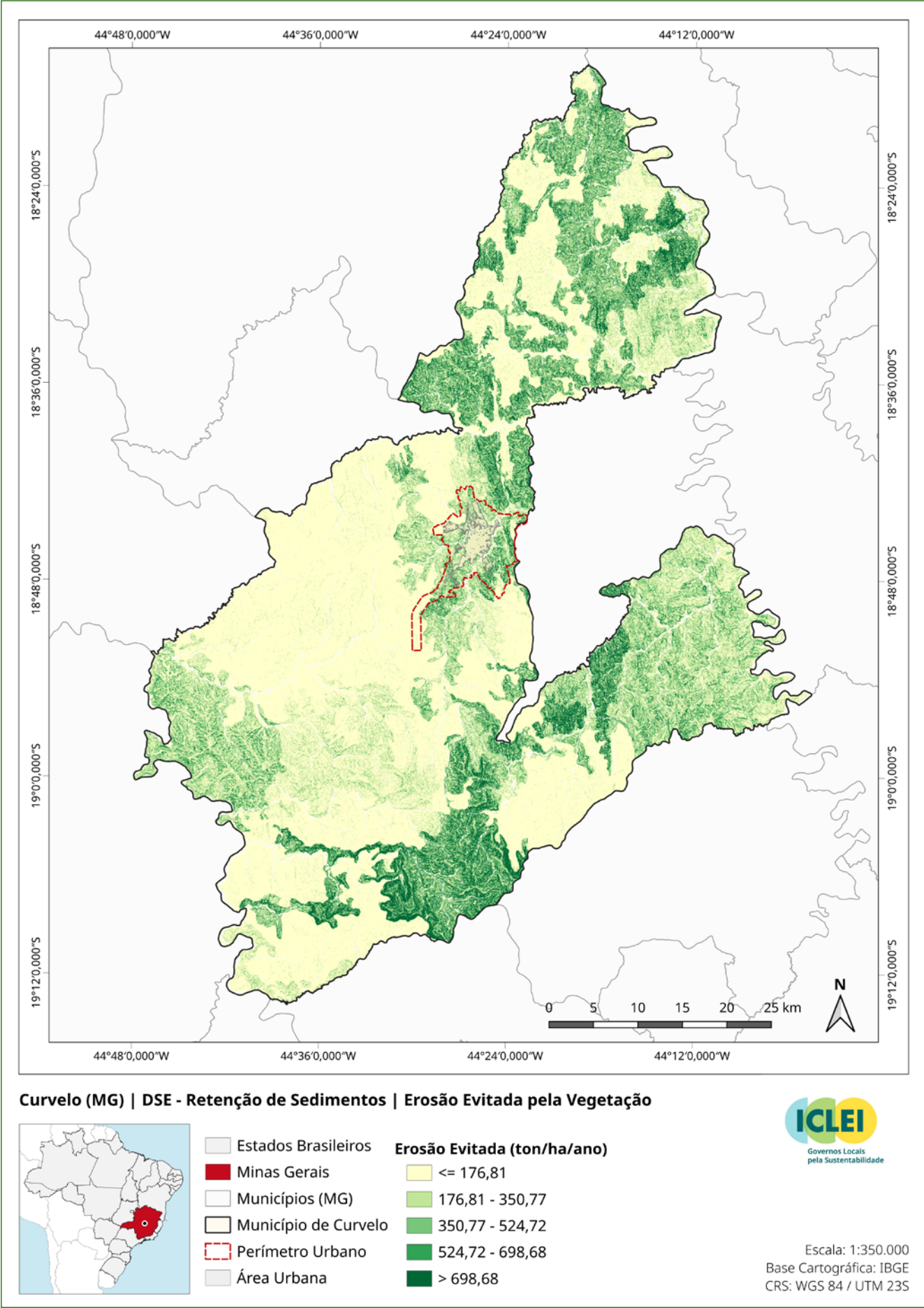
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 16 - Deposição de sedimentos modelada no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



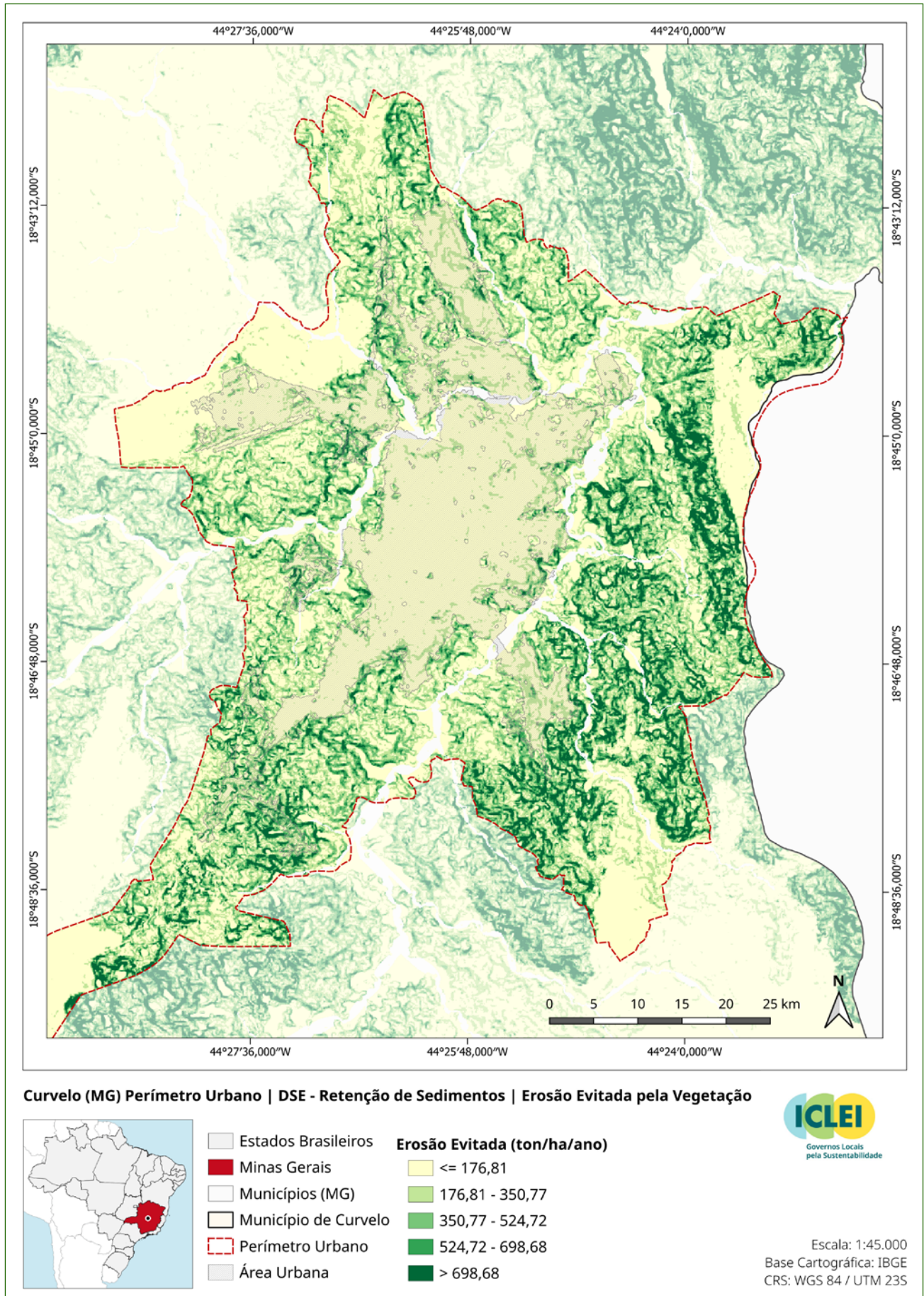
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 17 - Erosão Evitada pela Vegetação modelada para o município de Curvelo, MG.



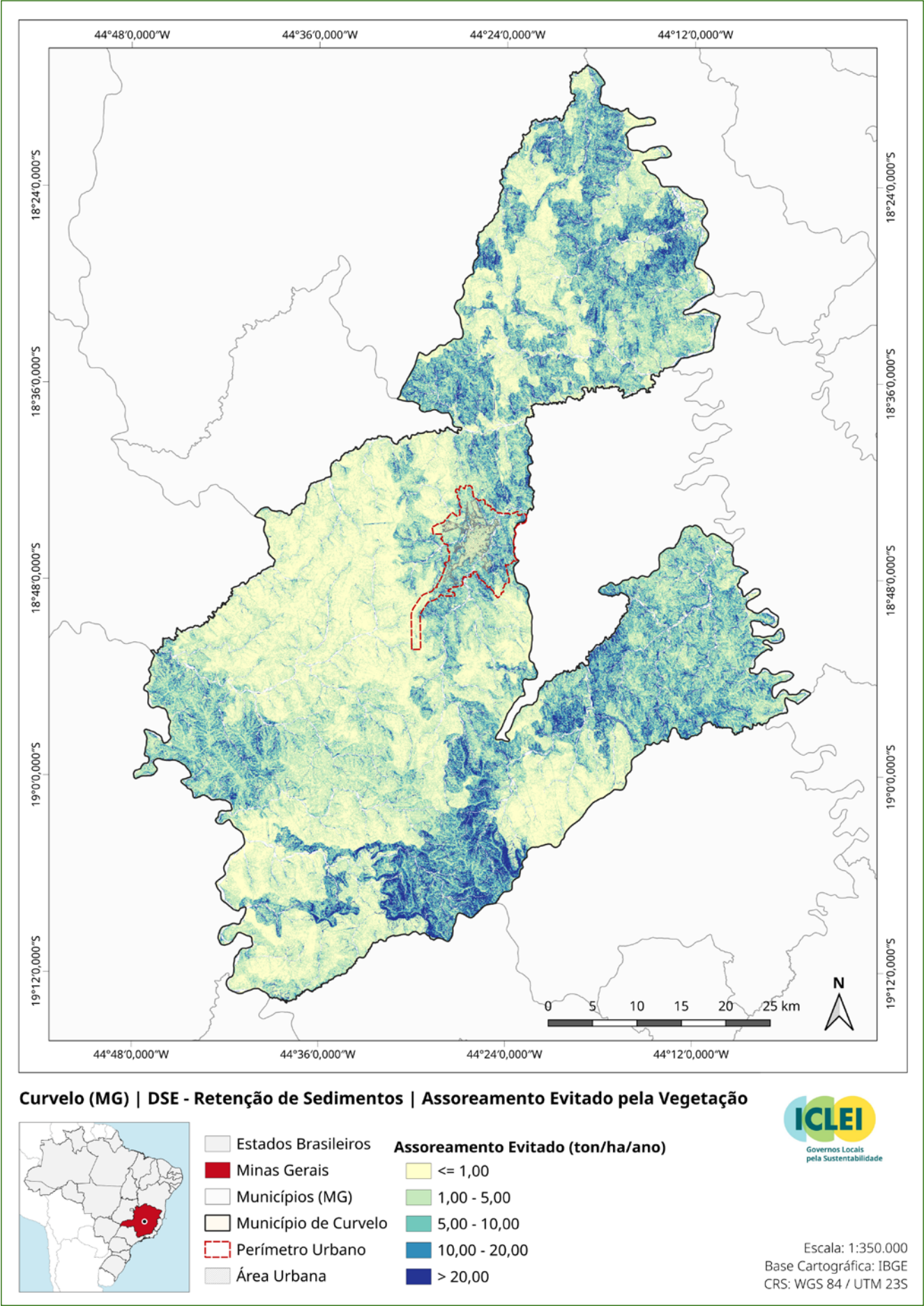
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 18 - Erosão Evitada pela Vegetação modelada no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



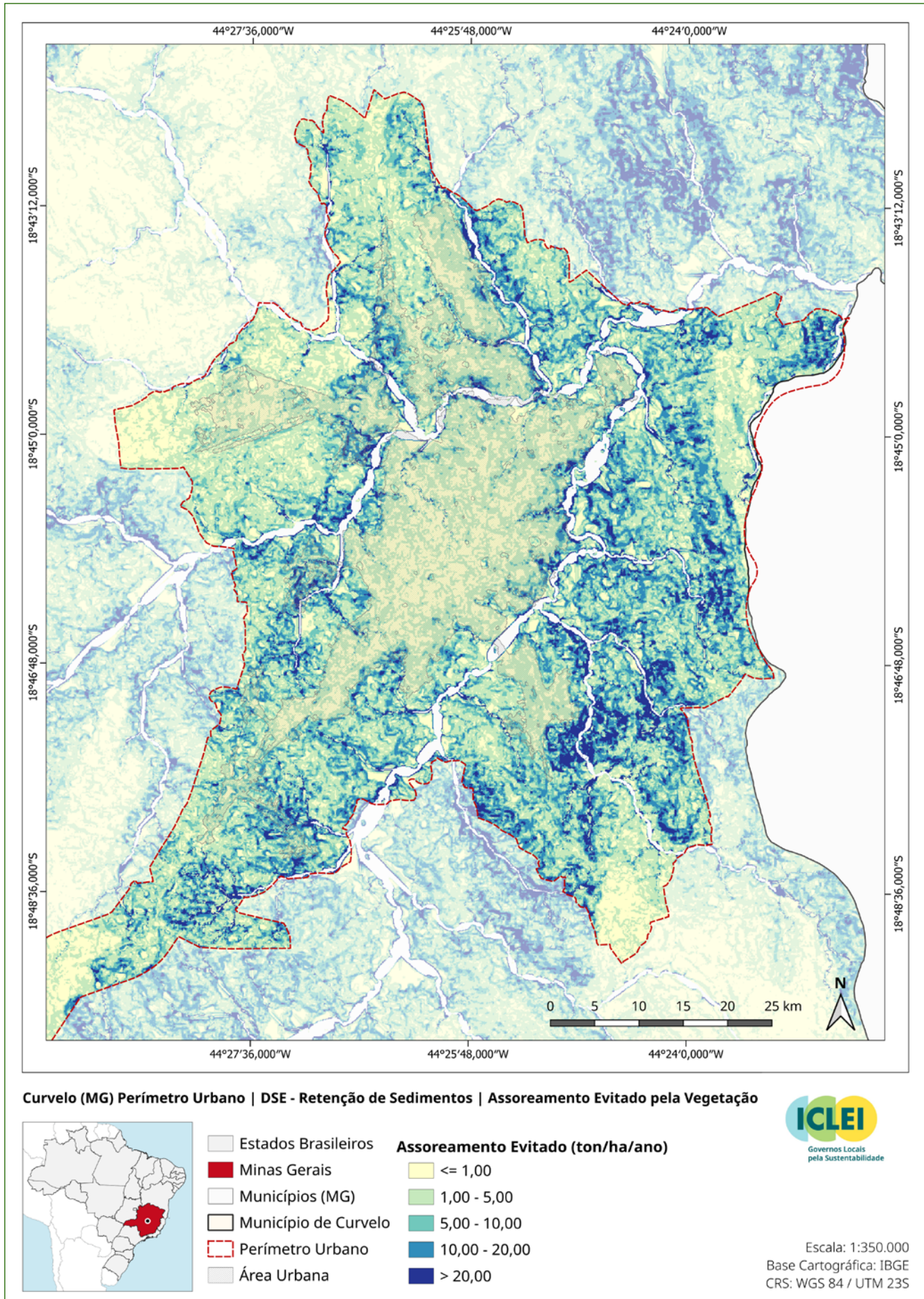
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 19 - Assoreamento evitado pela vegetação modelado para o município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 20 - Assoreamento evitado pela vegetação no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

3.1.2. Retenção de Águas Pluviais

A análise dos serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais foi realizada a partir do modelo de *Urban Stormwater Retention* do InVEST. Este modelo visa avaliar os serviços ecossistêmicos de regulação do fluxo hidrológico prestados pela paisagem em relação à precipitação anual, fornecendo informações sobre as contribuições da natureza para a retenção do escoamento superficial e a recarga de águas subterrâneas.

A avaliação dos serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais quantifica a importância das

coberturas da terra permeáveis, frente aos efeitos prejudiciais do escoamento superficial para o bem-estar humano e para os ecossistemas: (i) contribuição para processos erosivos e perda de nutrientes do solo; (ii) contribuição para alagamentos em áreas impermeabilizadas; (iii) descarga de águas pluviais poluídas em cursos d'água; (iv) e redução da capacidade de recarga de águas subterrâneas (Natural Capital Alliance, 2026). Os dados de entrada utilizados no modelo estão descritos no quadro abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST Urban Stormwater Retention.

DADO DE ENTRADA	DADO UTILIZADO	FONTE
Uso e Cobertura da Terra	Uso e Cobertura da Terra em 2023	Mapbiomas (2025)
	Local Climate Zones	Demuzere <i>et al.</i> (2022)
Classificação Hidrológica do Solo	Curva Número na Base Ottocodificada em 2022	ANA (2023)
Precipitação média anual	Grand Average Precipitation Climatology (2000-2023)	NASA (2020)
Tabela Biofísica	Coeficiente de escoamento superficial por classe hidrológica de solo	ANA (2023)
	Coeficiente de percolação por classe hidrológica de solo	Hamel <i>et al.</i> (2021)
Ruas, estradas e rodovias	Camada viária Roads	OpenStreetMaps Contributors (2025)
Bacias Hidrográficas	ASTER Global Digital Elevation Model V003	NASA <i>et al.</i> (2019)

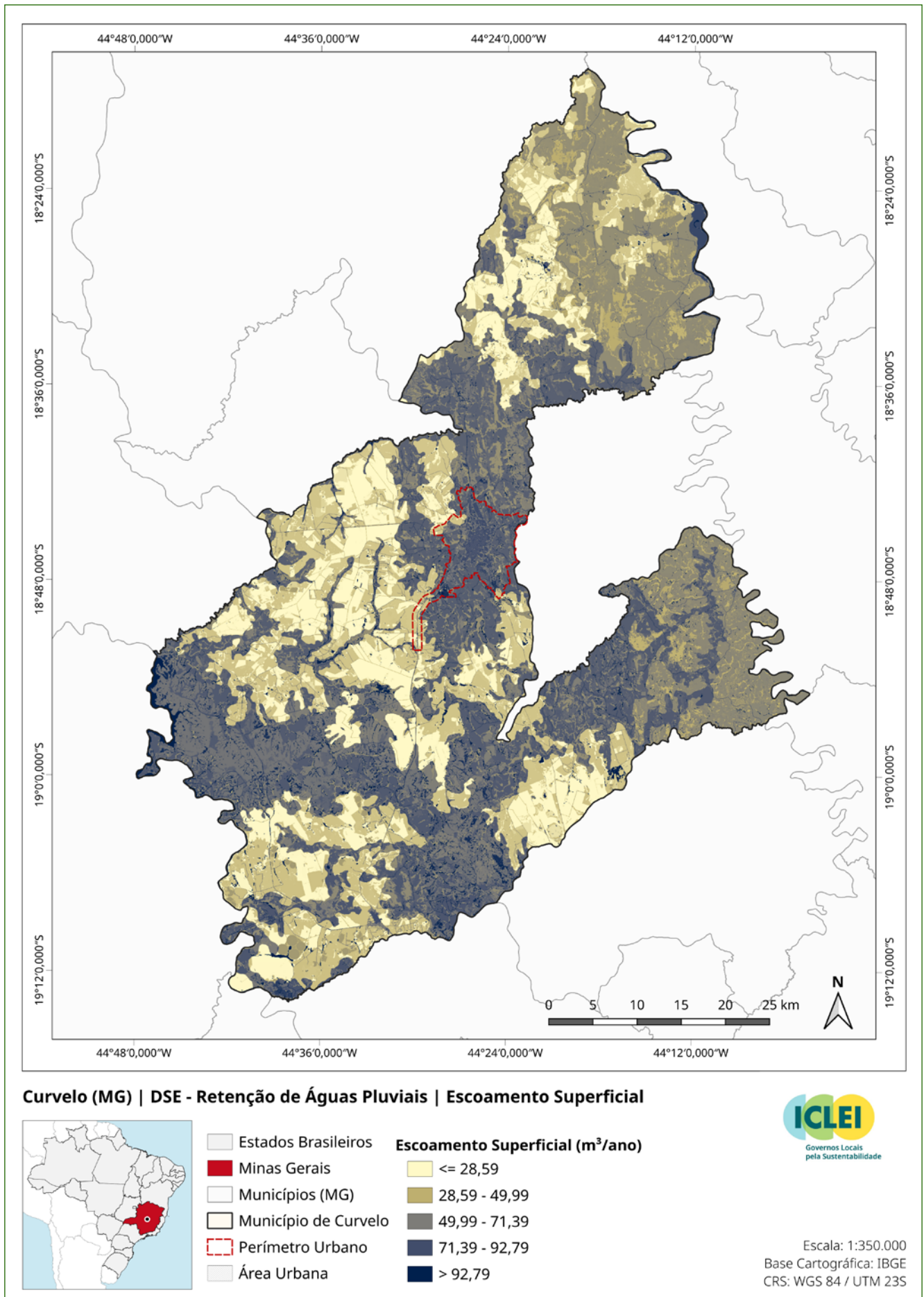
Fonte: elaborado pelos autores.

Assim como no modelo SDR, o modelo *Urban Stormwater Retention* utilizou o dado de Modelo Digital de Elevação (NASA et al. 2019) para calibragem e delimitação das bacias hidrográficas por meio do modelo *DelineateIT* (Natural Capital Alliance, 2026). Similarmente, a classe de Área Urbana do dado de uso e cobertura da terra foi refinada com tipologias de Local Climate Zones (Demuzere *et al.*, 2022), para as quais os parâmetros da tabela biofísica foram estimados de acordo com a proporção e características da área permeável das tipologias, tendo referência os valores estabelecidos na Nota Técnica nº 9/2025/COMUC/SHE-SEI (ANA, 2025).

Os dados da camada viária (*roads*) foram obtidos a partir do projeto OpenStreetMap (OSM) por meio do plugin QuickMapServices no software QGIS, em 12 de Dezembro de 2025. A extração dos dados baseou-se no *dump* global do OSM (OpenStreetMaps Contributors, 2025).

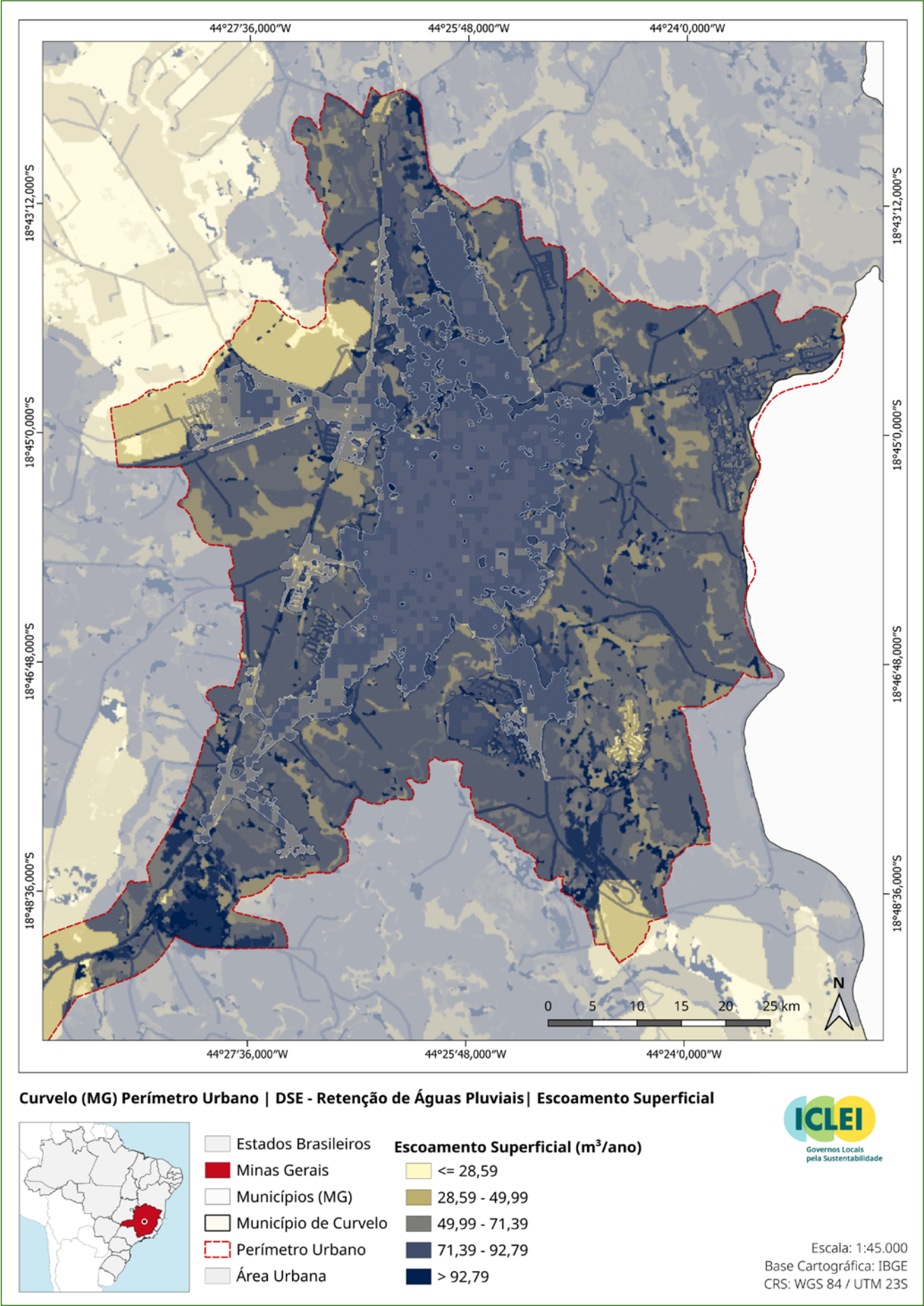
Com base nestes dados de entrada foram modelados os processos de escoamento superficial de águas pluviais (Figuras 21 e 22) e os serviços ecossistêmicos de retenção de água nas camadas superficiais do solo (Figuras 23 e 24) e de infiltração de água para camadas mais profundas (Figuras 25 e 26).

Figura 21 - Escoamento Superficial de Águas Pluviais modelado para o município de Curvelo, MG.



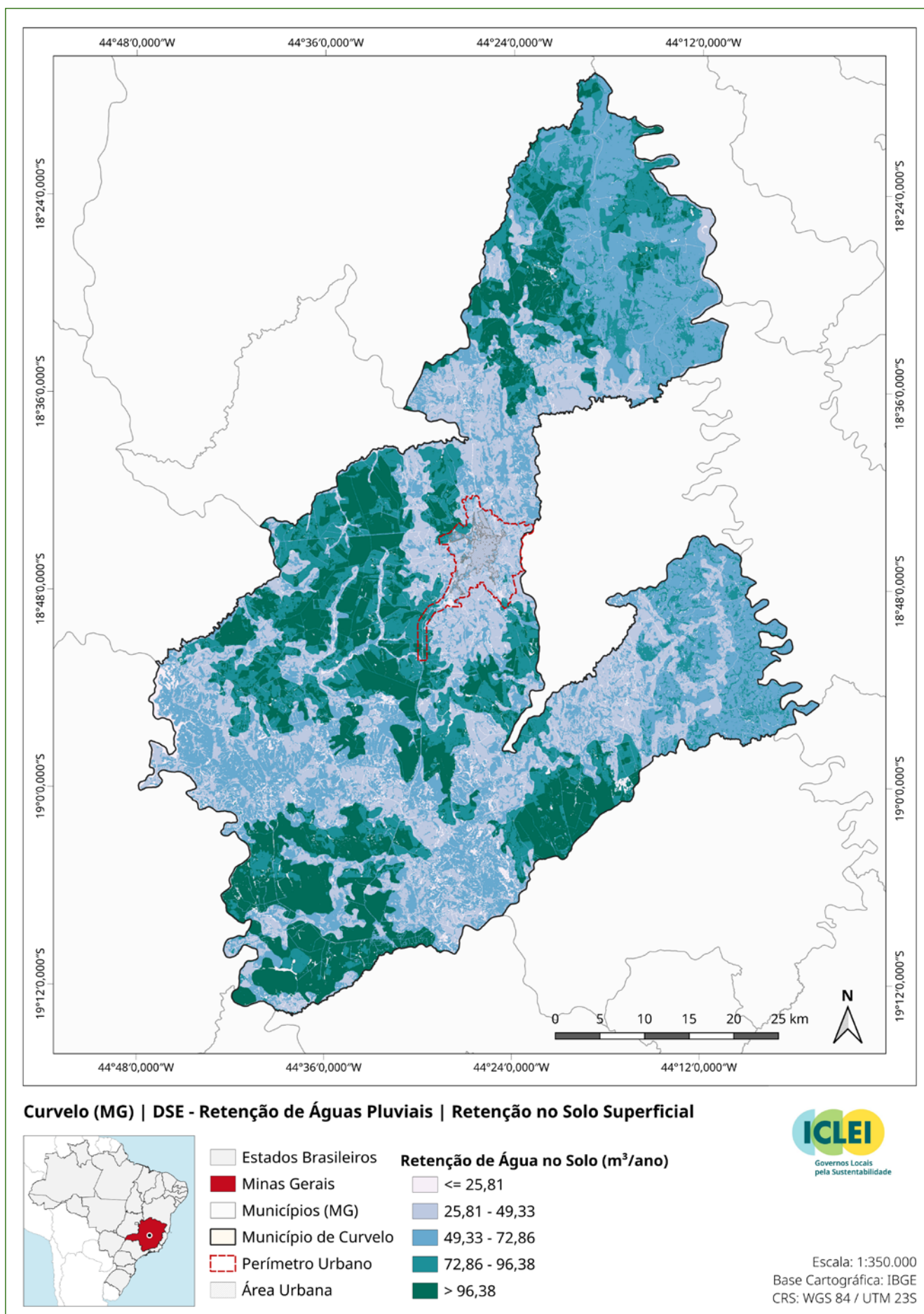
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 22 - Escoamento Superficial de Águas Pluviais no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



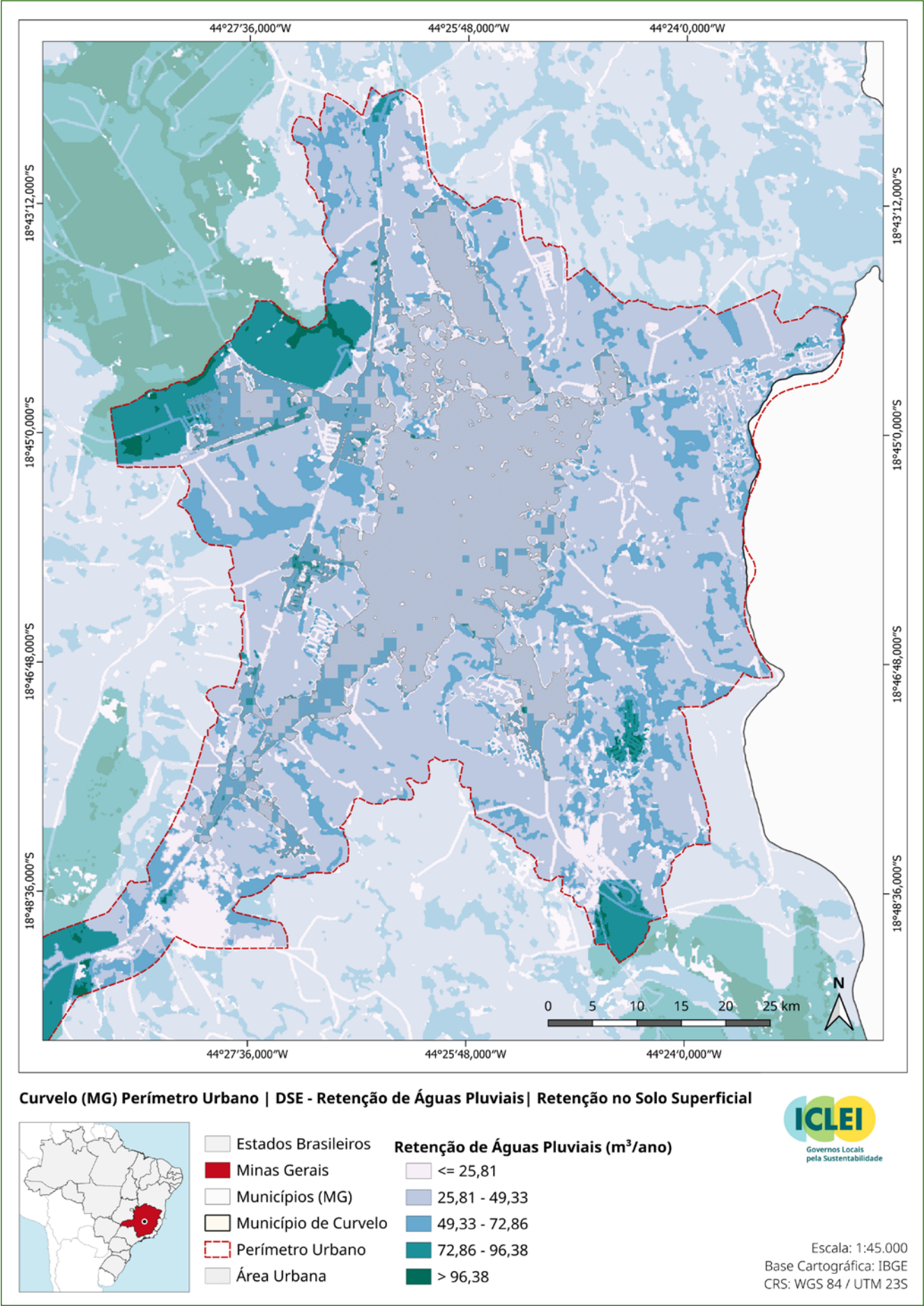
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 23 - Retenção de Águas Pluviais no solo modelada para o município de Curvelo, MG.



