

# Evolução do uso da terra e da cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas pioneiras do projeto “Conservador das Águas” (2006-2018)

Tatiana Cardoso da Cruz<sup>1</sup>

Luciana Della Coletta<sup>2</sup>

Camila Souza dos Anjos Lacerda<sup>3</sup>

Wilson Messias dos Santos Junior<sup>4</sup>

## Resumo

Neste trabalho, avaliamos mudanças espaço-temporais ocorridas em três sub-bacias hidrográficas essenciais para a hidrodinâmica do Rio Jaguari (Ribeirão das Posses, Forjos e Saltos) após a implantação do projeto “Conservador das Águas” no município de Extrema (MG). Utilizamos imagens dos satélites TM-Landsat-5 no ano de 2006 e OLI-Landsat-8 no ano de 2018 para mapear o uso da terra e cobertura vegetal, e o software SPRING para classificar as imagens em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e quantificar a ocorrência das classes analisadas nos anos de 2006 e 2018. Após as análises, observamos um aumento de 19,77% de cobertura vegetal nas três sub-bacias. Além disso, para nossa surpresa, observamos um resultado semelhante em sub-bacias adjacentes nas quais o projeto não havia sido implementado. Este estudo sugere um efeito positivo do projeto “Conservador das Águas” para a manutenção da biodiversidade e funcionamento do sistema hídrico da região, resultando na melhoria do padrão de qualidade ambiental e efetivação da prestação de serviços ambientais no município e em suas propriedades.

**Palavras-chave:** Análise espaço-temporal. Classificação supervisionada. Bhattacharya.

## Introdução

O desmatamento para conversão do uso da terra em áreas produtivas para a agropecuária ocorreu em grande parte do território brasileiro e é o principal responsável pelo aumento do escoamento superficial em bacias hidrográficas. A exploração em demasia dos recursos naturais e a ocupação do solo de forma desordenada resultaram em milhões de hectares de áreas de vegetação arbórea convertidas em pastagens (em sua maioria improdutivas), lavouras, além de centros urbanos (DEAN, 1996; BUENO, 2006). Como consequência das mudanças do uso da terra que começou há mais de 500 anos, atualmente na Mata Atlântica restam apenas 15,0% de sua floresta original em fragmentos maiores que 3,0 ha (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2018), sendo 80,0% desses fragmentos menores que 50,0 ha (RIBEIRO et al., 2009).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, Graduanda. [tatianacardoso@live.com](mailto:tatianacardoso@live.com). Rua Doutor Messuti, 297, Vila Bastos, Santo André/SP, CEP 09041-160.

2 Universidade de Brasília, Pesquisadora Colaboradora. [dellacolettaluciana@gmail.com](mailto:dellacolettaluciana@gmail.com).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, Professora. [camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br](mailto:camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br).

4 Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Doutor em Geografia. [wilsonmessias@gmail.com](mailto:wilsonmessias@gmail.com).

A bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguari (PJ1) tem suas nascentes localizadas em território mineiro, nos municípios de Camanducaia, Itapeva, Toledo e Extrema. No Estado de Minas Gerais, a bacia apresenta uma área de drenagem de 1.165,88 km<sup>2</sup> e se destaca pela expressiva contribuição de suas águas para o Sistema Cantareira que com a bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ) são responsáveis por cerca de 50,0% do abastecimento público da grande São Paulo (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2013). A ação antrópica está presente de maneira sistemática na bacia, com áreas destinadas a agricultura e pecuária, com o plantio desordenado de exóticas, que não possuem um manejo adequado. Além disso, o aumento expressivo de degradação das condições naturais de seus mananciais atua como agentes de pressão sobre a bacia, muito embora a totalidade da área esteja sob jurisdição da Área de Proteção de Ambiental (APA) “Fernão Dias”, uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, para compensação dos impactos ambientais causados pela duplicação da Rodovia 88 Fernão Dias (BR-381).

É com essa premissa que muitas iniciativas têm surgido no Brasil nos últimos quinze anos, com o objetivo de proteger mananciais, em especial aqueles utilizados para o abastecimento público da geração atual ou futura (MATTEI; ROSSO, 2014; IBAMA, 2011; TEIXEIRA, 2011; VEIGA NETTO, 2008), dentre elas, destaca-se o “Projeto Conservador das Águas”, que atua na remuneração de produtores rurais que adotam práticas para a conservação dos recursos hídricos nos limites de suas propriedades.

O projeto tem como um dos objetivos principais a recomposição da cobertura vegetal nas sub-bacias do Rio Jaguari, para gerar microcorredores ecológicos e redução dos níveis de poluição difusa rural. Em 10 anos de trabalho, 1.000.911 mudas nativas da Mata Atlântica foram plantadas nas três sub-bacias pioneiras do projeto, o equivalente a 6.135,0 ha reflorestados (PEREIRA et al., 2017). Para Omura et al. (2010), este projeto se mostra como uma importante iniciativa, pois estimula a prática de conservação e restauração de áreas naturais com a realização do aumento da cobertura florestal.

