

EXTRAÇÃO DA COBERTURA ARBÓREA AO LONGO DO RIO JAGUARI NO MUNICÍPIO DE EXTREMA, MG

QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO

Danielle Nunes Fanello da Silva Filho
Professor Associado(a)
Departamento de Ciências Florestais
do Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz" Universidade de
São Paulo

Prefeito: João Batista da Silva

Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Extrema

A Secretaria de Meio Ambiente tem como função conduzir a gestão ambiental do município, promover a educação ambiental e realizar a limpeza pública. Os programas desenvolvidos pela Secretaria são o Extrema Sustentável, 100% Extrema, e Conservador da Mantiqueira. Dentro da estrutura da Secretaria estão a Oficina Ambiental, o Aterro Sanitário e o Centro Internacional em Restauração da Paisagem e Serviços Ambientais – Água, Biodiversidade, Floresta, Clima e Solos.



Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola – Fundag
Rua Dona Libânia, 2017 – Centro, CEP: 123015-090; Campinas – SP.
CNPJ: 61.705.380/0001-54; Inscrição Estadual: 244.473.981.116
Inscrição Municipal: 30424-7
Segue a página da internet da FUNDAG com as documentações:
<https://fundag.br/transparencia/>

EXTRAÇÃO DA COBERTURA ARBÓREA AO LONGO DO RIO JAGUARI NO MUNICÍPIO DE EXTREMA, MG QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA RESTAURAÇÃO

Demóstenes Ferreira da Silva Filho
Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo.



Janeiro 2024



Conteúdo

Introdução	
Qual o sentido de pensar em cuidar do Rio	4
A unidade de planejamento	5
Porque cuidar das bacias é importante	6
Objetivos desse trabalho	
Justificativa	7
Métodos	
Imagens de satélites	8
Resultados	10
Mapa de temperatura de Extrema e do Rio	13
Conclusão	21
Referências	22

Qual o sentido de pensar em cuidar do Rio?

Introdução

A degradação dos sistemas hídricos são causados pelas atividades humanas notadamente o desmatamento, atividades agrícolas, florestamentos sem adequado cuidado e contaminação dos mananciais. Como resultado da pressão econômica nas áreas frágeis dos ecossistemas (áreas declivosas, nascentes, margens de rios, áreas de descarga de aquíferos) tornam-se recursos por meio atividades agrícolas tradicionais. A ocupação e o uso do solo que margeia os cursos de água modifica significativamente os fenômenos químicas, biológicas e físicas presentes nessas áreas (Blanco Jorge et al., 2020). Muitas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável estão associados com esse trabalho de melhoria da Área de Preservação Permanente hídrica do Rio Jaguari. Como ilustrado nas figuras a seguir, as ODSs cobertas em verde.



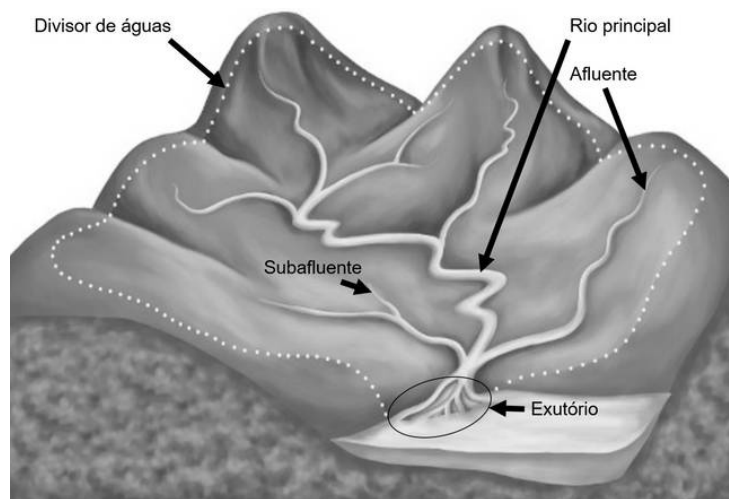
DÉCADA DAS NAÇÕES UNIDAS DA
**RESTAURAÇÃO
DE ECOSSISTEMAS**
2021-2030

As ODS 3,6,13,14 e 15 são diretamente relacionadas com o objetivo desse trabalho e justificam todo o investimento da administração pública com a produção e tratamento de água em Extrema, MG. Todo o investimento em árvores possui retorno em serviços ambientais que podem ser contabilizados em retorno financeiro como ilustrado ao lado.

A unidade de planejamento

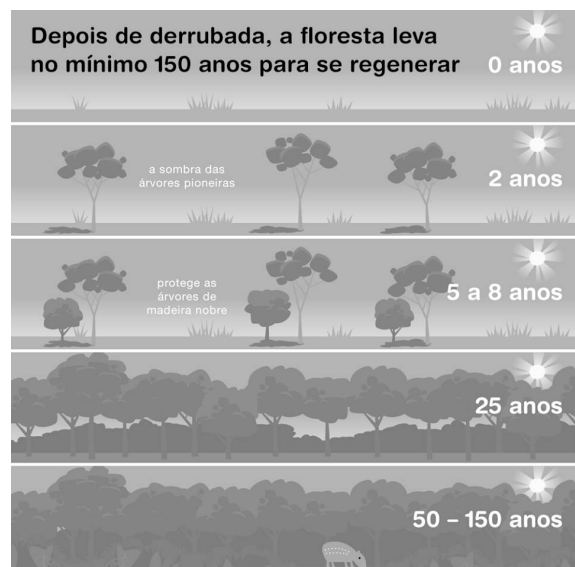
Uma bacia hidrográfica é a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários. Encostas, topos ou cristas e fundos de vales, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, estão interligados como componentes de bacias de drenagem. O limite de uma bacia de hidrográfica é conhecido como divisor de drenagem (Blanco Jorge et al., 2020).

As bacias de drenagem podem ser desmembradas em um determinado número de sub-bacias, a depender do local de saída a partir do seu canal coletor. A conexão de canais de drenagem, a rede de canais, representa a mais importante via de saída de água, sedimentos e elementos solúveis das bacias de drenagem (Blanco Jorge et al., 2020).



Quando uma floresta ripária ou ciliar é derrubada ou pega fogo demora muitos anos para recuperar totalmente, por meio de uma regeneração, aproximadamente 150 anos. Os processos e técnicas de restauração ecológica visam diminuir esse tempo.

Quando ocorre desequilíbrios e a vegetação florestal ripária é removida ocorre uma chegada maior de sedimentos e terra solta caracterizando um local assoreado. A vegetação florestal da beirada com os córregos e rios é conhecida como mata ciliar. Ela protege o solo e atua como filtro de sedimentos e evita que os sistemas de drenagem sejam sobrecarregados. A perda de florestas ciliares é um grande impacto para os sistemas de drenagem naturais.



2. OBJETIVOS

1. Quantificar a cobertura florestal ao longo do Rio Jaguari no município de Extrema.
2. Mapear as áreas como oportunidades para a restauração florestal



2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter imagens de 200cm de resolução com infravermelho próximo;
- Integrar as informações processadas com dados cadastrais no Sistema de informações geográficas;
- Obtenção de classificação de uso e ocupação do solo para todo o município com imagens atuais e anteriores ao ano de 2008 para estudo da dinâmica da paisagem.
- Estimar o “deficit” de árvores ao longo do Rio Jaguari.
- Disponibilizar dados técnicos para elaboração e execução de planejamento definindo critérios de intervenção e oportunidades de restauração.



Exemplo de plantios em áreas próximas de terrenos urbanizados

O município de Extrema possuía em 2022, a área do município de 244,575 km², o que o colocava na posição 567 de 853 entre os municípios do estado e 3841 de 5570 entre todos os municípios. É relativamente denso com 218,67 pessoas por quilômetro quadrado (IBGE, 2022).

Os principais cursos d'água são o Rio Jaguari e o Rio Camanducaia e possui outras sete bacias hidrográficas a saber, Salto, Juncal, Posses, Forjos, Furnas, Tenentes e Matão. Em 2013 o Plano de recursos hídricos de Extrema definiu as metas para o município atingir no desafio de conseguir tratar os efluentes sanitários advindos das atividades humanas e que eram a maior dificuldade da época, assim como a ocupação irregular de APPs (Cabral, 2018).

Justificativa

A necessidade de mapear áreas para plantio, por meio de mapas com pontos de plantios oriundos de processamento de imagens de satélites, devido as restrições urbanas e a vegetação existente ao longo da Área de Proteção Permanente - APP do Rio Jaguari.

Saber se a dinâmica das áreas de proteção permanentes foram de perder ou ganhar cobertura florestal. Essas tendências podem mostrar caminhos a seguir ou a evitar.

Fotografia de 8 de JULHO de 2023



3. MÉTODO

3.1. SENSORIAMENTO REMOTO E CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DAS IMAGENS DE SATÉLITES

Foram utilizados os polígonos (shapefiles) do limite da área urbana, da prefeitura de Extrema assim como o eixo de vias (“Open Street Map”) foi retificado para a obtenção do Máximo de precisão na individualização dos dados para as margens do Rio Jaguari.

Foram utilizadas imagens dos satélites CBERS4A (retificada com o eixo de logradouros da cidade) e Landsat 8, com resolução de 2 (metros) e 30 metros para o Landsat.

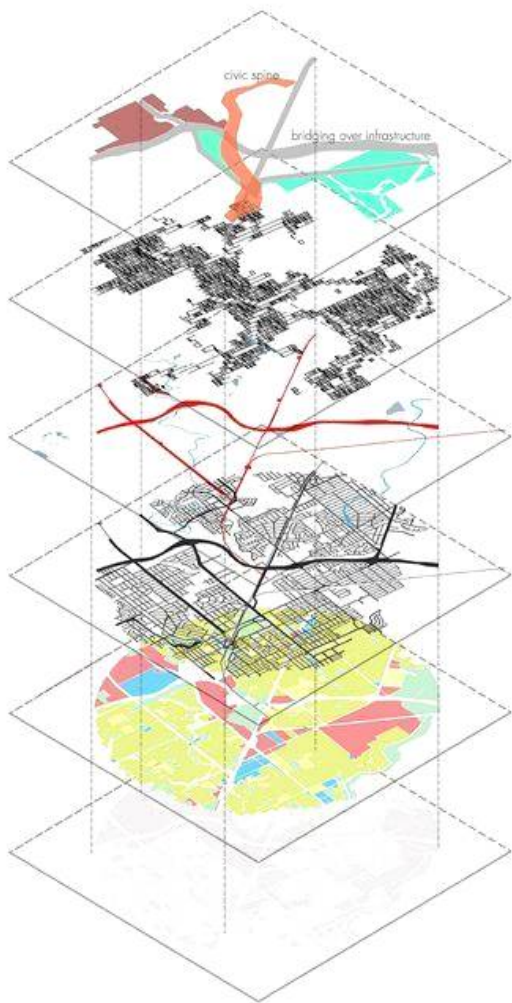
As imagens utilizadas são datadas de maio de 2023. Três classificações supervisionadas foram elaboradas tendo como referência um pacote de treinamento com 90 polígonos de verdade terrestre. A melhor foi escolhida dentre os algoritmos Random Forest e Support Vector Machines. A imagem termal foi processada usando ferramentas do SIG Qgis.