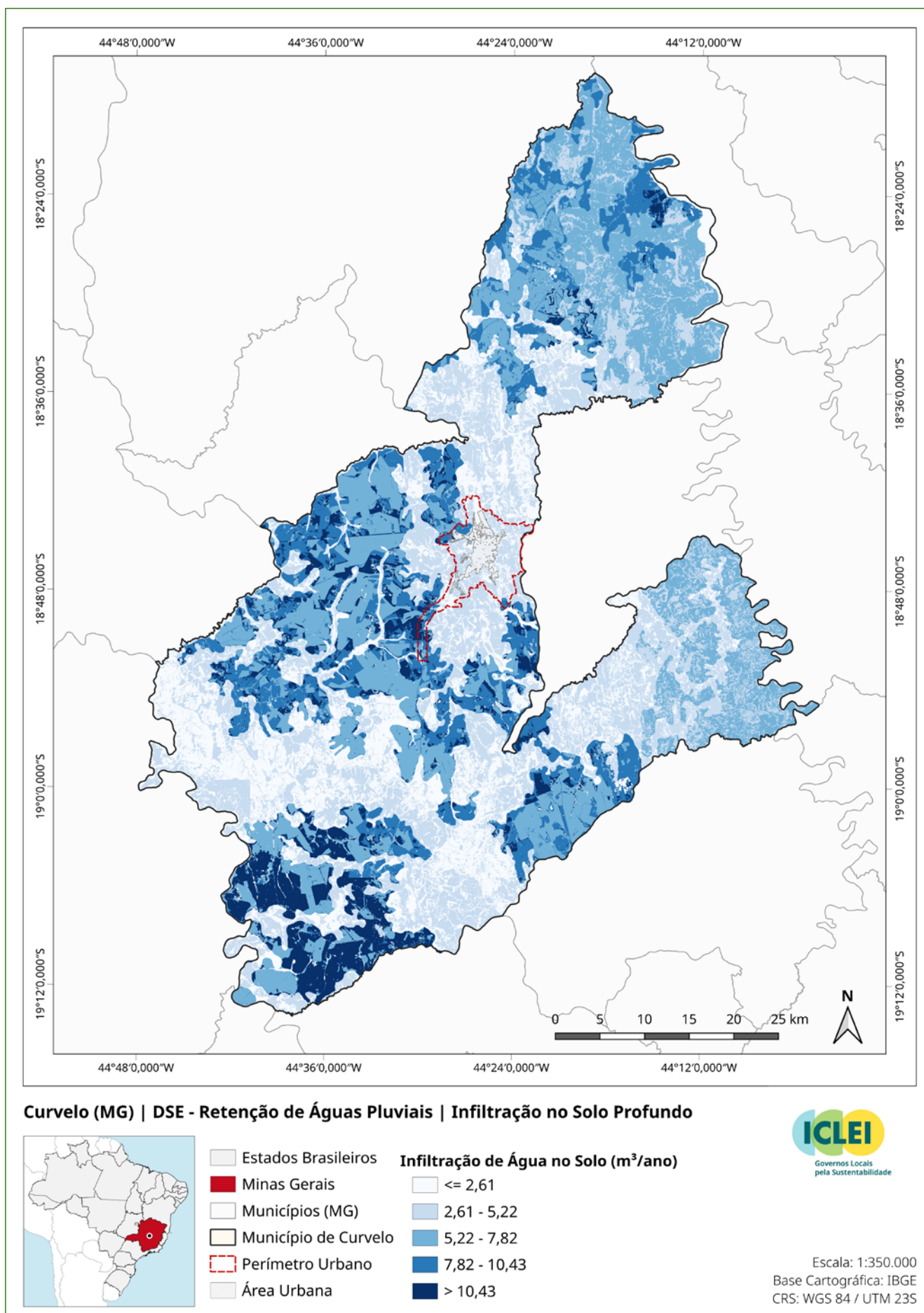
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 24 - Retenção de Águas Pluviais no solo no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



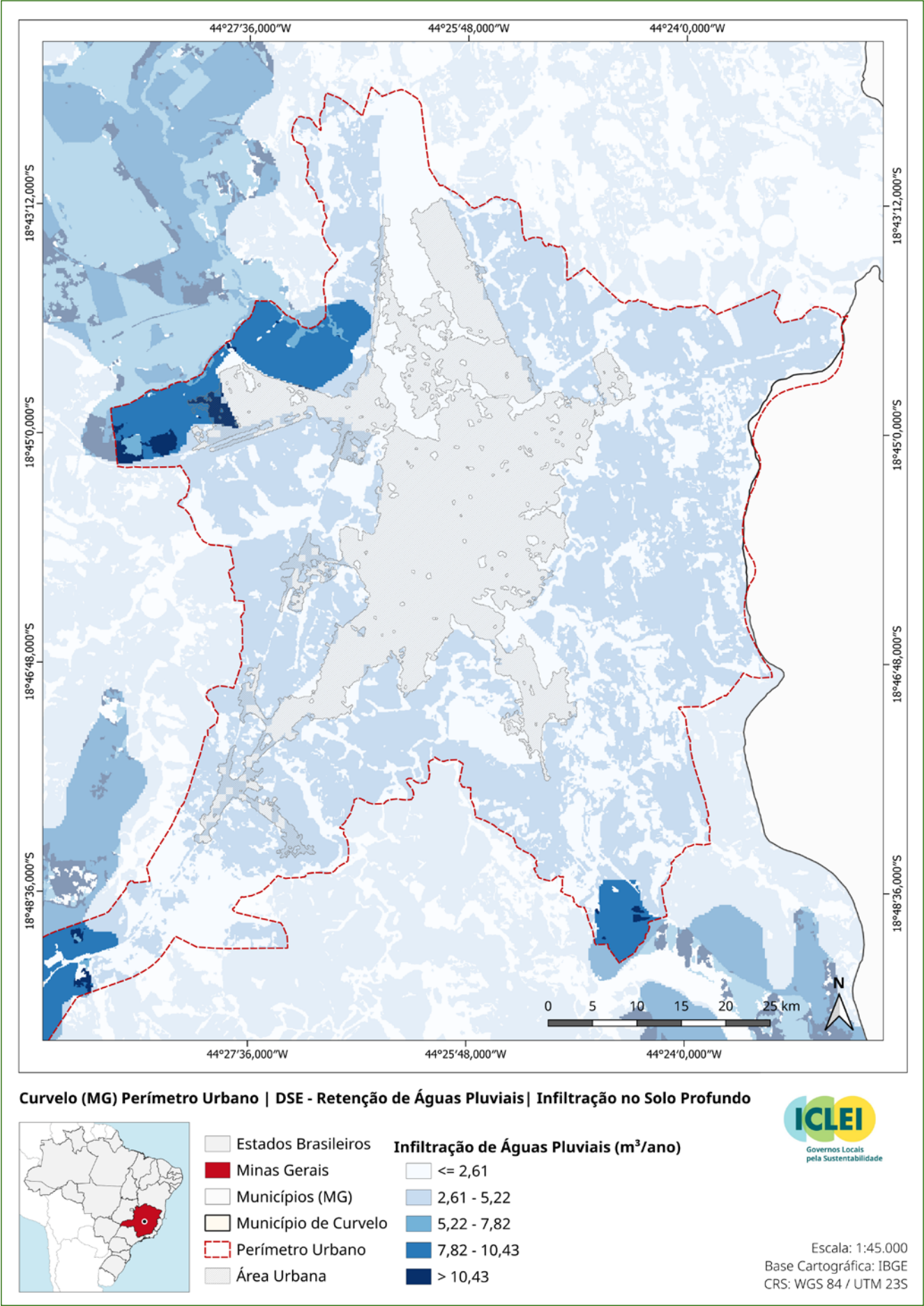
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 25 - Infiltração de Águas Pluviais no solo modelada para o município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 26 - Infiltração de Águas Pluviais no solo no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

3.1.3. Resfriamento Urbano

A análise dos serviços ecossistêmicos de resfriamento urbano foi realizada a partir do modelo de *Urban Cooling* do InVEST. Este modelo tem como objetivo avaliar as contribuições da natureza para a mitigação do efeito de Ilha de Calor Urbano, ao proporcionar sombra, modificar as propriedades térmicas do tecido urbano e aumentar o resfriamento por meio da evapotranspiração. Estas contribuições trazem benefícios diretos para a população urbana por meio da redução da mortalidade e da morbidade, do aumento do conforto

e da produtividade, e da menor necessidade de ar-condicionado (Natural Capital Alliance, 2026).

O modelo *Urban Cooling* calcula o índice de Mitigação de Calor Urbano, ou seja, a capacidade de redução da temperatura do ar próximo a superfície, com base na sombra, na evapotranspiração das coberturas vegetais e no albedo, bem como na distância de ilhas de resfriamento (por exemplo, parques e fragmentos florestais). Os dados de entrada utilizados no modelo estão descritos no quadro abaixo (Quadro 3).

Quadro 3 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST *Urban Cooling*.

DADO DE ENTRADA	DADO UTILIZADO	FONTE
Uso e Cobertura da Terra	Uso e Cobertura da Terra em 2023	Mapbiomas (2025)
	Local Climate Zones	Demuzere <i>et al.</i> (2022)
Evapotranspiração	CGIAR Annual Average Evapotranspiration (1970-2000)	Zomer <i>et al.</i> (2022)
Coeficiente de evapotranspiração (Kc)	Kc médio em fevereiro por classe de uso e cobertura da terra	Allen <i>et al.</i> (1998)
		Albuquerque e Coelho (2021)
Áreas Verdes maiores que 2 ha	Uso e Cobertura da Terra em 2023	Mapbiomas (2025)
Áreas de Sombra	Global Forest Canopy Height em 2019	Potapov <i>et al.</i> (2021)
Albedo das classes de Uso e cobertura da Terra	Albedo médio por classe de uso e cobertura da terra	Martins e Galvani (2020)
Intensidade de construções	Pavimentos por edifício	Curvelo (2025)
Temperatura do ar na área rural de referência	Média da temperatura do ar em Fevereiro de 2020: 24,47 °C	INMET (2025)
Efeito de Ilha de Calor Urbano	Summer daytime SUHI em 2020: 2.26 °C	Chakraborty e Lee (2019)

Fonte: elaborado pelos autores.

Para a calibragem do modelo *Urban Cooling*, os dados mais relevantes são os que possuem variação temporal, uma vez que a temperatura média e a evapotranspiração variam ao longo do ano, alterando tanto a ameaça, quanto a capacidade das diferentes coberturas do solo de mitigá-la. Deste modo, a calibragem foi realizada para o mês de Fevereiro, que apresenta as maiores temperaturas médias compensadas na série normal climatológica (1951-1990) do INMET (MYR Projetos Sustentáveis, 2017).

Para o dado de evapotranspiração, foi utilizado o valor de evapotranspiração potencial média mensal de fevereiro, do *CGIAR Annual Average Evapotranspiration* (1970-2000) (Zomer *et al.*, 2022). Os valores do coeficiente de evapotranspiração (Kc) foram calculados para o mês de fevereiro utilizando a Calculadora de Kc fornecida pelo InVEST, estabelecendo como referência os valores de Kc das classes de uso e cobertura da terra fornecidos por Allen *et al.* (1998) e Albuquerque e Coelho (2021).

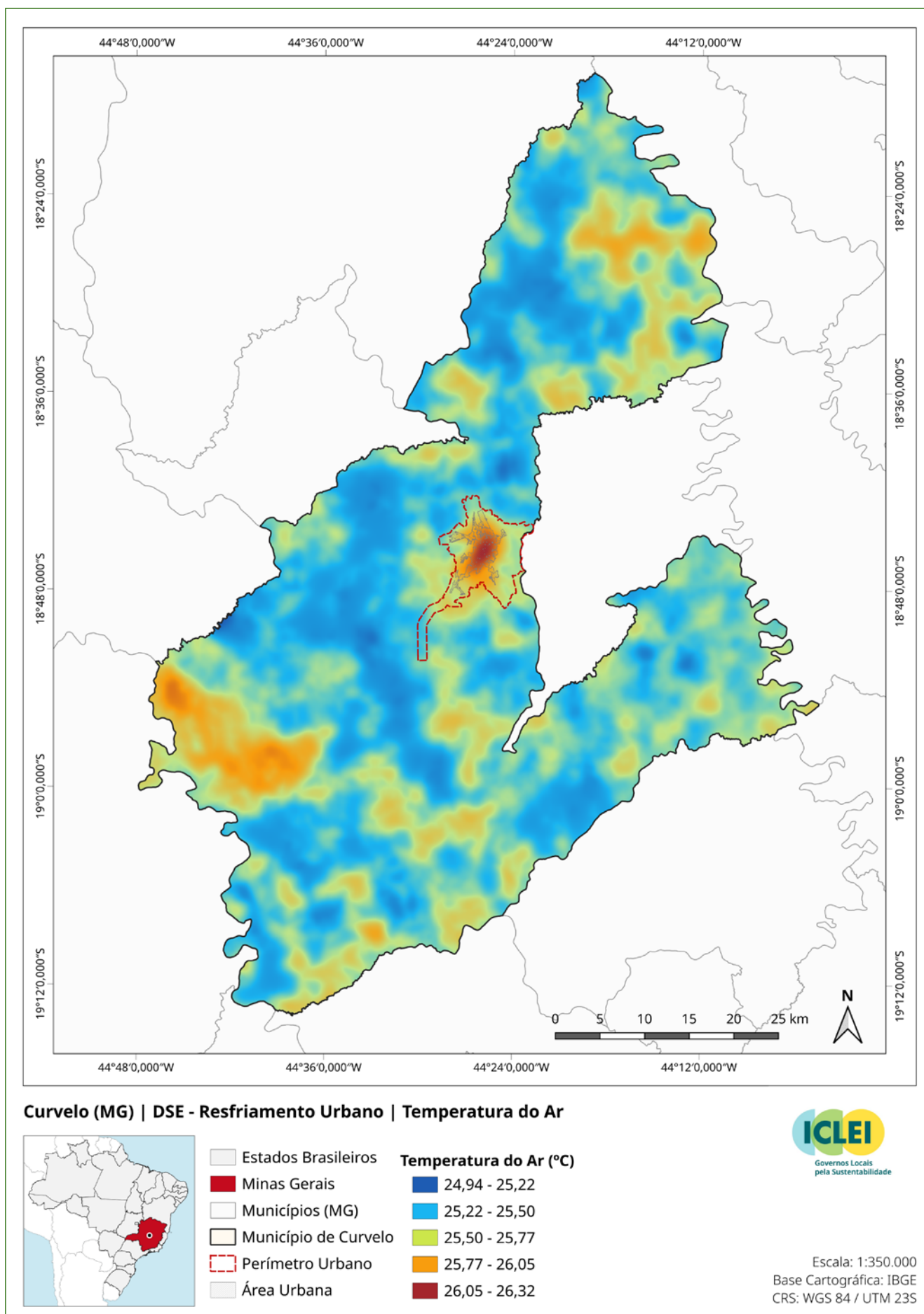
Para a temperatura de referência na área rural do município foi calculada a média dos valores registrados na estação meteorológica CURVELO A538 em fevereiro de 2020 (INMET, 2025). Por fim, o dado de efeito de Ilha de Calor Urbano em Curvelo foi extraído do *Global Surface UHI Explorer*, do *Yale Center for Geospatial Solutions* (Chakraborty e Lee, 2019), para o qual foi utilizado o valor do efeito de ilha de calor diurna em 2020.

O cálculo das áreas verdes maiores que 2 ha foi realizado a partir do dado de uso e cobertura da terra (Mapbiomas, 2025) por meio da ferramenta calculadora raster. Para os valores de sombra, foi calculado a média da área das classes de uso e cobertura da terra ocupada por árvores com mais de dois metros de altura, tomando como base os dados de altura da copa das árvores extraídos de *Global Forest Canopy Height* para o ano de 2019 (Potapov *et al.*, 2021). O dado de intensidade das construções foi calculado a partir da média do número de pavimentos por pixel extraído do dado municipal de Edificações disponível na plataforma Curvelo Aberta (Curvelo, 2025).

Assim como nos demais modelos, a classe de Área Urbana do dado de uso e cobertura da terra foi refinada com tipologias de *Local Climate Zones* (Demuzere *et al.*, 2022). Os parâmetros Kc, albedo e sombra da tabela biofísica foram estimados para as classes LCZ de acordo com as características morfológicas das tipologias (Stewart e Oke, 2012), tendo referência os valores estabelecidos na literatura (Allen *et al.*, 1998; Albuquerque, Coelho, 2021; Martins e Galvani, 2020; Potapov *et al.*, 2021).

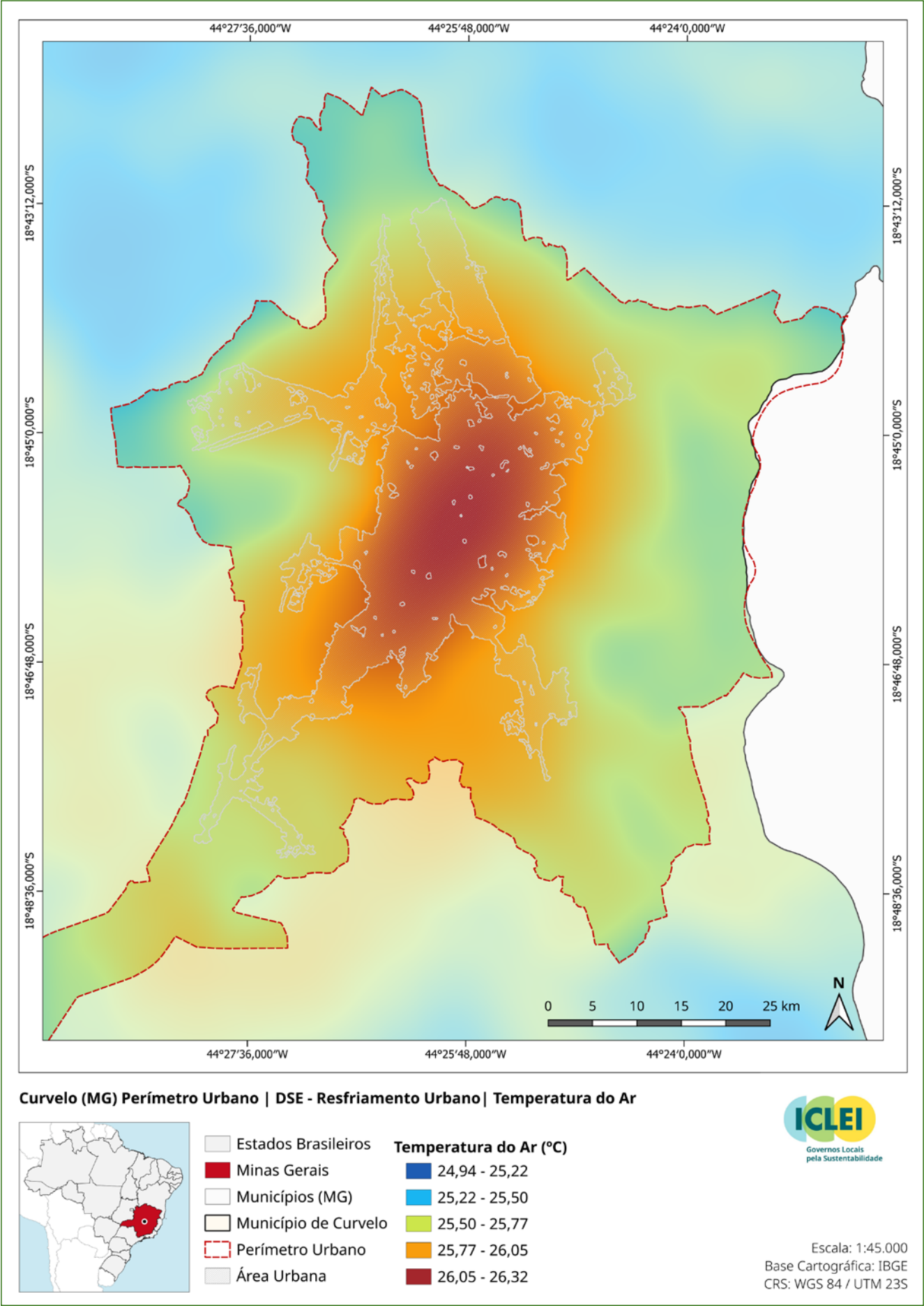
Com base nestes dados de entrada foi modelada a variação espacial da temperatura do ar no município (Figuras 27 e 28), e o serviço ecossistêmico de mitigação do calor urbano proporcionado pela vegetação (Figuras 29 e 30).

Figura 27 - Variação da Temperatura do Ar modelada para o município de Curvelo, MG.



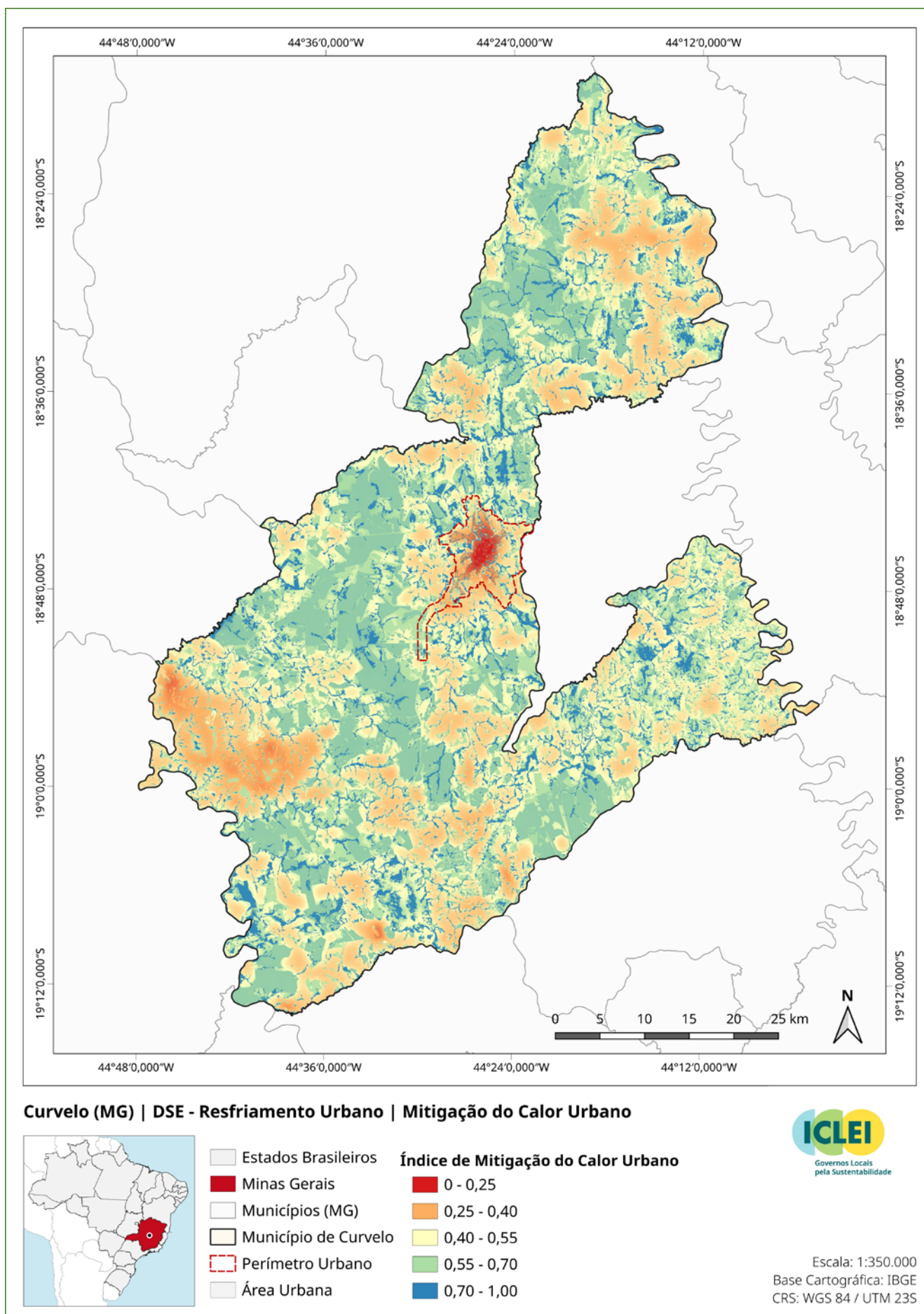
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 28 - Variação da Temperatura do Ar no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



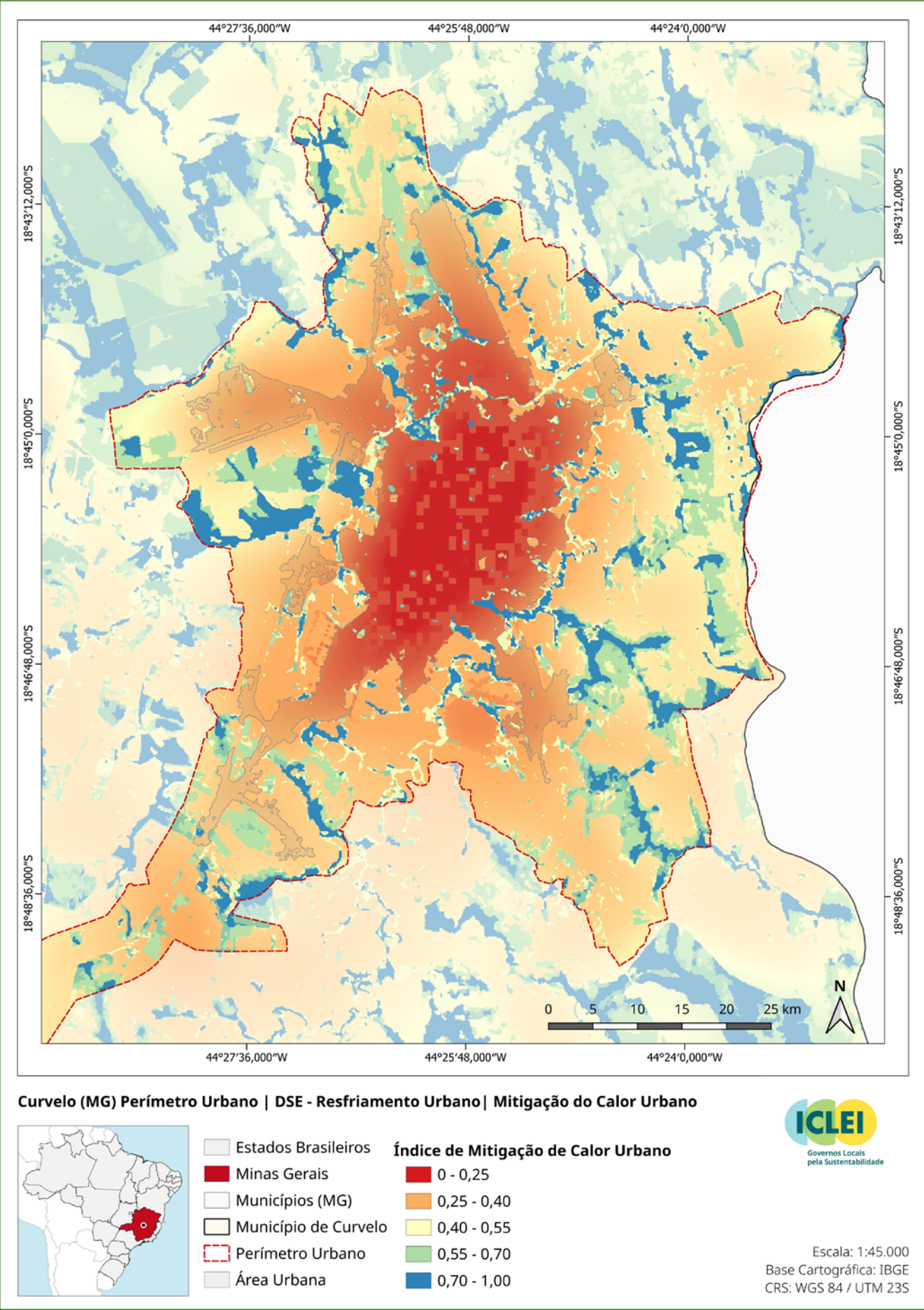
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 29 - Índice de Mitigação do Calor Urbano modelado para o município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 30 - Índice de Mitigação do Calor Urbano no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

3.2 Resultados

O diagnóstico de serviços ecossistêmicos traz importantes leituras das contribuições da natureza para a manutenção da qualidade dos ecossistemas e do bem-estar humano, que podem subsidiar o ordenamento territorial e a tomada de decisões. Os resultados obtidos quantificam e mapeiam a oferta de serviços ecossistêmicos e as áreas que carecem da ampliação destes serviços, de modo a priorizar áreas prioritárias para proteção e recuperação ambiental, bem como elaborar ações e políticas públicas estratégicas para o fortalecimento das funções ecossistêmicas no território.

3.2.1. Retenção de Sedimentos

Os resultados da análise dos serviços ecossistêmicos de retenção de sedimentos mostram que há um predomínio de perda de solo de intensidade leve em aproximadamente 60% do território do município, enquanto as áreas com intensidade alta, muito alta e severa somam aproximadamente 10%, de acordo com a classificação de intensidade de perda de solo proposta por Nicolete e Piroli (2025) (Tabela 4).

Tabela 4 - Intensidade da perda de solo e suas respectivas proporções no município de Curvelo (MG).

INTENSIDADE	PERDA DE SOLO (TON/HA/ANO)	AREA (HA)	PROPORÇÃO DO TERRITÓRIO
Leve	< 2,5	190.648,94	59,96%
Leve/Moderada	2,5–5	38.467,92	12,09%
Moderada	5–10	38.854,44	12,22%
Moderada/Alta	10–15	17.532,86	5,51%
Alta	15–20	8.576,52	2,69%
Muito Alta	> 20	23.869,61	7,50%

Fonte: elaborado pelos autores. Baseado em Nicolete e Piroli (2025).

As áreas com maiores perdas de solo se concentram nas porções sul, leste e norte do município (Figura 15), onde predominam Cambissolos com erodibilidade das camadas superficiais extremamente altas, de acordo com a classificação de erodibilidade dos solos do Brasil (Coelho *et al.*, 2024). As variações nos valores de perda de solo e deposição de sedimentos, e os respectivos serviços ecossistêmicos de erosão e assoreamento evitados pela vegetação derivam da combinação da erodibilidade do solo com a declividade do relevo e os diferentes usos e coberturas da terra. Como no município de Curvelo há o predomínio de baixas declividades, os usos e coberturas da terra desempenham um papel significativo na variação da erosão e dos serviços ecossistêmicos que a mitigam.

Na Tabela 5 pode-se observar que os usos e coberturas do solo que concentram os maiores valores de perda de solo são outras áreas vegetadas e mineração, caracterizadas pela presença de solo exposto, seguidas de mosaico de usos e lavoura perene, que se caracterizam pela presença de uso agrícola, podendo também haver combinações com pastagem. Em contrapartida, as coberturas que mais contribuem para evitar a erosão são as formações campestre, florestal e savânica. Já a deposição de sedimentos ocorre com maior intensidade nas margens dos cursos d'água, onde se concentram as coberturas de campo alagado, rios e lagos, que também concentram as maiores contribuições para evitar o assoreamento, juntamente com a formação florestal e o mosaico de usos.

Esta variação de valores demonstra a alta capacidade da vegetação natural em reter os sedimentos no solo, evitando a erosão, e conter o transporte de sedimentos para os cursos d'água, especialmente nas matas ciliares, evitando o assoreamento. Além disso, nota-se que as áreas com mosaico de usos, caracterizadas pela combinação de uso agrícola com outras atividades apresentou altos

valores de perda de solo, transporte de sedimentos e de contribuição para evitar o assoreamento dos cursos d'água. Isso indica a importância de políticas públicas de incentivo a práticas de manejo do solo visando a redução da erosão, como o Sistema de Plantio Direto e rotação de culturas, e para o incentivo ao reflorestamento e recomposição de matas ciliares nestas propriedades.

Tabela 5 - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de retenção de sedimentos por uso e cobertura da terra em Curvelo (MG)

USO E COBERTURA DA TERRA	PERDA DE SOLO (TON/HA/ANO)	DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS (TON/HA/ANO)	PROPORÇÃO DO TERRITÓRIO	ASSOREAMENTO EVITADO PELA VEGETAÇÃO (TON/HA/ANO)
Formação Florestal	0,73	0,44	8,07	273,71
Formação Savânica	4,03	0,22	5,86	256,45
Formação Campestre	8,02	0,28	9,26	380,24
Campo Alagado	1,05	0,56	7,79	219,47
Silvicultura	0,58	0,05	1,79	134,47
Pastagem	4,96	0,30	6,46	233,55
Mosaico de Usos	21,07	0,57	9,98	261,49
Lavoura Temporária	12,65	0,42	3,60	59,85
Lavoura Perene	10,95	0,30	4,46	116,71
Área Urbana	3,77	0,17	3,70	158,23
Outras Áreas não Vegetadas	29,41	0,91	9,88	210,24
Mineração	29,15	1,37	5,37	5,10
Aquicultura	0,61	0,60	8,96	142,57
Rios e Lagos	0,23	0,56	6,48	159,37

Fonte: elaborado pelos autores. Baseado em Nicolete e Piroli (2025).

3.2.2. Retenção de Águas Pluviais

Os resultados da análise dos serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais mostram que há um predomínio de valores mais elevados de escoamento superficial nas porções leste, central e sul do município (Figura 23), onde se encontram predominantemente solos classificados como classe C na classificação hidrológica dos solos brasileiros, e na área urbana (classe D), enquanto os valores mais baixos se concentram nos solos classe A e B (ANA, 2025). Esta classificação refere-se

ao grau de resistência dos solos à infiltração de água, dividindo-os em quatro classes (A, B, C e D), com as seguintes características principais:

- **Grupo A:** Compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração uniforme quando completamente molhados, consistindo principalmente de areias ou cascalhos, ambos profundos e excessivamente drenados;
- **Grupo B:** Compreende os solos contendo moderada taxa de infiltração quando comple-

tamente molhados, consistindo principalmente de solos moderadamente profundos a profundos, moderadamente a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa;

- **Grupo C:** Compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração quando completamente molhados, principalmente com camadas que dificultam o movimento da água através das camadas superiores para as inferiores, ou com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração;

- **Grupo D:** Compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa quando completamente molhados, principalmente solos argilosos com alto potencial de expansão. Pertencem a este grupo, solos com grande

permanência de lençol freático elevado, solos com argila dura ou camadas de argila próxima da superfície e solos expansivos agindo como materiais impermeabilizantes próximos da superfície.

