



## Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium



### ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

## Proposta metodológica para classificação do grau de preservação/degradação em nascentes

Graduada Lisiane da Silva Mendes

Graduada em Ciências Biológicas FACIP-UFU, Ituiutaba-MG, Brasil. Rua 20, nº 1600 - Bairro Tupã - Ituiutaba - MG - CEP 38304-402.

E-mail: lisiane-sm@hotmail.com

Doutora Jussara dos Santos Rosendo

Professora Doutora do curso de Geografia da Faculdade de Ciências Integradas do Pontal-UFU, Ituiutaba-MG, Brasil. Rua 20, nº 1600 - Bairro Tupã - Ituiutaba - MG - CEP 38304-402.

E-mail: jussara@pontal.ufu.br

### RESUMO

#### ARTICLE HISTORY

Received: 02 June 2013

Accepted: 30 November 2013

#### PALAVRAS-CHAVE:

Grau de preservação/degradação de nascentes

Técnicas de geoprocessamento  
Ribeirão São Lourenço-MG

A dependência significativa de água em quase todos os processos e atividades humanas associada à utilização sem planejamento adequado, pode culminar na degradação e escassez dos recursos hídricos. Diante da situação apresentada, a preservação desse recurso pode ser ampliada por meio da gestão das bacias hidrográficas, propiciando a compensação do escoamento de água, pela chegada desta ao lençol freático, por esse motivo a importância na preservação das nascentes. O principal objetivo deste trabalho foi mapear e classificar o grau de preservação/degradação das Áreas de Preservação Permanente (APP), em um raio de 50m, nas nascentes da bacia do Ribeirão São Lourenço, situada no pontal do Triângulo Mineiro -MG, área incluída no domínio do Cerrado Brasileiro. A metodologia de trabalho englobou a realização de pesquisa bibliográfica sobre o tema, o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural a partir da utilização de imagens RapidEye, o mapeamento das nascentes e a classificação dessas de acordo com a intervenção antrópica (grau de preservação/degradação) nas APPs (preservada,

moderadamente preservada, moderadamente degradada, degradada e muito degradada). Os resultados alcançados apontaram que das 82 nascentes do Ribeirão São Lourenço, 17% estão muito degradadas, 10% degradadas, 15% moderadamente degradadas, 13% moderadamente preservadas e 45% preservadas. Verificou-se que a maior parte das nascentes com algum grau de degradação (no total de 23) situa-se na margem esquerda do ribeirão, sendo que a maior concentração dessas localiza-se no baixo curso, consequência da atividade agrícola presente na área.

---

KEY-WORDS:  
Degree of  
preservation/degradation in  
water sources  
Geoprocessing techniques  
Ribeirão São Lourenço-MG.

ABSTRACT: METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR CLASSIFYING THE DEGREE OF PRESERVATION/DEGRADATION IN WATER SOURCES. The significant dependence of water in almost all processes and human activities associated with the use without an adequate planning, can culminate in the degradation and scarcity of water resources. Given the situation presented, the preservation of this resource can be expanded by the river basin management, providing compensation of the water flow, the arrival of this the groundwater, therefore the importance of the preservation of water sources. The main objective of this study was mapping and classify the degree of preservation/degradation of Permanent Preservation Areas (APP), within 50m, the water sources of the Ribeirão São Lourenço basin, located in the Triângulo Mineiro-MG, area included the domain of the Brazilian Cerrado. The methodology included the literature research, a land use and natural vegetation mapping with Rapideye sensor, mapping and classification of these sources according to human intervention (preservation/degradation) in the PPAs (preserved, moderately preserved, moderately degraded, degraded and very poor. Of 82 water sources of Ribeirão São Lourenço, 17% are very poor, 10% degraded, 15% moderately degraded, 13% moderately preserved and 45% preserved. It was verified that the majority of the spring with some degree of degradation (totaling of 23) are located in the left margin of the river, with the highest concentration of these is located on the lower course, a consequence of agricultural activity in this area..

---

RESÚMEN:  
Degré de conservation/dégradation  
sources d'eau  
Géotraitement  
Ribeirão São Lourenço-MG.