A cobertura vegetal natural é um importante indicador das condições ambientais de uma região, pois propicia proteção direta ao solo. A ausência de vegetação em uma bacia hidrográfica influencia a qualidade e a quantidade da água, interferindo diretamente no regime hídrico, além de contribuir para o aumento do transporte de sedimentos e para o assoreamento dos corpos d’água (CAMPOS; NEVES, 2009). A recomposição da cobertura vegetal melhora os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis, causando a diminuição do processo de escoamento superficial e contribuindo para o processo de escoamento subsuperficial, tendo como consequência a diminuição da erosão (BALBINOT et al., 2008; SANTOS et al., 2007; DUDLEY; STOLTON, 2003), além de servir de habitat para animais silvestres, contribuindo, desta forma, para a manutenção da biodiversidade.

Neste sentido, este artigo teve como objetivo uma análise espaço-temporal das mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas, as quais foram pioneiras à implantação do projeto “Conservador das Águas”, no município de Extrema (MG), a partir da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

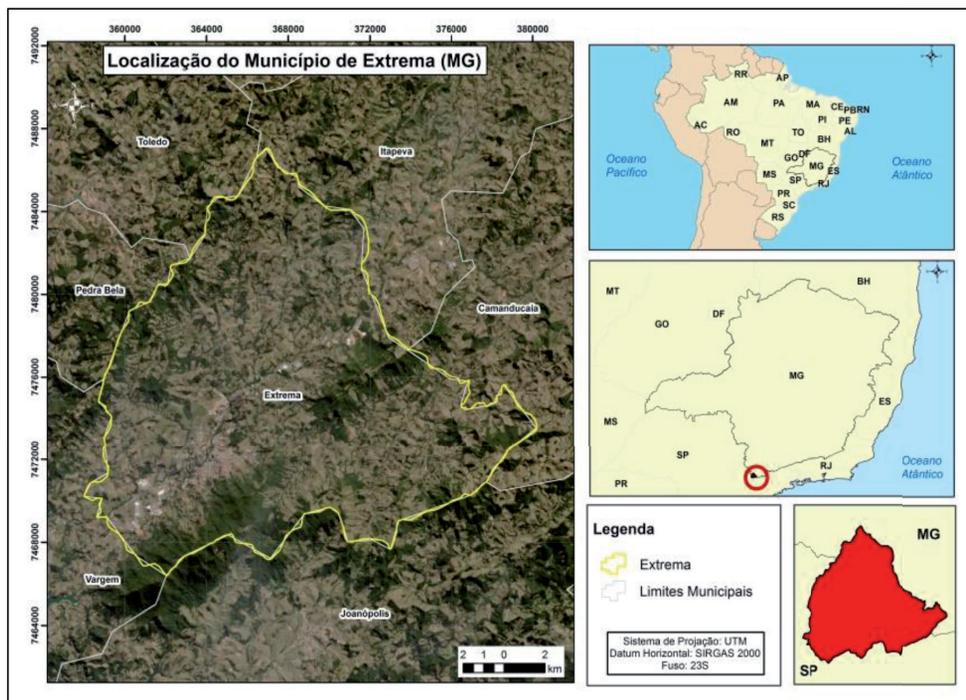
## Material e métodos

### Área de estudo

O município de Extrema localiza-se entre as coordenadas geográficas 46°17’43” e 46°20’42” de longitude Oeste e 22°43’6” e 22°54’16” de latitude Sul (FIGURA 1). Seu território

compreende a aproximadamente 243,09 km<sup>2</sup> e seu clima é classificado como temperado (Cfb), com verões amenos, sem a ocorrência de estação seca (ALVARES et al., 2013). Ao longo do ano em Extrema, a pluviosidade é significativa, apresentando média anual de 1.484 mm.

Figura 1 – Localização do município de Extrema (MG)



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

### Sub-bacias hidrográficas: Forjos, Posses e Saltos

Para a implantação do projeto "Conservador das Águas", foi realizado um levantamento por meio de estudos e mapeadas as 7 (sete) sub-bacias hidrográficas existentes no município considerando as mais significativas na Bacia do Rio Jaguari: Forjos, Furnas, Juncal, Matão, Posses, Saltos e Tenentes (FIGURA 2). Pereira et al. (2016) mencionam que o critério de escolha para dar início ao projeto se deu pela sub-bacia hidrográfica com menor cobertura florestal da montante do ponto de captação de água do município para a jusante, na seguinte ordem: 1º - Posses, 2º - Saltos, 3º - Forjos, 4º - Juncal, 5º - Furnas, 6º - Tenentes, 7º - Matão. As três primeiras sub-bacias foram estudadas neste artigo.