Neste contexto, as variações nas taxas de escoamento superficial, retenção de águas pluviais nas camadas superficiais e infiltração para camadas profundas do solo nas suas respectivas classes hidrológicas resultam principalmente dos diferentes usos e coberturas da terra, uma vez que o município de Curvelo não apresenta declividades acentuadas que poderiam impactar significativamente nestes resultados. Nas tabelas 6A e 6B pode-se observar a variação das médias anuais de escoamento, retenção e infiltração de águas pluviais por classe hidrológica do solo e uso e cobertura da terra:

Tabela 6A - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais por classe hidrológica de solo e uso e cobertura da terra em Curvelo (MÇ)

Uso e Cobertura da Terra	Solos Classe A			Solos Classe B			Solos Classe C		
	Escoamento (m³/ano)	Retenção (m³/ano)	Infiltração (m³/ano)	Escoamento (m³/ano)	Escoamento (m³/ano)	Retenção (m³/ano)	Escoamento (m³/ano)	Retenção (m³/ano)	Infiltração (m³/ano)
Formação Florestal	9.354	110.541	6.354	33.386	85.211	3.439	52.413	68.056	1.807
Formação Savânica	26.092	93.015	10.720	54.676	64.205	5.825	73.490	47.028	3.013
Silvicultura	8.101	111.625	6.226	35.480	80.873	3.258	59.260	60.826	1.681
Campo Alagado	99.741	21.035	0.000	102.316	17.425	0.000	109.022	11.986	0.000
Formação Campestre	18.154	101.926	9.126	44.546	75.375	4.917	66.581	55.246	2.558
Pastagem	27.928	92.550	10.241	53.387	64.551	5.425	79.291	40.846	2.763
Lavoura Temporária	43.709	79.818	12.229	58.914	56.286	6.106	82.017	43.606	3.266
Lavoura Perene	16.142	103.212	6.326	42.089	74.828	3.391	65.075	56.857	1.829
Mosaico de Usos	23.104	96.717	8.387	49.256	69.972	4.531	72.176	48.278	2.289
Áreas não Vegetadas	86.697	33.715	0.000	99.523	21.847	0.000	106.065	15.849	0.000
Afloramento Rochoso	100.239	20.262	0.000	114.474	3.726	0.000	113.233	5.880	0.000
Mineração	62.692	62.419	0.000	-	-	-	97.059	29.059	0.000
Aquicultura	109.677	10.138	0.000	113.438	10.062	0.000	111.113	7.848	0.000
Rios e Lagos	112.744	11.286	0.000	110.167	11.925	0.000	116.491	6.083	0.000

Fonte: elaborado pelos autores

Tabela 6B - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de retenção de águas pluviais por classe hidrológica de solo e uso e cobertura da terra em Curvelo (MG)

Uso e Cobertura da Terra	Solos Classe D		
	Escoamento (m³/ano)	Retenção (m³/ano)	Infiltração (m³/ano)
Área Urbana Horizontal e Compacta (LCZ 3)	84.623	33.182	0.457
Área Urbana Horizontal e Aberta (LCZ 6)	89.970	28.653	0.671
Área Urbana Esparsa (LCZ 9)	64.223	56.118	5.237

Fonte: elaborado pelos autores

De maneira geral, nos solos não-urbanos (classes A, B e C) os resultados das médias por uso e cobertura da terra apontam que os maiores valores de escoamento superficial de águas pluviais se concentram nas áreas de rios e lagos e campo alagado, o que é esperado, visto que estas são áreas com disponibilidade de água superficial. Para além destas áreas, os usos com solo exposto (mineração e outras áreas não vegetadas) e rocha (afloramento rochoso) apresentaram os valores mais altos de escoamento superficial, seguidos pelos usos de lavoura temporária e pastagem. Por outro lado, os usos de silvicultura, lavoura perene, formação florestal e formação campestre apresentaram as maiores médias anuais de retenção de água no solo superficial, com destaque para a formação florestal nos solos classe C, que apresentou os maiores resultados em relação aos demais. Quanto à infiltração de água nas camadas mais profundas do solo, a lavoura temporária e formação savânica apresentaram os maiores resultados. Em relação aos solos urbanos (classe D) chama à atenção as variações entre as tipologias urbanas de *Local Climate Zones* (LCZs 3, 6 e 9), na qual as médias de escoamento superficial reduzem e as de retenção e infiltração aumentam na medida em que aumentam as proporções de área permeável em cada uma destas tipologias (Stewart; Oke, 2016).

A análise destes resultados aponta que os tipos de solo desempenham um papel chave na capacidade do ecossistema de regular as águas pluviais. No entanto, dentro da mesma classe de solos, as médias anuais de escoamento superficial, reten-

ção e infiltração de águas pluviais no solo variam significativamente de acordo com o uso e cobertura da terra. Neste aspecto, chama à atenção os volumes de escoamento superficial das áreas urbanas, mesmo se tratando de tipologias de LCZ relativamente pouco densas e com áreas permeáveis. Isso reforça a importância da implementação de soluções baseadas na natureza no ambiente urbano, de modo a ampliar a capacidade de retenção e infiltração de águas no solo e reduzir o impacto do escoamento superficial sobre os cursos d'água pelo carregamento de poluentes e sedimentos, além de evitar a sobrecarga dos sistemas de drenagem convencionais.

Por outro lado, os resultados ressaltam a importância da vegetação natural, da silvicultura e das lavouras na infiltração e retenção de águas no solo, reforçando a necessidade de preservação das coberturas vegetais, bem como o fortalecimento de práticas sustentáveis de manejo do solo. O manejo do solo agrícola possui um papel chave no aumento da capacidade de retenção e infiltração de águas pluviais por meio da descompactação e aumento da porosidade, por meio de ações como o uso de cobertura permanente (palhagem), aumento da biodiversidade do solo e rotação de culturas com diferentes tipos de raízes para construir canais subterrâneos com diferentes estruturas, ampliando permeabilidade a longo prazo.

3.3.3. Resfriamento Urbano

Os resultados das análises de serviços ecossistêmicos de resfriamento urbano mostram que há uma variação aproximada de 1,5°C entre a temperatura média máxima e a mínima modelada para

fevereiro no município, sendo as temperaturas mais altas registradas na área urbana e as mais baixas nas áreas com cobertura florestal e silvicultura (Figuras 27 e 28). Neste modelo, as altas temperaturas identificadas na porção central da área urbana resultam da combinação de alguns fatores:

- Albedos maiores das superfícies predominantes em áreas urbanas, como asfalto, concreto e telhados;
- Reduzida área de sombras de árvores com mais de 2 metros de altura;
- Fragmentos vegetais de tamanho reduzido, com pouca evapotranspiração e muito efeito

de borda, portanto com reduzida capacidade de resfriamento;

- Densidade e intensidade das construções relativamente mais alta na LCZ 3 (compacta e horizontal), que ampliam a retenção de calor.

Neste contexto, os diferentes usos e coberturas do solo possuem capacidades distintas de mitigação do calor em função das propriedades de cada uso (evapotranspiração, sombra, albedo) e de suas características morfológicas (tamanho, localização na paisagem e efeito de borda). Estas variações podem ser observadas na Tabela 7, abaixo.

Tabela 7 - Variação das médias dos resultados da análise de serviços ecossistêmicos de resfriamento urbano por uso e cobertura da terra em Curvelo (MÇ)

USO E COBERTURA DA TERRA	ÍNDICE DE MITIGAÇÃO DE CALOR URBANO	TEMPERATURA DO AR (°C)
Formação Florestal	0.834	24.84
Formação Savânica	0.636	25.29
Silvicultura	0.695	25.15
Campo Alagado	0.699	25.15
Formação Campestre	0.384	25.86
Pastagem	0.437	25.74
Lavoura Temporária	0.426	25.76
Lavoura Perene	0.659	25.24
Mosaico de Usos	0.218	25.55
Outras Áreas não Vegetadas	0.379	25.87
Afloramento Rochoso	0.400	25.82
Mineração	0.340	25.96
Aquicultura	0.406	25.81
Rios e Lagos	0.434	25.74
Área Urbana Horizontal e Compacta (LCZ 3)	0.120	26.45
Área Urbana Horizontal e Aberta (LCZ 6)	0.226	26.21
Área Urbana Esparsa (LCZ 9)	0.328	25.98

Fonte: elaborado pelos autores

Os resultados desta análise apontam que os usos e cobertura do solo com maiores capacidades de resfriamento são as formações florestais e savânicas, bem como as de campo alagado e silvicultura, enquanto os menores índices de mitigação de calor foram observados nas áreas urbanas, em especial à LCZ 3, que é mais compacta que as demais. Esta capacidade está correlacionada com as temperaturas médias modeladas, das quais os valores mais altos foram identificados na tipologia urbana de LCZ 3 (26.21 °C), enquanto a mais baixa está relacionada às coberturas florestais (24.84 °C). Cabe destacar que a temperatura média do ar calculada por uso e cobertura da terra desconsiderou a mistura do ar, de modo a evitar distorções por proximidade e detectar com maior precisão as relações entre a temperatura do ar e a capacidade de resfriamento de cada uso e cobertura do solo.

Neste sentido, os resultados obtidos reforçam a importância da localização das vegetações e co-

berturas do solo com maior capacidade de resfriamento, pois esta capacidade se distribui gradualmente para as áreas próximas, considerando a movimentação do ar. Deste modo, chama à atenção a importância de se ter grandes fragmentos de vegetação nas proximidades e no interior da mancha urbana, de modo a atuarem como ilhas de resfriamento nas áreas com maior concentração de calor. Neste aspecto, destacam-se as áreas de vegetação densa, de floresta e áreas alagáveis, com presença de água superficial, que possuem alta evapotranspiração, de modo que mesmo fragmentos pequenos possuam um bom desempenho. Porém, cabe destacar que fragmentos de vegetação maiores que 2 hectares possuem capacidades de resfriamento exponencialmente maiores, o que reforça a importância da preservação e recuperação de ecossistemas urbanos e periurbanos para a regulação do microclima.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

4. Traçado de Conectividade

A conectividade de áreas verdes constitui um elemento central para o planejamento territorial orientado à conservação da biodiversidade e à promoção de cidades mais resilientes. De forma geral, refere-se à capacidade de diferentes fragmentos de vegetação de se manterem funcionalmente interligados na paisagem, permitindo fluxos ecológicos essenciais entre áreas naturais e seminaturais. Do ponto de vista ecológico, essa conectividade é fundamental para viabilizar a movimentação de fauna e flora, favorecendo a dispersão de espécies, a manutenção da diversidade genética e a recolonização de áreas degradadas, além de sustentar populações que demandam áreas mais extensas do que os fragmentos isolados podem oferecer (Santos et al, 2018; Montes-Rojas, Delgado-Morales e Escucha, 2024).

Para além dos benefícios ecológicos, a conectividade de áreas verdes desempenha papel estratégico na recuperação ambiental e na ampliação da resiliência climática dos territórios. Corredores ecológicos e redes de infraestrutura verde contribuem para a regulação do microclima, a redução de riscos associados a eventos extremos — como enchentes e ilhas de calor — e a melhoria da qualidade ambiental urbana e rural. Esses processos, por sua vez, geram benefícios sociais diretos, incluindo a valorização da paisagem, o aumento do bem-estar da população e a oferta de serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação hídrica, controle de erosão e conforto térmico.

Neste contexto, o presente capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia adotada (4.1) para a elaboração do Traçado de Conectividade de Áreas Verdes no município de Curvelo (MG), articulando análises em escala municipal e urbana. Inicialmente, é descrito o processo de construção do traçado em nível municipal (Seção 4.1.1), incluindo a seleção dos elementos estruturantes da paisagem, a identificação das rotas prioritárias de co-

nectividade e a hierarquização dos trechos de menor custo, com posterior refinamento do traçado.

Na sequência, a Seção 4.1.2 detalha o traçado de conectividade em escala urbana, seguindo abordagem metodológica análoga à adotada na escala municipal, com foco na identificação de oportunidades de conexão entre áreas verdes no tecido urbano. Por fim, a Seção 4.2 consolida os principais resultados obtidos, evidenciando as áreas prioritárias e os trechos estratégicos para a promoção da conectividade ecológica no município, subsidiando a implementação de Soluções Baseadas na Natureza e o planejamento territorial integrado.

4.1 Metodologia

A metodologia do Traçado de Conectividade de Curvelo foi estruturada a partir das particularidades territoriais do município, que possui uma área rural extensa e uma mancha urbana relativamente pequena. Neste caso, uma metodologia que propusesse um traçado único que englobasse as áreas rurais e urbanas poderia não dar conta das nuances e necessidades específicas destas paisagens, uma vez que os indicadores dos fragmentos florestais e de serviços ecossistêmicos variam bastante entre as áreas mais próximas e mais distantes da mancha urbana, assim como os tipos de intervenções possíveis para implementação dos corredores de fato.

Deste modo, a metodologia utilizada para o traçado de conectividade foi dividida em duas escalas: uma na escala municipal, a partir de fragmentos florestais na área rural, e outra na escala urbana, a partir dos fragmentos florestais no perímetro urbano e das praças, parques e pontos de interesse na cidade. Esta metodologia utiliza as mesmas etapas e métodos para elaborar o traçado de conectividade nas duas escalas, porém com indicadores e critérios distintos, de modo a selecionar

os fatores mais relevantes para a estruturação de corredores verdes para cada uma.

Fundamentando-se nos trabalhos de Santos *et al.* (2018) e Beltrão *et al.* (2024), a metodologia utilizada neste produto se estruturou em três etapas:

1. Seleção dos elementos estruturantes dos corredores ecológicos a partir de indicadores definidos para cada escala;
2. Identificação das rotas de conectividade entre os elementos norteadores pelo método de Trechos de Menor Custo;
3. Hierarquização dos Trechos de Menor Custo gerados e refinamento dos traçados.

Todos os processamentos e análises de dados espaciais foram realizados no software QGIS³, versão 3.40.12. A seguir, detalha-se os passos adotados para cada escala.

4.1.1. Traçado de Conectividade Municipal

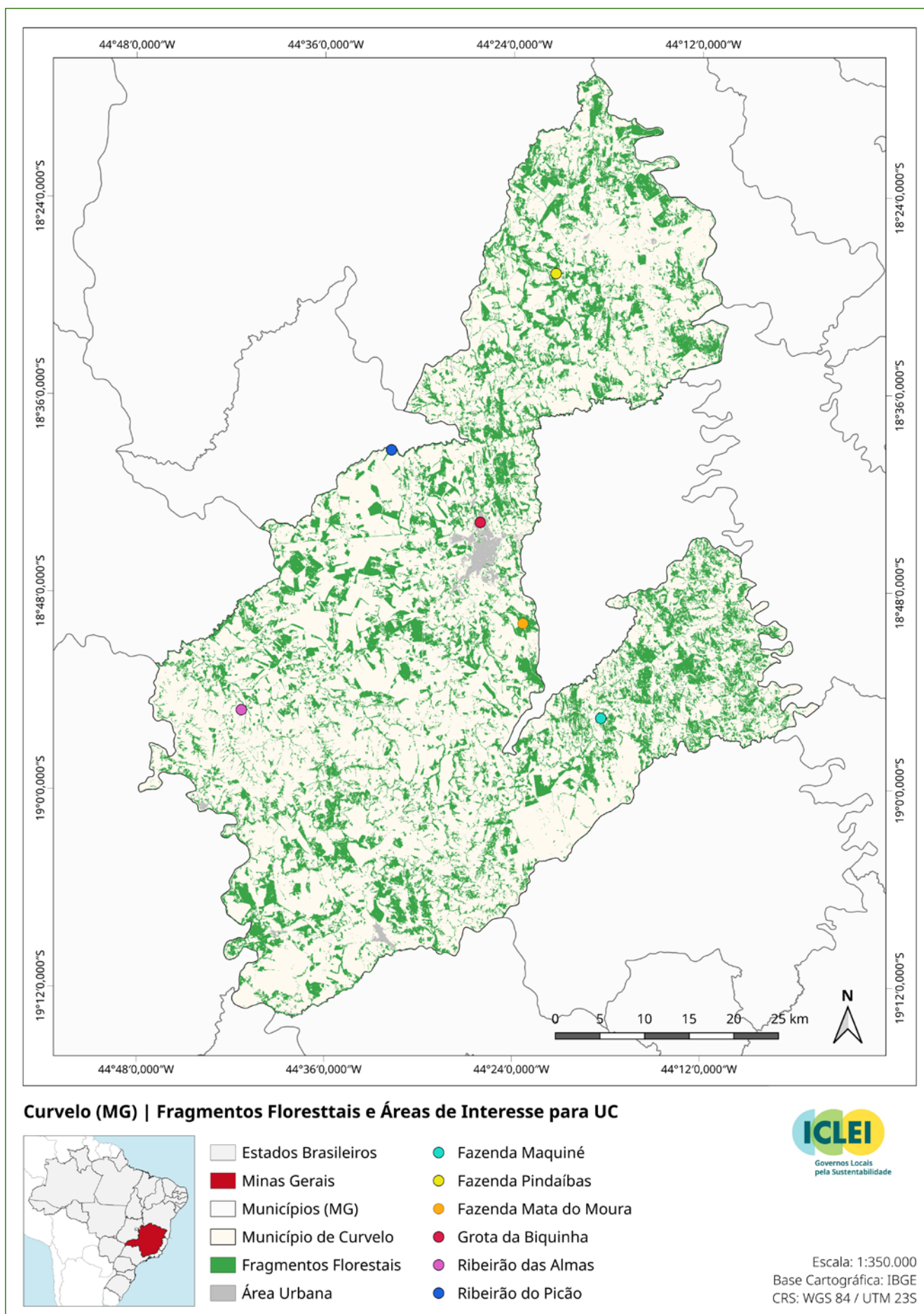
O Traçado de conectividade na escala municipal foi realizado a partir de dois elementos estruturantes: os fragmentos florestais prioritários para conservação e as áreas de interesse de criação de

Unidades de Conservação no município. A seleção dos fragmentos florestais prioritários foi realizada a partir do dado de Uso e Cobertura da Terra do MapBiomas de 2023, com resolução espacial de 10 m (MapBiomas, 2023).

Para realizar a priorização, detalhada nas seções a seguir, as classes selecionadas foram de Formação Florestal e Formação Savânica, sendo consideradas como um único fragmento, quando justapostas. As áreas de interesse de criação de Unidades de Conservação foram identificadas a partir do que foi definido no Plano Diretor Municipal. Conforme consta no Capítulo II - Da proteção do meio ambiente, dos recursos hídricos e do subsolo, na alínea II do Art. 13., tratam-se de 06 áreas de interesse na cidade: Fazenda Mata Moura; Fazenda Pindaíbas; Ribeirão Maquiné; Ribeirão das Almas; Ribeirão do Picão e Grota da Biquinha. Não foi possível obter o perímetro de cada área. Não obstante, para fins de consideração na análise diante de sua relevância, considerou-se a localização do ponto central de cada área, tal como consta nos mapas anexos ao Plano Diretor. A Figura 31 permite visualizar os dois conjuntos de informação.

³ QGIS.org, 2026. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

Figura 31 - Mapa de Fragmentos Florestais e Áreas de Interesse para criação de UCs.



Fonte: ICLEI, 2026

4.1.1.1. Seleção dos elementos estruturantes do traçado

Um traçado de corredores verdes visa promover as condições para que o ecossistema se regenere naturalmente, facilitando a dispersão de espécies, o fluxo genético e a manutenção das funções ecossistêmicas (Beltrão *et al.*, 2024). Nesse contexto, é necessário considerar o papel das características da paisagem nos processos ecológicos de regeneração do ecossistema. Fatores como a conectividade da paisagem, cobertura florestal e saúde da vegetação desempenham um papel crucial na dinâmica de colonização e recolonização das populações da fauna e flora. Neste contexto,

Isto posto, a seleção dos fragmentos florestais estruturantes para o traçado de conectividade municipal de Curvelo foi realizada com base em um Índice de Prioridade de Conservação composto por três componentes, cada qual com seus respectivos indicadores:

- 1) Ecologia da Paisagem,
- 2) Biodiversidade e
- 3) Regeneração.

A estes fragmentos, foram somadas as áreas de interesse de criação de UCs como elementos complementares na estruturação do traçado, a partir do mapeamento de pontos aproximados que as localizam no território (Quadro 4).

Quadro 4 - Indicadores dos elementos estruturantes do Traçado de Conectividade Municipal.

ELEMENTO ESTRUTURANTE	COMPONENTE	INDICADOR	DADO	PESO
Fragmentos Florestais Prioritários para Conectividade	Ecologia da Paisagem	Tamanho dos Fragmentos	Dados produzidos a partir do Plugin LecoS (QGIS). Base: LULC MapBiomias 2023 10m	1
		Área do núcleo dos fragmentos		
		Distância euclidiana dos vizinhos		
	Biodiversidade	Fragmentos com espécies ameaçadas	GBIF - espécies georreferenciadas	0,25
	Regeneração	Percentual de vegetação primária	MapBiomias - Módulo Degradação 2022	0,5
Índice de Regeneração da Vegetação		Dado produzido por estatística zonal (QGIS). Base: MapBiomias - Módulo Degradação 2022 30m		
Áreas de Interesse para criação de	Fazenda Mata Moura		Pontos de localização aproximada das áreas de interesse.	1
	Fazenda Pindaíbas			
Unidades de Conservação	Ribeirão Maquiné			
	Ribeirão das Almas			
	Ribeirão do Picão			

Fonte: elaborado pelos autores.

Os **indicadores do componente Ecologia da Paisagem** foram selecionados para identificar os fragmentos florestais maiores, com área núcleo maior, e que estejam mais próximos dos seus respectivos vizinhos. Isto porque o tamanho dos fragmentos é diretamente proporcional à riqueza de espécies: fragmentos menores são mais afetados por efeitos de borda, possuem reduzida variabilidade genética e altas taxas de perda de espécies. O tamanho da área núcleo consiste em um importante indicador do efeito de borda, que é um fator dominante na dinâmica dos fragmentos florestais, afetando fortemente o microclima da floresta, a mortalidade das árvores, o armazenamento de carbono, a fauna e outros aspectos ecológicos.

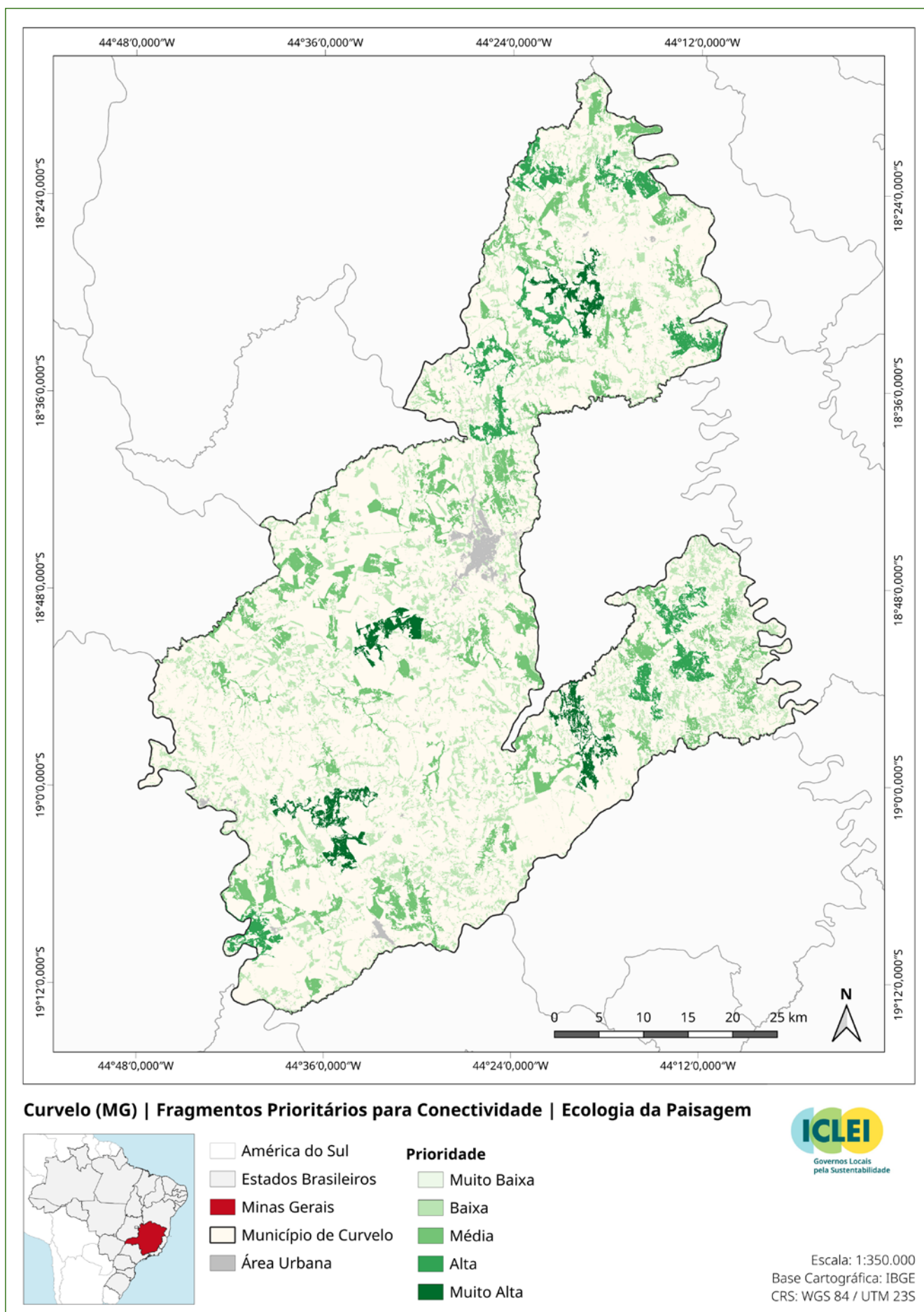
A distância entre vizinhos indica os fragmentos menos afetados pelo isolamento: a proximidade entre os fragmentos aumenta as possibilidades de movimentação de espécies menores e a troca genética de plantas por polinizadores e dispersores, criando as condições para a regeneração do ecossistema nos corredores (Laurence *et al.*, 2011).

Estes indicadores foram calculados no QGIS utilizando o plugin LecoS (*Landscape Ecology Statistics*). Os resultados foram normalizados e somados para se obter o componente de Ecologia da Paisagem na matriz de prioridade para conectividade (Figura 32).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 32 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Ecologia da Paisagem.



Fonte: ICLEI, 2026

O **indicador do componente Biodiversidade** foi calculado com base na presença ou ausência de espécies ameaçadas de extinção nas proximidades dos fragmentos florestais. A perda de biodiversidade consiste em um dos principais motores da crise ambiental, pois ela afeta de maneira crucial os processos e dinâmicas que sustentam os ecossistemas (Ceballos *et al.*, 2015). Neste contexto, a fragmentação do habitat é uma das principais causas de perda da biodiversidade e consequente degradação dos ecossistemas (Wilson *et al.*, 2016).

Assim, o mapeamento de espécies ameaçadas consiste em um importante indicador para a se-

leção dos fragmentos florestais prioritários para o traçado de conectividade, pois os corredores ecológicos contribuem para a recuperação do habitat dessas espécies e, consequentemente, para a regeneração do ecossistema.

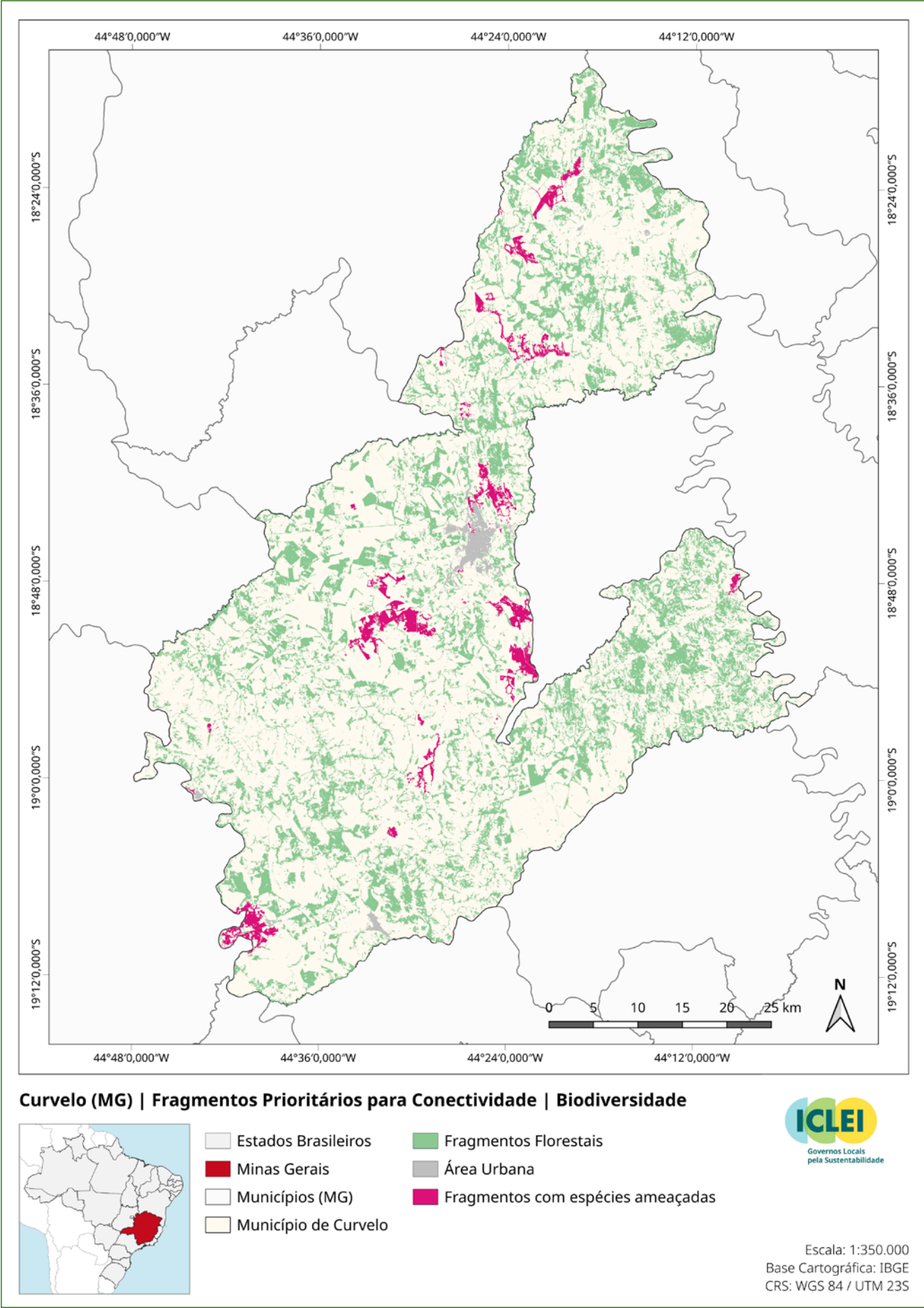
Para este indicador, foram mapeados os pontos onde foram identificadas espécies ameaçadas (Quadro 5) a partir de dados obtidos na plataforma GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*). Os fragmentos florestais nos quais foram identificadas espécies ameaçadas em um raio de 100m foram classificados com valor 1 e os demais, com valor 0 (Figura 33).

Quadro 5 - Espécies ameaçadas de extinção identificadas em Curvelo.

CLASSE	ESPÉCIE		NOME POPULAR
Flora	Dipteryx alata	Baru	Vulnerável (VU)
Flora	Hirtella floribunda	Pau-de-galego	Em Perigo (EN)
Flora	Lychnophora villosissima	Arnica-do-cerrado	Vulnerável (VU)
Flora	Pfaffia minarum	Ginseng-brasileiro	Vulnerável (VU)
Aves	Ara ararauna	Arara-canindé	Pouco Preocupante (LC)
Aves	Atticora melanoleuca	Andorinha-de-coleira	Pouco Preocupante (LC)
Aves	Jabiru mycteria	Tuiuiú	Pouco Preocupante (LC)
Aves	Mycteria americana	Cabeça-seca	Pouco Preocupante (LC)
Aves	Nothura minor	Codorna-mineira	Vulnerável (VU)
Aves	Phylloscartes roquettei	Cara-dourada	Em Perigo (EN)
Aves	Platalea ajaja	Colhereiro	Pouco Preocupante (LC)
Mamíferos	Alouatta guariba	Bugio-ruivo	Vulnerável (VU)
Mamíferos	Chrysocyon brachyurus	Lobo-Guará	Quase Ameaçada (NT)
Mamíferos	Leopardus pardalis	Jaguaritica	Pouco Preocupante (LC)
Mamíferos	Lontra longicaudis	Lontrinha	Quase Ameaçada (NT)
Mamíferos	Lycalopex vetulus	Raposa-do-campo	Pouco Preocupante (LC)
Mamíferos	Thalpomys lasiotis	Rato-do-chão	Pouco Preocupante (LC)

Fonte: elaborado pelos autores. Dados extraídos do *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)*

Figura 33 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Biodiversidade.



Fonte: ICLEI, 2026

Os **indicadores de Regeneração** foram calculados no QGIS, a partir de dados obtidos do módulo de degradação do MapBiomass. O objetivo deste componente foi identificar os fragmentos em processo de regeneração mais avançados, ou seja, aqueles que sejam majoritariamente compostos por vegetação nativa em seu estado primário, ou aqueles que possuem vegetação secundária com maior idade média em relação à proporção de vegetação primária e secundária.

A área e a idade da vegetação secundária no entorno dos fragmentos são indicadores importantes de prioridade de conservação e inserção no traçado de conectividade. A presença de vegetação secundária indica que os fragmentos estão em processo natural de regeneração. Ela pode se desenvolver rapidamente em torno da matriz, facilitando a movimentação de muitas espécies animais, permitindo que elas recolonizem fragmentos onde haviam desaparecido. Além disso, a idade da vegetação secundária é um fator determinante na redução dos impactos dos efeitos de borda. Na medida em que as bordas envelhecem, o crescimento da flora tende a formar uma bar-

reira protetora, tornando-a menos permeável às mudanças microclimáticas e vetores externos de degradação (Laurance *et al.*, 2011).