Para avaliar estatisticamente a exatidão do mapeamento temático utilizou-se a estatística Kappa extraída de matriz de erro obtida pelo programa de geoprocessamento Deztsaka no Qgis, conforme descrito em LANDIS e KOCH (1977) e MOREIRA (2003). A estatística Kappa (K) pode ser obtida por meio das equações:

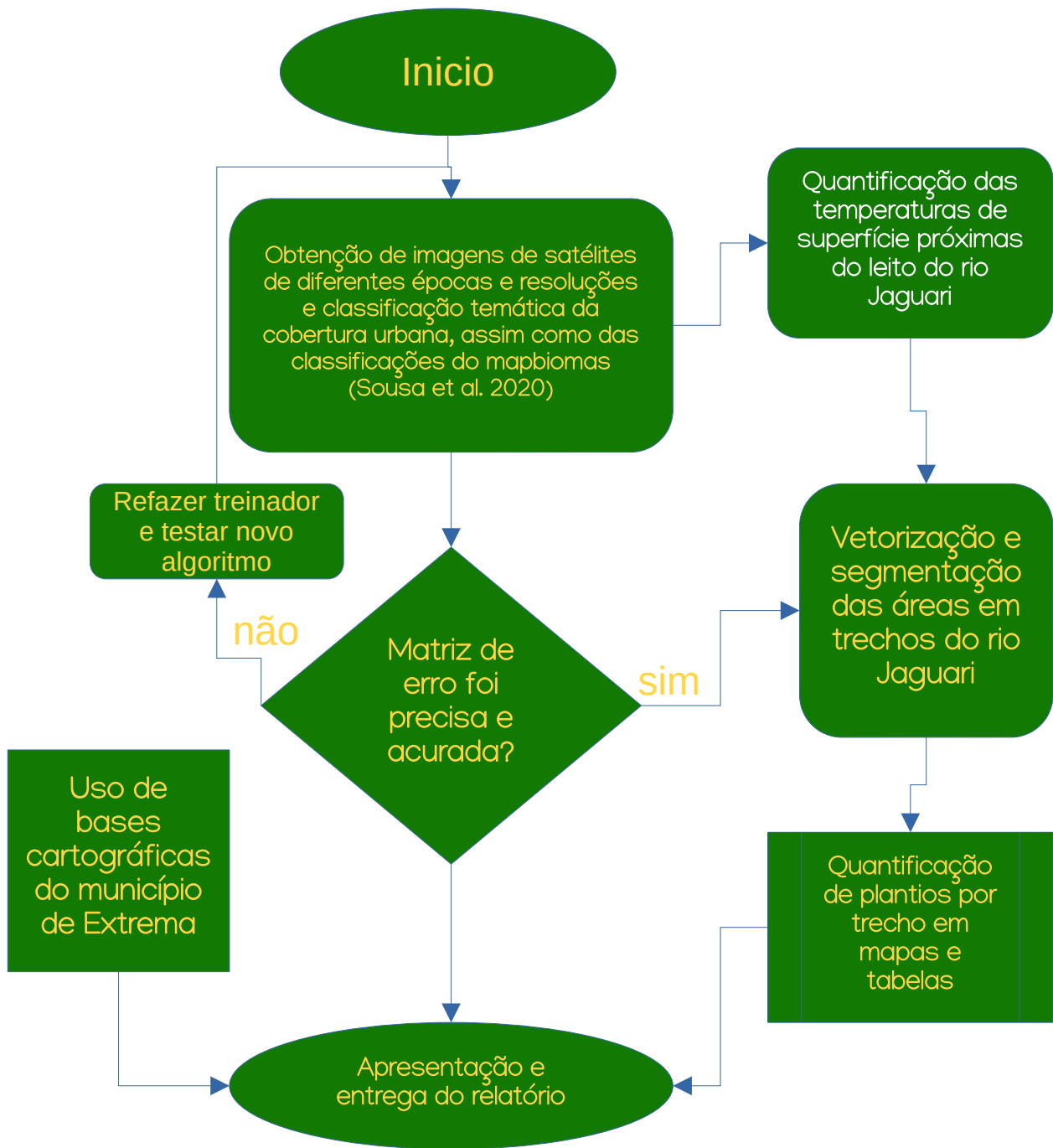
$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \quad P_c = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} n_{+i}}{N^2} \quad P_o = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N}$$

Sendo P_o a exatidão geral; P_c , a proporção de unidades que concordam por casualidade; M , o número de classes presentes na matriz de erro; n_{ij} , o número de observações na linha i e coluna j ; n_{i+} e n_{+i} , os totais marginais da linha i e da coluna j , respectivamente; e N , o número total de unidades amostrais contempladas pela matriz. O valor da estatística Kappa, com o resultado de 96,95%, determinado por meio da equação (1), é comparado em classes de acurácia sendo que de 80% a 100% a classificação é reconhecida como excelente (LANDIS e KOCH, 1977).

Já o mapeamento termal de todo o município seguiu processamento diferente, obtido de imagem termal de 2023 do satélite Landsat 8, banda 10 e processado no Qgis 3.22 por meio do complemento Semi-Automatic Classification (SCP), mas integrado ao das coberturas urbanas e rurais seguindo o fluxograma a seguir



Fluxograma com as rotinas usadas no geoprocessamento para obtenção dos dados para responder aos objetivos solicitados no projeto.



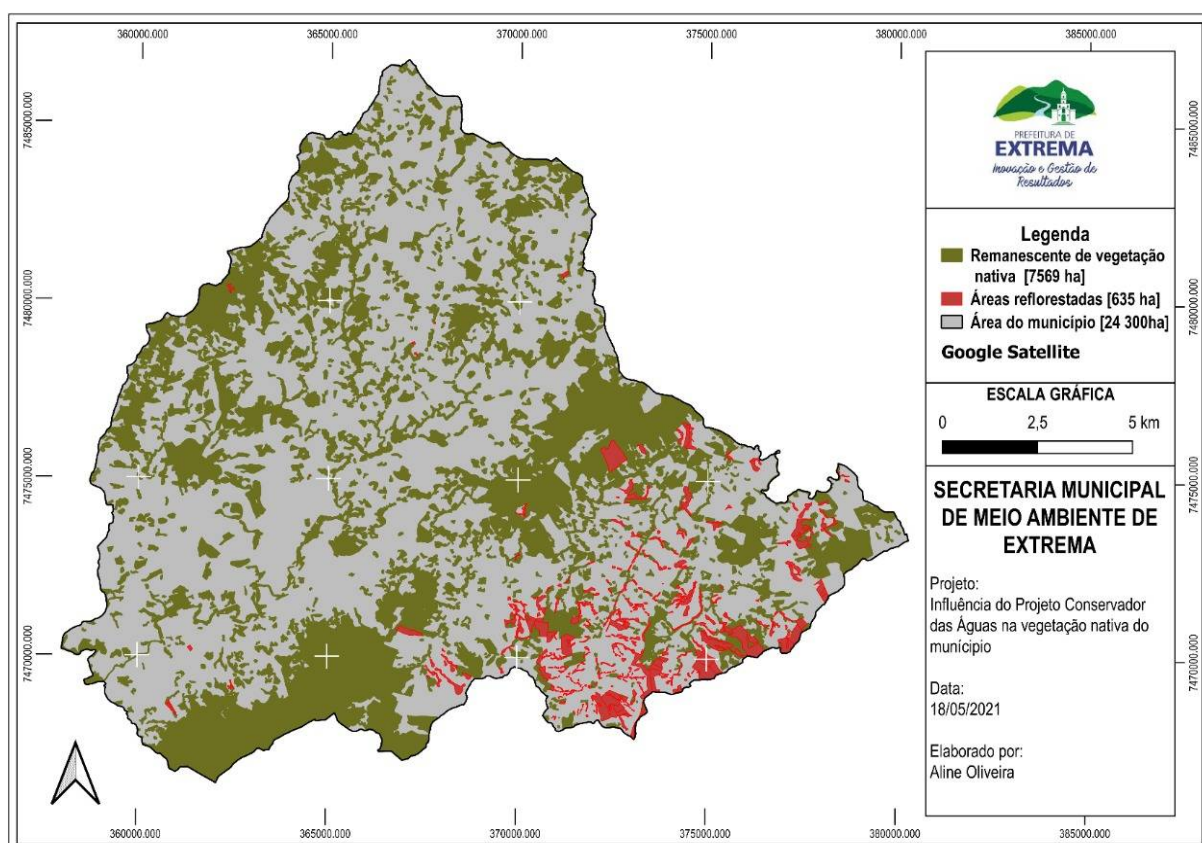
Resultados

O quadro ao lado enumera os resultados que serão apresentados a partir dessa página. Os mapas apresentam todos os resultados e após a apresentação dos mapas segue uma discussão voltada para a Gestão ambiental do município.