RÉSUMÉN. Proposition méthodologique pour la classification du degré de conservation/dégradation des sources d'eau. La significatif dépendance de l'eau dans presque tous les processus et les activités humaines associé à l'utilisation sans planification adéquate, peut conduire à la dégradation et à la rareté des ressources en eau. Compte tenu de la situation présentée, la préservation de cette

ressource peut être étendue grâce à la gestion des bassins versants, l'indemnisation de l'écoulement de l'eau, l'arrivée de ce tableau de l'eau, donc l'importance de la préservation de sources d'eau. L'objectif principal de cette étude était de cartographier et classer le degré de conservation/dégradation des zones de préservation permanente, dans un rayon de 50m, dans les eaux d'amont du bassin de la Ribeirão São Lourenço, situé pontal do Triangulo Mineiro-MG, zone comprise dans le domaine du Cerrado brésilien. La méthodologie impliquée l'exécution de travaux de recherche sur le sujet, la cartographie de l'utilisation des sols et la végétation naturelle de l'utilisation des images RapidEye, la cartographie et la classification de ces sources en fonction de l'intervention humaine (degré de conservation/dégradation) dans zones de préservation permanente (préservée, modérément préservée, modérément dégradées, dégradées et sont très pauvres). Les résultats obtenus ont montré que les 82 sources de la Ribeirão São Lourenço, 17% sont très pauvres, 10% dégradées, 15% modérément dégradées, 13% modérément préservées et 45% préservées. On a trouvé que la majorité des sources d'eau avec un certain degré de dégradation (23 au total) sont situées sur le côté gauche des bassins versants, avec la plus grande concentration de ces derniers est située sur le cours inférieur, une conséquence de l'activité agricole dans ce domaine

---

## Introdução

O Cerrado ocupa uma área de 204,7 milhões de hectares na porção central do Brasil, englobando os estados de Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal (SANO, et al., 2009). De acordo com Ribeiro e Walter (1998) o Cerrado consiste em uma mistura de extratos herbáceos, arbustivos e arbóreos, com ocorrência de Matas de Galeria ao longo das drenagens. Grande parte de sua extensão já foi reduzida devido a atividades agrárias, principalmente as monoculturas (PINTO, 1993) e as pastagens cultivadas (SANO, et al., 2009).

A ocupação no Cerrado se intensificou a partir da década de 1960, quando o governo brasileiro incorporou o modelo tecnológico agrícola norte americano, trazendo inovações como melhoramento de sementes, mecanização da lavoura, etc., período denominado de Revolução Verde, o que possibilitou o aumento da oferta de produtos agrícolas e o incentivo à pesquisa agropecuária (ORTEGA, 2007). Após a década de 1970, o Cerrado começou a ser ocupado de forma intensiva para produção de grãos para exportação, principalmente, de soja, milho, feijão e, mais recentemente, café e algodão (JEPSON 2005; KLINK & MACHADO, 2005).

Com relação à preservação do meio ambiente e a sustentabilidade da produção agrícola, boas práticas de cultivo têm sido adotadas para minimizar os efeitos negativos da expansão da agricultura e pecuária. É possível citar as técnicas de

irrigação por gotejamento, que moderam o consumo de água; o plantio direto (semeadura feita com fragmentos da cultura anterior) que impede a exposição do solo, preservando-o dos processos erosivos e o consequente assoreamento dos cursos d' água; a rotação do pasto e a ausência da prática de queimadas para limpeza da área. Essas medidas são fruto do avanço no conhecimento científico e tecnológico dos processos que envolvem a produção agropecuária, além da aplicação de legislação ambiental específica.

As nascentes são responsáveis pela manutenção da vazão da bacia hidrográfica, já que dão origem aos cursos d' água que constituem a mesma. Por isso, o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/12), em seu artigo 3º (BRASIL, 2012), e a resolução CONAMA 303/02 (BRASIL, 2002), consideram como Áreas de Preservação Permanente (APP) o raio de 50m ao redor das nascentes, proibindo a sua utilização para qualquer finalidade.

A gestão sustentável da bacia hidrográfica requer que o escoamento da água seja recompensado pela sua recarga no lençol freático, isso ocorre, principalmente, por infiltração da água no solo, que é auxiliada quando a vegetação natural encontra-se preservada, como consequência da porosidade pelo acúmulo de matéria orgânica proveniente de suas folhas, frutos e flores (VALENTE & GOMES, 2005), as matas ciliares preservadas impedem que quantidades excessivas de sedimentos ou resíduos de agrotóxicos, quando da proximidade com lavouras, entrem em contato direto com rios e córregos, ocasionando sua eutrofização, garantindo a proteção aos processos erosivos e lixiviação (FERREIRA & DIAS, 2004). No entanto, diversas são as causas da remoção da vegetação natural, desde as motivadas por interesses econômicos, para expansão de áreas agricultadas, à construção de barragens, dentre outros, o que contribui para a diminuição da água em quantidade e qualidade (MARTINS, 2001 apud FERREIRA & DIAS, 2004).

A degradação ambiental consiste na "degradação causada pelo homem e envolve não só a erosão dos solos, mas também a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios e baías, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente" (GUERRA & GUERRA, 1997, p. 184), a degradação pode ocorrer em dois níveis, um superficial e outro profundo. No superficial, a área pode ser recuperada de forma natural, todavia, quando a degradação é profunda o ambiente não se recupera naturalmente sendo necessária a interferência humana (RODRIGUES & GANDOLFI, 2001).