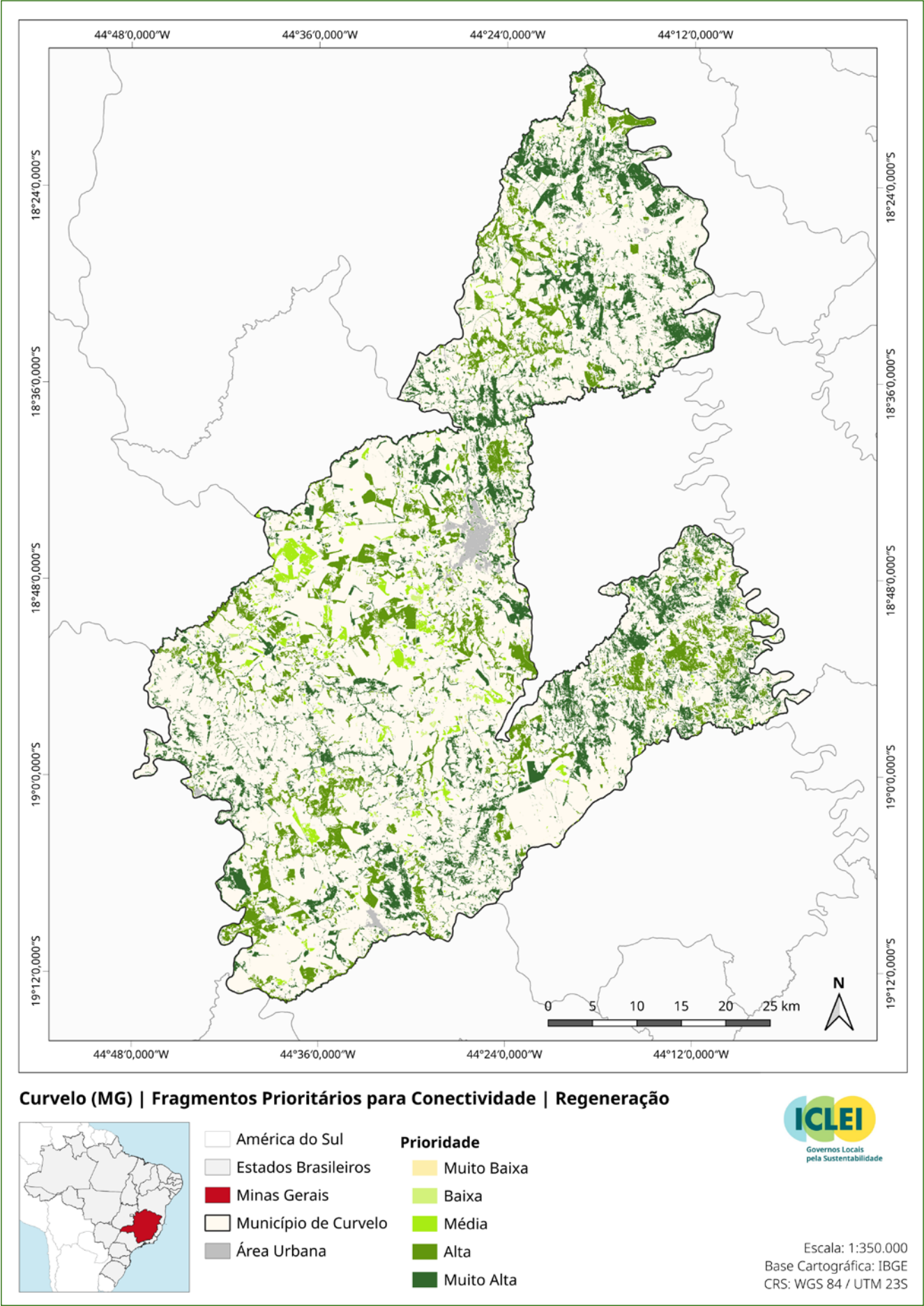
Neste sentido, o componente Regeneração foi composto por dois indicadores. O primeiro indicador mapeou fragmentos florestais compostos majoritariamente por vegetação primária, ou seja, vegetação nativa que não foi desmatada, de modo a priorizar fragmentos com maior complexidade estrutural. O segundo indicador consiste em um Índice de Regeneração da Vegetação, calculado a partir da idade média da vegetação secundária e sua proporção no fragmento. Esse índice mensura o estágio de regeneração dos fragmentos florestais, de modo que um fragmento terá um alto índice quanto maior for sua proporção no fragmento e quanto mais madura for sua idade média.

Esses indicadores foram normalizados e somados utilizando a ferramenta calculadora raster para o mapeamento do componente de regeneração da prioridade de conectividade dos fragmentos florestais (Figura 34).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 34 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Regeneração.



Fonte: ICLEI, 2026

Os resultados de cada indicador foram normalizados para valores entre 0 e 1 para permitir a análise integrada de indicadores que possuem unidades e ordens de grandeza distintas. Para os indicadores de presença de espécies ameaçadas e de fragmentos com apenas vegetação primária, foram utilizados os valores 1 e 0 para indicar presença e ausência de informação, respectivamente.

Após a normalização, foi realizada a soma ponderada dos indicadores, de acordo com os pesos descritos no Quadro 5. A distribuição dos pesos foi realizada de modo a priorizar indicadores estruturantes em relação aos demais e atribuir maior peso aos dados de maior confiabilidade e distribuição espacial no território.

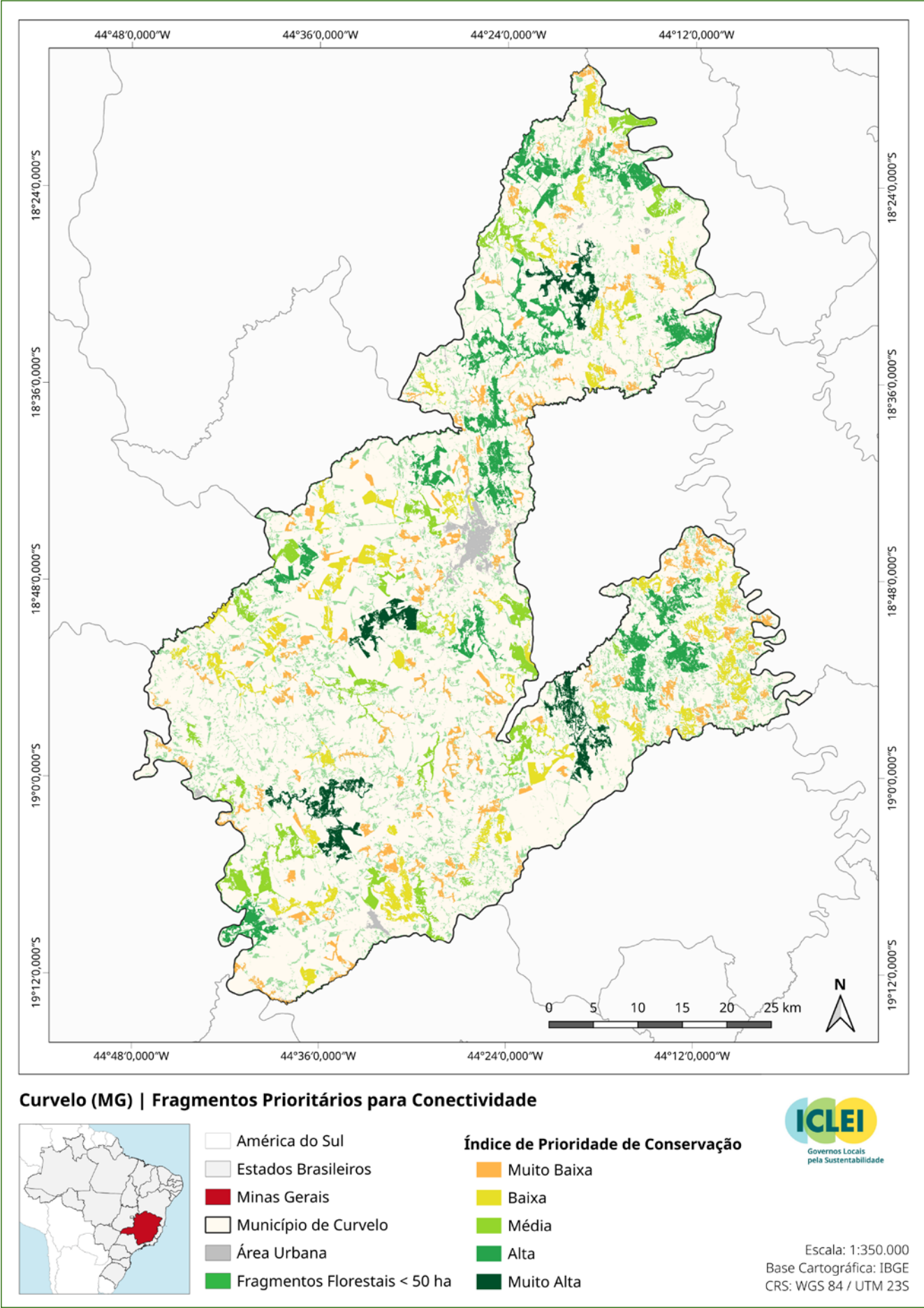
A soma ponderada dos indicadores resultou em um Índice de Prioridade de Conservação dos Fragmentos Florestais, que fundamentou a esco-

lha dos fragmentos estruturantes para o traçado de conectividade. Para esta seleção, foram excluídos os fragmentos menores que 50 ha, para priorizar os fragmentos com tamanho mais significativo. Os demais fragmentos foram classificados em cinco classes de prioridade (muito baixa a muito alta) pelo critério de quebras naturais, de modo a melhor agrupar fragmentos florestais com valores semelhantes e discernir os grupos heterogêneos (Figura 35).

Desta classificação, os 26 fragmentos classificados como prioridades alta e muito alta foram selecionados para estruturar o traçado de conectividade. A eles, foram adicionados os cinco pontos de localização das áreas de interesse de criação de UCs no município, totalizando 31 elementos estruturantes do traçado (Figura 36).

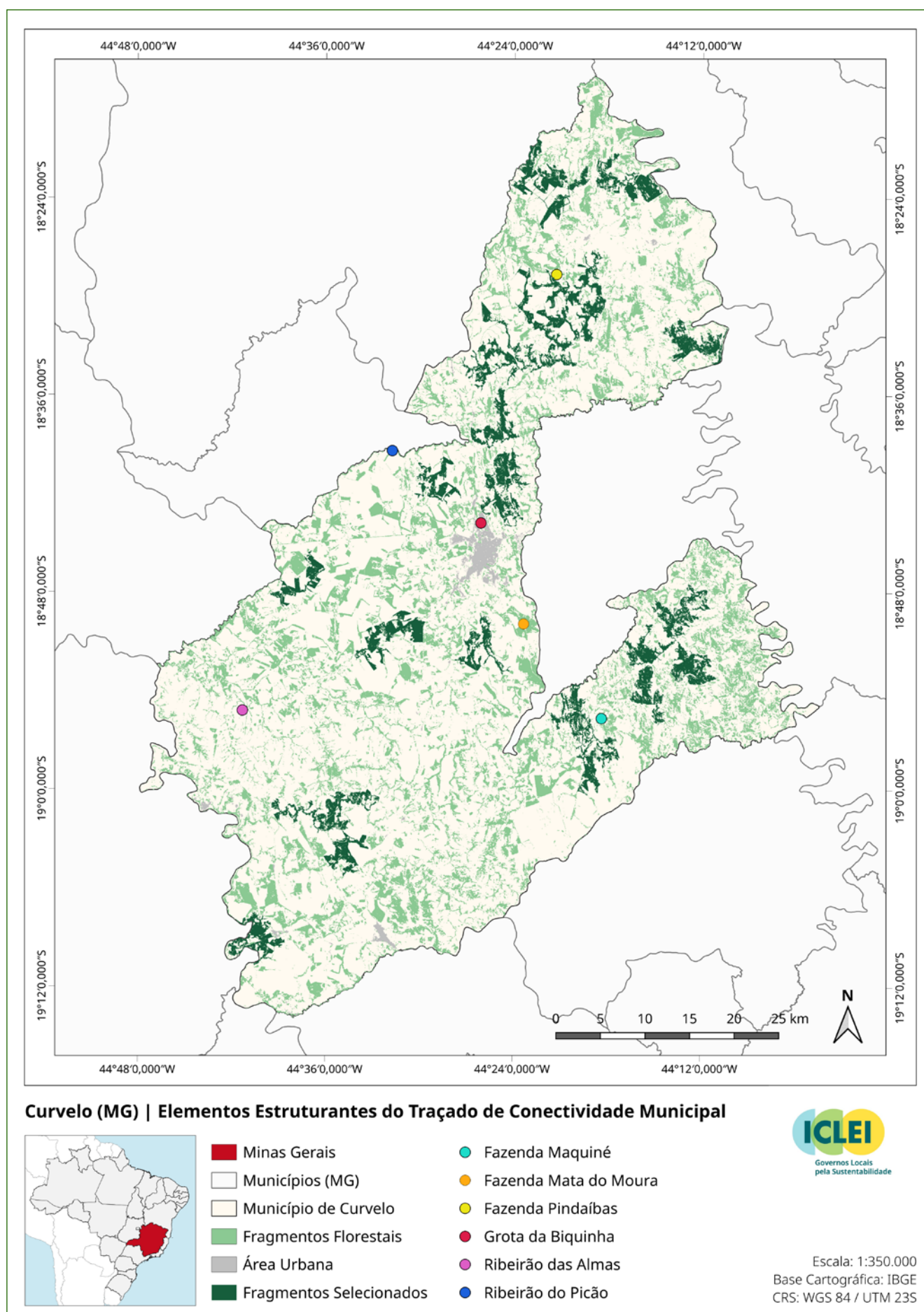


Figura 35 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Prioridade de Conservação



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 36 - Fragmentos Prioritários para Conectividade: Fragmentos selecionados



Fonte: ICLEI, 2026

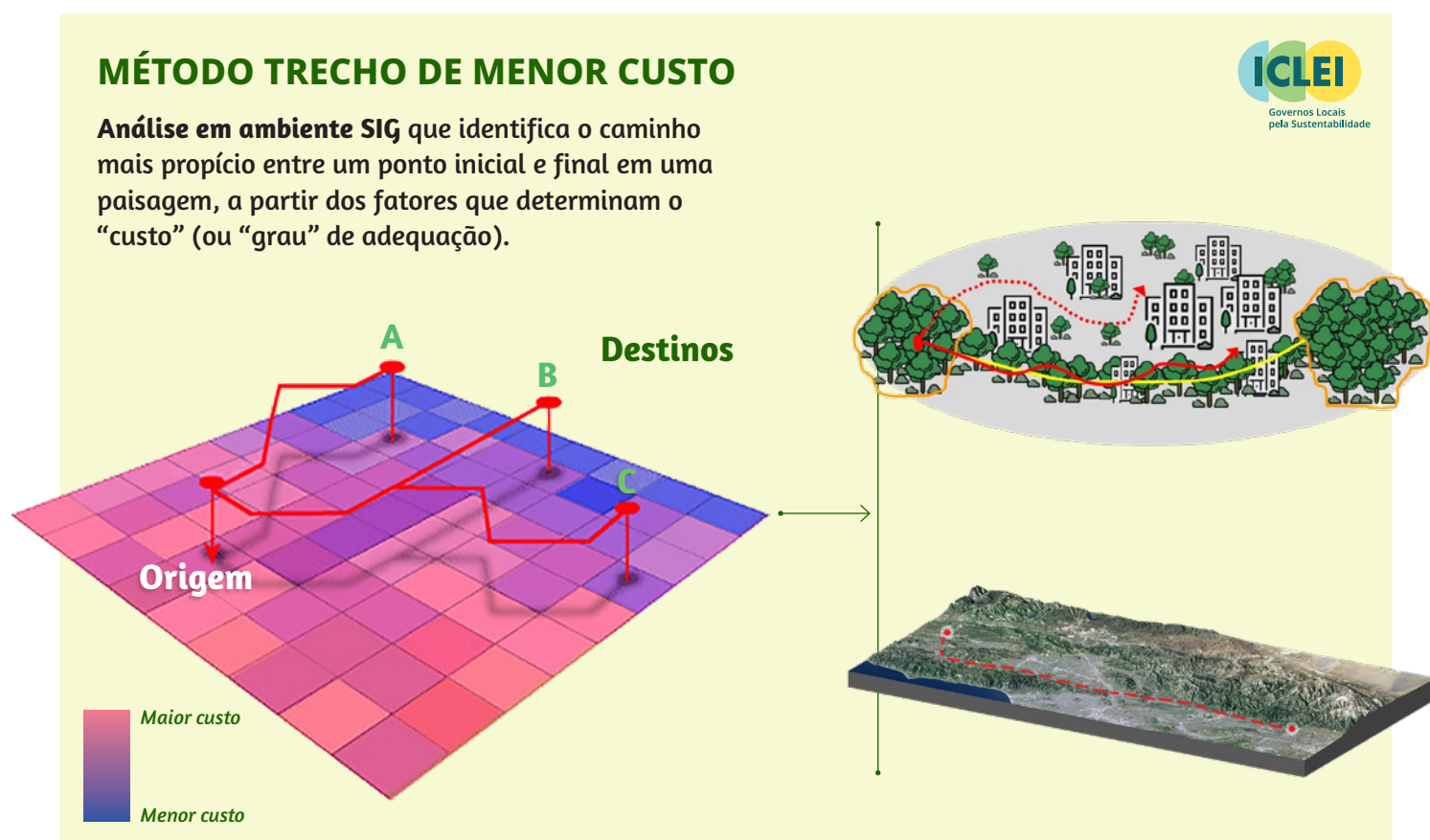
4.1.1.2. Identificação das rotas prioritárias de conectividade

Após a identificação e seleção dos elementos estruturantes do traçado, foi iniciada a etapa de mapeamento das rotas prioritárias de conectividade entre eles por meio do método de Trechos de Menor Custo (*Least Cost Path - LCP*). O método LCP é uma técnica de geoprocessamento utilizada para identificar rotas ótimas de deslocamento entre dois pontos em uma paisagem, considerando não apenas a distância, mas um conjunto de condições do terreno que facilitam ou dificultam

o movimento que se pretende avaliar. No contexto de estudos de fauna e conectividade ecológica, o LCP é amplamente empregado para identificar corredores ecológicos potenciais, indicando as rotas mais prováveis de deslocamento de espécies entre fragmentos de habitat.

O método parte da construção de uma superfície de custo, representada por um mapa raster no qual cada célula recebe um valor que expressa a resistência ao deslocamento — quanto mais hostil ou inadequado o ambiente para o deslocamento, maior o custo atribuído (Figura 37).

Figura 37 - Exemplo Esquemático do Método de Trecho de Menor Custo (LCP).



Fonte: ICLEI, 2026

Variáveis como tipo de uso e cobertura do solo, grau de impermeabilização, declividade e distância de elementos perturbadores são comumente utilizadas para compor essa superfície. A partir dela, o algoritmo calcula o caminho que acumula o menor custo total entre os pontos de origem e destino, que não necessariamente corresponde ao trajeto mais curto em distância. Neste projeto, o método orientou a definição de uma matriz de

custos para implementação de corredores ecológicos no território, resultando em um mapa que indica as áreas que são mais propícias para corredores e aquelas que devem ser consideradas como obstáculos à sua implementação.

Com base nos trabalhos de Louzada *et al.* (2012), Santos *et al.* (2018) e Beltrão *et al.* (2024), a matriz de custos utilizada para o traçado de conec-

tividade na escala municipal considerou três indicadores: Uso e Cobertura da Terra (MapBio-mas, 2025), Áreas de Proteção Permanente (SEMAD; DPLAE; IEF; GRAPE, 2023) e Áreas Prioritárias para Conservação do Bioma Cerrado (MMA, 2022). Os elementos de cada indicador foram classificados de acordo com o seu custo para im-

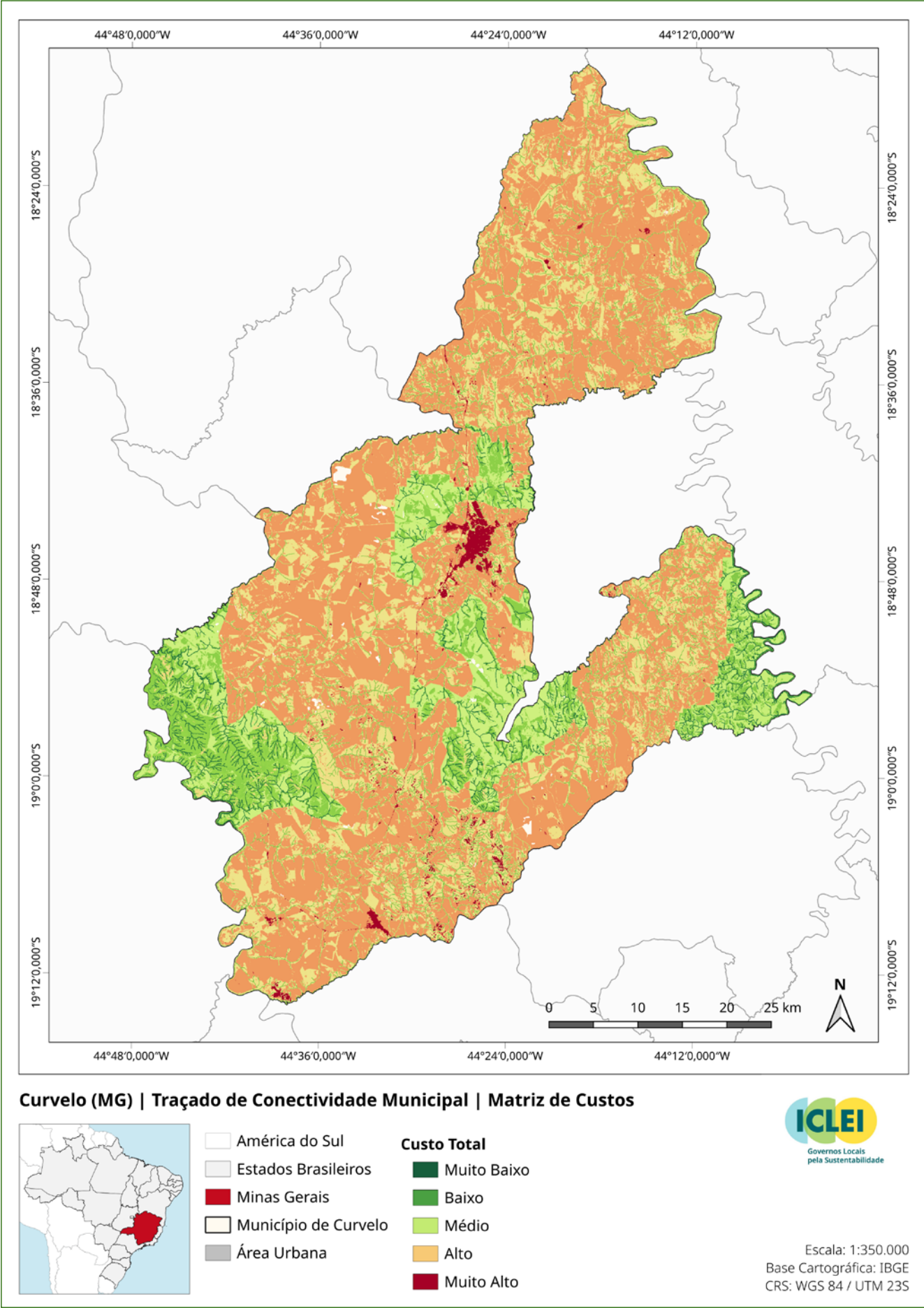
plementação de corredores ecológicos, sendo 1 o menor custo, ou seja, as áreas mais propícias, e 100 o maior custo, ou seja, os maiores obstáculos (Quadro 6). A partir desta classificação, os mapas foram somados, resultando no mapa de custos totais para o traçado de menor custo (Figura 38).

Quadro 6 - Indicadores da Matriz de Custos para traçado de conectividade na escala municipal.

INDICADOR	DADO	CUSTO	JUSTIFICATIVA
Uso e Cobertura da Terra	Formação Florestal	1	Principais elementos de conexão para o traçado dos corredores ecológicos. Embora os Fragmentos Florestais com prioridade alta e muito alta tenham sido considerados como pontos de partida do traçado, contabilizá-los na matriz de custo permite que os traçados atravessem suas manchas.
	Formação Savânica		
	Silvicultura	50	Áreas plantadas, em sua maioria com objetivo econômico, sendo suprimida após alguns anos ficando a área desflorestada.
	Campo Alagado e Área Pantanosa	5	Formações não-florestais (herbácea e arbustiva) importantes para preservação.
	Formação Campestre		
	Pastagem	50	Áreas utilizadas para a agricultura e pastagem exigiriam o plantio de espécies nativas para a implementação das ECs.
	Mosaico de Usos		
	Área Urbana	100	Consideradas como barreiras à passagem dos ECs, elas têm um custo extremamente alto. Além disso, sua aquisição para essa implantação pode ser muito complexa.
	Outros usos não vegetados		
	Afloramento Rochoso		
	Mineração		
	Aquicultura		
	Rios e Lagos	1	Corpos d'água são áreas adequadas para conexão com CE, pois são locais de dessedentação da fauna, além de seus arredores constituem áreas de preservação. Não são consideradas barreiras devido à sua largura reduzida no contexto territorial de Curvelo.
APPs	Áreas de APP	1	O principal objetivo é que os corredores ecológicos passem pelas APPs. Essa classe recebeu peso mínimo.
	Demais áreas	100	
Áreas Prioritárias para conservação do Cerrado MMA	Prioridade de Ação Alta		Ações Recomendadas pelo MMA: Recuperação e Criação de UC de Uso Sustentável (Ações 1) e Fomento ao uso sustentável (Ação 2)
	Prioridade de Ação Extremamente Alta	5	Ações recomendadas pelo MMA: Criação de UC de Proteção Integral (Ação 1) e Corredores Ecológicos (Ação 2)
	Demais áreas	100	

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 38 - Matriz de Custos para Traçado de Conectividade Municipal

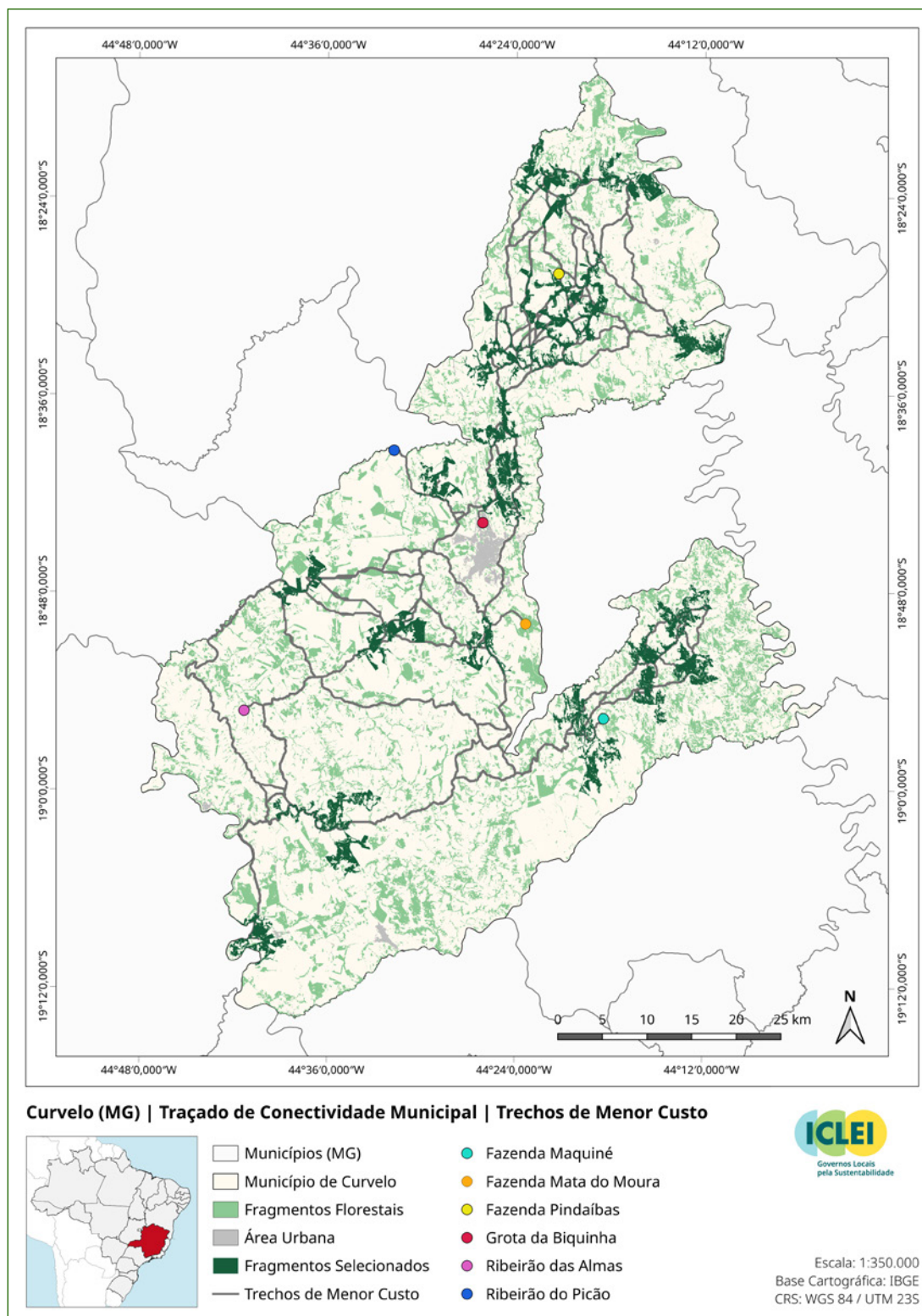


Fonte: ICLEI, 2026

Para mapear os trechos de menor custo, foi utilizado o plugin *Least-Cost Path* do QGIS. Este algoritmo identifica as rotas de menor custo cumulativo entre pontos de origem e destino, considerando o mapa de custos totais e a localização dos elementos estruturantes do traçado. Deste modo, foram gerados todos os trechos de menor custo entre

centróides dos elementos estruturantes, considerando-os tanto como pontos de origem, quanto de destino. Desta análise, resultaram 31 camadas de trechos de menor custo, totalizando 961 trechos que se sobrepõem de diferentes maneiras no território (Figura 39).

Figura 39 - Trechos de Menor Custo para Conectividade Municipal



Fonte: ICLEI, 2026

4.1.1.3. Hierarquização dos Trechos de Menor Custo e refinamento do traçado

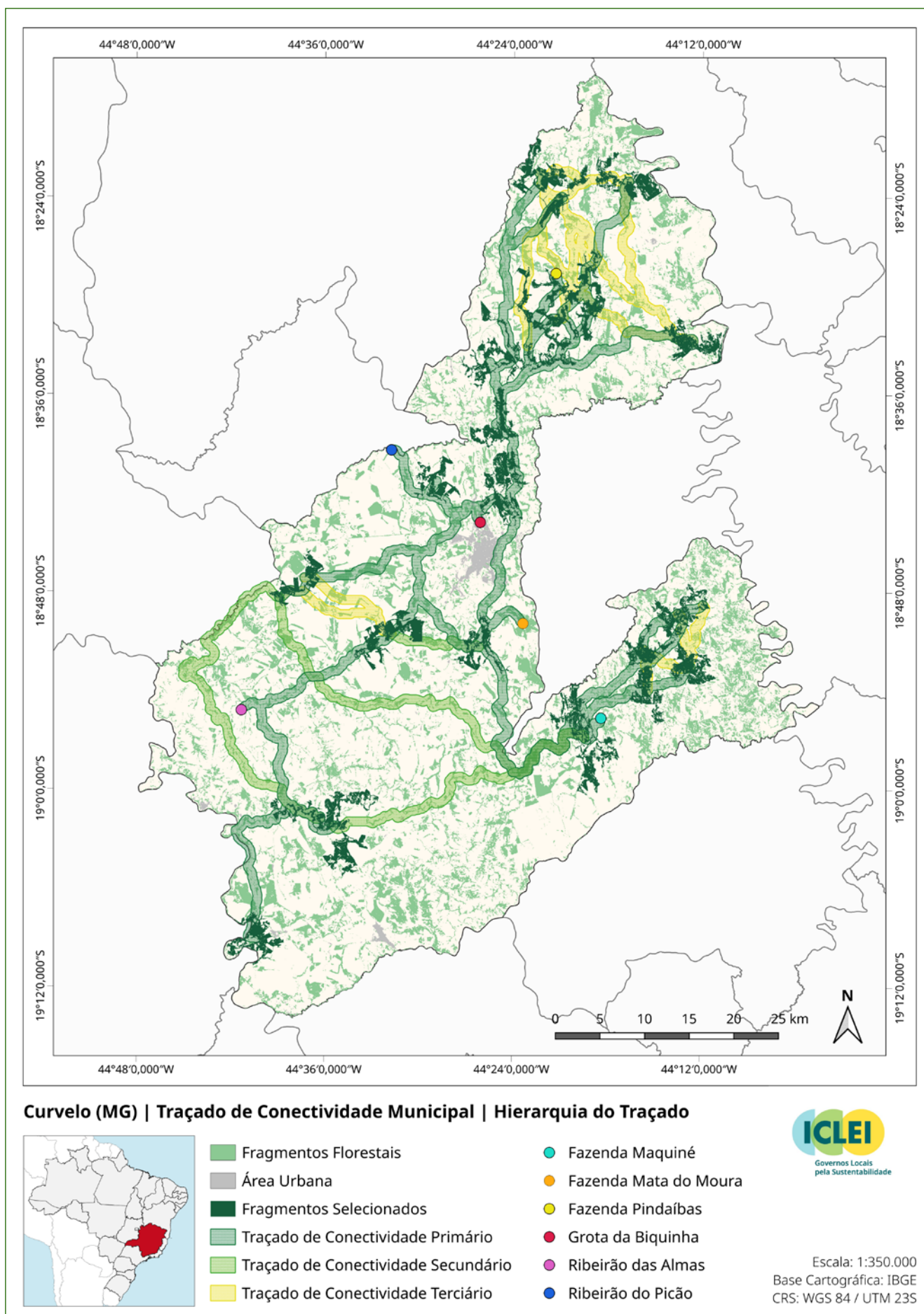
Para selecionar as conexões prioritárias para o traçado, foi realizada uma hierarquização dos trechos gerados a partir do cálculo de sobreposições entre eles, classificando-a em 5 classes por quebras naturais. Os trechos com mais sobreposições (classes 4 e 5) foram selecionados como prioritários, sendo os demais considerados como rotas complementares ou alternativas ao traçado.

A partir desta classificação, o traçado de conectividade foi refinado de modo a evitar redundâncias e priorizar as conexões entre fragmentos mais próximos, resultando em um traçado em três níveis: um traçado primário, de caráter estruturante, conectando todos os fragmentos pelos trechos com mais sobreposições; rotas secundárias, que atuam de maneira complementar, estabelecendo conexões transversais; e rotas terciárias, fornecendo alternativas de conexões entre fragmentos próximos. A este traçado foi aplicado um buffer de 1 km como largura de referência para implementação dos corredores verdes (Figura 40).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 40 - Hierarquias do Traçado de Conectividade Municipal.