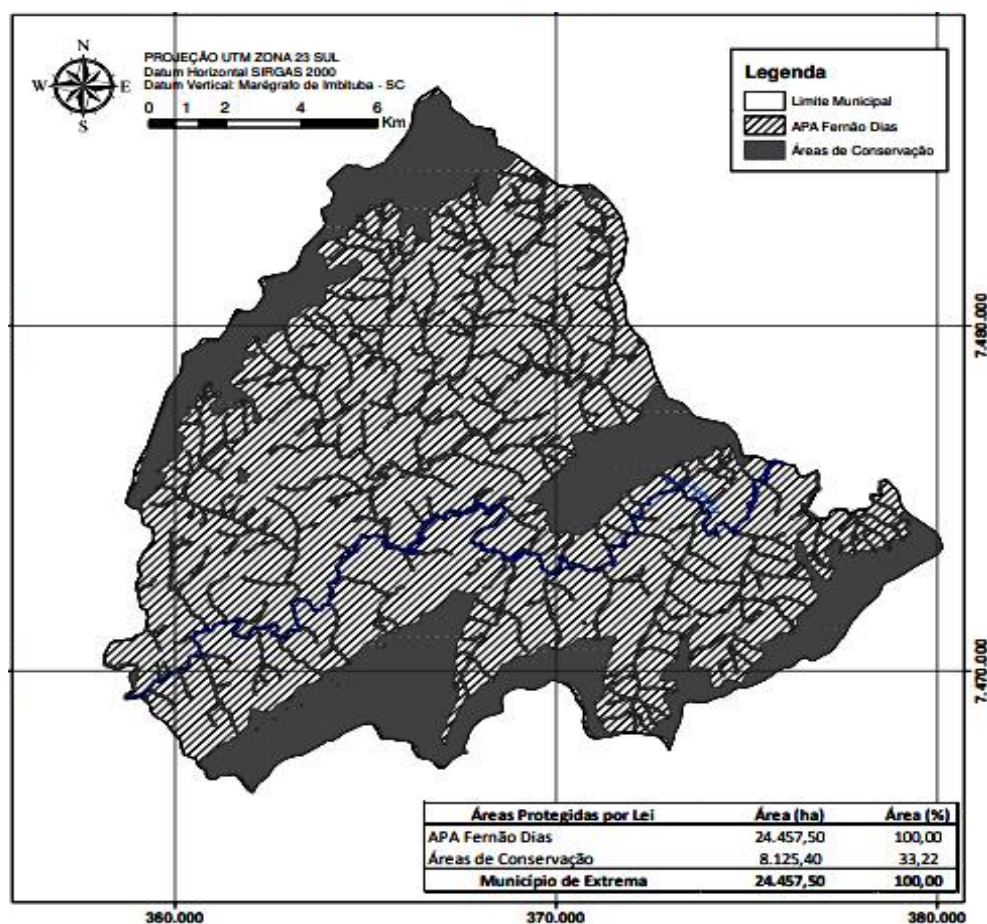
1. Elaboração da Base Cartográfica inicial
2. Obtenção de imagens do final dos anos 80
2. Obtenção de imagens de satélite de alta resolução atuais
3. Extração da temperatura de superfície ao longo do Rio Jaguari por meio de imagens termais
4. Extração do uso e ocupação do solo do município a partir das imagens atuais
4. Extração da cobertura arbórea no entorno do Rio Jaguari a partir das imagens recentes
5. Elaboração de base cartográfica associando dados de propriedades fornecidos pela municipalidade e a classificação da cobertura florestal atual.
6. Elaboração de mapa de uso e ocupação do solo do município (categorias: agricultura, pastagem, silvicultura, vegetação nativa, área industrial, área urbana)
7. Quantificação dos fragmentos florestais remanescentes no município e categorização por tamanhos (< 10 ha, entre 10 e 50 ha, entre 50 e 100 ha e >100 ha).
8. Mapeamento das áreas com potencial para serem restauradas dentro da borda de 50 metros do Rio Jaguari.
9. Quantificação de área de vegetação arbórea por habitante considerando um valor para a área total e outro para a área urbana.
10. Mapa Municipal com todas as áreas da Secretaria de Meio Ambiente (áreas de conservação), áreas da Secretaria de Turismo (possíveis Parques), Unidades de Conservação (RPPN) e Parques já existentes, as áreas de restauração do Projeto Conservador das Águas, as áreas remanescentes de vegetação nativa e sinalizar a Macrozona de Conservação Ambiental. Serão necessárias as bases cartográficas por parte da Prefeitura de Extrema para elaboração desse produto.
11. Análise histórica das áreas consolidadas da APP Hídrica do Rio Jaguari, com borda de 50 metros (antes de 22 de Julho 2008 e pós 22 de Julho 2008 - Código Florestal)
12. Análise Temporal da APP do Rio Jaguari, na borda de 50 metros, quanto a sua porcentagem de vegetação nativa arbórea (considerando o final da década de 80 até 2022). Produto limitado a disponibilidade de imagens disponíveis.
13. Elaboração de Relatório para Planejamento

Resultados

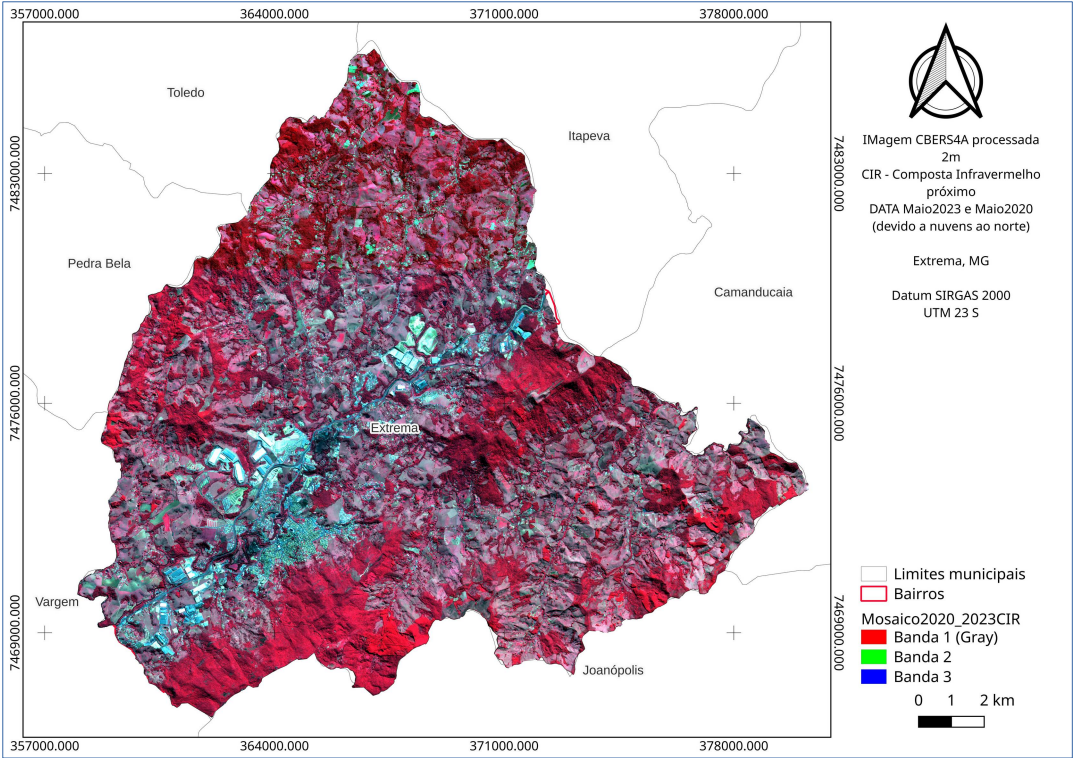
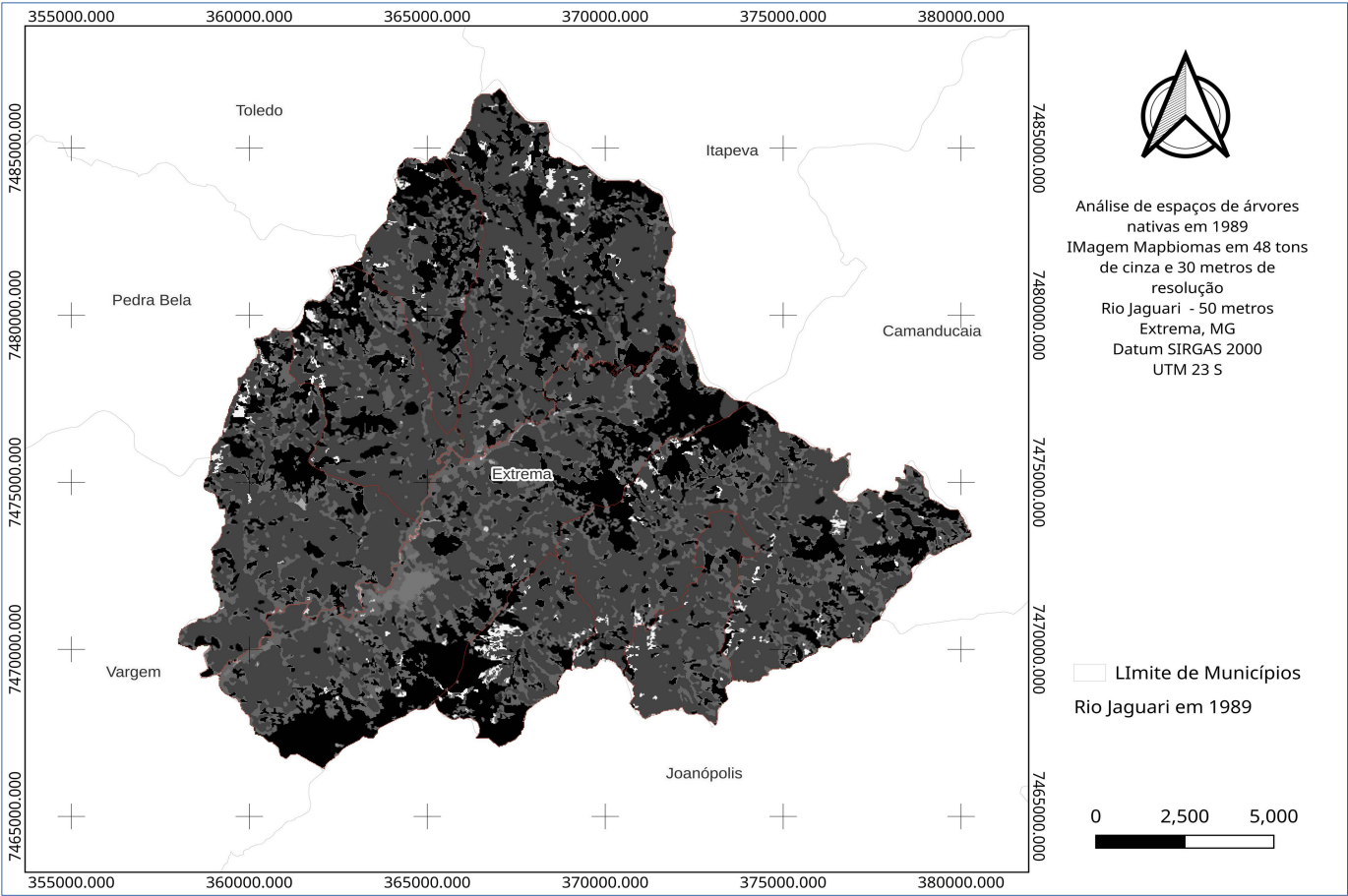
1. Elaboração da Base Cartográfica inicial



A secretaria de meio ambiente de Extrema forneceu bases cartográficas para início dos trabalhos como o mapa de atuação do conservador das águas e a rede hidrográfica de Extrema.