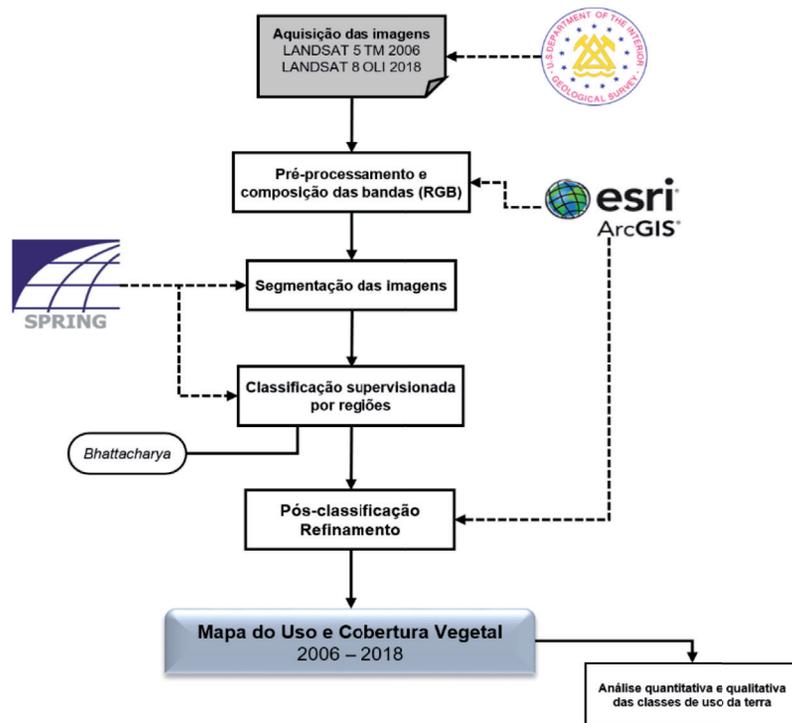
verdadeiro”. Para isso foi utilizada a ferramenta “Project” que inferiu à imagem os parâmetros relativos ao hemisfério sul. Foi utilizada uma ferramenta de recorte espacial para obtermos a área relativa ao município de Extrema (MG) e, após essa etapa, a imagem foi exportada de 16 para 8 bits para ser trabalhada no software SPRING versão 5.5.3.

No software SPRING, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE), definiu-se que a segmentação se daria pelo método de crescimento de regiões. Neste método é preciso definir critérios de Similaridade (valor mínimo de diferença entre níveis de cinza abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma mesma região) e Área (número mínimo de pixels necessários para individualização de uma área). De maneira a separar da melhor forma a maior quantidade de feições nas imagens, testou-se uma série de limiares, definindo-se, por fim, os valores 10 para Similaridade e 40 para Área. Para esta pesquisa, utilizou-se do algoritmo *Bhattacharya*<sup>5</sup> para a classificação supervisionada<sup>6</sup>, elegendo-se três classes distintas: “vegetação”, “urbano” e “outros usos”, sendo este último utilizado para solo exposto, agricultura, pastagens etc.

Após a classificação processada no SPRING, procedeu-se ao refinamento da classificação, à geração do cálculo de área e percentual de uso para cada classe e posteriormente à construção do layout final. Todos esses procedimentos foram executados no software ArcGIS versão 10.5 disponibilizado pela ESRI.

Os procedimentos para obtenção desses mapeamentos são ilustrados de forma sucinta na Figura 3.

**Figura 3** – Fluxograma que sintetiza os procedimentos metodológicos para a elaboração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal



**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

<sup>5</sup> O algoritmo *Bhattacharya* trabalha com a distância que é utilizada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidade dessas classes (INPE, 2006).

<sup>6</sup> A classificação supervisionada é desenvolvida com base em amostras de treinamento, ou seja, os pixels da imagem são classificados segundo regras. Em seguida esses pixels são comparados aos padrões de classes previamente obtidos em uma fase em que o operador as define. Nesse processo um analista identifica na imagem as classes de informação de seu interesse e separa regiões que melhor representem estas classes.

## Resultados e discussão

O projeto “Conservador das Águas” tornou-se exemplo de política ambiental eficiente no que se refere à gestão dos recursos hídricos, sendo uma iniciativa de grande importância não só para o município de Extrema (MG), mas para todo o Estado de São Paulo, que depende da água proveniente do Sistema Cantareira.

A estreita relação entre os proprietários rurais e a adoção de métodos de conservação ambiental, como as Áreas de Preservação Permanente (APP) e práticas conservacionistas do solo, estão diretamente ligadas à quantidade e à qualidade de água disponível, advinda da manutenção da biodiversidade nessas áreas protegidas.