Fonte: ICLEI, 2026

4.1.2. Traçado de Conectividade Urbano

A metodologia utilizada para o Traçado de conectividade na escala urbana possui a mesma estrutura do traçado para a escala municipal, porém com componentes, indicadores e critérios mais adequados para a escala e natureza deste traçado. Neste sentido, o desenho do traçado urbano partiu de três objetivos correlacionados:

1. Promover as condições para que o ecossistema se regenere naturalmente, conectando fragmentos florestais no entorno da mancha urbana;

2. Ampliar os benefícios dos serviços ecossistêmicos para a população por meio dos corredores verdes no tecido urbano;

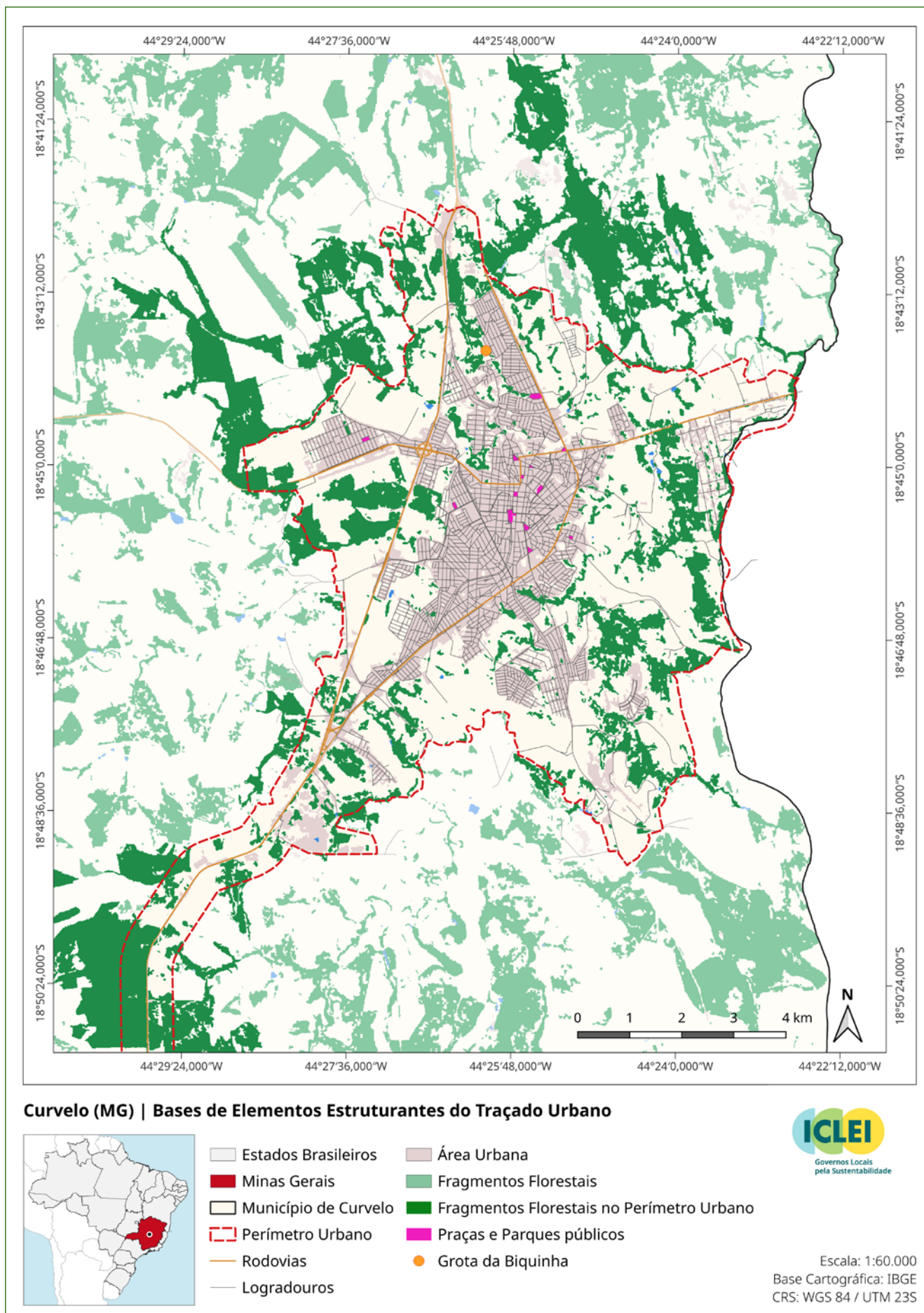
3. Articular as áreas verdes públicas com os fragmentos florestais e corredores do traçado municipal para ampliar a biodiversidade urbana;

Assim, foram selecionados como elementos estruturantes do traçado os fragmentos florestais que Interseccionam o perímetro urbano, e espaços urbanos relevantes do ponto de vista ecológico e social, como áreas de interesse de criação de Unidades de Conservação (Grota da Biquinha), praças e parques (Figura 41).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 41 - Mapa dos Fragmentos Florestais, Praças e UC potencial no Perímetro Urbano de Curvelo.



Fonte: ICLEI, 2026

4.1.2.1. Seleção dos elementos estruturantes do traçado

Embora o traçado de conectividade tenha como um dos objetivos conectar os fragmentos florestais para promover a regeneração do ecossistema, no contexto urbano é importante também considerar a importância das contribuições destes fragmentos para o bem-estar da população. Ou seja, é relevante considerar os serviços ecossistêmicos prestados por estes fragmentos, como a regulação de processos erosivos e de águas pluviais e a mitigação do calor urbano.

Nesse sentido, incluir a avaliação dos serviços ecossistêmicos como insumo para o traçado de conectividade urbano é importante porque neste contexto territorial existem mais fragmentos florestais menores, com mais efeito de borda, ou em processo de regeneração recente, que não seriam priorizados pelos indicadores do traçado na escala municipal. Porém, estes fragmentos podem ser fundamentais para o bem-estar da população urbana por sua localização na paisagem, de

modo que os serviços ecossistêmicos prestados por eles as beneficiem diretamente.

Estes benefícios são especialmente relevantes quando se tratam dos serviços ecossistêmicos de regulação, como controle de erosão e transporte de sedimentos, retenção e infiltração de águas pluviais no solo e mitigação do calor urbano. A avaliação destas contribuições da natureza para a mitigação de riscos climáticos são fundamentais para identificar áreas prioritárias para conservação e recuperação ambiental, visando a ampliação da capacidade adaptativa do município em relação aos eventos extremos (Munang *et al.*, 2013).

De tal forma, os indicadores ecológicos utilizados na seleção dos fragmentos prioritários para conectividade foram complementados com indicadores de serviços ecossistêmicos obtidos a partir do Diagnóstico de SE abordado no Capítulo 03, de modo a valorizar os fragmentos que também proporcionam serviços de regulação importantes para a qualidade de vida urbana (Quadro 7).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Quadro 7 - Indicadores dos elementos estruturantes do Traçado de Conectividade Urbano.

ELEMENTO ESTRUTURANTE	COMPONENTE	INDICADOR	DADOS BASE	PESO
Fragmentos Florestais prioritários para conectividade	Prioridade Ecológica	Prioridade de conectividade do fragmento	Dado produzido no Traçado de Conectividade Municipal: Índice de Prioridade de Conservação	1
	Serviços Ecossistêmicos	Índice de Erosão Relativa Evitada pela Vegetação	<i>DSE - Sediment Delivery Ratio</i> : Perda de solo (ton/ha/ano)	0.5
			<i>DSE - Sediment Delivery Ratio</i> : Erosão Evitada pela Vegetação (ton/ha/ano)	
		Índice de Transporte de Sedimentos Relativo Evitado pela Vegetação	<i>DSE - Sediment Delivery Ratio</i> : Deposição de Sedimentos (ton/ha/ano)	0.5
			<i>DSE - Sediment Delivery Ratio</i> : Transporte de Sedimentos Evitado pela Vegetação (ton/ha/ano)	
		Índice de Retenção Relativo de Águas Pluviais	<i>DSE - Urban Stormwater Retention</i> : Escoamento Superficial (m³/ano)	0.7
			<i>DSE - Urban Stormwater Retention</i> : Retenção de Águas Pluviais no Solo (m³/ano)	
		Índice de Infiltração Relativa de Águas Pluviais	<i>DSE - Urban Stormwater Retention</i> : Escoamento Superficial (m³/ano)	0.3
			<i>DSE - Urban Stormwater Retention</i> : Infiltração e Águas Pluviais no Solo (m³/ano)	
		Índice de Mitigação Relativa de Ilha de calor	<i>DSE - Urban Cooling</i> : Temperatura do Ar (°C)	1
			<i>DSE - Urban Cooling</i> : Índice de Mitigação do Efeito de Ilha de Calor	
Áreas Verdes Públicas prioritárias para conectividade	Praças e Parques		Praças e Parques Públicos	1
		Localização em áreas com maiores temperaturas	<i>DSE - Urban Cooling</i> : Temperatura do Ar (°C)	
Área de Interesse para criação de UC	Grotta da Biquinha		Pontos de localização aproximada da área de interesse	1

Fonte: elaborado pelos autores

Para as análises dos fragmentos florestais que estruturam o traçado, foram recortados aqueles que estão parcialmente ou totalmente inseridos no perímetro urbano do município e excluídos os fragmentos com tamanho inferior a 2 ha. Os fragmentos recortados foram então analisados em dois componentes: prioridade ecológica para conectividade e serviços ecossistêmicos.

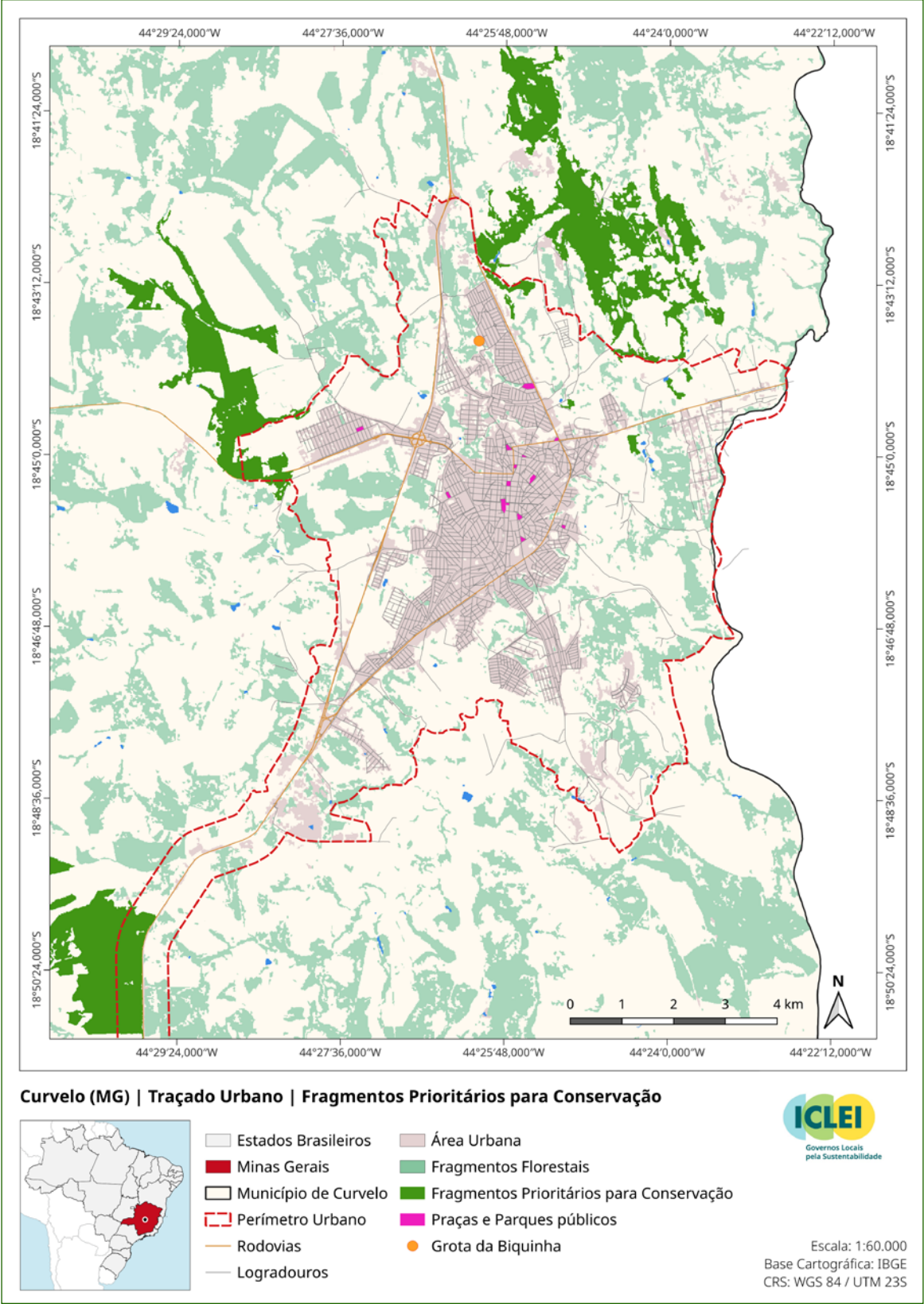
A análise de prioridade ecológica foi realizada

com base no Índice de Prioridade de Conservação dos fragmentos florestais, previamente calculado para o traçado de conectividade municipal. Este índice foi calibrado para a escala urbana por meio da normalização dos valores considerando apenas os fragmentos recortados. Ou seja, dentre os fragmentos inseridos no perímetro urbano, aqueles com maiores índices de prioridade de conservação receberam valores mais próximos de 1 e os com menores índices, valores mais próximos de 0.

Este índice normalizado foi então dividido em cinco classes utilizando o critério de quebras naturais (*natural jenks*) do QGIS, de modo a agrupar os fragmentos com valores próximos e identificar faixas de valores distintas. A partir desta classifi-

cação, os fragmentos com prioridade 4 e 5 (alta e muito alta, respectivamente) para conectividade urbana foram selecionados como elementos estruturantes do traçado (Figura 42).

Figura 42 - Fragmentos Florestais Prioritários para Conservação no Perímetro Urbano de Curvelo (MG).



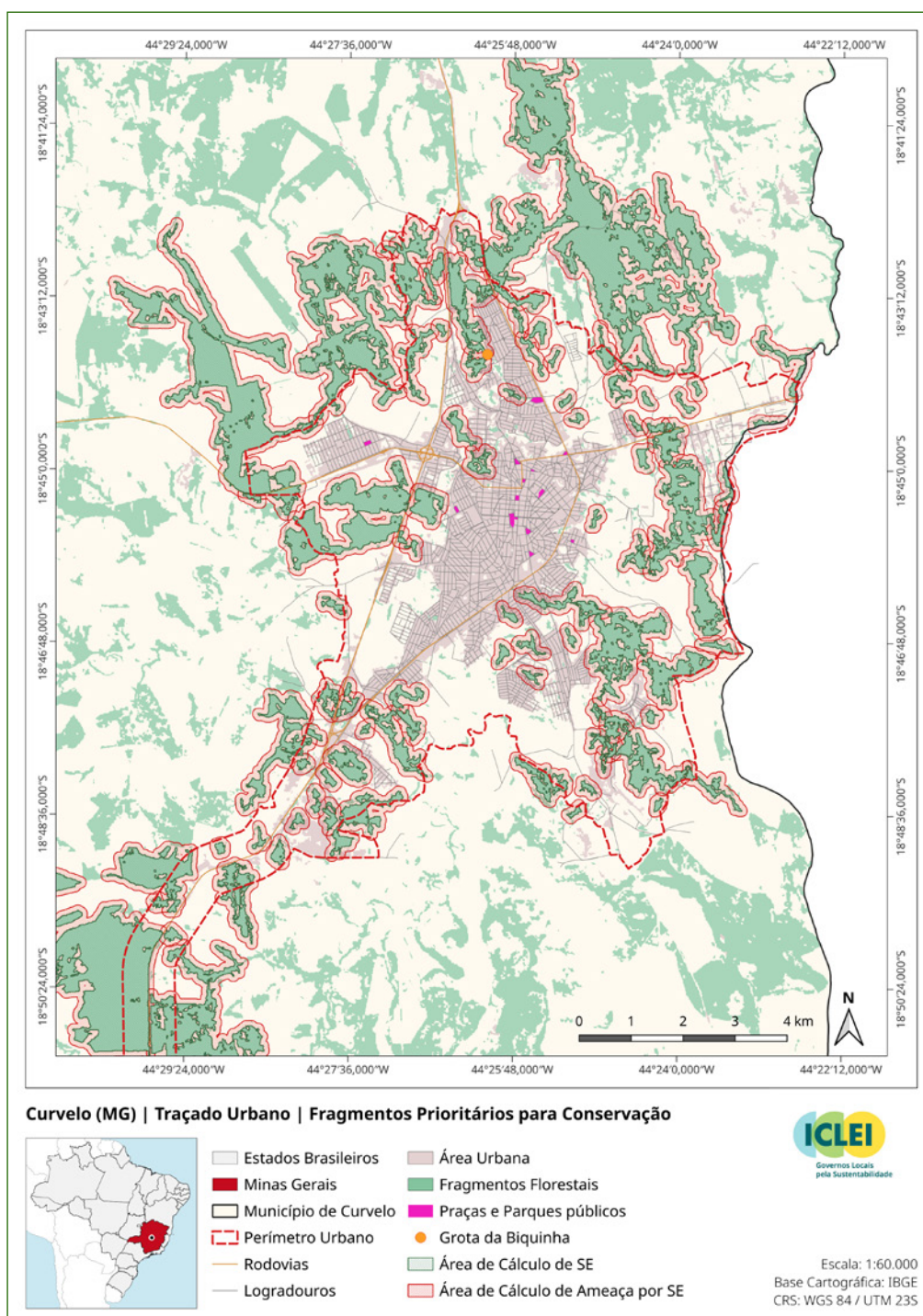
Fonte: ICLEI, 2026

A análise de serviços ecossistêmicos dos fragmentos florestais foi realizada com base nos resultados obtidos do Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos. Com o objetivo de avaliar os SE prestados por cada fragmento florestal, foram calculados os Índices de Serviços Ecossistêmicos. Estes índices avaliam os serviços ecossistêmicos prestados em relação às suas respectivas ameaças no entorno do fragmento, ou seja, trata-se de mensurar a relação entre as contribuições da natureza para mi-

tigar a ameaça em relação à ameaça no seu entorno, estimada a partir de características como tipo de solo, precipitação e uso e ocupação do solo.

Assim, este índice permite contextualizar os serviços ecossistêmicos na paisagem, identificando fragmentos florestais que mais contribuem para mitigar ameaças onde elas são mais severas. Para esta análise foi considerado um buffer de 100 metros em torno dos fragmentos (Figura 43).

Figura 43 - Mapa das Áreas de Cálculo do Índice de Serviços Ecossistêmicos dos Fragmentos Florestais



Fonte: ICLEI, 2026

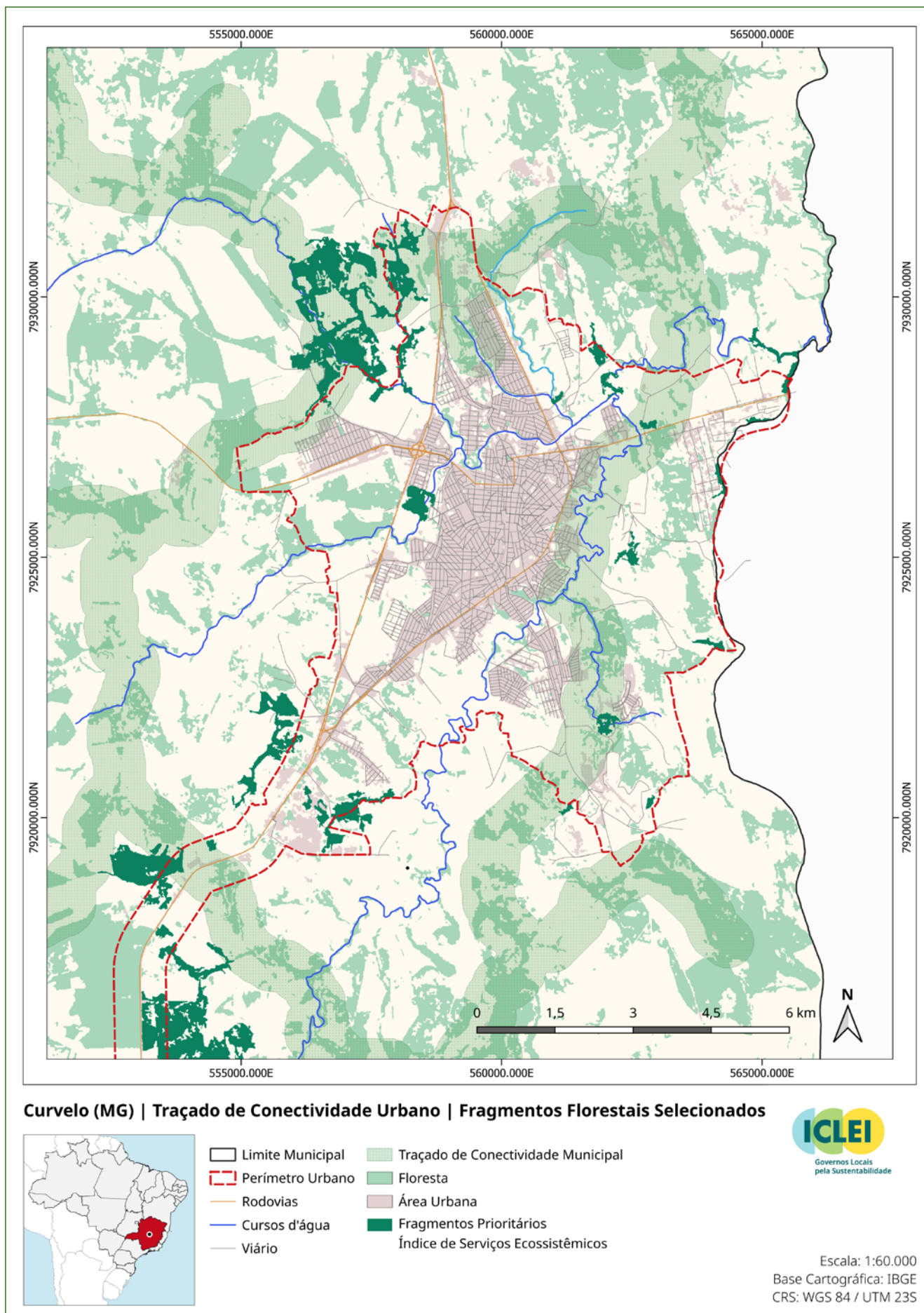
O cálculo dos Índices de SE Relativos foi realizado com a ferramenta estatística zonal, do QGIS. Foram calculadas as médias dos valores dos serviços ecossistêmicos prestados nos pixels correspondentes aos fragmentos florestais e as médias das ameaças nos pixels inseridos no *buffer* de 100 m no entorno dos fragmentos. Estas médias foram normalizadas e somadas para obter cada índice separadamente e possibilitar a análise integrada de serviços ecossistêmicos. A integração dos índices foi realizada por meio da soma ponderada das camadas⁴. O Índice de Serviços Ecossistêmicos Integrado resultante foi classificado em cinco classes por quebras naturais e os fragmentos classificados como prioridade 4 e 5 (alta e muito alta) foram selecionados para estruturar o traçado de conectividade urbano (Figura 44).

Além dos fragmentos florestais prioritários para a conectividade urbana, também foram selecionados como elementos estruturantes os parques e praças com área superior a 0,2 ha, situados nas áreas com maiores temperaturas do ar identificadas no DSE (classes 4 e 5 resultantes da classificação por quebras naturais). Em relação à área de interesse para criação de UC, foi mapeado o ponto de referência para a Grota da Biquinha, por ser a única área dentro do perímetro urbano do município, de acordo com o Plano Diretor Municipal (Curvelo, 2019).

Estes elementos foram incorporados aos fragmentos florestais prioritários pelos componentes ecológicos e de serviços ecossistêmicos, totalizando os elementos estruturantes do traçado de conectividade na escala urbana (Figura 45).

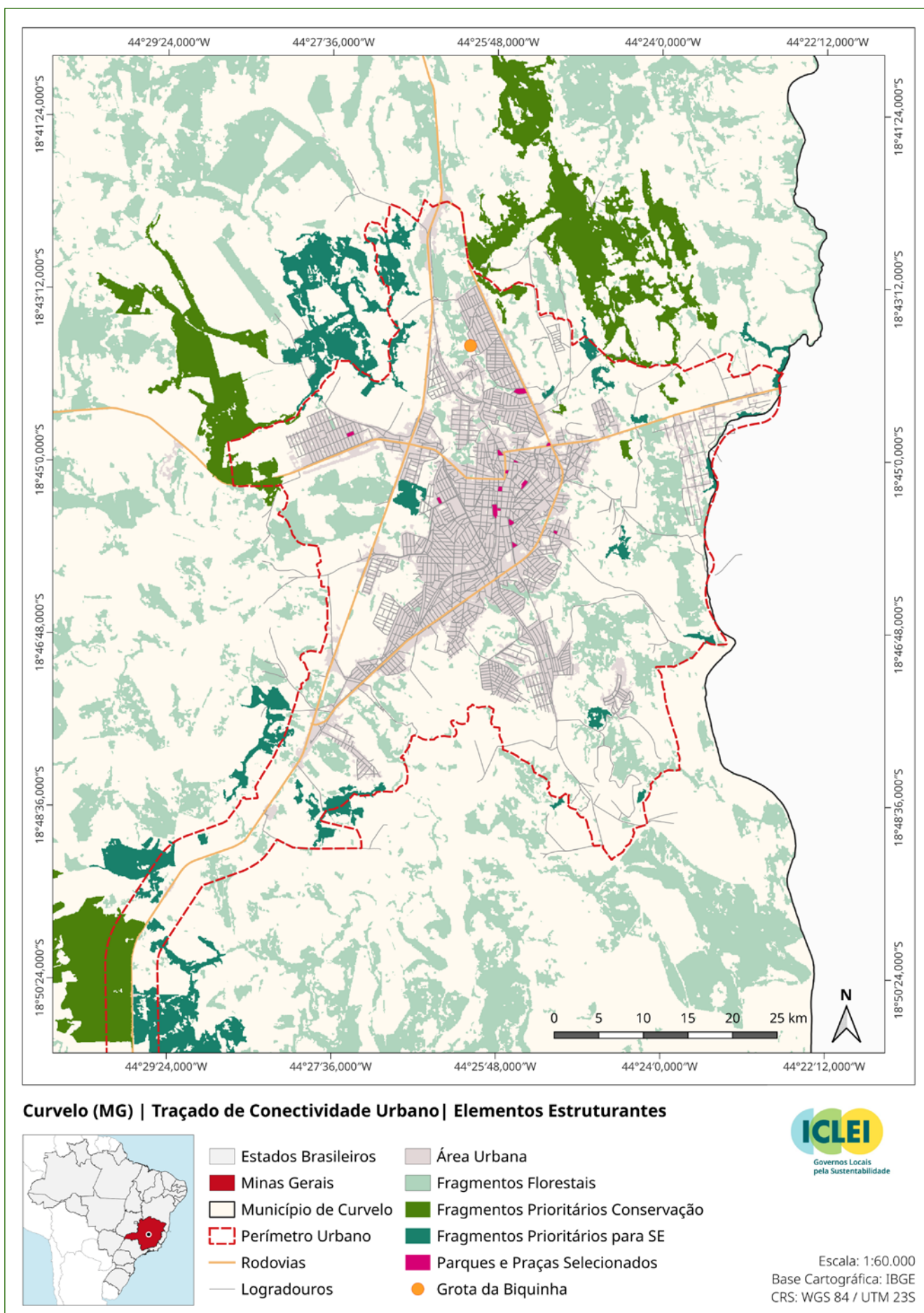
⁴ Para os Índices de Erosão Relativa e Transporte de Sedimentos Relativo evitados pela vegetação foi atribuído peso 0,5 para ambos, pois se tratam de processos distintos que compõem o mesmo serviço ecossistêmico. Já para os Índices de Retenção e Infiltração de Águas Pluviais Relativos, foi atribuído peso 0,7 para o índice de Retenção e 0,3 para o de Infiltração, pois se tratam de processos dependentes, ou seja, é necessário que ocorra a retenção de água no solo para que esta possa infiltrar. Assim, o maior peso foi atribuído ao índice de retenção relativa de águas pluviais, por ser o SE condicionante da infiltração. Ao Índice de Mitigação Relativa de Ilha de calor foi atribuído peso 1 por se tratar de um único SE.

Figura 44 - Fragmentos Florestais Selecionados pelo Índice de SE no Perímetro Urbano de Curvelo (MG)



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 45 - Elementos Estruturantes do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).



Fonte: ICLEI, 2026

4.1.2.2. Identificação das rotas prioritárias de conectividade

Após a identificação e seleção dos elementos estruturantes do traçado, foi realizado o mapeamento das rotas prioritárias de conectividade pelo método de Trechos de Menor Custo (*Least Cost Path*).

A matriz de custos utilizada priorizou que as rotas de conectividade passassem por fragmentos de vegetação nativa, Áreas de Proteção Permanente no entorno dos cursos d'água e, na mancha urbana, áreas com menor densidade construída, como vias e espaços livres (Quadro 8).

Quadro 8 - Indicadores da Matriz de Custos para traçado de conectividade na escala urbana.

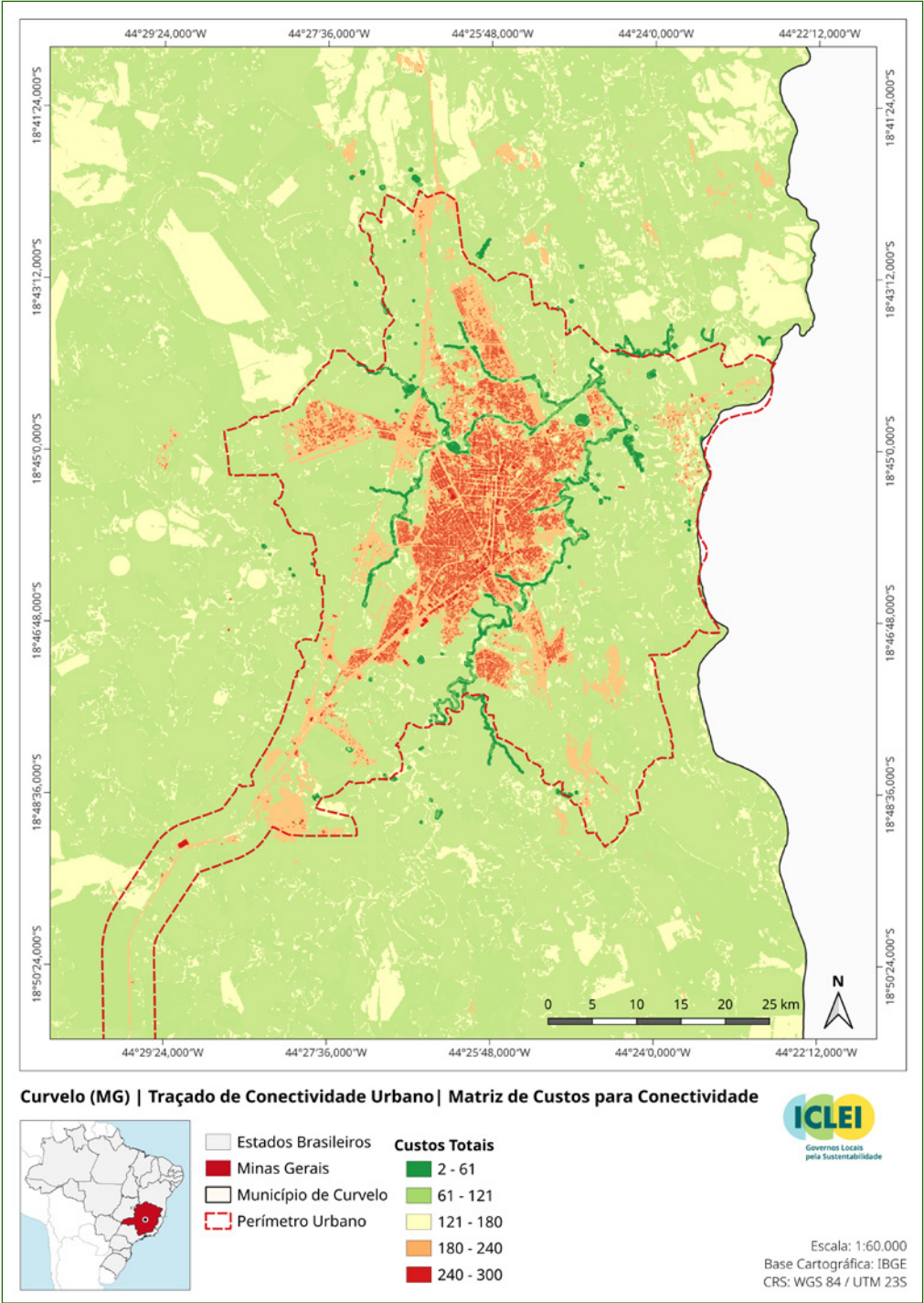
INDICADOR	DADO	CUSTO	JUSTIFICATIVA
Uso e Cobertura da Terra	Formação Florestal	1	Principais elementos de conexão para o traçado dos corredores ecológicos
	Formação Savânica		
	Silvicultura	50	Áreas plantadas, em sua maioria com objetivo econômico, sendo suprimida após alguns anos ficando a área desflorestada.
	Campo Alagado e Área Pantanosa	5	Formações não-florestais (herbácea e arbustiva) importantes para preservação.
	Formação Campestre		
	Pastagem	50	Áreas utilizadas para a agricultura e pastagem exigiriam o plantio de espécies nativas para a implementação das corredores.
	Lavoura Perene		
	Lavoura Temporária		
	Mosaico de Usos		
	Área Urbana Arborizada	50	Ruas arborizadas na mancha urbana são preferenciais para a construção dos corredores ecológicos intraurbanos.
	Área Urbana	100	Consideradas como barreiras à passagem dos corredores ecológicos.
	Outros usos não vegetados		
	Afloramento Rochoso		
	Mineração		
	Aquicultura	1	Corpos d'água são áreas adequadas para conexão, pois são locais de dessedentação da fauna, além de seus arredores constituem áreas de preservação.
	Rios e Lagos		
APPs no perímetro urbano	Áreas de APPs	1	O objetivo é que os corredores passem pelas APPs. Essa classe recebeu peso mínimo.
	Demais áreas		
Área construída por pixel	0% a 25%		O objetivo é que os corredores intraurbanos passem por áreas com menor densidade construída (vias e espaços livres) evitando áreas construídas no interior das quadras.
	25% a 50%	50	
	50% a 75%	75	
	75% a 100%	100	

Fonte: ICLEI, 2026

Neste sentido, a matriz de custos se baseou no método utilizado no traçado de conectividade municipal, porém com indicadores ajustados para a escala urbana: o dado de uso e cobertura da terra do MapBiomas foi complementado com o dado de arborização urbana do município (Curvelo, 2025a), para identificar ruas arborizadas que facilitam a implementação de corredores verdes. O mapeamento de APPs no perímetro urbano foi realizado a partir da base municipal (Curvelo, 2025b).

Para a identificação da área construída por píxel, foi utilizado o dado *Exposure Mapping Component built-up surface* do *Global Human Settlement Layer* (Riffler *et al.*, 2026). As camadas de dados com os respectivos custos foram somadas utilizando a ferramenta calculadora raster do QGIS para gerar o mapa de custos totais para o traçado de conectividade (Figura 46).

Figura 46 - Mapa de Custos Totais para Conectividade Urbana em Curvelo (MG).