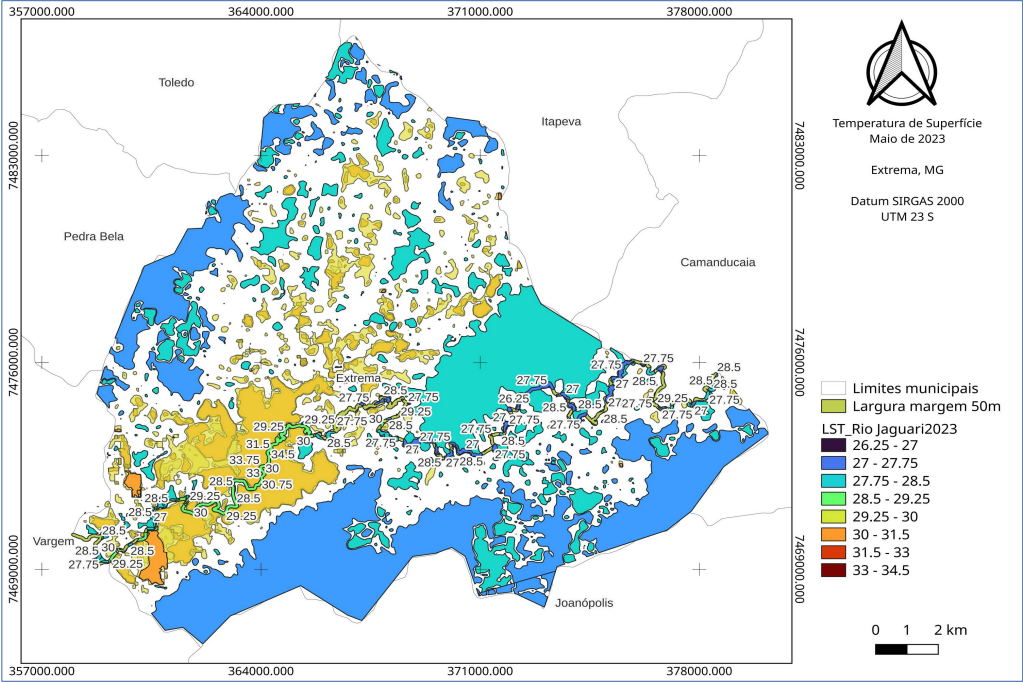
2. Obtenção de imagens do final dos anos 80



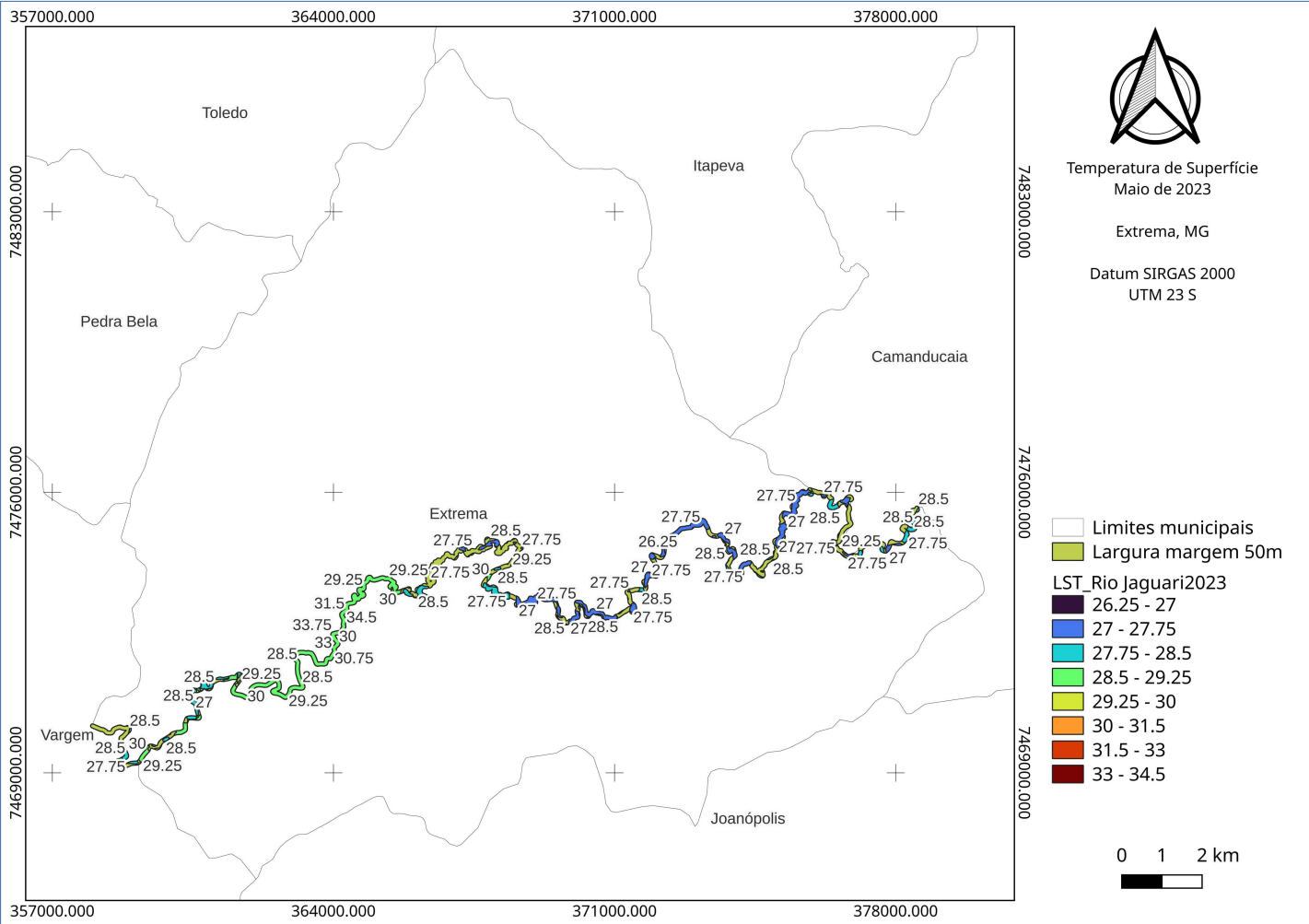
Obtenção de imagens de alta resolução de todo a área municipal de Extrema, MG. O mapa ao lado mostra a imagem de maio de 2023 com infravermelho próximo processado para 2 metros de resolução de lado de pixel. As imagens do Satélite CBERS4A foram fusionadas e reamostradas para resolução de 2 metros.

3. Extração da temperatura de superfície ao longo do Rio Jaguari por meio de imagens termais

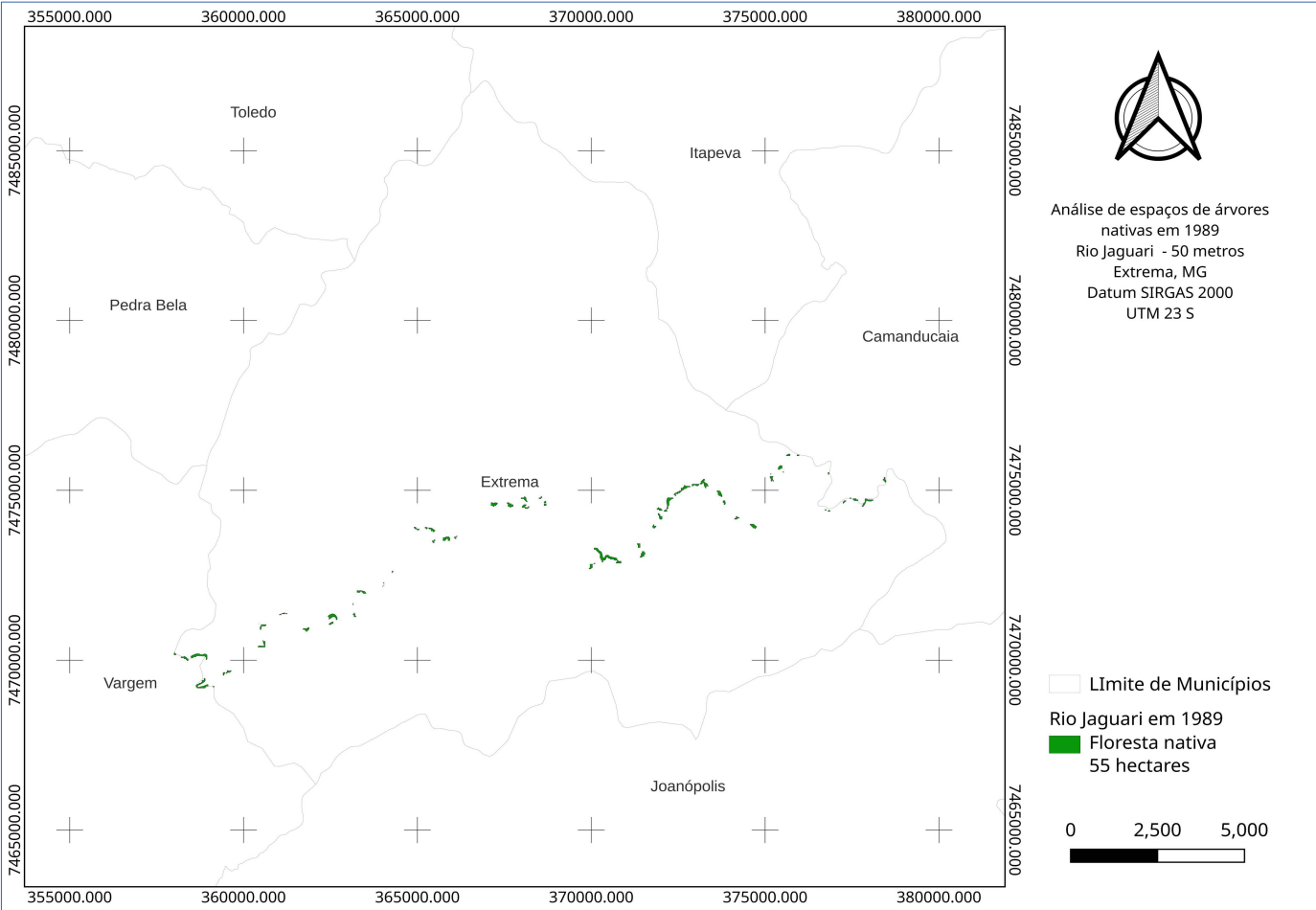
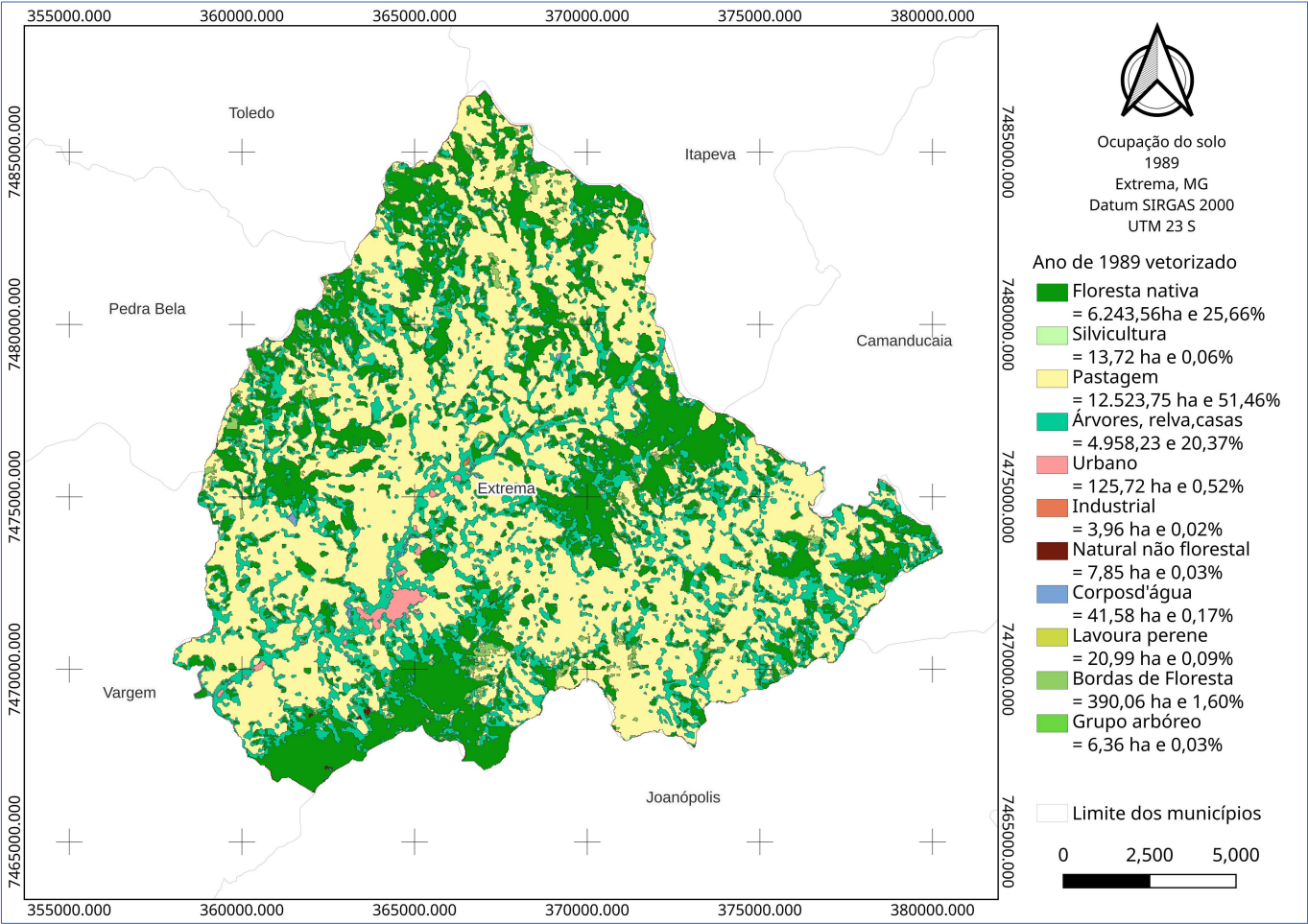
A temperatura de superfície pode ser relacionada com a ocupação de moradias e agrupamentos urbanos mesmo que em área rural, como as áreas na cor amarela entre 29,25 e 30 graus célsius Da mesma maneira no mapa a seguir mostra o trecho mais quente de APP do Rio Jaguari muito relacionado com sua porção urbana.