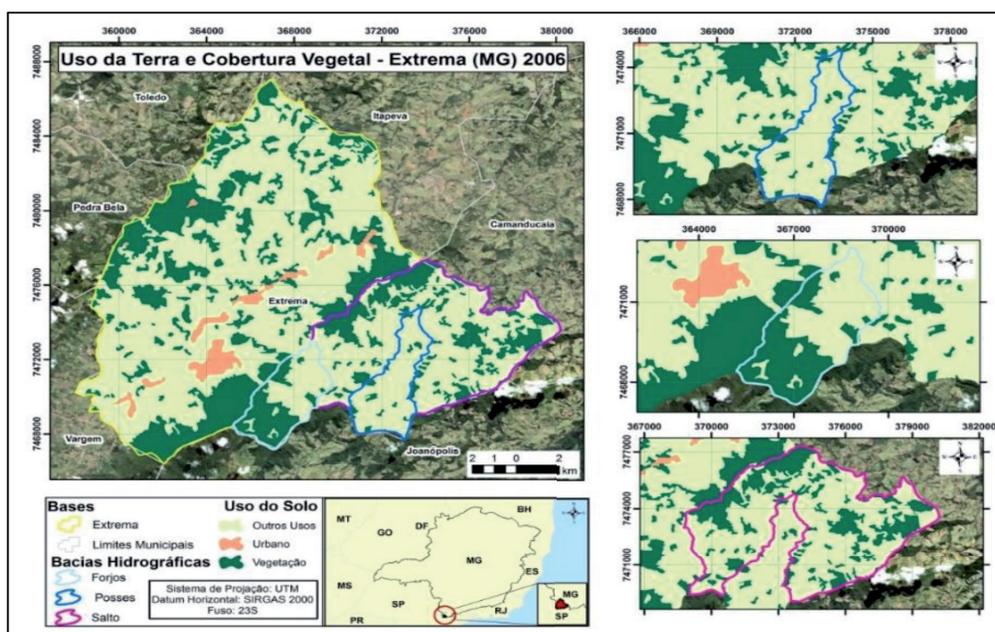
Sendo assim, o presente artigo mostra que as diligências para a preservação e a recuperação do meio ambiente possuem retorno em curto prazo e que tais resultados podem ser mensurados e avaliados por meio de ferramentas do geoprocessamento, que fornecem dados temporais de forma acessível (PAULA et al., 2016).

Segundo Altmann, Eckhardt e Rempel (2009), a disponibilidade de imagens de satélite de uma mesma região da Terra e das ferramentas computacionais presentes no SIG permite a elaboração de comparações por meio da utilização da dimensão temporal como uma qualidade dos dados adquiridos em instantes distintos.

Desta forma, a classificação digital de imagens utilizadas neste artigo possibilitou a quantificação da ocorrência das classes de uso da terra e cobertura vegetal de três sub-bacias hidrográficas pioneiras à implantação do projeto “Conservador das Águas”, no município de Extrema (MG), nos anos de 2006 e 2018, verificando a expansão ou redução de sua ocorrência ao final do período.

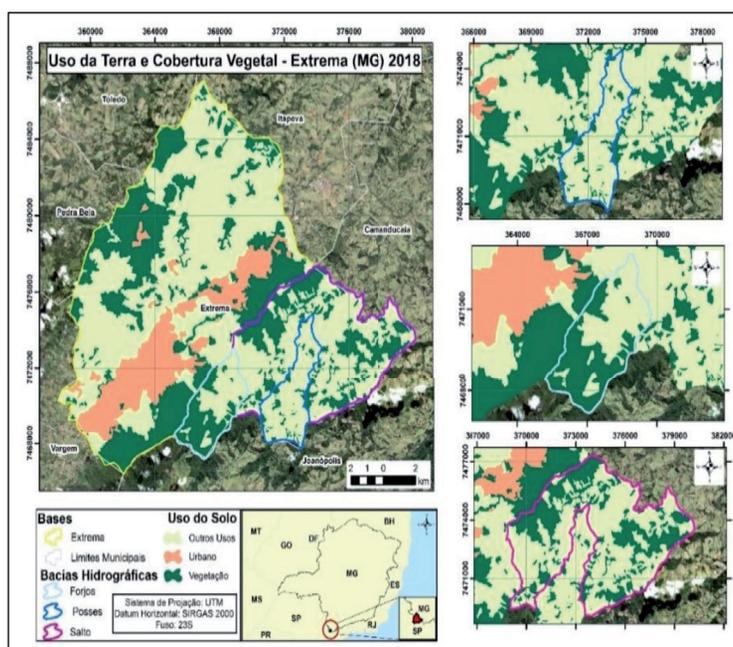
A partir da metodologia utilizada neste estudo, foram gerados mapas temáticos das classes mapeadas, nos quais podemos identificar e acompanhar a evolução das classes por meio dos resultados de quantificação (FIGURAS 4 e 5).