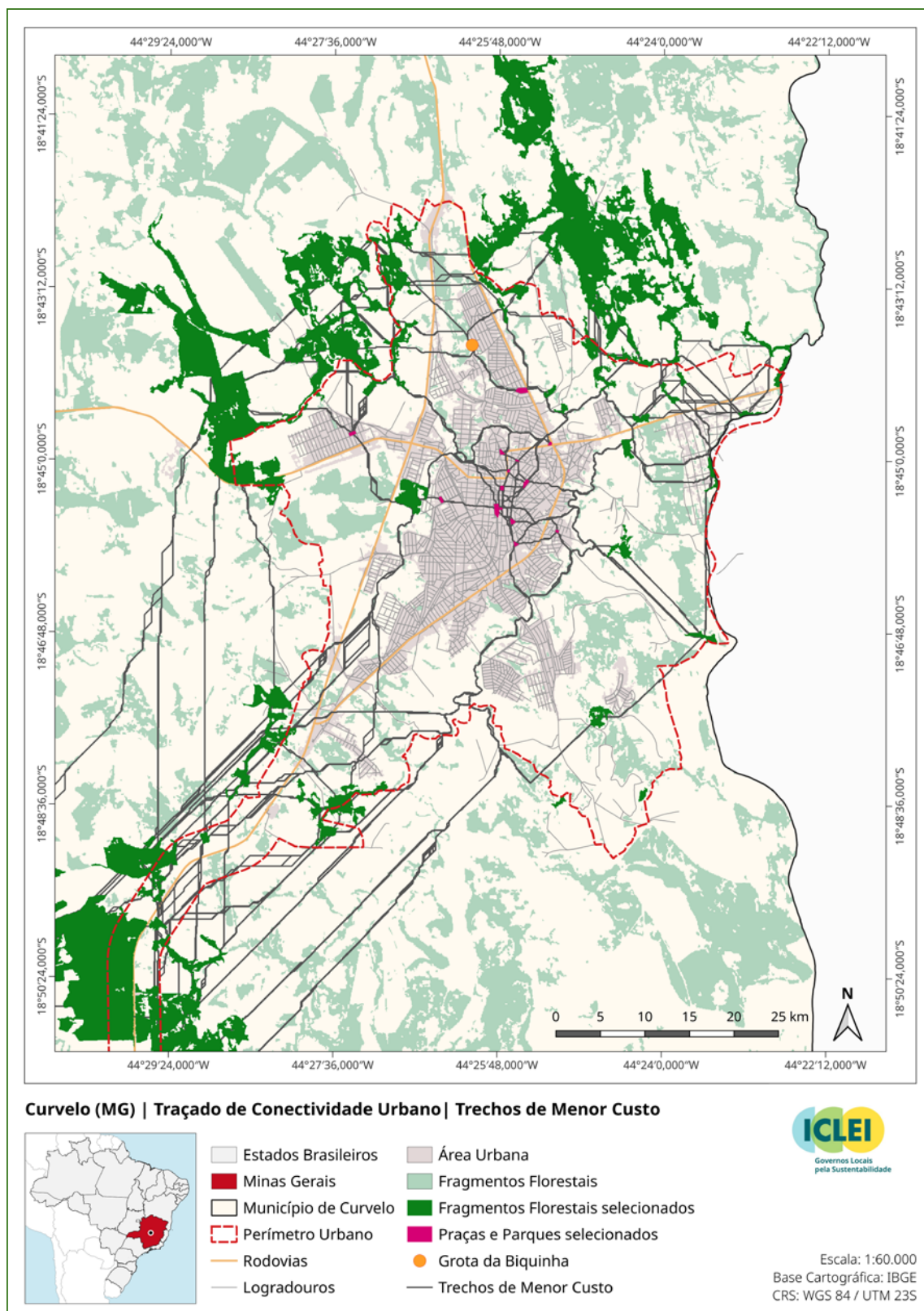


Fonte: ICLEI, 2026

Para mapear os trechos de menor custo, foi utilizado o plugin Least-Cost Path do QGIS, por meio do qual foram gerados todos os trechos de menor custo entre centróides dos elementos estruturantes, considerando-os tanto como pontos de ori-

gem, quanto de destino. Desta análise, resultaram 45 camadas de trechos de menor custo, totalizando 2.025 trechos que se sobrepõem de diferentes maneiras no território (Figura 47).

Figura 47 - Mapa dos Trechos de Menor Custo para Traçado de Conectividade Urbana em Curvelo (MG).



Fonte: ICLEI, 2026

4.1.2.3. Hierarquização dos Trechos de Menor Custo e refinamento do traçado

Para selecionar as conexões prioritárias para o traçado, foi realizada uma hierarquização dos trechos gerados a partir do cálculo de sobreposições entre eles, classificando-as em 5 classes por quebras naturais. Os trechos com mais sobreposições (classes 4 e 5) foram selecionados como prioritários. A partir desta classificação, o traçado de conectividade foi refinado de modo que eventuais trechos que cruzassem quadras fossem ajustados para as vias mais próximas, mantendo os pontos de origem e destino e dando prioridade para eixos viários mais amplos e estruturais.

Para ampliar a abrangência do traçado de conectividade na mancha urbana e promover uma distribuição mais equitativa dos benefícios dos corredores ecológicos para a população, foram adicionados trechos complementares ao traçado, que conectam fragmentos florestais por vias

arteriais, mas que não haviam sido identificados pelo algoritmo de trecho de menor custo. Assim, o traçado de conectividade na escala urbana foi hierarquizado em três categorias:

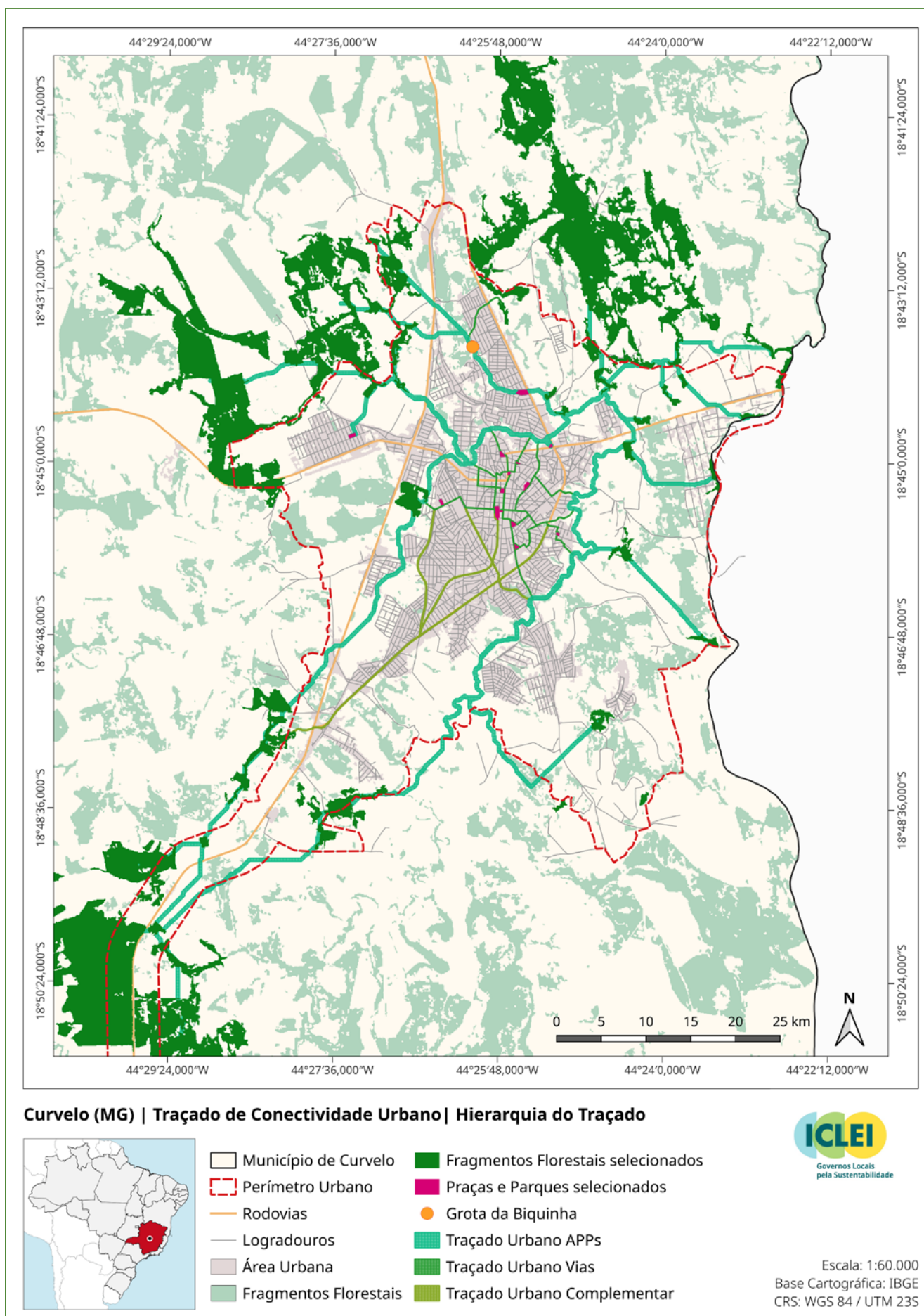
- um traçado prioritário periurbano, que conecta a mancha urbana aos fragmentos florestais no entorno;
- um traçado prioritário intraurbano, que conecta praças e parques ao traçado periurbano; e
- um traçado intraurbano complementar, que adiciona conexões entre fragmentos e praças e parques na mancha urbana.

Para cada hierarquia do traçado foi aplicado um *buffer* de largura sugerida para implementação dos corredores ecológicos: para o traçado periurbano foi aplicado um *buffer* de 75 m; para o traçado intraurbano prioritário, um *buffer* de 20 m; e para o traçado intraurbano complementar foi aplicado um *buffer* de 30m (Figura 48).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 48 - Mapa de Hierarquias do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).



Fonte: ICLEI, 2026

4.2 Resultados

Os corredores ecológicos constituem uma das estratégias mais eficazes para a conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas, ao promover a conectividade funcional entre remanescentes florestais isolados. Em Curvelo, onde os fragmentos de Cerrado encontram-se dispersos por uma vasta área rural e circundam uma mancha urbana relativamente compacta, a estruturação de um traçado de conectividade representa uma ferramenta fundamental para articular esses remanescentes em uma rede ecológica funcio-

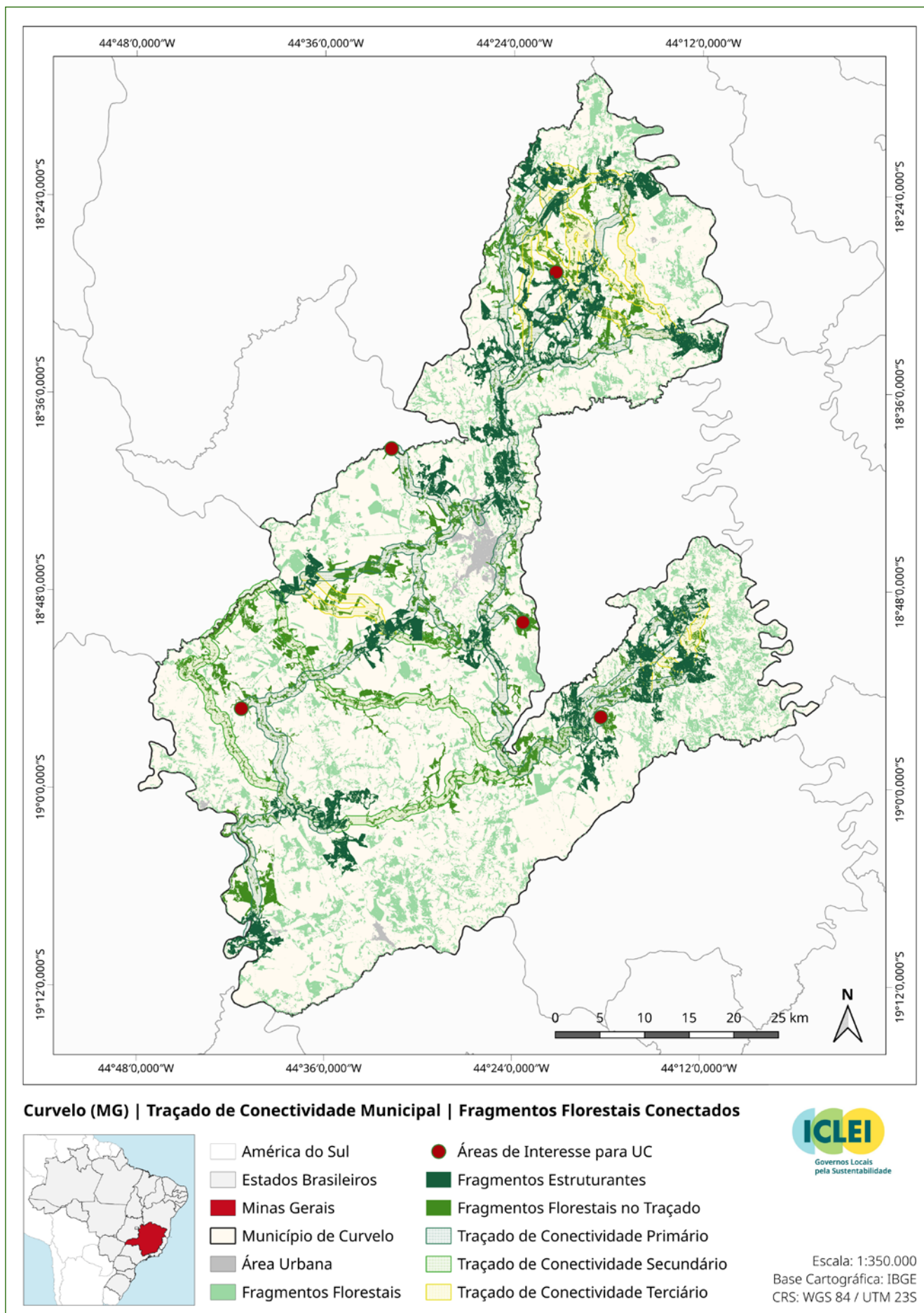
nal — condição indispensável para a manutenção dos serviços ecossistêmicos que sustentam tanto os ecossistemas naturais quanto o bem-estar da população urbana.

O traçado de conectividade na escala municipal resultou em um sistema hierarquizado em três níveis — primário, secundário e terciário —, que articula 26 fragmentos florestais de alta e muito alta prioridade de conservação e cinco áreas de interesse para a criação de Unidades de Conservação, totalizando 31 elementos estruturantes distribuídos por todo o território municipal (Figura 35).



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 49 - Mapa do Traçado de Conectividade Municipal de Curvelo (MG).



Fonte: ICLEI, 2026

A análise do traçado gerado revela um padrão espacial predominante: muitas das rotas de conectividade seguem os cursos d'água e suas respectivas Áreas de Proteção Permanente. Esse resultado é coerente tanto com a lógica ecológica do método — uma vez que a vegetação nativa remanescente concentra-se em grande parte nas matas ciliares ao longo dos ribeirões —, quanto a perspectiva institucional de implementação, visto que as APPs receberam o menor custo na matriz, justamente por representarem as áreas mais propícias à passagem dos corredores do ponto de vista do arcabouço legal favorável para sua proteção e restauração. Assim, o traçado não apenas conecta os fragmentos florestais estruturantes de maior porte, mas também articula uma série de fragmentos menores dispostos ao longo das calhas hidrográ-

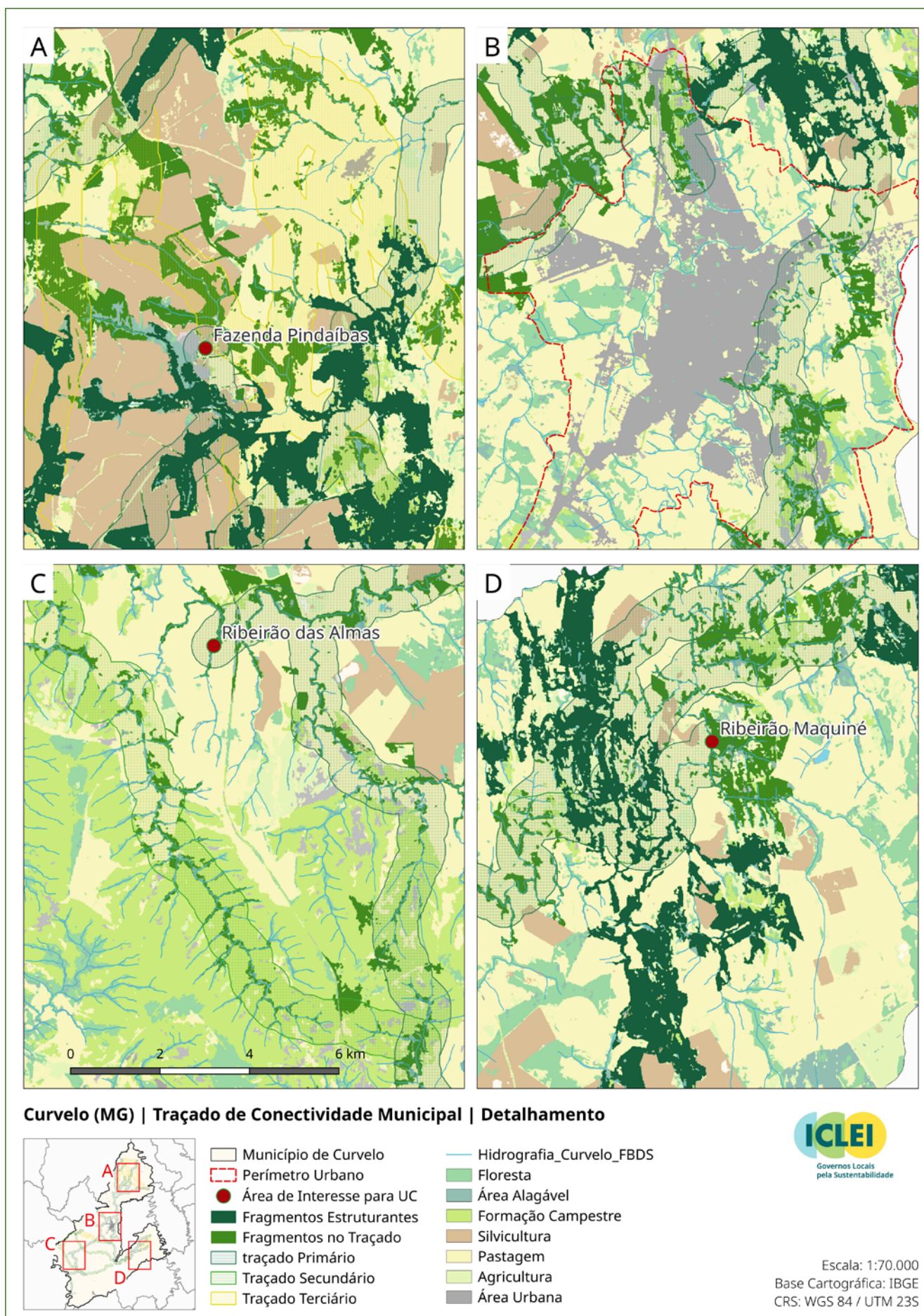
ficas, potencialmente integrando-os à rede ecológica e ampliando significativamente a extensão territorial beneficiada pela conectividade.

Essa configuração tem implicações relevantes para a restauração ecossistêmica: ao seguir a rede hídrica, o traçado privilegia os corredores ripários, reconhecidamente os mais eficazes para a dispersão de fauna e flora, para a manutenção da qualidade e quantidade de água e para o controle de processos erosivos e de assoreamento. O detalhamento do traçado (Figura 50) evidencia como as rotas de conectividade primárias e secundárias atravessam diferentes unidades de paisagem — de fragmentos florestais extensos a mosaicos de uso agropecuário.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 50 - Detalhamento do Traçado de Conectividade Municipal



Fonte: ICLEI, 2026

A compreensão da diversidade de usos que compõem a paisagem inserida na proposta de corredores é fundamental, indicando onde intervenções multifuncionais serão mais determinantes para sua efetividade, não só pensando em benefícios ecológicos, mas especialmente do ponto de vista socioambiental. A figura 51 exemplifica algumas possibilidades nesse sentido.

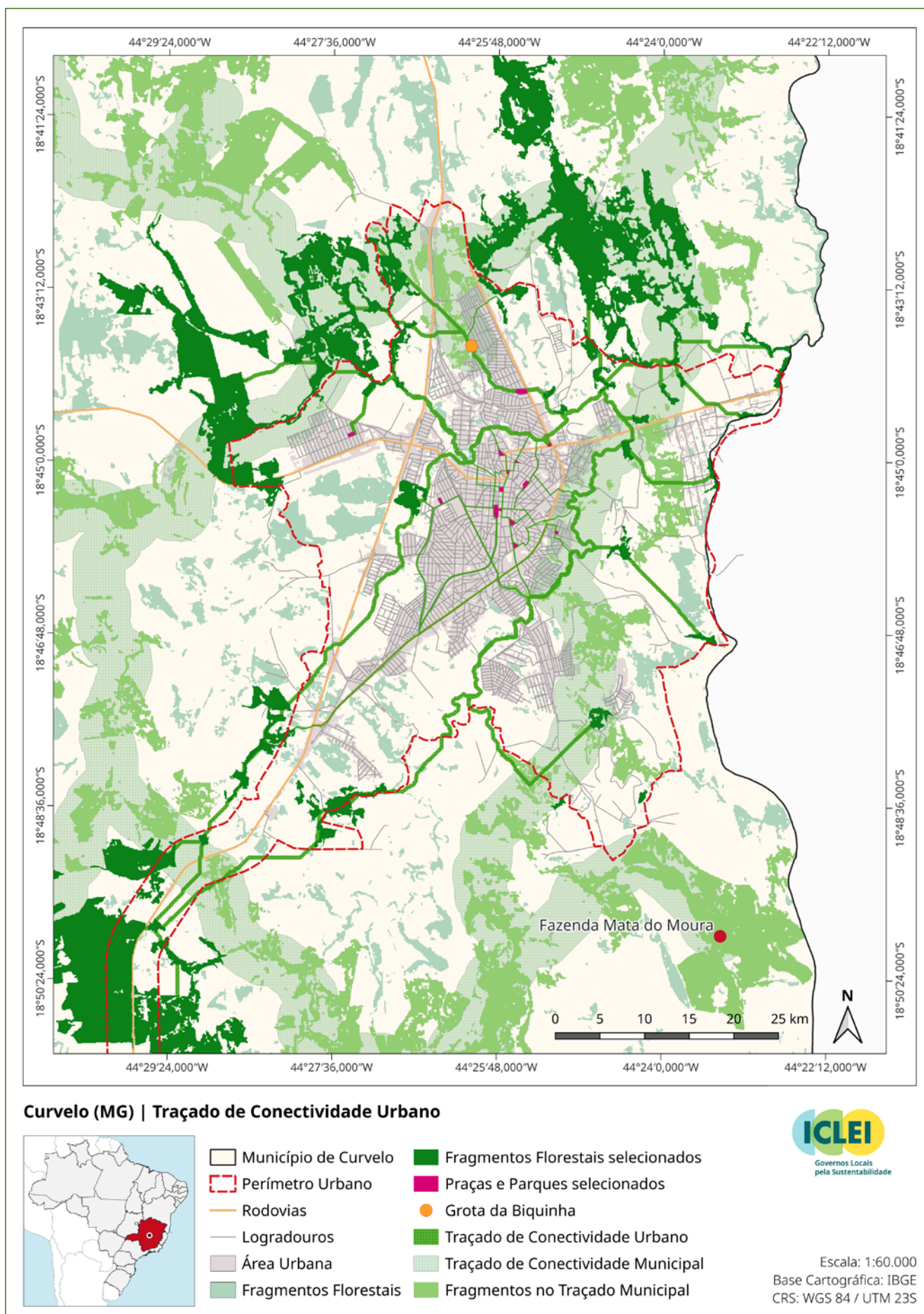
Na escala urbana, o traçado resultou em um sistema que articula fragmentos florestais inseridos no perímetro urbano, praças e parques públicos e a área de interesse para criação de UC da Grota da Biquinha (Figura 51).

Figura 51 - Exemplos de estratégias para viabilizar corredores multifuncionais



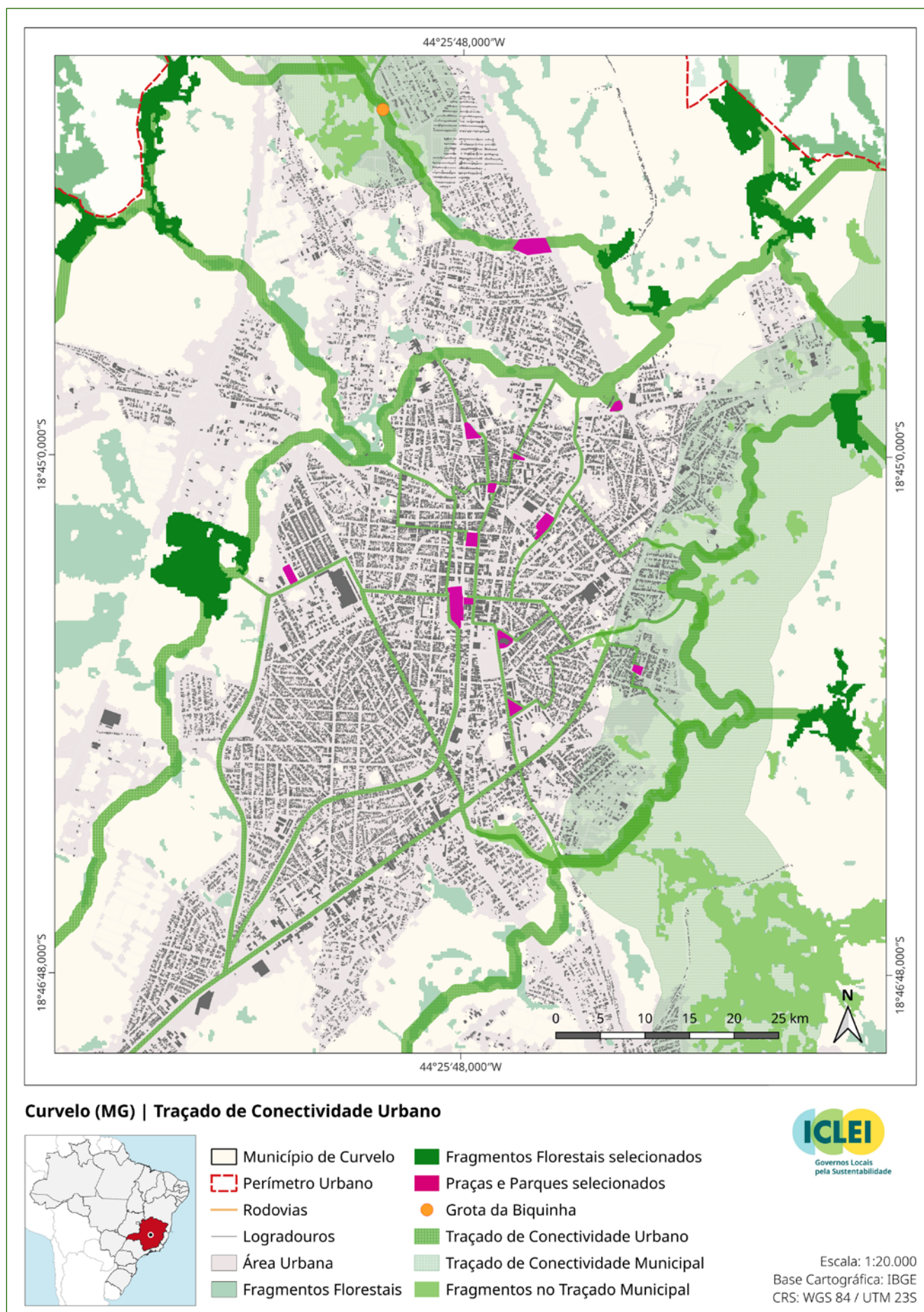
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 52 - Mapa do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 53 - Detalhamento do Traçado de Conectividade Urbano de Curvelo (MG).



Fonte: ICLEI, 2026

O detalhamento do traçado urbano (Figura 52) também evidencia um padrão: as rotas de conectividade intraurbana passam predominantemente por avenidas arborizadas com canteiros centrais e por praças e parques públicos. Esse resultado deve-se ao fato de que, na ausência de áreas naturais contínuas, concentradas nas margens do perímetro e nos fundos de vale que ainda seccionam o tecido construído, as infraestruturas existentes — canteiros, arborização viária e espaços livres públicos — emergem como os elementos de conexão mais viáveis dentro da cidade.

Esse resultado tem uma implicação direta para o planejamento das SBN: ele indica que, no contexto intraurbano de Curvelo, a ampliação da resiliência ecológica dependerá menos da conservação de grandes remanescentes — que são escassos — e mais da qualificação e expansão da infraestrutura verde difusa ao longo do tecido urbano. Avenidas com canteiros vegetados, arborização de calçadas, praças requalificadas e jardins de chuva ao longo dos corredores identificados

constituem, portanto, as tipologias de SBN com maior potencial de contribuição para a conectividade e os serviços ecossistêmicos no espaço urbano de Curvelo.

A articulação entre o traçado municipal e o traçado urbano, visível na Figura 52, é um resultado de especial relevância estratégica: ela evidencia como os corredores periurbanos atuam como elos de transição entre os grandes remanescentes de Cerrado do entorno rural e o tecido urbano, conectando a rede ecológica de escala territorial à infraestrutura verde da cidade. Essa continuidade entre as duas escalas é condição essencial para que, além dos benefícios para a biodiversidade local, os serviços ecossistêmicos gerados — como regulação hídrica, controle de sedimentos e moderação térmica — possam alcançar e beneficiar efetivamente a população urbana, reforçando o argumento central que orienta o Mapeamento de Áreas Prioritárias para SBN apresentado no capítulo seguinte.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

5. Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de SBN

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) têm se consolidado como uma abordagem estratégica para enfrentar desafios socioambientais contemporâneos de forma integrada. Segundo a Organização das Nações Unidas, SBN são ações para proteger, conservar, restaurar, usar de forma sustentável e gerir ecossistemas naturais ou modificados, que enfrentam desafios sociais de maneira eficaz e adaptativa, ao mesmo tempo em que proporcionam benefícios para o bem-estar humano e a biodiversidade (UNEA 5.2, 2022). Essa abordagem reconhece o papel central dos ecossistemas na provisão de serviços essenciais, contribuindo simultaneamente para agendas globais como clima, biodiversidade e desenvolvimento sustentável.

A relevância das SBN está diretamente associada à sua capacidade de gerar múltiplos benefícios (co-benefícios), incluindo mitigação e adaptação às mudanças climáticas, redução de riscos de desastres, segurança hídrica, melhoria da qualidade ambiental e promoção da saúde e bem-estar das populações. Em contextos urbanos e periurbanos, como o de Curvelo (MG), as SBN também desempenham papel fundamental na requalificação de áreas degradadas, na ampliação da infraestrutura verde e na promoção de maior resiliência frente a eventos climáticos extremos (UNDRR e UNU-EHSL, 2023).

As SBN podem ser classificadas a partir de diferentes tipologias, considerando tanto a escala de implementação quanto suas funções predominantes. Em termos de escala, abrangem intervenções pontuais (como jardins de chuva e telhados verdes), soluções em nível de bairro ou bacia (como parques lineares e sistemas de drenagem sustentável) e estratégias territoriais mais amplas (como restauração de paisagens e corredores verdes ou ecológicos).

Já do ponto de vista funcional, uma das primeiras formas de sistematização classificou-as em três tipos. O primeiro diz respeito a SBN que buscam manter ou melhorar os benefícios de ecossistemas existentes, com maior foco em medidas de proteção ou conservação. O tipo 02 seriam as SBN que buscam manejar ou recuperar ecossistemas, portanto, com foco maior em restauração. Por fim, o tipo 03 reúne as SBN que buscam criar novos ecossistemas, por exemplo, por meio de infraestruturas verdes (telhados e paredes verdes, jardins de chuva, alagados construídos, etc.) (Eggermont *et al.*, 2015).

Considerando o objetivo de ampliar a oferta de serviços ecossistêmicos na zona urbana de Curvelo, a metodologia apresentada focou na identificação de áreas prioritárias para SBN dos tipos 02 e 03 — isto é, voltadas à restauração de ecossistemas degradados ou à criação de nova infraestrutura verde. Áreas que demandam ações de conservação de ecossistemas existentes (tipo 01) não foram incluídas neste mapeamento, embora também integrem o espectro conceitual das SBN e sejam igualmente relevantes para a resiliência territorial de Curvelo.

Para assegurar a qualidade, efetividade e integridade das SBN, a IUCN estabeleceu um padrão global composto por oito critérios, que orientam o planejamento, a implementação e a avaliação dessas soluções (IUCN, 2020). Esses critérios incluem, entre outros aspectos, a necessidade de que as SBN respondam a desafios sociais claramente definidos, que sejam baseadas em evidências científicas, que promovam ganhos líquidos para a biodiversidade, que sejam economicamente viáveis e que contemplem governança inclusiva e adaptativa. Além disso, reforçam a importância do monitoramento contínuo e da consideração de conflitos ou contrapartidas necessárias, garantindo que os

benefícios gerados sejam sustentáveis e equitativos no longo prazo.

Neste contexto, o presente capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia adotada para o Mapeamento de Áreas Prioritárias para Implementação de SBN no município de Curvelo (MG). Em seguida, a partir da integração de dados biofísicos, análises espaciais e critérios técnicos alinhados às diretrizes internacionais, busca-se identificar e analisar territórios estratégicos onde a adoção de SBN possa maximizar benefícios ambientais e sociais, contribuindo para o planejamento territorial sustentável e para o fortalecimento da resiliência climática local.

5.1 Metodologia

O mapeamento de Áreas Prioritárias para a implementação de SBN parte de uma premissa central: a distribuição espacial das intervenções importa tanto quanto sua tipologia. Identificar onde atuar é condição indispensável para que os benefícios dessas soluções sejam maximizados e equitativamente distribuídos no território (Chausson *et al.*, 2020). No contexto de Curvelo, onde as mudanças de uso e ocupação do solo avançam sobre áreas de recarga hídrica, fundos de vale e remanescentes de Cerrado, essa dimensão espacial adquire caráter central.

Em especial, essa questão se apresenta com uma particularidade estrutural relevante: o núcleo urbano é relativamente compacto e conta com poucos fragmentos expressivos de vegetação, enquanto a maior parte do município, majoritariamente rural, concentra os principais remanescentes de Cerrado provedores dos serviços ecossistêmicos que sustentam a cidade. Levando essa assimetria em consideração, o mapeamento buscou identificar, na zona urbana de Curvelo, onde as potenciais intervenções de SBN poderiam gerar os maiores retornos ambientais e sociais, conectando o espaço urbano aos sistemas naturais do entorno.