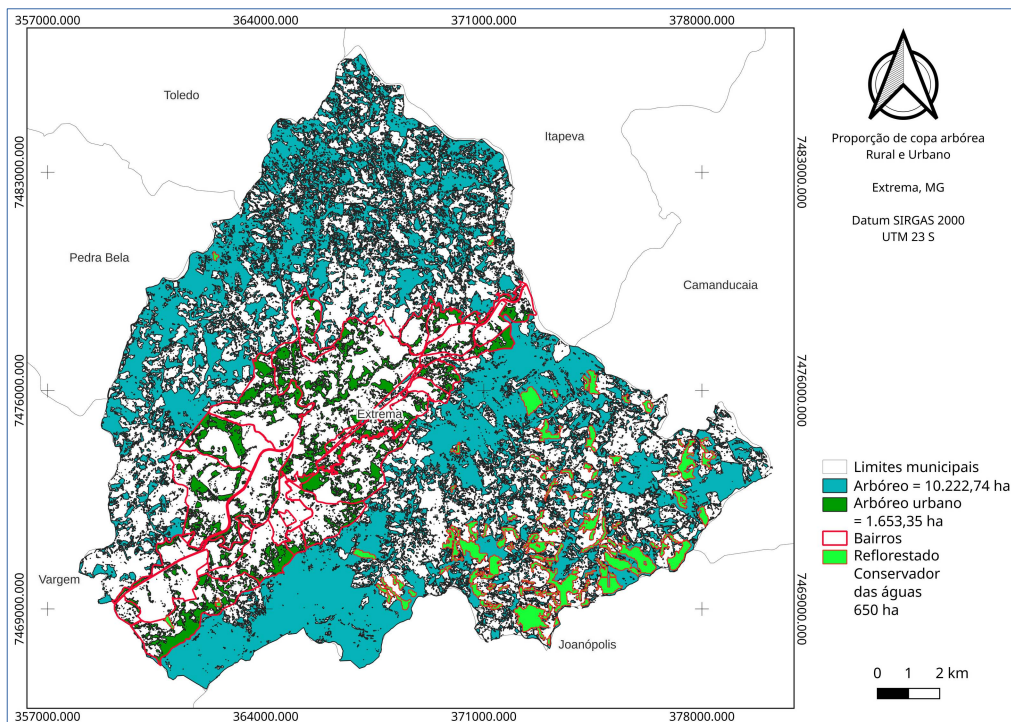
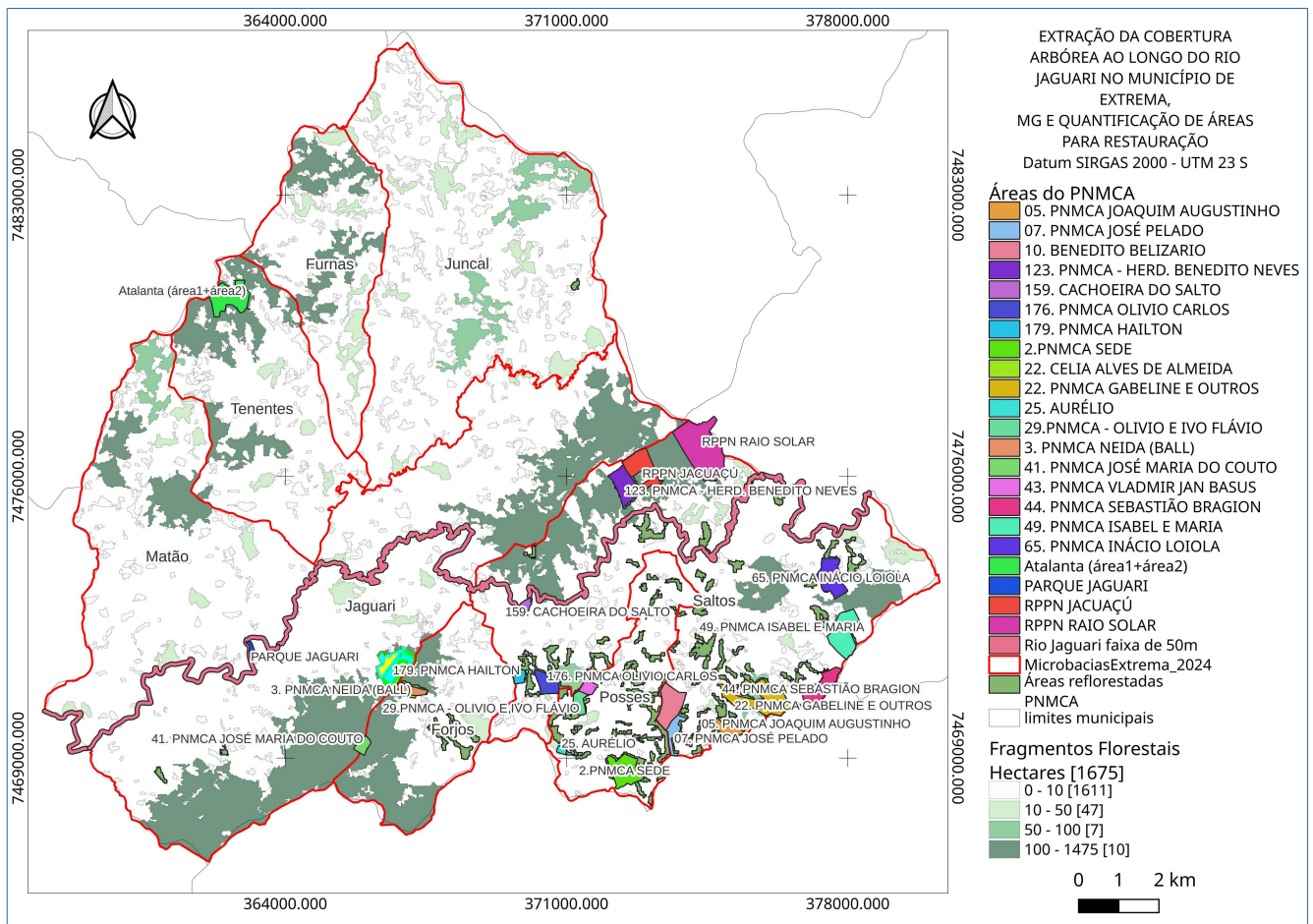
Provavelmente as temperaturas mais baixas são de áreas mais conservadas e com menor grau de antropização