**Figura 4** – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Extrema (MG) em 2006



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Figura 5 – Mapa de uso da terra e cobertura vegetal do município de Extrema (MG) em 2018



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Nos dois períodos analisados, a totalidade das classes de uso da terra e cobertura vegetal compreendem 24.453,5 ha (TABELA 1), que se assemelha à área oficial estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) para o município, sendo 24.457,5 ha.

Apesar do notável aumento da vegetação no município, observa-se que alguns pontos foram desmatados. A Tabela 1 apresenta a quantificação, em ha, e percentual para cada sub-bacia, bem como as classes de uso do solo, para melhor identificação e análise das mudanças ocorridas entre os anos avaliados no estudo.

Tabela 1 – Classes de uso do solo adotadas na classificação e a quantificação das áreas nos anos de 2006 e 2018.

Ano Bacias	2006		2018	
<b>Extrema</b>				
<b>Classificação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Outros Usos	16420,3	67,2	13783,6	56,4
Urbano	614,3	2,5	2815,5	11,5
Vegetação	7418,9	30,3	7854,5	32,1
Total	24453,5	100,0	24453,5	100,0
<b>Forjos</b>				
<b>Classificação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Outros Usos	651,9	51,2	626,1	49,2
Vegetação	620,8	48,8	646,5	50,8
Total	1272,6	100,0	1272,6	100,0

Ano Bacias	2006		2018	
<b>Extrema</b>				
<b>Posses</b>				
Classificação	Área (ha)	Percentual (%)	Área (ha)	Percentual (%)
Outros Usos	1100,0	90,9	1050,1	86,7
Vegetação	110,7	9,1	160,5	13,3
Total	1210,7	100,0	1210,7	100,0
<b>Saltos</b>				
Classificação	Área (ha)	Percentual (%)	Área (ha)	Percentual (%)
Outros Usos	3468,9	69,1	3192,1	63,6
Vegetação	1553,6	30,9	1830,4	36,4
Total	5022,5	100,0	5022,5	100,0

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

É importante destacar que a detecção das mudanças no uso e na cobertura do solo por meio do sensoriamento remoto permite reconstituir como determinada área foi utilizada em cada período de tempo, tornando possível a compreensão da dinâmica da paisagem, bem como seus aspectos e indicadores de melhoramento da qualidade ambiental (ALTMANN; ECKHARDT; REMPEL, 2009).

Deste modo, a análise dos dados coletados permitiu observar que, com relação à classe denominada “urbano”, o município contava, em 2006, com uma área de 614,3 ha, em 2015 a área urbana em ha correspondia a 1.452,73 (PAULA et al., 2016), passando para 2.815,5 ha em 2018, ou seja, houve um aumento significativo, que, atualmente, representa 4,6 vezes a área de 2006.

Esta expansão na área urbanizada no município de Extrema (MG) pode estar relacionada ao estabelecimento de grandes indústrias nacionais e multinacionais que, atraídas pelos incentivos fiscais oferecidos pelo município, instalaram-se na cidade, gerando empregos e atraindo a população de outras regiões do Brasil.

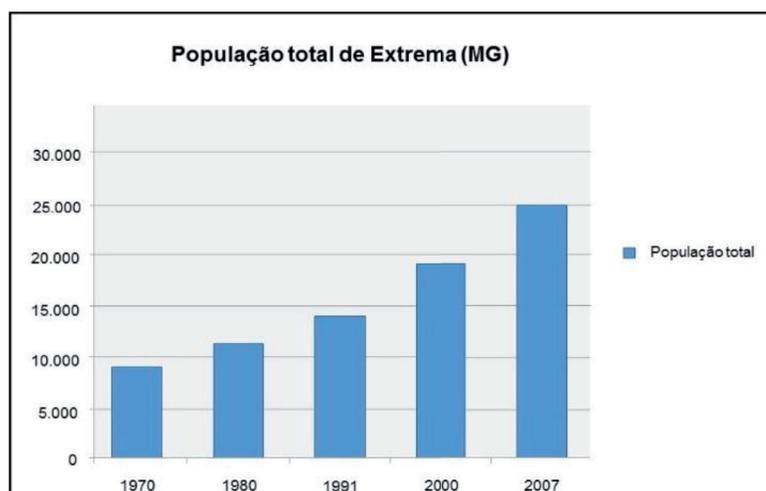
O processo de urbanização acelerada sem o planejamento urbano adequado provoca a retirada da cobertura vegetal, causando o empobrecimento dos solos, podendo gerar diversos impactos negativos nos aspectos físicos de uma paisagem natural.

Para a classificação de “outros usos”, que compreende áreas de atividades agrícolas, pastagens, pecuária, áreas de solo exposto etc., observa-se uma redução linear. Em 2006, o número em porcentagem para esta categoria era cerca de 67,0%. Paula et al., (2016), em estudo similar, analisaram as mudanças no uso do solo e afirmam que essas alterações correspondiam a 59,0% no ano de 2015. Em 2018, neste estudo, as atividades agrícolas, pastagens, pecuária e áreas de solo exposto corresponderam a 56,0%, ou seja, apesar da evolução em curto prazo, a implantação do projeto continua apresentando resultados positivos no decorrer dos anos.