As SBN desempenham um papel estratégico nos ambientes urbanos por sua capacidade de responder simultaneamente a múltiplos vetores de pressão — climáticos, hidrológicos e socioambien-

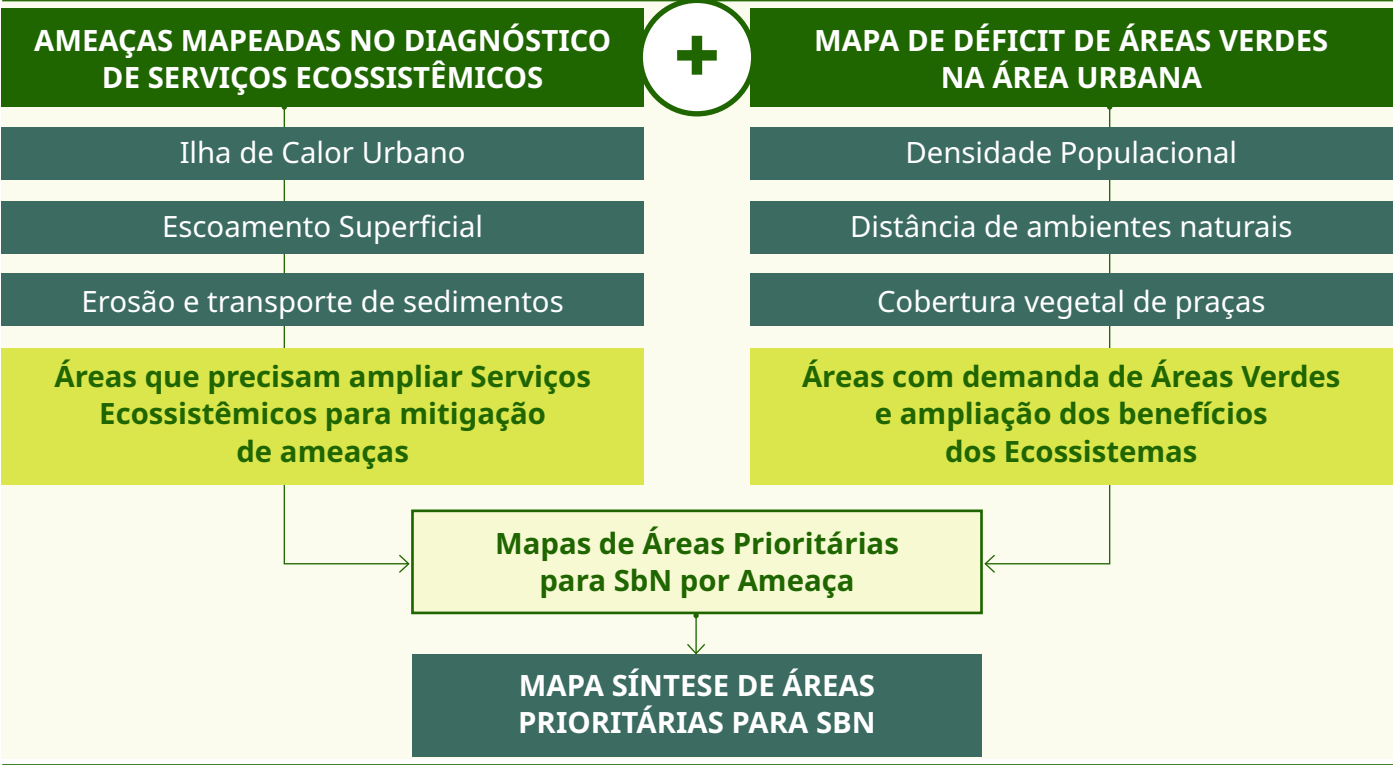
tais — por meio de uma única intervenção territorial. Ao atuar na proteção, restauração ou gestão sustentável de ecossistemas, as SBN podem apoiar a adaptação às mudanças climáticas por meio de proteção contra inundações, regulação da qualidade do ar e da água e resfriamento urbano, contribuindo também para a mitigação climática (Chausson *et al.*, 2020; Seddon, 2022).

Do ponto de vista da resiliência local, a literatura científica tem demonstrado que a efetividade das SBN depende não apenas de sua qualidade intrínseca, mas do contexto socioecológico em que são planejadas e implementadas. Para que as SBN promovam resiliência sistêmica diante das rápidas mudanças ambientais globais, elas precisam ser concebidas, implementadas e geridas em sintonia com o contexto social e ecológico local, por meio do engajamento e do empoderamento de atores locais (IUCN, 2020).

Isso significa que a priorização territorial não pode se basear exclusivamente em critérios biofísicos: a vulnerabilidade social e a capacidade de governança local, por exemplo, são igualmente importantes. Neste contexto, o mapeamento das áreas prioritárias para SbN possui dois componentes fundamentais: a demanda funcional por serviços ecossistêmicos, ou seja, o mapeamento das áreas onde é mais necessário ampliar os benefícios dos ecossistemas para mitigar ameaças ao bem-estar da população; e a demanda social, ou seja, as áreas onde há baixa oferta de SE em relação à densidade populacional (Longato *et al.*, 2023).

Deste modo, a metodologia utilizada para a definição das áreas prioritárias para SbN foi estruturada a partir de dois elementos centrais: os resultados do Diagnóstico de Serviços Ecossistêmicos e o mapa do déficit de áreas verdes urbanas, modelado para este mapeamento. A partir do cruzamento destes indicadores foram elaborados mapas temáticos de áreas prioritárias para SbN por ameaça ao bem-estar humano e, posteriormente, estes mapas foram combinados para se chegar ao mapa síntese de áreas prioritárias para SbN (Figura 53).

Figura 54 - Estrutura metodológica do Mapeamento de Áreas Prioritárias para SbN



Fonte: ICLEI, 2026

5.1.1. Análise do déficit de áreas verdes urbanas

O déficit de áreas verdes urbanas consiste em uma análise da relação entre oferta e demanda de natureza urbana pela população. Para espacializar este déficit foi realizado o modelo *Urban Nature Access*, do InVEST, que analisa a oferta de natureza urbana com base no tipo, tamanho, proximidade e qualida-

de da natureza urbana acessível per capita. O modelo calcula o acesso à natureza urbana com base na localização e na extensão da natureza urbana, na densidade habitacional por pixel, bem como na necessidade ou demanda per capita por natureza urbana (Quadro 9). O detalhamento das equações e processamentos de dados do algoritmo do modelo pode ser encontrado em Natural Capital Alliance (2026).

Quadro 9 - Dados de entrada utilizados no modelo InVEST *Urban Cooling*.

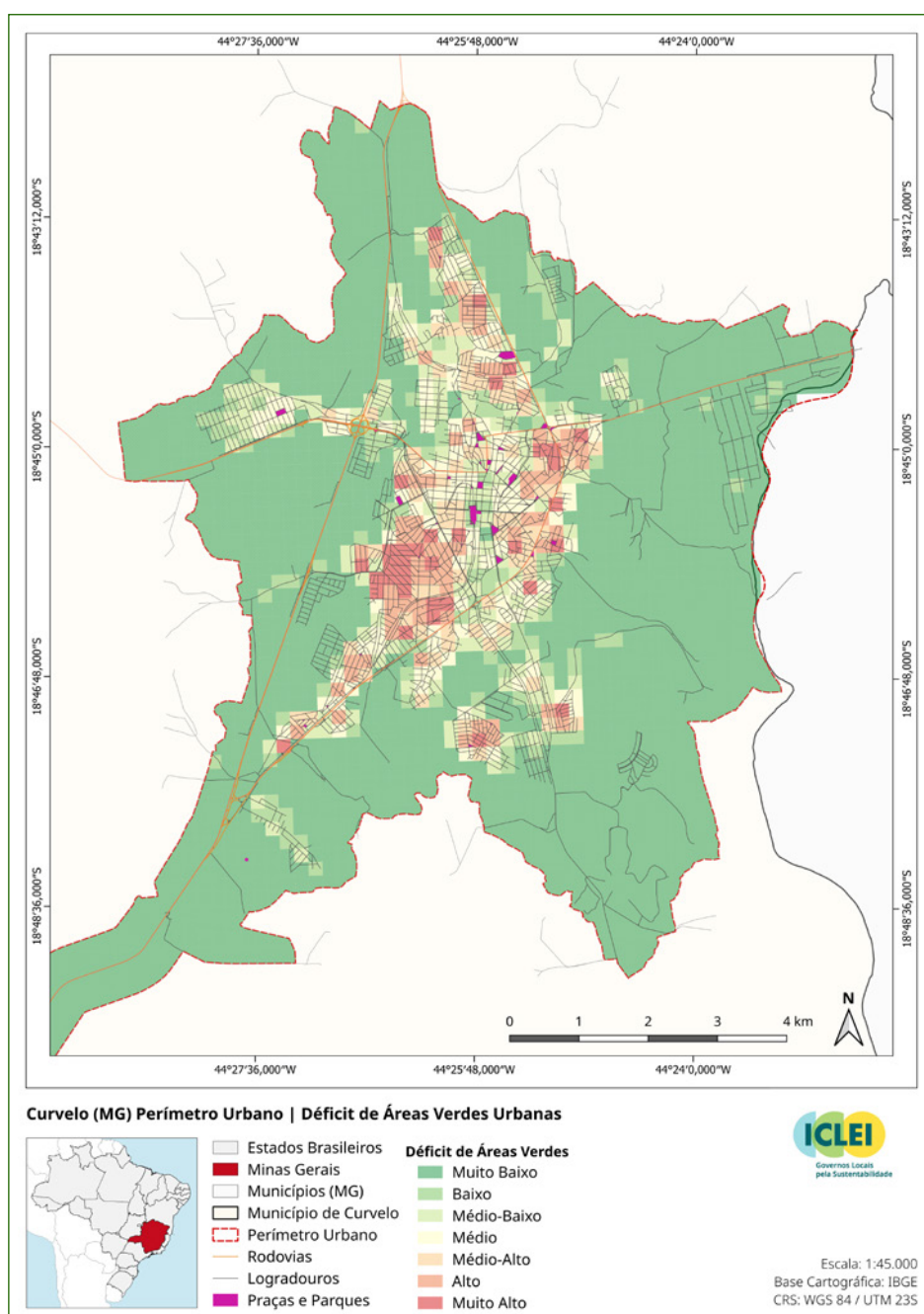
DADO DE ENTRADA	DADO UTILIZADO	FONTE
Uso e Cobertura da Terra	Uso e Cobertura da Terra em 2023	Mapbiomas (2025)
Percentual de cobertura vegetal de espaços livres públicos	Parques e Praças	Curvelo (2025c)
	Percentual de cobertura vegetal por pixel	Riffler et al. (2026)
Densidade Populacional	Censo 2022, Grade Estatística	IBGE (2022)
Demanda por natureza urbana per capita	Índice mínimo para áreas verdes: 15 m2/ habitante	SBAU (1996)

Fonte: ICLEI, 2026

A localização e natureza da cobertura vegetal urbana foi obtida a partir do dado de uso e cobertura da terra do MapBiomas (2025). A densidade habitacional por pixel foi espacializada com base nos resultados do Censo de 2022 disponibilizados no formato de grade estatística para maior refinamento e precisão. O critério de demanda por natureza urbana per capita utilizado foi de 15 m² por habitante, conforme delimitado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU, 1996). Para garantir maior refinamento ao modelo, o dado de uso e cobertura da terra foi

complementado com o mapeamento de praças e parques com seus respectivos percentuais de cobertura vegetal. Este refinamento foi realizado por meio do cálculo da média do percentual de cobertura vegetal por praça, com base na camada de cobertura vegetal (greenness) do dado *Exposure Mapping Component built-up surface* do *Global Human Settlement Layer* (Riffler et al., 2026). Com base nestes dados foi modelado o déficit de áreas verdes no perímetro urbano do município (Figura 54).

Figura 55 - Mapa do Déficit de Áreas Verdes no perímetro urbano do município de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

5.1.2. Análise Integrada de prioridade de implementação de SbN

Para mapear as áreas prioritárias para SbN no município, o mapa do déficit de áreas verdes foi

cruzado com os dados de ameaças resultantes do diagnóstico de serviços ecossistêmicos: perda de solo, deposição de sedimentos, escoamento superficial e calor urbano (Quadro 10).

Quadro 10 - Indicadores de Prioridade de Soluções Baseadas na Natureza.

MAPA TEMÁTICO	DADOS UTILIZADOS
SbN para Controle de Erosão	Déficit de Áreas Verdes
	DSE: <i>Sediment Delivery Ratio</i> - Perda de Solo
SbN para Retenção de Sedimentos	Déficit de Áreas Verdes
	DSE: <i>Sediment Delivery Ratio</i> - Deposição de Sedimentos
SbN para Retenção e Drenagem de águas pluviais	Déficit de Áreas Verdes
	DSE: <i>Urban Stormwater Retention</i> - Escoamento Superficial
SbN para Resfriamento Urbano	Déficit de Áreas Verdes
	DSE: <i>Urban Cooling</i> - Temperatura do Ar

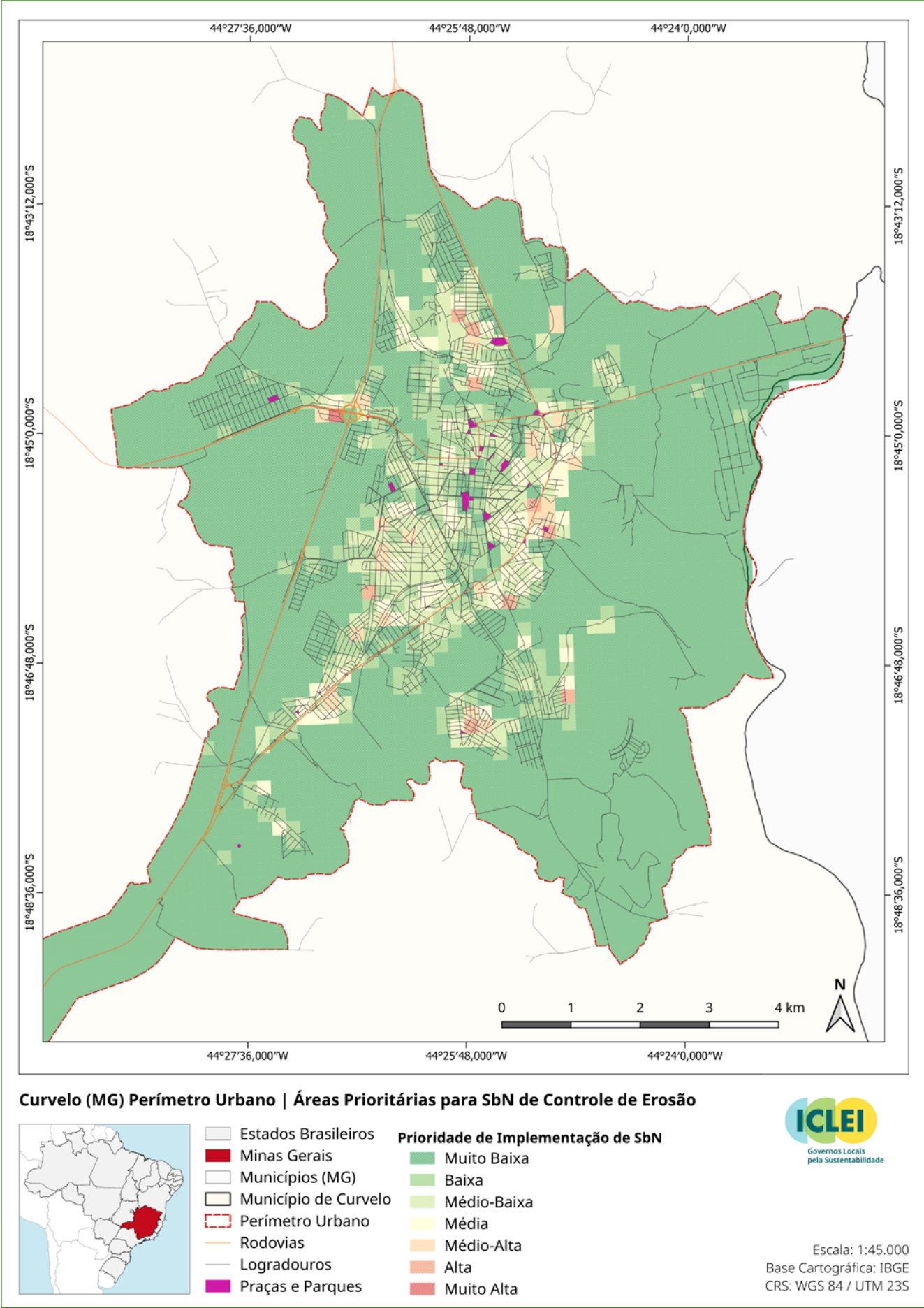
Fonte: ICLEI, 2026

O cruzamento dos dados foi realizado tomando como unidade espacial de análise a grade estatística do IBGE utilizada na modelagem do déficit de áreas verdes. A seleção desta malha territorial para a agregação dos dados nesta análise foi em função de sua padronização no território. A grade estatística possui células contíguas de 200 m x 200 m em áreas urbanas, o que permite cruzamentos e sínteses dos resultados de maneira uniforme no território, evitando distorções causadas por recortes administrativos e censitários. Assim, foi possível realizar os cruzamentos de dados de modo a equilibrar uma resolução espacial que fosse refinada o suficiente para identificar áreas prioritárias para SbN na escala local, mas que não

fosse granulada demais para evitar resultados muito fragmentados ou pulverizados no território.

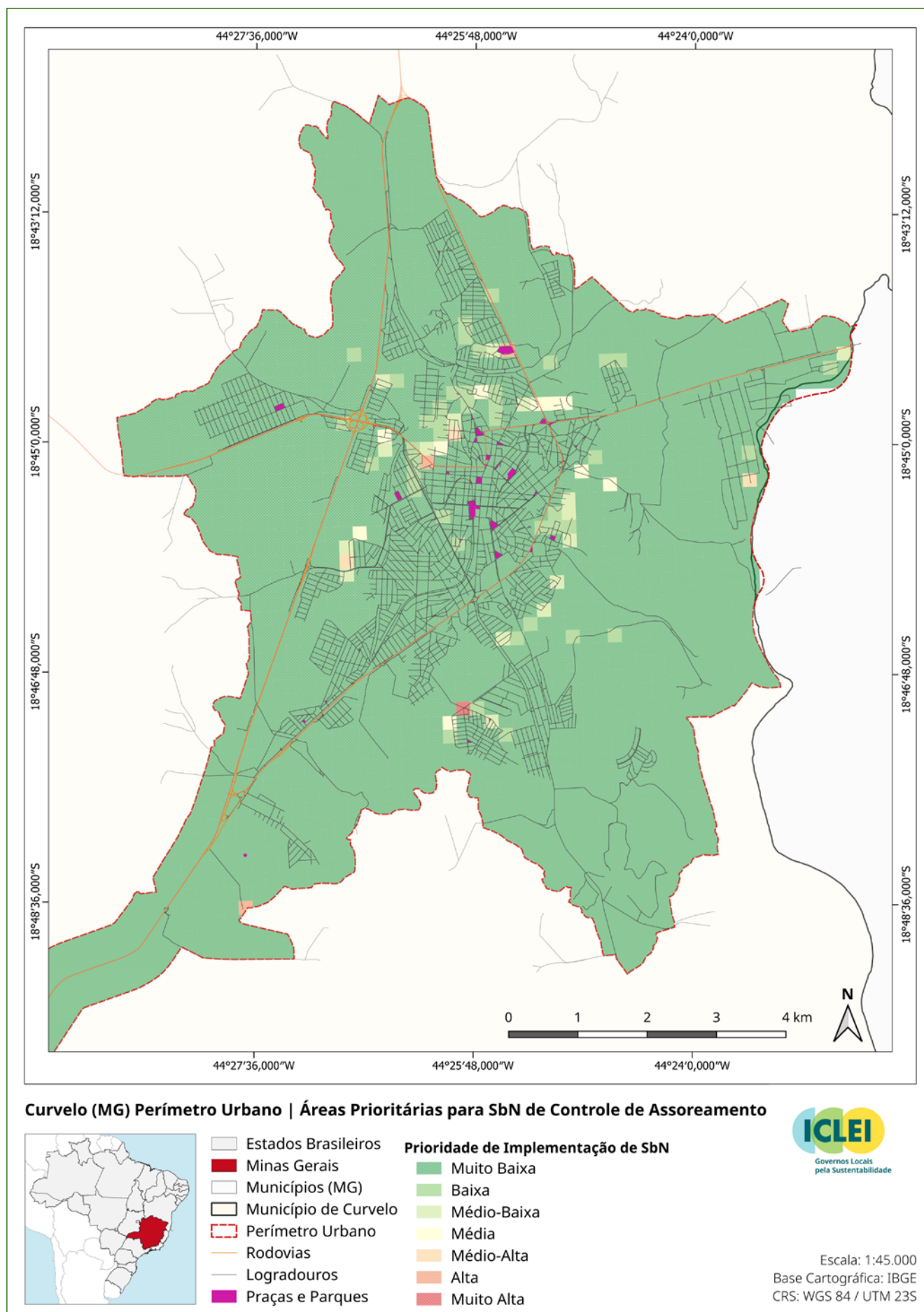
Estabelecendo as células da grade estatística como a unidade espacial de análise, foram calculadas as médias dos indicadores de cada mapa temático de SbN por meio da ferramenta estatística zonal do QGIS. As médias das ameaças foram normalizadas e multiplicadas com a média normalizada do déficit de áreas verdes. A partir destes cruzamentos foram elaborados mapas temáticos de áreas prioritárias para SbN de acordo com cada ameaça a ser mitigada (Figuras 55, 56, 57 e 58).

Figura 56 - Mapa de áreas prioritárias para SbN para controle de erosão.



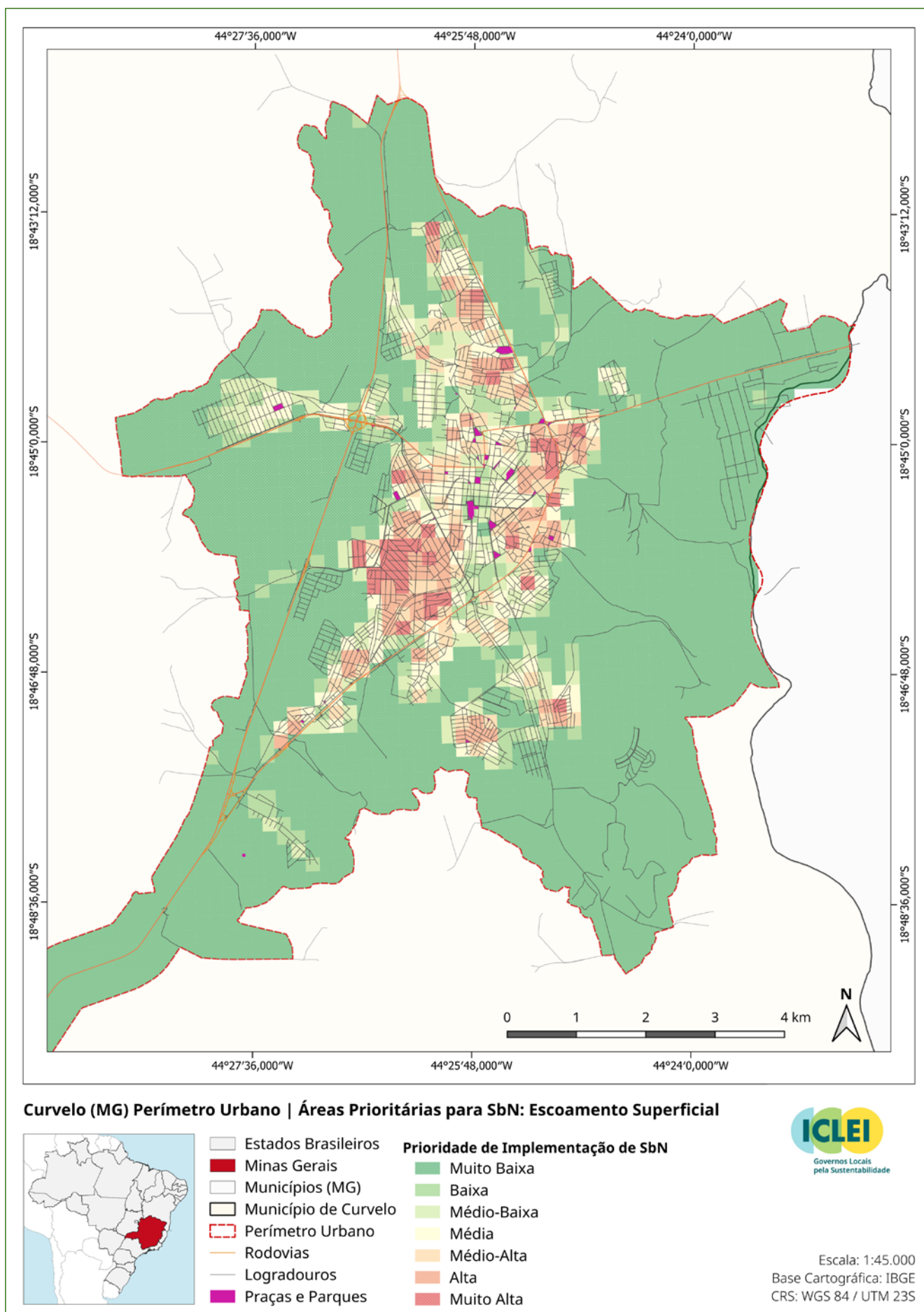
Fonte: ICLEI, 2026

Figura 57 - Mapa de áreas prioritárias para SbN para controle de assoreamento.



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 58 - Mapa de áreas prioritárias para SbN controle de escoamento superficial.

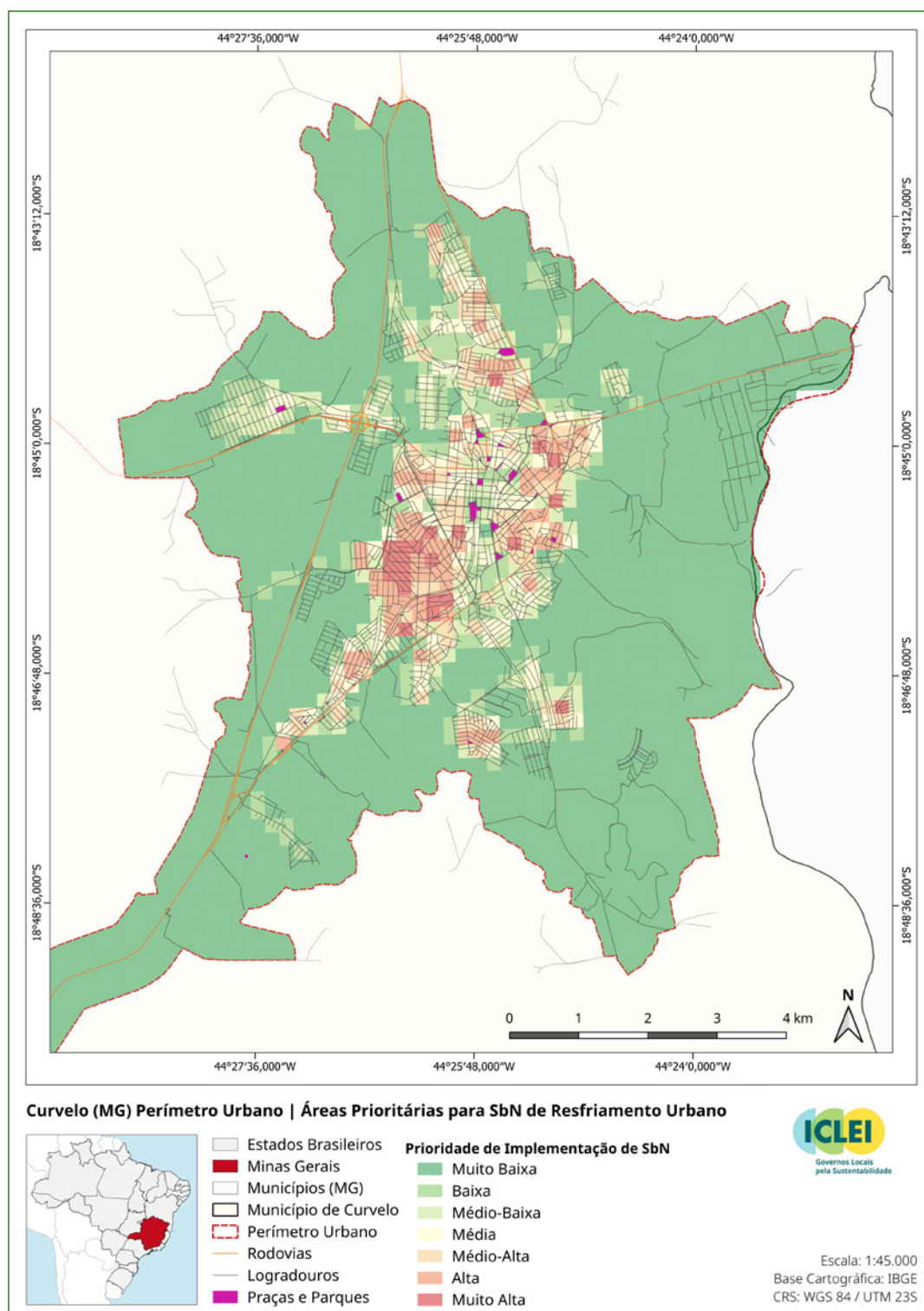


Fonte: ICLEI, 2026

Com base nos mapas temáticos, foi realizada a integração destes dados para elaboração do mapa síntese de áreas prioritárias para restauração. O mapa síntese reflete as áreas em que há as maiores e menores sobreposições de demandas por soluções baseadas na natureza, considerando seus co-benefícios para as ameaças analisadas. Para esta análise integrada, as camadas de défi-

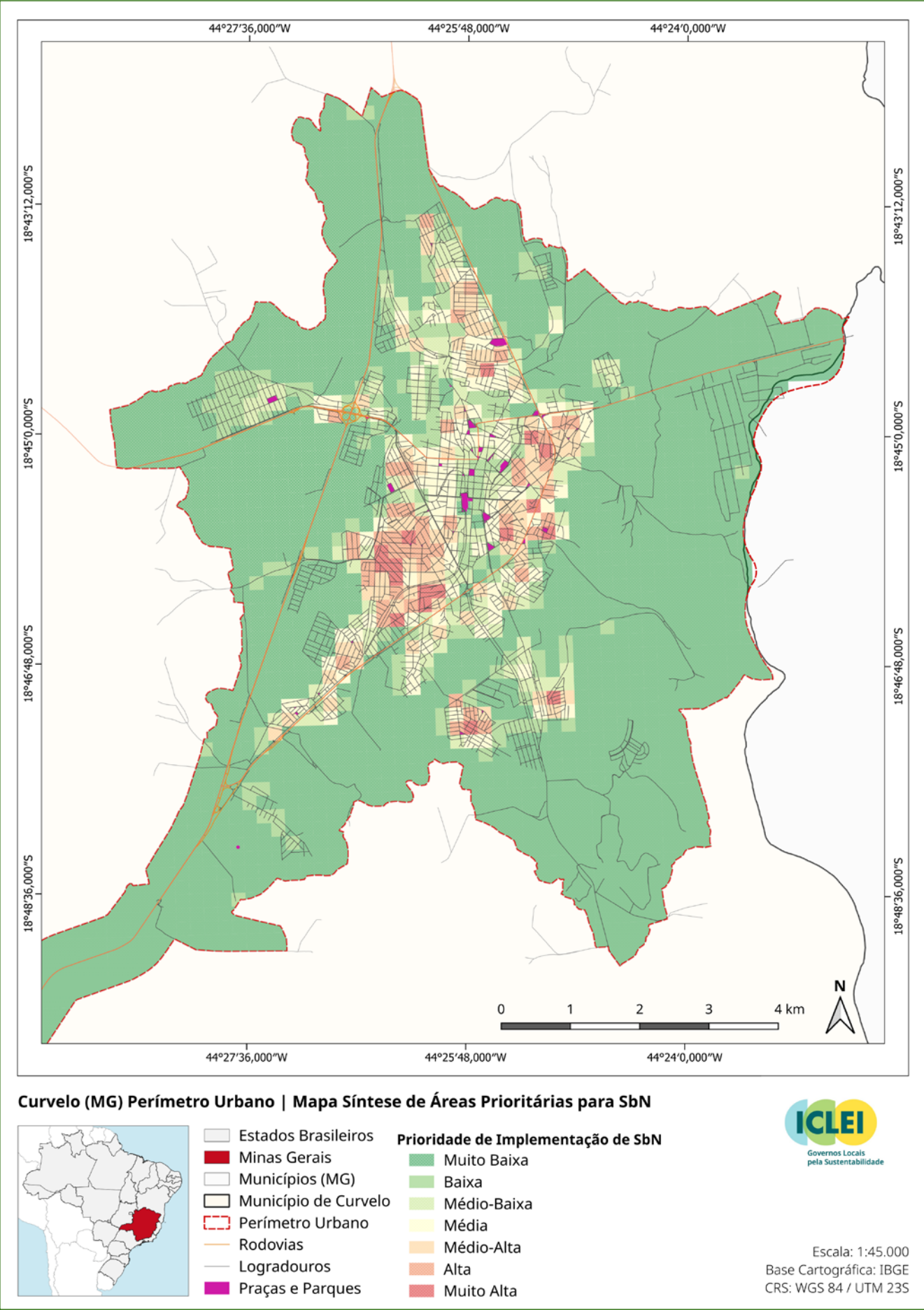
cit de áreas verdes urbanas e de prioridades de implementação de SbN para controle de erosão, controle de assoreamento, escoamento superficial e resfriamento urbano foram normalizadas e somadas utilizando a ferramenta calculadora raster do QGIS. O resultado desta soma foi classificado em 7 classes a partir do critério de quebras naturais (Figura 59).

Figura 59 - Mapa de áreas prioritárias para SbN de resfriamento urbano.



Fonte: ICLEI, 2026

Figura 60 - Mapa Síntese de Áreas Prioritárias para SbN no perímetro urbano de Curvelo, MG.



Fonte: ICLEI, 2026

5.2 Resultados

As SBN representam uma das respostas mais promissoras aos desafios que as cidades enfrentam diante das mudanças climáticas, da perda de biodiversidade e da crescente demanda por mais qualidade de vida urbana. Ao integrar processos ecológicos ao planejamento do território, essas soluções permitem que a natureza atue ativamente na redução de riscos, na regulação climática e na promoção do bem-estar — frequentemente com custos menores e co-benefícios mais amplos do que as infraestruturas cinzas convencionais. Em cidades de médio porte como Curvelo, onde a pressão sobre os ecossistemas coexiste com limitações orçamentárias e institucionais, o mapeamento criterioso de onde intervir torna-se ainda mais importante, e contribui para que as SBN sejam implementadas com efetividade e equidade.

O mapa do déficit de áreas verdes urbanas (Figura 54) revela que as maiores carências destes espaços se concentram no núcleo central e mais densamente construído de Curvelo, especialmente no quadrante sudoeste, onde a impermeabilização do solo é mais intensa e a distância dos habitantes em relação a fragmentos florestais e espaços livres qualificados é maior. As bordas do perímetro urbano, por outro lado, apresentam déficit baixo ou muito baixo, beneficiadas pela proximidade com os remanescentes florestais que orlam a mancha construída. Esse gradiente centro-periferia é um dado estrutural relevante, e comum à muitas cidades brasileiras: indica que a demanda por natureza urbana é mais aguda justamente onde a oferta de serviços ecossistêmicos é mais limitada.

Os mapas temáticos por ameaça aprofundam essa leitura. O mapa de áreas prioritárias para controle de erosão (Figura 55) apresenta padrão relativamente disperso no tecido urbano, com células de alta e muito alta prioridade associadas a áreas de maior declividade e menor cobertura vegetal — especialmente nos setores norte e central da mancha urbana. Já o mapa para controle

de assoreamento (Figura 56) exibe concentrações de prioridade mais marcadas ao longo dos fundos de vale e das calhas dos cursos d'água que seccionam o perímetro urbano, reforçando a importância da vegetação ciliar como barreira à deposição de sedimentos nos canais.