Mapeamento da cobertura do solo de Extrema em 1989

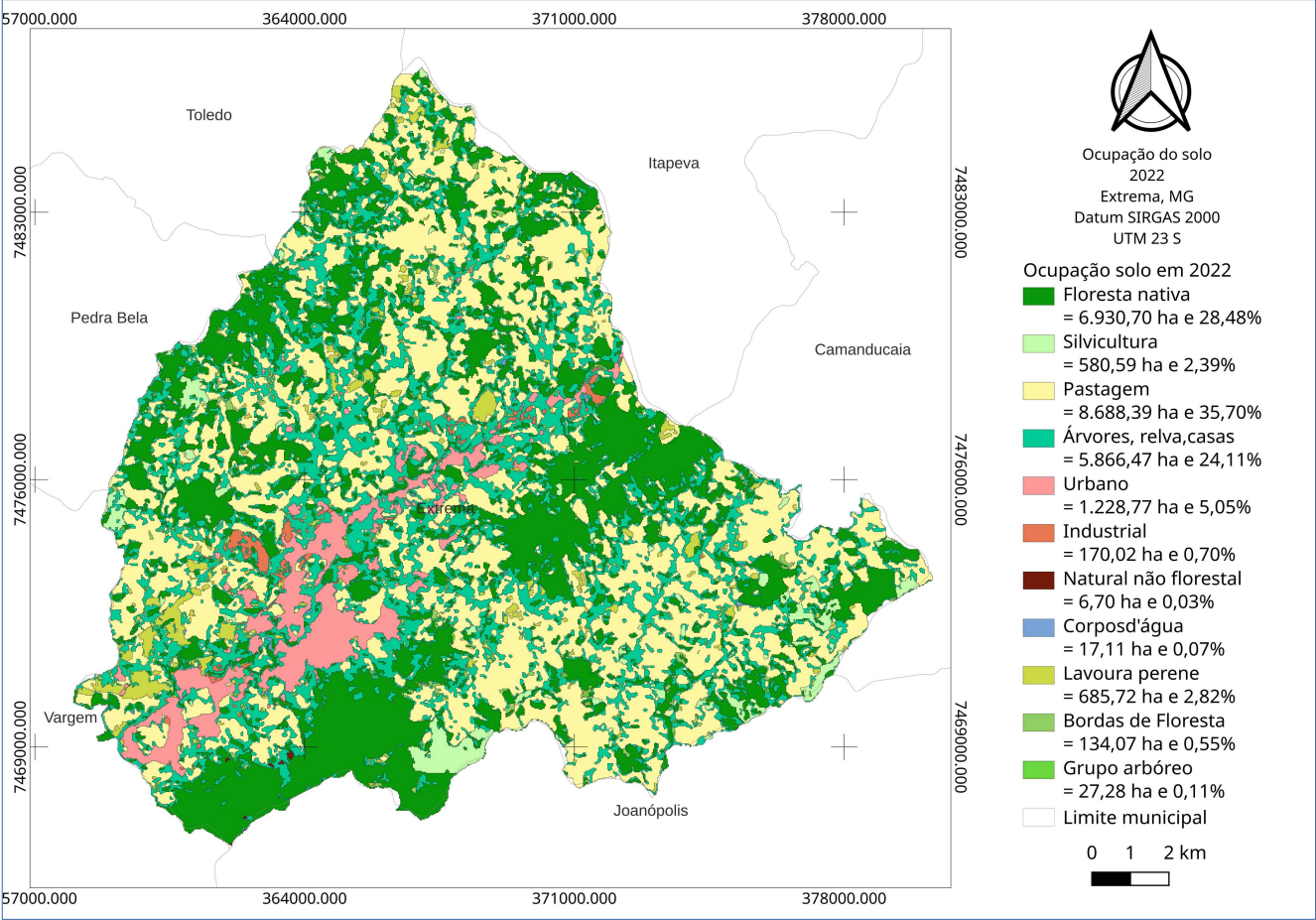


Associação dos dados obtidos com as propriedades e limites de microbacias



Resultado da classificação da cobertura arbórea e florestal de Extrema em 2023.

Mapeamento da cobertura do solo de Extrema em 2022



QTD classes 1989			
DN	None		
3 Floresta nativa	6.243,56	25,66%	
9 Silvicultura	13,72	0,06%	
15 Pastagem	12.523,75	51,46%	
21 Árvores, relva, casas	4.958,24	20,37%	
24 Urbano	125,72	0,52%	
25 Industrial	3,97	0,02%	
29 Natural não florestal	7,85	0,03%	
33 Corpos d'água	41,58	0,17%	
41 Lavoura perene	20,99	0,09%	
46 Bordas	390,06	1,60%	
48 Grupo arbóreo	6,36	0,03%	
	24.335,81		

DN	None		
3 Floresta nativa	6.930,70	28,48%	
9 Silvicultura	580,59	2,39%	
15 Pastagem	8.688,39	35,70%	
21 Árvores, relva, casas	5.866,47	24,11%	
24 Urbano	1.228,77	5,05%	
25 Industrial	170,02	0,70%	
29 Natural não florestal	6,70	0,03%	
33 Corpos d'água	17,11	0,07%	
41 Lavoura perene	685,72	2,82%	
46 Bordas	134,07	0,55%	
48 Grupo arbóreo	27,28	0,11%	
	24.335,81		

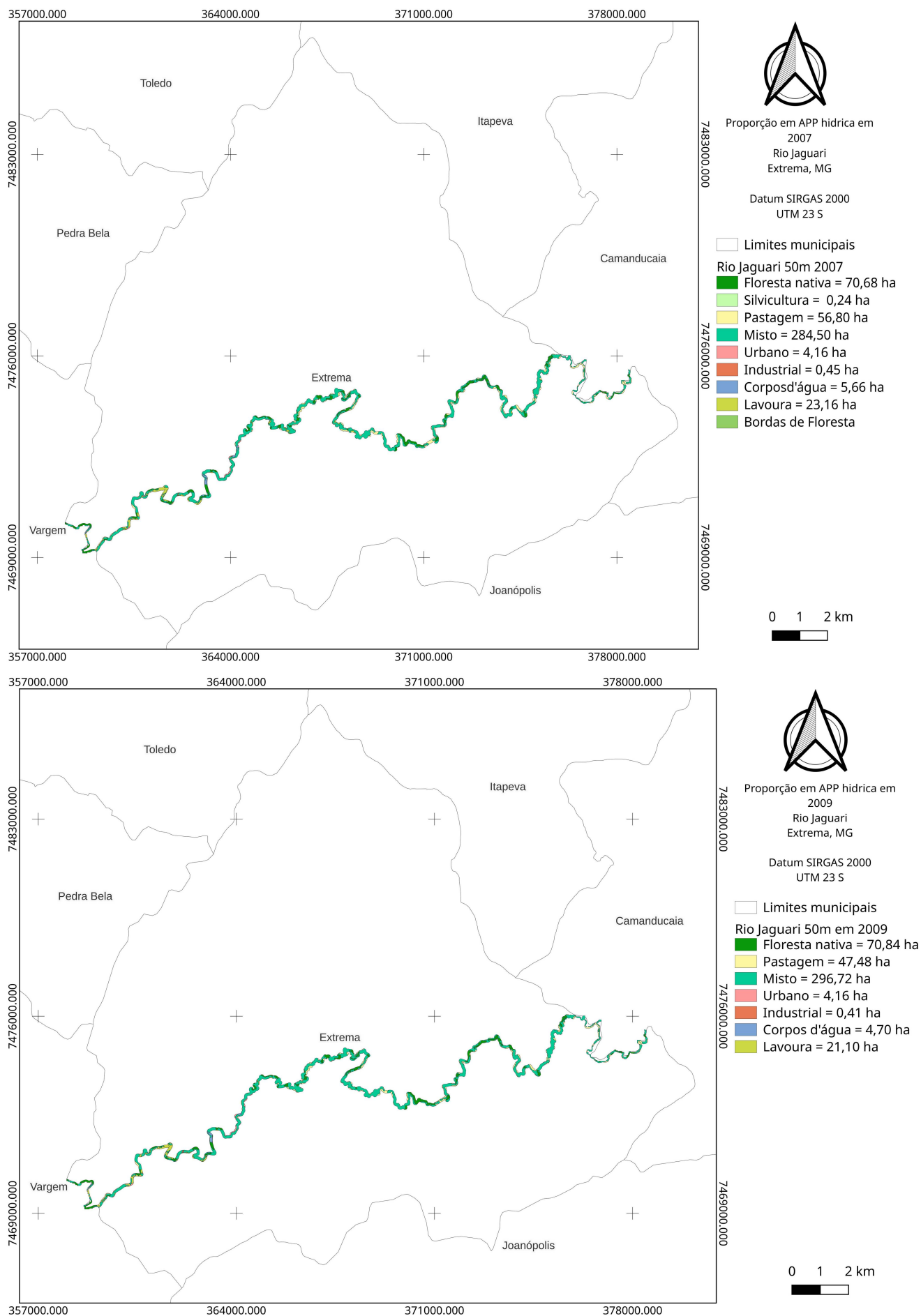
aumento urbano de 1989 até 2022
9,773827616 vezes