Algumas ações para recuperação de APPs degradadas são primordiais, como exemplo é possível citar: a retirada dos fatores de degradação como a presença de gado, a agricultura, o extrativismo, e etc.; a correção do solo; a condução da regeneração natural (a partir do controle de gramíneas que possam competir com as plantas em crescimento); a indução à germinação do banco de sementes (pela exposição à luz solar) e por meio de mudas, ou sementes, ocasionar o adensamento (aumento do número de indivíduos), o enriquecimento (aumento na variedade de vegetais) e/ou o plantio total quando não há meios de regeneração (ATTANASIO, 2008).

O principal objetivo deste trabalho foi mapear e classificar o grau de preservação/degradação das Áreas de Preservação Permanente (APP), em um raio de 50m, nas nascentes da bacia do Ribeirão São Lourenço, situada no pontal

do Triângulo Mineiro –MG, o Ribeirão São Lourenço é um bom exemplo de bacia hidrográfica em área de Cerrado que possui grande parte de sua área ocupada com agricultura e pastagens. Nesse sentido, a justificativa para a realização da presente pesquisa se encontra na busca pelo entendimento do estado atual de conservação das nascentes da bacia do Ribeirão São Lourenço, principal fonte de abastecimento de água de mais de 97.000 habitantes do município de Ituiutaba (IBGE, 2012). Com base no exposto, a principal contribuição da pesquisa será oferecer informações à comunidade acadêmica, órgãos ambientais, poder público, dentre outros, para ações de fiscalização, intervenção e recuperação das nascentes, garantido a quantidade e a qualidade da água para as gerações atuais e futuras.

O Ribeirão São Lourenço tem cerca de 40 quilômetros de extensão, é formado por 107 canais, dos quais 86 são de primeira ordem, 16 de segunda ordem, 4 de terceira ordem e 1 de quarta ordem (SILVA, 2011). Suas cinco principais nascentes têm origem no município de Prata e seu curso deságua no rio Tijuco. Encontra-se localizado, em grande parte, no município de Ituiutaba, dentre as coordenadas geográficas  $18^{\circ} 53' 35''$  e  $19^{\circ} 8' 00''$  de latitude Sul e  $49^{\circ} 29' 56''$  e  $49^{\circ} 27' 47''$  de longitude Oeste de Greenwich (Figura 1). O município de Ituiutaba está inserido no pontal do Triângulo Mineiro, sua sede está localizada em  $18^{\circ} 58' 08''$  de latitude S e  $49^{\circ} 27' 54''$  de longitude W (Figura 1). O clima é tropical chuvoso, com inverno seco. Ao longo do ano as temperaturas máximas variam entre  $28,8^{\circ}\text{C}$  e  $31,8^{\circ}\text{C}$ , com precipitação anual de aproximadamente 1.400mm. (TONIETTO et al. 2006).

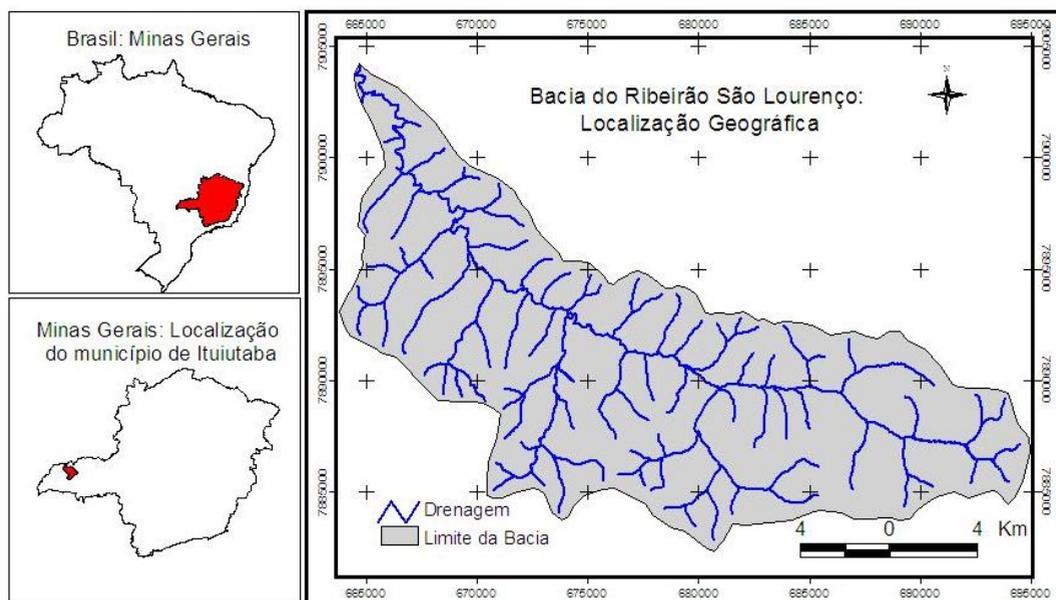


Figura 1. Localização da bacia do Ribeirão São Lourenço.