O mapa de prioridade para controle do escoamento superficial (Figura 57) é o que apresenta a distribuição mais extensa e intensa de células com alta e muito alta prioridade, cobrindo ampla porção do centro urbano. Esse resultado é diretamente explicado pela elevada taxa de impermeabilização do solo nessas áreas: sem cobertura vegetal suficiente para absorver e retardar o escoamento, a capacidade de regulação hídrica natural é gravemente comprometida, ampliando o risco de alagamentos e sobrecarregando a infraestrutura de drenagem existente. O mapa de resfriamento urbano (Figura 58) apresenta padrão semelhante, com prioridades altas concentradas no núcleo central mais adensado, onde o efeito de ilha de calor é mais pronunciado e a densidade de vegetação mais baixa.

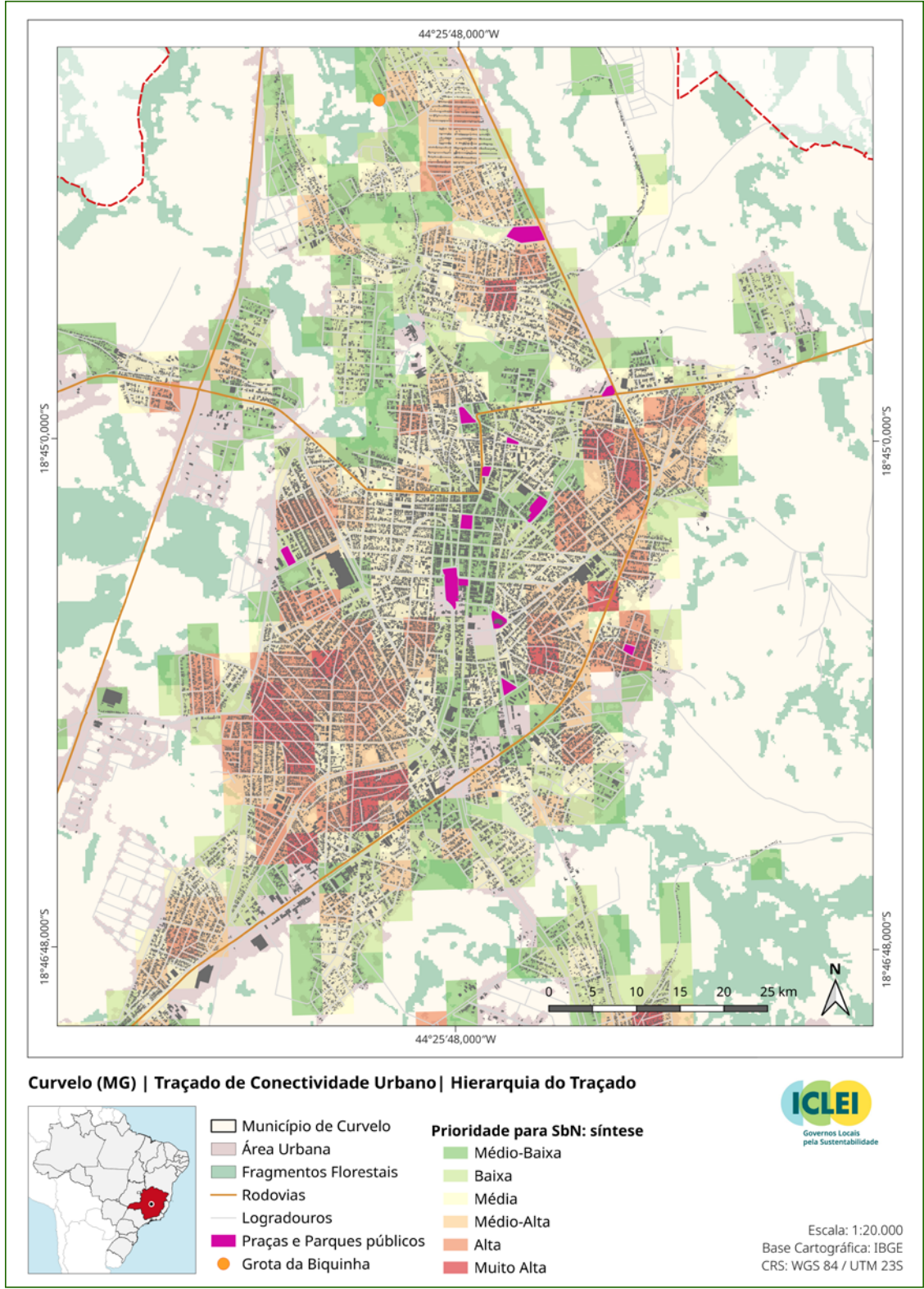
A síntese dos quatro mapas temáticos (Figura 59) consolida uma visão integrada das prioridades para implementação de SBN em Curvelo. O resultado confirma e reforça o padrão identificado nos mapas individuais: as áreas de mais alta prioridade concentram-se no setor centro-norte da mancha urbana, correspondendo a um território onde a combinação de alto déficit de áreas verdes, elevado escoamento superficial, maior intensidade do calor urbano e presença de processos erosivos cria uma demanda simultânea e cumulativa por intervenções baseadas na natureza.

Em contrapartida, as bordas do perímetro urbano — especialmente nos setores leste e sul, onde os fragmentos florestais são mais abundantes e o adensamento construído é menor — apresentam prioridade baixa a muito baixa, o que é coerente com a maior oferta de serviços ecossistêmicos nessas áreas. Nessas áreas, não obstante, ações de conservação e proteção dos ecossistemas exis-

tentes são fundamentais para garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos que hoje beneficiam a população urbana — e deverão compor, junto às intervenções de restauração e criação de infraestrutura verde, uma estratégia de SBN verdadeiramente abrangente para o município.

O mapa com elementos de referência urbana (Figura 60) permite localizar as áreas prioritárias em relação à malha viária, às praças e parques públicos e aos fragmentos florestais existentes, conferindo maior operacionalidade à leitura dos resultados.

Figura 61 - Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de Sbn em Curvelo, MG com elementos de referência urbana



Fonte: ICLEI, 2026

Notavelmente, diversas células de alta e muito alta prioridade coincidem com eixos viários estruturais e com espaços públicos já consolidados, o que sugere que parte significativa das intervenções necessárias pode ser viabilizada por meio da qualificação e da expansão da infraestrutura verde já existente — arborização de canteiros, requalificação de praças, implantação de jardins de chuva em vias — sem depender exclusivamente da criação de novas áreas verdes em terrenos ainda não urbanizados.

A sobreposição do traçado de conectividade urbano sobre o mapa síntese de áreas prioritárias para SBN (Figura 61) é um dos resultados de maior relevância estratégica desta etapa de diagnóstico. Os dois produtos se revelam complementares, mas respondem a lógicas distintas: o traçado de conectividade, mesmo considerando as adaptações realizadas para o traçado urbano, orienta onde estruturar corredores verdes ou ecológicos com o objetivo primário de conectar fragmentos florestais existentes e promover a regeneração do ecossistema; enquanto o mapa de áreas prio-

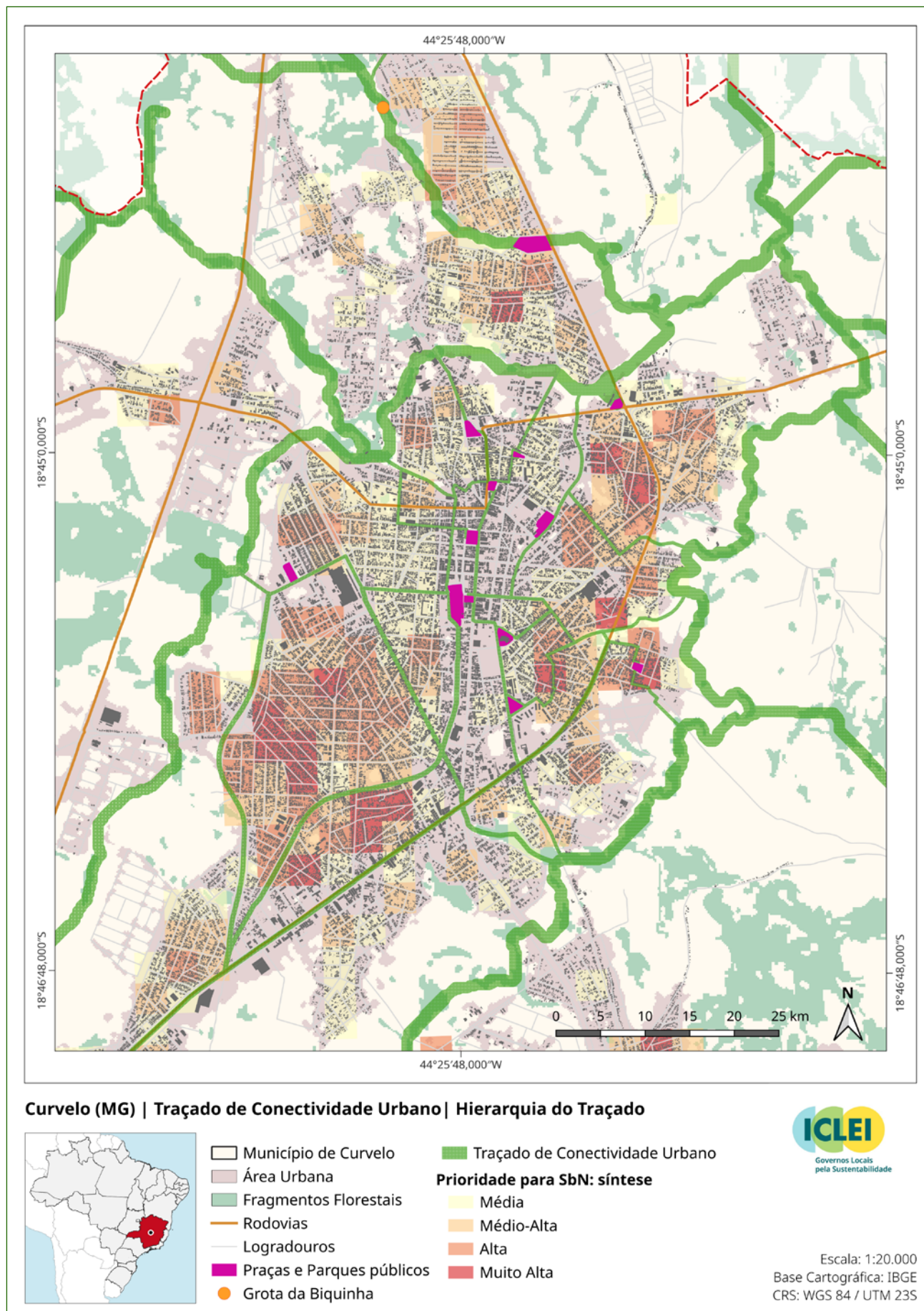
ritárias para SBN identifica onde é mais urgente ampliar a oferta de serviços ecossistêmicos para mitigar ameaças ao bem-estar da população.

Essa distinção é analiticamente importante. O traçado urbano passa predominantemente pelas bordas da mancha construída e pelos eixos viários que ligam fragmentos florestais — áreas onde a conectividade ecológica ainda é factível e onde as condições de base para a regeneração são mais favoráveis. O mapa de prioridades para SBN, por sua vez, aponta para o interior mais adensado da cidade, onde a oferta de serviços ecossistêmicos é mais deficiente e a demanda da população é mais intensa. Nos pontos em que os dois produtos se sobrepõem — como nos eixos periurbanos que atravessam áreas com déficit médio-alto — abre-se uma oportunidade particularmente valiosa: as intervenções de SBN podem simultaneamente avançar na conectividade ecológica e ampliar os benefícios dos serviços ecossistêmicos para as populações adjacentes, maximizando o retorno de cada intervenção.



Fonte: Arquivo da Prefeitura

Figura 62 - Mapa de áreas com prioridade alta e muita alta para implementação de SBN e sobreposição do traçado de conectividade



Fonte: ICLEI, 2026



Fonte: Arquivo da Prefeitura

6. Considerações finais

A etapa de Diagnóstico aqui apresentada buscou construir uma base analítica integrada para orientar a implementação de Soluções Baseadas na Natureza em Curvelo, articulando três produtos complementares: Diagnóstico de Serviços Ecosistêmicos, o Mapa de Traçado de Conectividade de Áreas Verdes e o Mapa de Áreas Prioritárias para Implementação de SBN.

O diagnóstico de serviços ecossistêmicos mapeou e quantificou as contribuições da natureza para a manutenção da qualidade dos ecossistemas e do bem-estar humano. Este diagnóstico analisou três serviços ecossistêmicos de regulação: retenção de sedimentos e as respectivas contribuições da natureza para o controle de erosão e assoreamento dos cursos d'água; retenção e infiltração de águas pluviais no solo; e resfriamento urbano. Os resultados destas análises permitiram identificar os principais usos e coberturas do solo que acusaram os maiores desempenhos de oferta de serviços ecossistêmicos no município, bem como outros fatores associados, como tipos de solos, morfologia e localização dos usos e cobertura da terra com maiores ofertas de SE na paisagem. Por outro lado, o diagnóstico de SE também permitiu identificar as áreas com menores ofertas de SE, para as quais são necessárias ações e políticas públicas direcionadas à recuperação ambiental, de modo a fortalecer as funções ecossistêmicas.

O Traçado de Conectividade estabeleceu, nas escalas municipal e urbana, as rotas que podem contribuir para a maior resiliência dos ecossistemas de Cerrado no território. Na escala municipal, o traçado revelou que os corredores verdes mais factíveis seguem os cursos d'água e suas APPs, articulando 26 fragmentos florestais de alta prioridade e cinco áreas de interesse para criação de Unidades de Conservação em uma rede ecológica de abrangência territorial. Na escala urbana, o traçado demonstrou que, diante da escassez de remanescentes florestais expressivos no interior

da mancha construída, a conectividade intraurbana depende da qualificação da infraestrutura verde difusa — canteiros arborizados, praças e espaços livres — como elos entre os fragmentos periurbanos e o tecido da cidade.

O Mapeamento de Áreas Prioritárias para SBN, por sua vez, identificou que as demandas mais urgentes por intervenções baseadas na natureza concentram-se nos bairros de Bela Vista e Vila de Lourdes, onde a combinação de alto déficit de áreas verdes, elevado escoamento superficial, calor urbano intenso e presença de processos erosivos cria uma sobreposição de vulnerabilidades socioambientais. A combinação desses resultados com o traçado de conectividade urbano revelou uma geometria de oportunidades — territórios onde intervenções de SBN podem simultaneamente avançar na conectividade ecológica e ampliar a oferta de serviços ecossistêmicos para a população, maximizando o retorno social e ambiental de cada investimento.

Tomados em conjunto, esses três produtos respondem à questão central que orienta este projeto: onde implementar SBN em Curvelo para gerar os maiores benefícios para a resiliência local. Essa resposta espacialmente fundamentada é a condição base para a etapa seguinte do trabalho, que consiste na construção de uma Estratégia de Implementação de SBN para o município. Com o território mapeado e as prioridades estabelecidas, a próxima etapa poderá avançar para as perguntas igualmente essenciais de como e com quem implementar: quais tipologias de SBN são mais adequadas para cada contexto territorial identificado, quais arranjos institucionais e instrumentos de governança podem viabilizar sua implementação, e como construir um processo participativo que incorpore o conhecimento e os interesses das comunidades afetadas — condição indispensável, como reforça a literatura, para que as SBN promovam resiliência sistêmica de longo prazo.

7. Referências

- SANTOS, J. S. et al. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, Amsterdam, v. 88, p. 414–424, maio 2018. DOI: 10.1016/j.ecoind.2018.01.048. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X18300128>.
- IEF. 2022. Florestas. Cobertura Vegetal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/florestas>
- MAPBIOMAS, 2023. https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/09/Factsheet-Cerrado_C9_17.09.24_FG-e-AG_v3.pdf
- EMBRAPA, 2008. <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>
- JMYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS. Plano Diretor Municipal de Curvelo: revisão 2016/2017 — P4: Leitura Técnica: Levantamentos e Diagnóstico. Contrato de Prestação de Serviços nº 071/2016. Coordenação Geral: Sérgio Myssior. Belo Horizonte: MYR Projetos Sustentáveis, 2017. 501 p. Disponível em: <https://curvelo.mg.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/plano-diretor-P4.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2026.
- ÁGUA E SANEAMENTO. Municípios e Saneamento – Curvelo (MG). São Paulo: Instituto Água e Saneamento, 2023. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/curvelo>. Acesso em: 4 set. 2025.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COELHO, E. A. Planilha para obtenção de coeficiente de cultura (Kc) para culturas de ciclo anual, segundo método FAO, para as condições climáticas brasileiras. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 254). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1136374>.
- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and drainage paper, 56). ISBN 92-5-104219-5. Disponível em: <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANA. Curva Número na Base Ottocodificada (1985, 2014 e 2022) [Conjunto de dados]. Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67>
- ANA. Coordenação de Uso e Conservação da Água (COMUC). Superintendência de Hidrologia e Estratégias (SHE). Produção de bases vetoriais com índice Curva-Número (Curve Number - CN) para Base Hidrográfica Atlas Estudos (BHAECN-1985 e BHAECN-2022). Nota Técnica n. 9/2025/COMUC/SHE. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67/attachments/Nota_Tecnica_9_2025_COMUC_SHE.pdf
- ARACRI, Luís Ângelo. Concentração de Capitais do Agronegócio Florestal e a Especialização Produtiva da Região de Curvelo, Minas Gerais (Brasil). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, vol.7, n.1, 3716–3728, Jan, 2021.
- ARAUJO, Francisco Anilton Alves et al. Epizootias em primatas não humanos durante reemergência do vírus da febre amarela no Brasil, 2007 a 2009. *Epidemiol. Serv. Saúde* [online]. 2011, vol.20, n.4, pp.527–536. ISSN 1679-4974. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742011000400012>.
- BELTRÃO, M. G. et al. Priority areas and implementation of ecological corridor through forest restoration to safeguard biodiversity. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 30837, 2024.
- BRASIL. Decreto Nº 5.092, de 21 de maio de 2004. Define regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente. D.O.U de 24/05/2004, pág. nº 2. 21 de Maio de 2004.
- BRASIL. Portaria Nº 148, de 7 de junho de 2022. Atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União*, n. 108, Brasil, 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Arborização Urbana (PLANAU): versão para consulta pública. Brasília, DF: MMA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/cidades-verdes-resilientes/areas-verdes-e-arborizacao-urbana/planau/planau-plano-nacional-de-arborizacao-urbana-2025.pdf>.
- Carlo, T. A., & Morales, J. M. Generalist birds promote tropical forest regeneration and increase plant diversity via rare-biased seed dispersal. *Ecology*, vol. 97, nº 7, 2016, 1819–1831.
- CBD - CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Montreal: CBD, 2022. Disponível em: <https://www.cbd.int/gbf>.
- CEBALLOS, G. et al. Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, [S. l.], v. 1, n. 5, e1400253, 2015.
- CHAKRABORTY, T. C.; LEE, X. A simplified urban-extent algorithm to characterize surface urban heat islands on a global scale and examine vegetation control on their spatiotemporal variability. *International Journal of Applied Earth Observation*

and Geoinformation, Amsterdam, v. 74, p. 178-188, fev. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243418304653>.

Chaves ÓM, Bicca-Marques JC, Chapman CA. Quantity and quality of seed dispersal by a large arboreal frugivore in small and large Atlantic forest fragments. PLoS ONE, vol. 13, nº 3, 2018, e0193660.

Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193660>

COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; AMARAL, A. J. do; VASQUES, G. M.; BACA, J. F. M.; DART, R. de O.; PEDREIRA, J. P. das N. C. Erodibilidade dos solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2024. 38 p. (Embrapa Solos. Documentos, 246). ODS 15. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1170044/1/CNPS-DOC-246-2024.pdf>

CURVELO (Município). Lei Complementar nº 135, de 04 de abril de 2019. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Curvelo; revoga a Lei Complementar nº 57, de 10 de outubro de 2006 e a Lei Complementar nº 71, de 08 de outubro de 2010, e dá outras providências. Curvelo, MG, 2019.

Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-curvelo-mg-2025-10-30-versao-compilada>.

CURVELO. Edificações. Curvelo: Prefeitura Municipal, 2023. Disponível em: https://dados.curvelo.mg.gov.br/en_GB/dataset/edificacoes/resource/d65f3c99-9850-4083-837a-0bd39eeb10c4

CURVELO. Arborização Urbana. Curvelo, MG: Prefeitura Municipal de Curvelo, 2025a. Disponível em: <https://dados.curvelo.mg.gov.br/dataset/arborizacao-urbana>

CURVELO. Zona de APP. Curvelo, MG: Prefeitura Municipal de Curvelo, 2025b. Disponível em: <https://dados.curvelo.mg.gov.br/dataset/zona-de-app>.

DataMPE - SEBRAE. Observatório Setorial Territorial, 2025. Disponível em: <https://datampe.sebrae.com.br/profile/geo/curvelo#bespoke-title-730/>

DEMUZERE, M. et al. A global map of Local Climate Zones to support earth system modelling and urban scale environmental science. Earth System Science Data, v. 14, n. 8, p. 3835-3873, 2022. DOI: 10.5194/essd-14-3835-2022.

DRUMMOND, S.P., WILSON, K.A., MEIJAARD, E., WATTS, M., DENNIS, R., CHRISTY, L. and POSSINGHAM, H.P. Influence of a Threatened-Species Focus on Conservation Planning. Conservation Biology, vol. 24, 2010, 441-449.

Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01346.x>

Eggermont, H., Balian, E., Manuel, J., Azevedo, N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., van Ham, C., Weisser, W.W. and Le Roux, X. (2015). Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. GAIA 24(4): 243-248.

EMBRAPA SOLOS. Erosividade da chuva do Brasil. [Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 286]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2023.

Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1159615/1/CNPS-BPD-286-2023.pdf>

HAMEL, P. et al. Mapping the benefits of nature in cities with the InVEST software. npj Urban Sustainability, v. 1, 25, 2021. DOI: 10.1038/s42949-021-00027-9.

GAZETA MINEIRA. Desperdício de água em Curvelo e Montes Claros está abaixo da média nacional. Belo Horizonte: Gazeta Mineira, 2023.

Disponível em: <https://www.gazetamineira.com.br/regional/desperdicio-de-agua-em-curvelo-e-montes-claros-esta-abaixo-da-media-nacional>. Acesso em: 4 set. 2025.

GBIF - Global Biodiversity Information Facility. Occurrence Download - Curvelo, MG. Disponível em: <https://doi.org/10.15468/dl.er6gvc>

IABS - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade; RBSE - Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. Edição Especial, Revista Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, Vol. 01, I nº 01, Set -2017.

Disponível em: <https://editora.iabs.org.br/site/wp-content/uploads/2018/03/RBSE-Vers%C3%A3o-final.pdf>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2010. Brasília: IBGE, 2010.

IBGE. 2019. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 164 p.

IBGE, 2021. Produto Interno Bruto dos Municípios, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/curvelo/pesquisa/38/47001?tipo=ranking&indicador=46997>

IBGE. Censo Demográfico 2022: notas metodológicas 01/2025: grade estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/grade_estatistica/censo_2022/Notas_metodologicas_grade_estatistica_2022.pdf.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas Sociais e Popacionais - Indicadores de Mortalidade Infantil. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: Curvelo, MG, 2025.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/curvelo.html>

ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade. Relatório de Indicadores de Sustentabilidade Local. Bonn: ICLEI, 2023.

IDE-Sisema - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais. Metadados. 2024.

Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home> acesso em 08 de setembro de 2024

IEF. 2026. Mapa da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de

Minas Gerais (dados atualizados em 2022). Cobertura Vegetal de Minas Gerais.

Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/florestas>

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros. Brasília: IPEA, 2023.

Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>.

IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz et al (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.

Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.

IPBES (2024). Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on the Underlying Causes of Biodiversity Loss and the Determinants of Transformative Change and Options for Achieving the 2050 Vision for Biodiversity of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. O'Brien, K. et al (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany.

Disponível em: <DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11382230>>

INFOSANBAS. Indicadores Municipais de Saneamento Básico – Curvelo (MG). Brasília: Infosanbas, 2023.

Disponível em: <http://www.infosanbas.org>. Acesso em: 4 set. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados históricos: ano 2020 (automática). Brasília: INMET, 2025.

Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.

IUCN - International Union for the Conservation of Nature. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1.

Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KONIJNENDIJK, C.C. The 3-30-300 rule for urban forestry and greener cities. *Biophilic Cities Journal*, v. 4, 2, 2022.

Disponível em: <https://www.biophiliccities.org/bcj-vol-4-no-2>. Acesso em: out. 2025.

LAGHER, Thomas et al. The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, Vol. 100, Issue 3, May. 2019, 942-964.

Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy183>

LAURANCE, W. F. et al. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biological Conservation*, [S. l.], v. 144, n. 1, p. 56-67, 2011.

LONGATO, D. et al. A method to prioritize and allocate nature-based solutions in urban areas based on ecosystem service demand. *Landscape and Urban Planning*, v. 235, p. 104743, 2023.

LOUZADA, Franciane L. Rubini de Oliveira et al. Proposal of ecological corridors for interconnection of State parks by using geotechnology, Espírito Santo (ES)-Brazil/Proposta de corredores

ecológicos para interligação de parques estaduais utilizando geotecnologia, Espírito Santo (ES)-Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, v. 53, n. 2, p.239+, jul. 2012.

MapBiomias – Coleção 10 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em Agosto de 2025 através do link:

<<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>.

MARTINS, A. P.; GALVANI, E. Relação entre uso e cobertura da terra e parâmetros biofísicos no Cerrado Brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, v. 40, p. 148-162, 2020.

Minas Gerais. 2010. Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM n.º 147 de 30 de abril de 2010. Diário do Executivo Minas Gerais, 04/05/2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL(MDR). Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília, DF: MDR, 2022.

Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA(MMA). DEPARTAMENTO DE ECOSSISTEMAS. Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade: Cerrado e Pantanal. Brasília: MMA, 2022. Conjunto de dados.

Disponível em: https://dados.mma.gov.br/dataset/areas_prioritarias.

MINAS GERAIS. Zoneamento Ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais. Componentes geofísico e biótico. / editado por J. R. Soares Scolforo, Luís Marcelo Tavares de Carvalho e Antônio Donizette de Oliveira. Lavras: Editora UFLA, 2008.

Montes-Rojas, A., Delgado-Morales, N.A.J., Escucha, R.S. et al. Recovering connectivity through restoration corridors in a fragmented landscape in the magdalena river's valley in Colombia. *Biodivers Conserv*, vol 33, 2024, 3171-3185.

Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02907-9>

MUNANG, R.; THIAW, I.; ALVERSON, K.; LIU, J.; HAN, Z. The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 5, n. 1, p. 47-52, 2013.

MYR PROJETOS SUSTENTÁVEIS. Revisão do Plano Diretor de Curvelo-MG: P4: leitura técnica: levantamentos e diagnóstico. Belo Horizonte: MYR Projetos Sustentáveis, 2017. 501 p.

Disponível em: <https://curvelo.mg.gov.br/wp-content/uploads/2023/04/plano-diretor-P4.pdf>.

NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems and U.S./Japan ASTER Science Team. ASTER Global Digital Elevation Model V003 [Data set]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center. 2019.

Disponível em: <https://doi.org/10.5067/ASTER/ASTGTM.003> Date Accessed: 2026-03-11.

NASA. IMERG V07B: Grand Average Precipitation Climatology [Conjunto de dados]. Greenbelt: NASA Goddard Space Flight Center, 2020.

Disponível em: <https://gpm.nasa.gov/data/imerg/precipitation-climatology>.

Nativa Meio Ambiente. Estudo de Impacto Ambiental: duplicação trechos da rodovia BR 135. ECO135, 2019. Disponível em: <https://wappstorage.blob.core.windows.net/assets/eco135/files/PDF/eia_duplicacao_trechos_1_2_6_br135.pdf>

NATURAL CAPITAL ALLIANCE. InVEST 3.18.0 [Software]. Stanford University, University of Minnesota, Chinese Academy of Sciences, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Stockholm Resilience Centre e a Royal Swedish Academy of Sciences, 2026. Disponível em: <<https://doi.org/10.60793/nacp-invest-3.18.0>>. Acesso em: 16 mar. 2026.

NATIVA MEIO AMBIENTE. Estudo de Impacto Ambiental: duplicação trechos da rodovia BR 135. [S. l.], 2019. Disponível em: https://wappstorage.blob.core.windows.net/assets/eco135/files/PDF/eia_duplicacao_trechos_1_2_6_br135.pdf.

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. OpenStreetMap data: roads layer [Conjunto de dados]. 2025. Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org>>.

PAOLINO, R. M. et al. Importance of riparian forest corridors for the ocelot in agricultural landscapes. *Journal Of Mammalogy*, vol. 99, n. 4, 2018, p. 874-884.

POTAPOV, P. et al. Mapping and monitoring global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 253, 112165, 2021. DOI: 10.1016/j.rse.2020.112165.

RIFFLER, Michael et al. EMC-BUILT R2025A – Exposure Mapping Component built-up surface grid, derived from Sentinel-2 year 2022. Luxembourg: European Commission, Joint Research Centre, 2026. DOI 10.2905/JRC.XKFR58G. Disponível em: <http://data.europa.eu/89h/4cd8ccee-bfd1-48c5-9047-61c0343c41e9>.

ROBERGE, J.-M. and ANGELSTAM, P. Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. *Conservation Biology*, vol. 18, 2004, 76-85. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1523-1739.2004.00450.x>

SANTOS, J. S. et al. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, v. 88, p. 414-424, 2018.

SBAU - SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. "Carta a Londrina e Iporã". *Boletim Informativo*, v.3 , n.5, p.3, 1996

SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais – Componentes Geofísico e Biótico. Lavras: Editora UFLA, 2008.

SEMAD/MG – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. Relatório de Aterros Sanitários Licenciados em Minas Gerais. Belo Horizonte: SEMAD/MG, 2019. Disponível em: <https://www.mg.gov.br>. Acesso em: 6 set. 2025.

SEMAD/MG, 2021.

<https://www.ief.mg.gov.br/documents/d/ief/plano-mata-atlantica-versao-pos-consulta-publica-pdf>

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). Plano de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Minas Gerais: versão pós-consulta pública. Belo Horizonte: IEF, [2021]. Disponível em: <https://www.ief.mg.gov.br/documents/d/ief/plano-mata-atlantica-versao-pos-consulta-publica-pdf>.

SEMAD; DPLAE; IEF; GRAPE. FBDS – Hidrografia, Nascentes, Rios Duplos, Massas D'água e Áreas de Preservação Permanente (APPs). Belo Horizonte: SEMAD, 2023. Conjunto de dados. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/geonetwork/api/records/a61b73f1-ca5b-4776-808a-a708209254f1>.

SMITH et al, 2020

SOUZA, Marina de; MIRETZKI, Michel; CRIVELLARI, Lucas Batista (org.). Descobrindo o cerrado: mamíferos: conheça a biodiversidade desse bioma incrível. Curitiba: ITTI/UFPR, 2021. 78 p. (Descobrindo o Cerrado, v. 2). ISBN 978-65-89713-52-4 (impresso). ISBN 978-65-89713-50-0 (digital)

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, dez. 2012. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

Storck, T.R. et al. Intensive fish farming: changes in water quality and relationship with zooplankton community. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2023, vol. 35, e28. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/alb/a/tHVLH5SjDv4H-d4CTS7Y3K7d/?lang=en>>

STRAHLER, A.; STRAHLER, A. N. *Physical geography: science and systems of the human environment*. 2nd ed. New York: J. Wiley, 2002.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution*, 2017.

TEEB - Iniciativa The Economics of Ecosystems and Biodiversity. A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade para Formuladores de Políticas Locais e Regionais. Editado por Heidi Wittmer e Haripriya Gundimeda. Londres: Earthscan, 2011.

Versão traduzida disponível em: <<https://smastr16.blob.core.windows.net/portaleducacaoambiental/sites/201/2020/09/teeb-para-formuladores-de-politicas-locais-e-regionais.pdf>>

Traveset, A., Heleno, R.H., & Nogales, M. (2013). 3 The Ecology of Seed Dispersal.

Whelan, C. J., Wenny, D. G., & Marquis, R. J. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York academy of sciences*, vol. 1134, nº 1, 2008, 25-60.

WikiAves. Enciclopédia das Aves do Brasil. 2025. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com.br/>>.

WILSON, M. C. et al. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape Ecology*, [S. l.], v. 31, n. 2, p. 219-227, 2016.

WORLD ECONOMIC FORUM. Nature risk rising: why the crisis engulfing nature matters for business and the economy. In collaboration with PwC. Geneva: World Economic Forum, 2020. (New Nature Economy series, 1). Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Nature_Economy_Report_2020.pdf>.

WORLD WILDLIFE FUND. Tropical and subtropical grasslands, savannas and shrublands. [S. l.], [2023]. Disponível em: <<https://www.worldwildlife.org/biomes/tropical-and-subtropical-grasslands-savannas-and-shrublands>>.

WORLD ECONOMIC FORUM. The global risks report 2025. Geneva: World Economic Forum, 2025. 20th ed. (Insight Report). ISBN 978-2-940631-30-8. Disponível em: <https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2025.pdf>.

ZOMER, R. J.; XU, J.; TRABUCCO, A. Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database. Scientific Data, [S. l.], v. 9, n. 409, 2022. DOI: 10.1038/s41597-022-01493-1.

Fundação Grupo Boticário; Aliança Bioconexão Urbana (2024). Cidades do Futuro: As Soluções Baseadas na Natureza ajudando a enfrentar a emergência climática - exemplos práticos de Soluções Baseadas na Natureza e guia de fontes com especialistas. Disponível em: https://fundacaogrupoboticario.org.br/wp-content/uploads/2024/12/Book-de-cases-SBN-e-fontes_-Cidades-do-futuro-1.pdf

IUCN. Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS (First Edition). IUCN, 2020.

UNDRR and UNU-EHS (2023), Nature-based Solutions for Comprehensive Disaster and Climate Risk Management, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponível em: <<https://www.undrr.org/publication/nature-based-solutions-comprehensive-disaster-and-climate-risk-management-toolkit>>

UNEA - United Nations Environment Assembly. UNEA/EA.5/Res.5. Nature-based solutions for supporting sustainable development. March, 2022. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf>

WRI et al. Série de estudos - Infraestrutura Natural para a Água. 2022. Disponíveis em: <https://www.wribrasil.org.br/projetos/infra-estrutura-natural-para-agua>

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In.: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (org.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.



Praça Benedito Valadares, centro de Curvelo (MG)

Fonte: Arquivo da Prefeitura



**PREFEITURA DE
CURVELO**



Governos Locais
pela Sustentabilidade