aumento de floresta nativa
1,110054879
11,00%

Dado importante

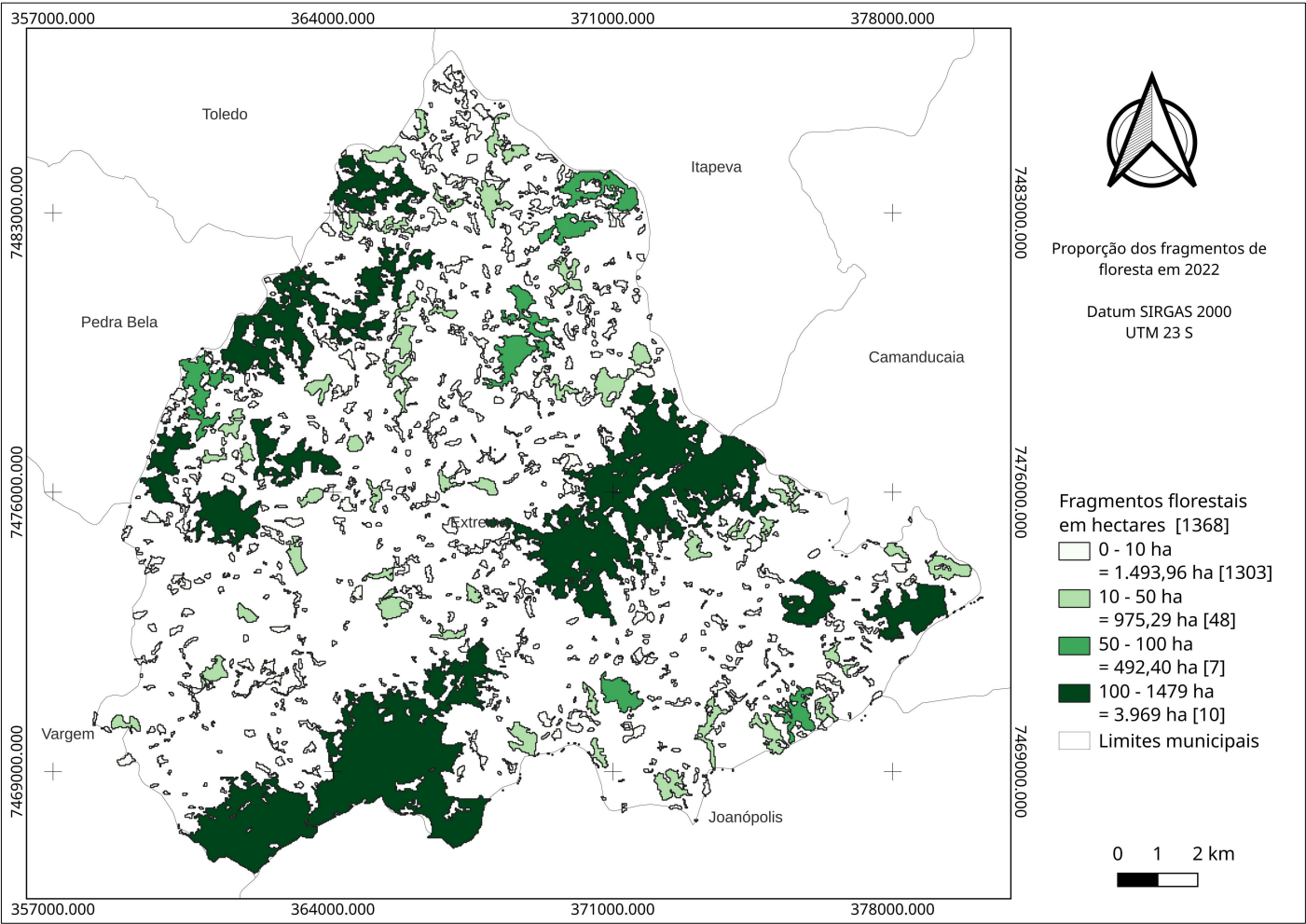
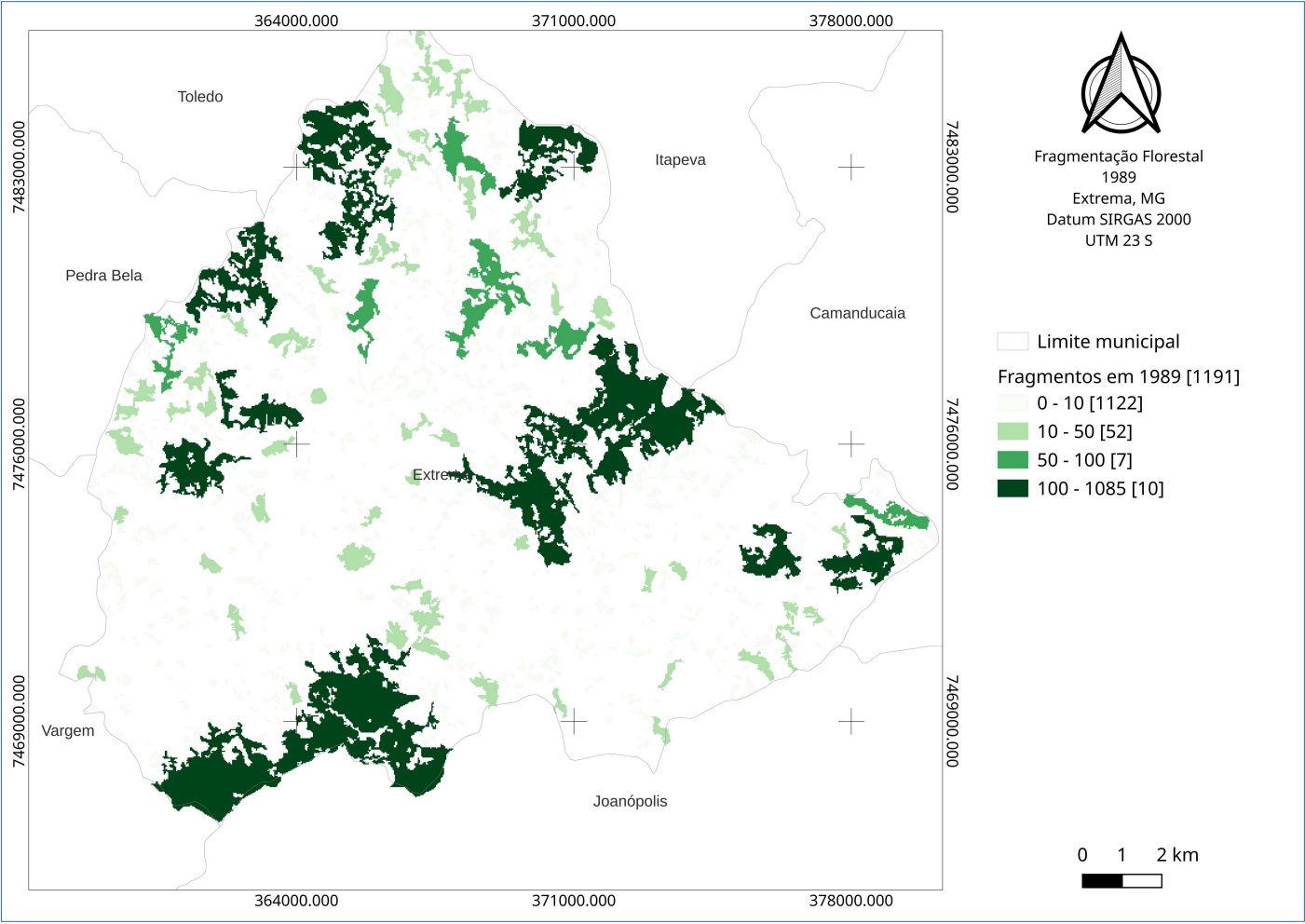
Resultado apresenta um dado muito positivo onde o crescimento urbano elevado de 9,77 vezes a área urbana de 1989 mas com um crescimento florestal de 11%, esse é um dados muito positivo e que evidência as grandes mudanças em todo o município porém com preservação das florestas. Já para a APP do Rio Jaguari não ocorreram mudanças significativas.

Comparação do uso na APP do Rio Jaguari antes e depois de 2008.



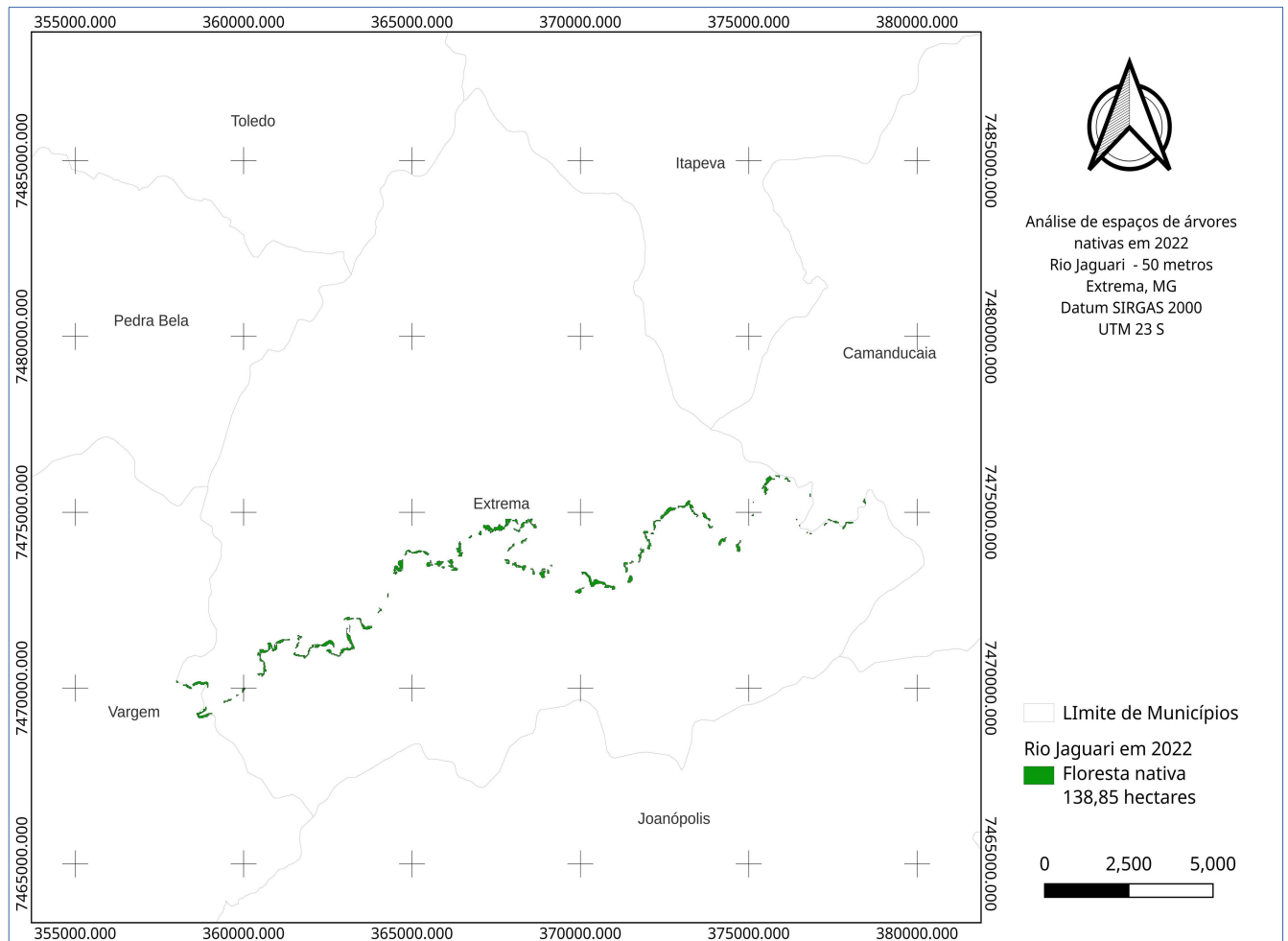
Os próximos dois mapas mostram o sucesso da conservação florestal feita por Extrema, ao longo de 35 anos, porém ocorreu uma pequena diminuição do número de fragmentos em 4 entre 10 e 50 hectares e um número maior de pequenos fragmentos abaixo de 10 hectares, 181 fragmentos, o que pode ser ruim do ponto de vista da ecologia da paisagem e conservação de habitats para fauna.

Dinâmica dos fragmentos florestais de 1989 a 2022



Durante as visitas para reconhecimento de verdade terrestre não foram avistados manchas de espécies invasoras, como ocorre na maioria das cidades do Estado de São Paulo. Isso foi um dado positivo e que deve ser mantido, a pouca ou nenhuma invasão de espécies arbóreas invasoras com é o caso da *Leucaena leucocephala*. Já o ponto negativo é a intensa ocupação das margens por moradias e atividades humanas e até mesmo avenidas e estradas rurais junto a APP do Rio.

Cobertura florestal e arbórea atual na APP do Rio Jaguari



Uma oportunidade que pode ser desenvolvida nos próximos anos é o enriquecimento de espécies vegetais junto aos galpões logísticos e que possuem grandes áreas de talude somente com gramíneas. Isso pode ser uma oportunidade de produção de alimentos para fauna.