Com base na análise quantitativa dos cálculos, pôde-se ainda constatar uma diminuição de 24,2 ha da classe “vegetação” para conversão do solo em área urbana no período e na área estudada. No que se refere à conversão de “vegetação” em “outros usos”, o município apresentou uma perda de 1.139,61 ha, o que corresponde a 4,66% de sua área total (TABELA 2).

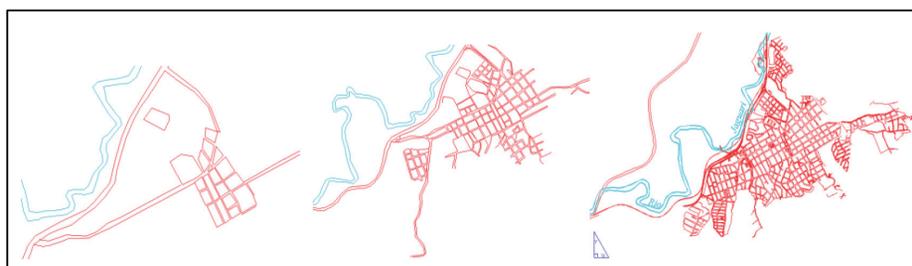
Esta diminuição justifica-se também pelo aumento da população (FIGURA 6) e a expansão territorial do município ao longo do tempo, devido aos avanços tecnológicos e polos industriais implantados na cidade (FIGURA 7).

**Figura 6** – População total de Extrema (MG) entre os anos de 1970 e 2007.



**Fonte:** Fonseca (2009).

**Figura 7** – Contorno da área urbana de Extrema (MG) nos anos de 1950, 1978 e 2003.



**Fonte:** Fonseca (2009).

Entretanto, nota-se o aumento da classe “vegetação” que, apesar das conversões tanto para área urbana quanto para outros usos, teve uma elevação em 2,0% de sua área total.

No que diz respeito especificamente à sub-bacia do Ribeirão das Posses, a classe “vegetação” pode ser quantificada em 110,7 ha em 2006, tendo um aumento para 160,5 ha após a implantação do projeto “Conservador das Águas” (TABELA 1). No entanto, na comparação dos mapas, foi possível observar um percentual de desmatamento, o que, conseqüentemente, alterou a classe “vegetação” para “outros usos”, representando 25,28 ha desmatados (TABELA 2).

**Tabela 2** – Mudanças do uso do solo no município de Extrema (MG) e sub-bacias dos Forjos, Posses e Saltos entre os anos de 2006 e 2018.

<i>Extrema</i>		
<b>Mudanças</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Manteve - Outros Usos	12628,77	51,65
Manteve - Urbano	598,94	2,45
Manteve - Vegetação	6254,9	25,58
De Outros Usos para Urbano	2193,84	8,97
De Outros Usos para Vegetação	1597,56	6,53
De Urbano para Outros Usos	15,19	0,06
De Vegetação para Outros Usos	1139,61	4,66
De Vegetação para Urbano	24,2	0,1
<i>Forjos</i>		
Manteve - Outros Usos	594,98	46,75
Manteve - Vegetação	589,65	46,33
De Outros Usos para Vegetação	56,87	4,47
De Vegetação para Outros Usos	31,1	2,45
<i>Posses</i>		
Manteve - Outros Usos	1024,86	84,65
Manteve - Vegetação	85,39	7,05
De Outros Usos para Vegetação	75,14	6,21
De Vegetação para Outros Usos	25,28	2,09
<i>Saltos</i>		
Manteve - Outros Usos	3012,58	59,98
Manteve - Vegetação	1374,01	27,36
De Outros Usos para Vegetação	456,34	9,09
De Vegetação para Outros Usos	179,55	3,57

**Fonte:** Elaboração dos autores (2018).

De acordo com Zolin et al., (2011), o desmatamento se dá por conta do cenário de uso e cobertura do solo em que se encontra a sub-bacia das Posses, que apresenta a maior perda de solo anual devido ao elevado grau de degradação da cobertura vegetal (em sua grande parte, pastagens). A falta de APP e RL (Reserva Legal), somados ainda à presença de áreas bastantes declivosas, dificultam a implantação de práticas conservacionistas do solo.

Na sub-bacia dos Forjos, a área vegetada foi quantificada em 620,8 ha em 2006, passando para 646,52 ha em 2018 (TABELA 1). Para esta sub-bacia também se constatou alteração da classe “vegetação” para “outros usos” em aproximadamente 2,45% (TABELA 2).

A sub-bacia dos Saltos foi a que mais apresentou alteração em termos de áreas vegetadas, passando de 1.553,6 ha em 2006 para 1.830,4 ha em 2018 (TABELA 1). A alteração da classe “vegetação” para “outros usos” no período estudado representou uma área quantificada em 179,55 ha, equivalente a 3,57% de desmatamento para a área desta sub-bacia (TABELA 2).

Em uma perspectiva de análise geral, cabe ressaltar que o município apresentou um aumento da conversão da classe “outros usos” em “vegetação” de 1.597,56 ha, até mesmo nas sub-bacias

em que o projeto ainda não foi implantado, ou seja, 6,53% da área do município que antes eram destinadas a agricultura, pecuária, solo exposto, etc. foram convertidos em áreas de vegetação arbórea (TABELA 2). Para Paula et al., (2016), esta ação pode estar associada ao incentivo e à crescente conscientização dos produtores rurais, bem como ao interesse em recuperar e preservar áreas de vegetação, reduzindo áreas que antes eram destinadas a outro tipo de atividade.

Os resultados obtidos nos mostram ainda que no período estudado a quantificação da classe “outros usos” foi convertida em 19,77% para a classe “vegetação” e apresentou 8,11% de desmatamento nas sub-bacias. A redução na conversão do uso do solo de áreas vegetadas para “outros usos” pode representar um reflexo da conscientização dos produtores rurais em aderir à causa ambiental, visto a importância da preservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e da conservação do solo por meio das áreas reflorestadas, que foram fortalecidas e obtiveram resultados positivos a partir da implantação do Projeto (PEREIRA et al., 2017).

Esses evidenciam a importância e a eficácia do projeto “Conservador das Águas”, em que, por meio da recomposição da cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas do Rio Jaguari, restauração das áreas naturais e aumento da cobertura florestal, ainda que com a expansão da área urbana, refletiu na diminuição de áreas utilizadas para outras atividades, como a agricultura, a pecuária etc., garantindo a melhoria ambiental de todo o ecossistema que abrange as áreas do município.

Esta evolução afeta diretamente a manutenção da biodiversidade local e o funcionamento de todo o sistema hídrico da região, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água, diminuindo o escoamento superficial e também a erosão, (BALBINOT et al., 2008; LIMA, 1996; SANTOS et al., 2007; DUDLEY; STOLTON, 2003). A existência da cobertura vegetal influi de maneira direta na redução das cargas de sedimentos nas vias fluviais, reduzindo os processos de sedimentação, com consequente melhoria da qualidade de água disponível para o consumo (JARDIM; BURSZTYN, 2010). Esses fatores resultaram na satisfação dos produtores rurais (ZANELLA, 2011), motivando-os a manter ou a restaurar a cobertura vegetal de suas propriedades com consequente melhoria na qualidade da água e efetiva prestação de serviços ambientais no município e em suas propriedades.

Além disso, o projeto também gera empregos diretos, capacita mão de obra para a restauração florestal e incentiva práticas de conservação de solo e saneamento ambiental (PAGIOLA; VON GLEHN; TAFFARELLO, 2013).

## Conclusão

O projeto “Conservador das Águas” foi eficiente do ponto de vista ambiental, devido à recomposição da vegetação nativa nas áreas das sub-bacias, o que promove uma melhora na qualidade ambiental.

## Evolution of land use and vegetation cover in the pioneering subwatershed “*Conservador das Águas*” project (2006-2018)

### Abstract

In this study, we evaluated the spatial-temporal changes in three subwatersheds essential for the hydrodynamics of Jaguari River (Ribeirão das Posses, Forjos and Saltos) after the implementation of the “*Conservador das Águas*” project in the municipality of Extrema (MG). We used satellite images

from TM-Landsat-5 from year 2006 and OLI-Landsat-8 from year 2018 to map land use and vegetation cover, and the SPRING software to classify images in Geographic Information Systems (GIS) and quantify the occurrence of the classes analyzed in 2006 and 2018. After these analyses, we observed 19,77% increase in vegetation cover in the three subwatersheds. Surprisingly, we also detected a similar result in adjacent subwatersheds where the project was not implemented. Thus, this study suggests a positive effect of the “*Conservador das Águas*” project to the maintenance of biodiversity and hydric system functioning of that region, resulting in increased environmental quality standards and effectiveness of the environmental services for the community and its properties.

**Keywords:** Space-time analysis. Supervised classification. Bhattacharya.

## Referências

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Relatório de gestão das Bacias PCJ - 2013**. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-gestao-bacias-pcj-2013.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da Terra – estudo de caso no município de Teutônia – RS – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, p. 273-283, 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2019.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Revista Ambiência**. Guarapuava, PR, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008. Disponível em: <<http://www.redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/09/PAPEL-DA-FLORESTA.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BUENO, E. **Capitães do Brasil: A Saga dos Primeiros Colonizadores**. Coleção Terra Brasilis, 3 ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2006.