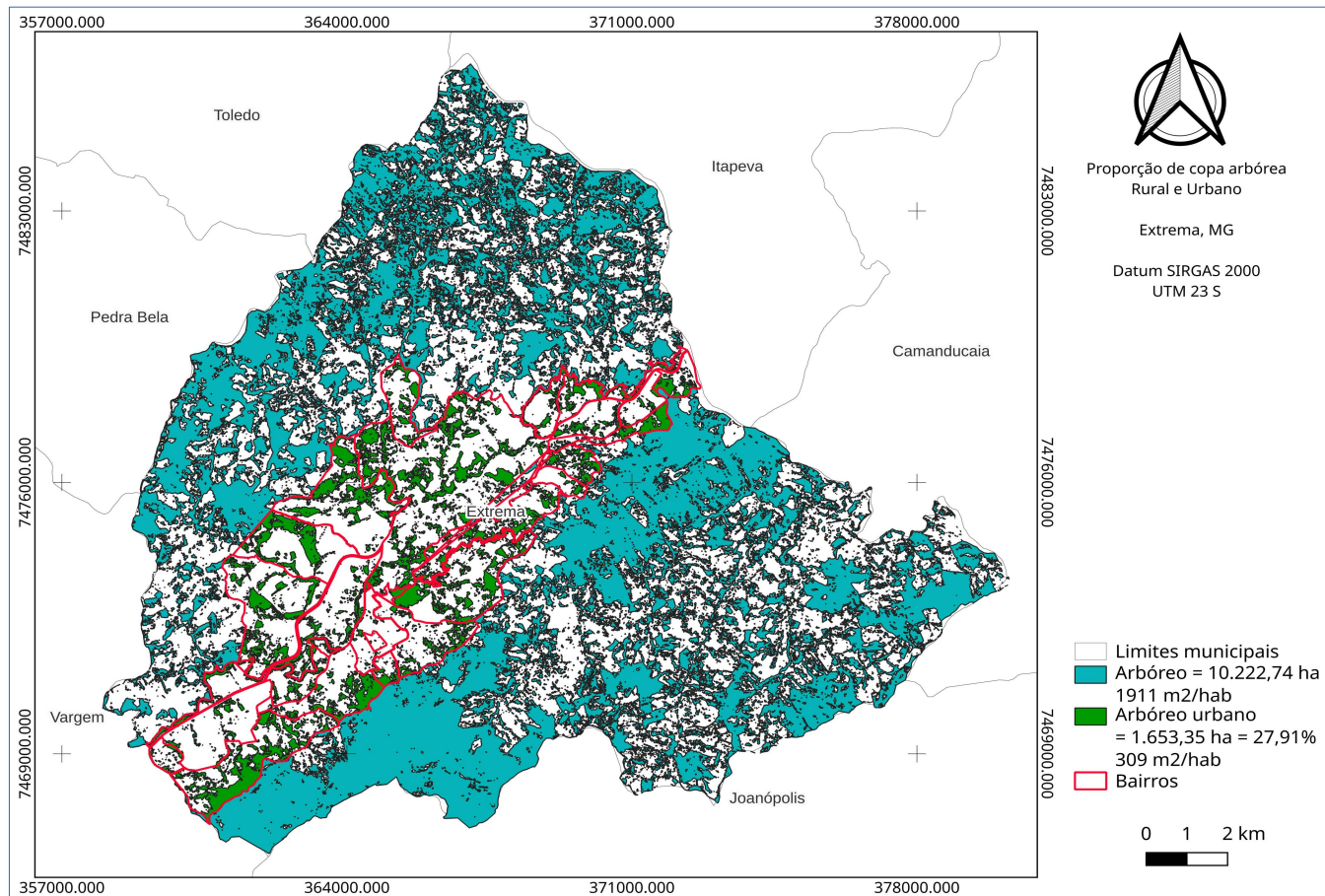


Galpões logísticos e os grandes taludes com gramíneas

O mapa demonstra a mudança na atividade rural do município que passa de pasto para industrialização e suas terras são ocupadas por chácaras com atividade diversificada e associada ao turismo com plantio de árvores e paisagismo.

Já para as áreas ditas urbanas ocorre uma cobertura arbórea de 27,91 da área urbana mas são, na verdade, vazios urbanos e não áreas arborizadas ou de uso público.

Cobertura florestal e arbórea atual

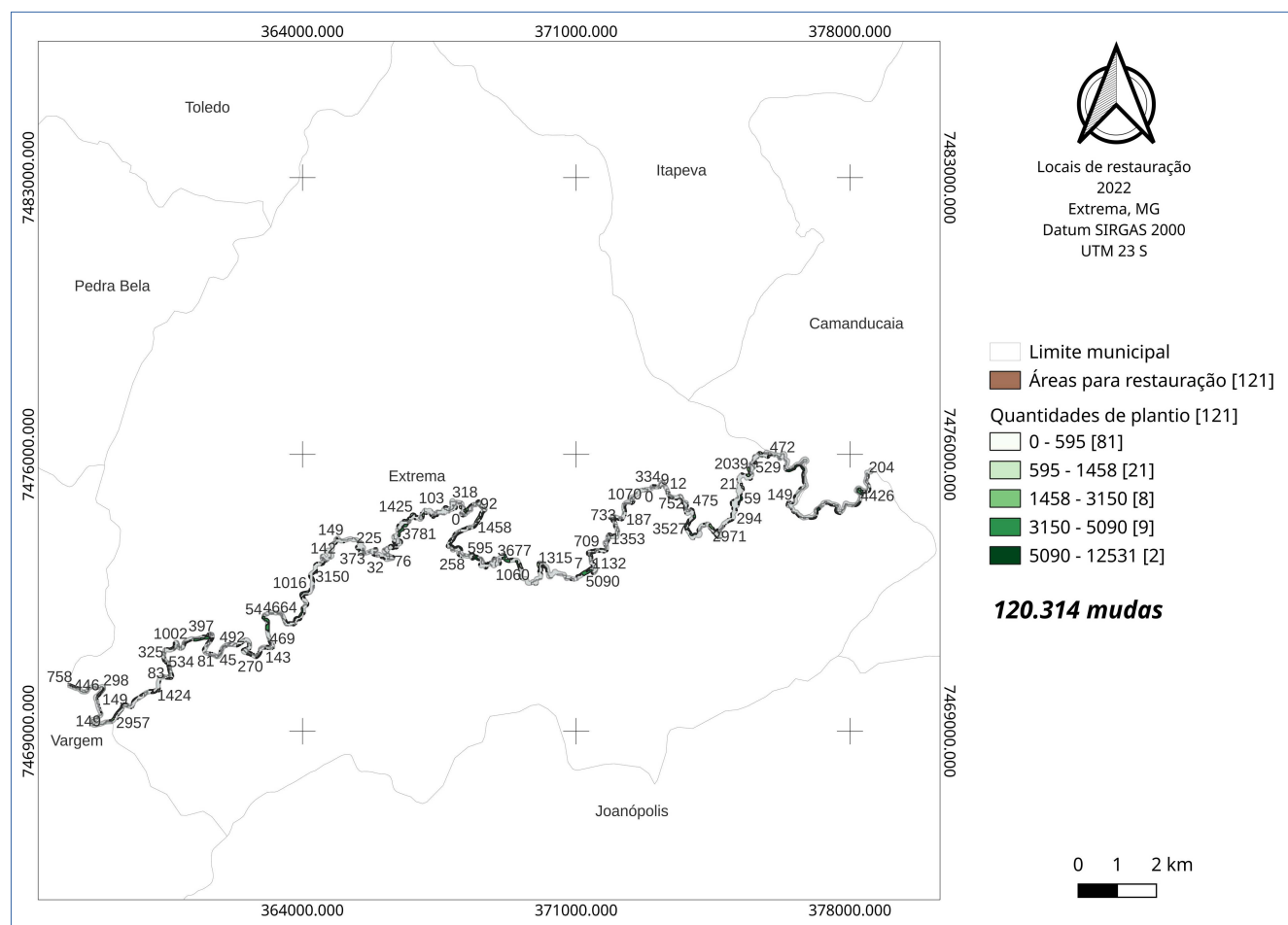


O próximo mapa localiza áreas para plantio de restauração dentro da área ocupada pela APP do Rio Jaguari. Nesses polígonos, na verdade são pequenas áreas ocupadas por atividades humanas e que deverão sofrer mudanças para abrigar plantios de árvores.

Como abordar essa necessidade de conservação para a população residente?

Talvez a resposta seja adaptar esses plantios para serem como “jardins e pomares” e não somente áreas de restauração, necessitam de melhores cuidados e paisagismo para serem ao mesmo tempo restauração e áreas particulares de uso paisagístico.

Indicações de plantios de restauração na APP do Rio Jaguari



Conclusão

Extrema possui um crescimento vertiginoso, porém conseguiu preservar e ampliar a cobertura florestal e arbórea ao longo de 35 anos em 11%, suportando um crescimento urbano de quase dez vezes o tamanho da área urbana de 1989.

Um plantio de 120 mil mudas para restauração, é o resultado desse diagnóstico, parece uma tarefa fácil, mas as áreas são particulares e com moradia associadas a elas, o que torna essa ocupação mais delicada e com abordagem diferenciada. Esse desafio vem se juntar a manutenção da biodiversidade que vai além da cobertura arbórea e exigirá muito diálogo e educação ambiental.

Referências Bibliográficas

BLANCO JORGE L.A., EUFRATE JUNIOR, H de J., MARMONTEL, C.V.F. **Planejamento Ambiental**. São Carlos. Editora Cubo. 2020. 153p.

CABRAL, L.L.F.B. A ATUAÇÃO DOS MUNICÍPIOS NA GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DE CASO SOBRE O MUNICÍPIO DEEXTREMA-MG, **Monografia**, UFMG, 2018. 42p.

GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. Silvicultura urbana: implantação e manejo. Viçosa: Editora Fácil, 2006. 201 p.

MERTEN, H.G, MINELLA, J.P.G. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rural e Sustentável**. 3, 33-38 (2002).

MILANO, M.S. & DALCIN, E.C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226p.

MILLER, R. W. Urban forestry: planning and managing urban greenspaces. New Jersey: Prentice Hall, 1988, 404 p.

MOLL, G. Urban Forestry: A National Initiative. In: BRADLEY, G.A., (Ed.) **Urban Forest Landscapes: integrating multidisciplinary perspectives**. Seattle and London: University of Washington Press, 1995. p. 12-16.

NICOLOTTI, G.; SOCCO, L. V.; MARTINIS, R.; GODIO, A.; SAMBUELLI, L. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. **Journal of Arboriculture** 29(2): 66-78, 2003.

NIKLAS, K. J. Wind, size and tree safety. *Journal of Arboriculture*, 28 (2): p.84-93, March 2002.

RINNTECH. **User Manual - Arbotom 3-D Tree Impulse Tomograph**, version 1.59 for Microsoft Windows 98, 2000, XP. 42p., 2005.

SILVA, L. M. Reflexões sobre a identidade arbórea das cidades. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3,n. 3, 2008, p. 65 – 71.

Souza at. al. (2020) - Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine - **Remote Sensing**, Volume 12, Issue 17, 10.3390/rs12172735.

TAKAHASHI, L. Y.; MARTINS, S. S. Desenvolvimento de mudas visando sua utilização na arborização de ruas. In: 2º CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. **Anais...** São Paulo: IEF, 1992, p. 553 – 557.

GEORGIA FORESTRY COMMISSION. Georgia model urban forest book. Washington, 2001, 78 p.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*, Davis, v.6, p.291-302, 2003.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas invasoras. *Ciência Hoje*, n. 178, 2001.

World Dictionary of Trees - WDT, Faculty of Forestry and Geomatics, Laval University, Quebec, Canadá, June 2011.