CAMPOS, J. M.; NEVES, S. M. A. S. Cobertura vegetal e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Paraguai/Jauquara-MT. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 2., 2009, Barra do Bugres, MT. **Anais....** Barra do Bugres, 2009. 1 p.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Cia das Letras, 1996.

DUDLEY, N.; STOLTON, S. **Running Pure: The Importance of Forest Protected Areas to Drinking Water**. World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. Gland, Switzerland: WWF International, 2003. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/intbiodiversity/resources/runningpure2003+.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

FONSECA, C. E. **O crescimento e a expansão urbana e industrial no município de Extrema, Minas Gerais, a partir da duplicação da Rodovia Fernão Dias, BR 381**. (Mestrado em Geografia – 2009). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades:** Extrema - MG. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/extrema/panorama>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica:** lições aprendidas e desafios / Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras. – Brasília: MMA, 2011. 272p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **SPRING:** Tutorial de Geoprocessamento. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.353-360, set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00353.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

LIMA, C. E. S.; GOMES, D. D. M.; GOLDFARB, M. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Inhaúma–PE/AL, por meio de técnicas de Geoprocessamento e dados de Sensoriamento Remoto. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, 2016.

MATTEI, L; ROSSO, S. Evolução do mercado de pagamento por serviços ecossistêmicos no Brasil: evidências a partir do setor hídrico. In: IPEA. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.ip ea.gov.br/bitstream /11058/5562/1/BRU\\_n09\\_evolucao.pdf](http://repositorio.ip ea.gov.br/bitstream /11058/5562/1/BRU_n09_evolucao.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2018.

OMURA, P. A. C.; CAMPOS, D. R.; DIEDERICHSEN, A. T. B.; MENEZES, J. P. A.; CAVICHIA, A.; PADOVEZI, A. **Conhecendo as águas e a saúde do rio Jaguari – Uma proposta de trabalho pedagógico abordando a conservação e qualidade dos recursos hídricos.** II Simpósio – Experiências em Gestão dos Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica. 2010.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2013.

PAULA, S. L.; MACIEL, D. A.; TEIXEIRA, V. E.; PAULA, J. C. A.; GONÇALVES, T. G.; ALVES, M. C. Avaliação do “Programa Conservador de Água” no município de Extrema/MG, através de técnicas de sensoriamento remoto. In: XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste. **Anais....** Brasília, 2016.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; ARANTES, L. G. C.; PEREIRA, K. H.; OMURA, P. A. C.; RODRIGUES, R. R. **Conservador das Águas:** 12 anos. Edição 2017. Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2017. 187p. Disponível em: <<http://extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/conservador-das-agua-livro-12-anos.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; OMURA, P. A. C.; ARANTES, L. G. C.; **Projeto Conservador das Águas.** Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2016. 37p. Disponível em: <<http://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/Projeto-Conservador-das-aguas-versao-fevereiro-de-2016.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p.1141-1153, 2009.

SANTOS, G.V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa- MG. **Revista Árvore**, v.31, n. 5, 931-940 p. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n5/a17v31n5.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

SANTOS JUNIOR, W. M. ; COSTA, V. C. **Práticas no Ensino de Geoprocessamento: Pré-Processamento com Bandas Multiespectrais de Imagens do Sensor Landsat 8**. 2015.

SOS MATA ATLÂNTICA.; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2016-2017**. São Paulo: SOS, 2018. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/link/Atlas\\_Mata\\_Atlantica\\_2016-2017\\_relatorio\\_tecnico\\_2018\\_final.pdf](https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

TEIXEIRA, C. G. **Pagamento por serviços ambientais de proteção às nascentes como forma de sustentabilidade e preservação ambiental**. 2011. 198p. Dissertação (Pós-Graduação). Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Curitiba. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/PSA%20pela%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20das%20nascentes%20Carlos%20Geraldo%20Teixeira.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE – USGS. Earth Explorer - Collection - **Landsat Archive**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 21 jul. 2018.

VEIGA NETO, F. C. A. **Construção dos mercados de pagamentos por serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/tede/714/1/2008%20-%20Fernando%20Cesar%20da%20Veiga%20Neto.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

ZANELLA, M. A. **Conservador das Águas, Extrema: Resultados de pesquisa**. Humboldt-Universität zu Berlin. 2011. Disponível em: <[https://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/ciliosdoribeira.org.br/files/arquivos/Resultados\\_PSA\\_Extrema.Jul11%28MAZ%29.pdf](https://www.ciliosdoribeira.org.br/sites/ciliosdoribeira.org.br/files/arquivos/Resultados_PSA_Extrema.Jul11%28MAZ%29.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MINGOTI, R.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; PAULINO, J.; GONZÁLES, A. M. G. O. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do programa “Conservador das Águas”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2157-2166 p., 2011. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600030>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

**Submetido em:** 25/04/2019

**Aceito em:** 12/08/2019