## Material e métodos

### Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural

A delimitação dos cursos d' água, das nascentes e do limite da bacia (Figura 2) se deu a partir da aquisição das cartas topográficas digitalizadas de Ituiutaba (SE 22-Z-B-IV) e Serra de São Lourenço (SE-22-Z-D-I) na escala 1:100.000, do IBGE, dos anos de 1973 e 1970, respectivamente.

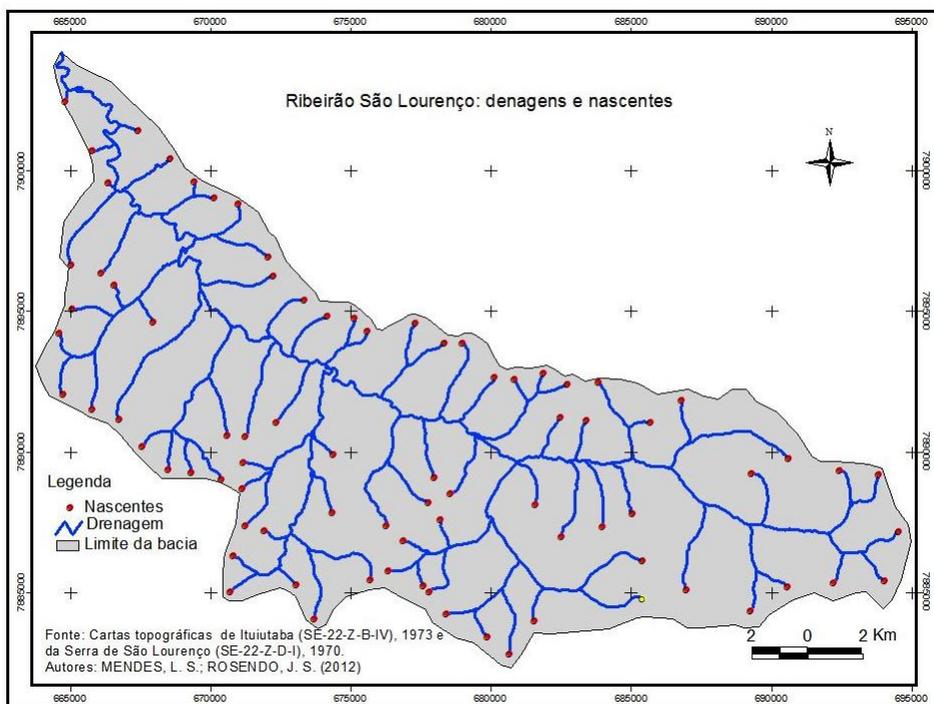


Figura 2: Mapa de drenagens e nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço.

As imagens utilizadas para o mapeamento foram as do satélite RapidEye. De acordo com Embrapa (2008), esses satélites fazem parte de uma missão comercial formada por uma constelação de 5 micro-satélites multiespectrais, o TACHYS (RapidEye 1), o MATI (RapidEye 2), o TROCHIA (RapidEye 3), o CHOROS (RapidEye 4) e o CHOMA (RapidEye 5), lançados em 29 de Agosto de 2008. Os cinco satélites são dotados de sensores REIS (*RapidEye Earth Imaging System*), que obtêm imagens da Terra em cinco faixas espectrais: o Azul (440–510nm), o Verde (520-590nm), o Vermelho (630-685nm), o Red-Edge (690-730nm) e o Infravermelho Próximo (760-850nm). Possui área imageada de 77,25 km e resolução espacial de 6,5 metros e 5 metros nas ortoimagens (EMBRAPA, 2008).

No *software* Spring 5.1.8, foi realizada a composição colorida RGB (453) das imagens dos satélites RapidEye 4 (CHOROS) e RapidEye 5 (CHOMA), com resolução espacial de 5m, cujas datas de passagem ocorreram em 13/05/2010 e 22/07/2010, respectivamente. Vale ressaltar que as imagens foram disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF).

Posteriormente, procedeu-se o recorte da área de interesse a partir do limite da bacia (Figura 3).

Para Cruz e Ribeiro (2008) a classificação automática de imagens é o processo que envolve o processamento computacional da imagem visando aglomerar blocos de *pixels* que possuam dados com informações semelhantes, sendo que o nível de semelhança depende da escolha do método classificador (modelo matemático).

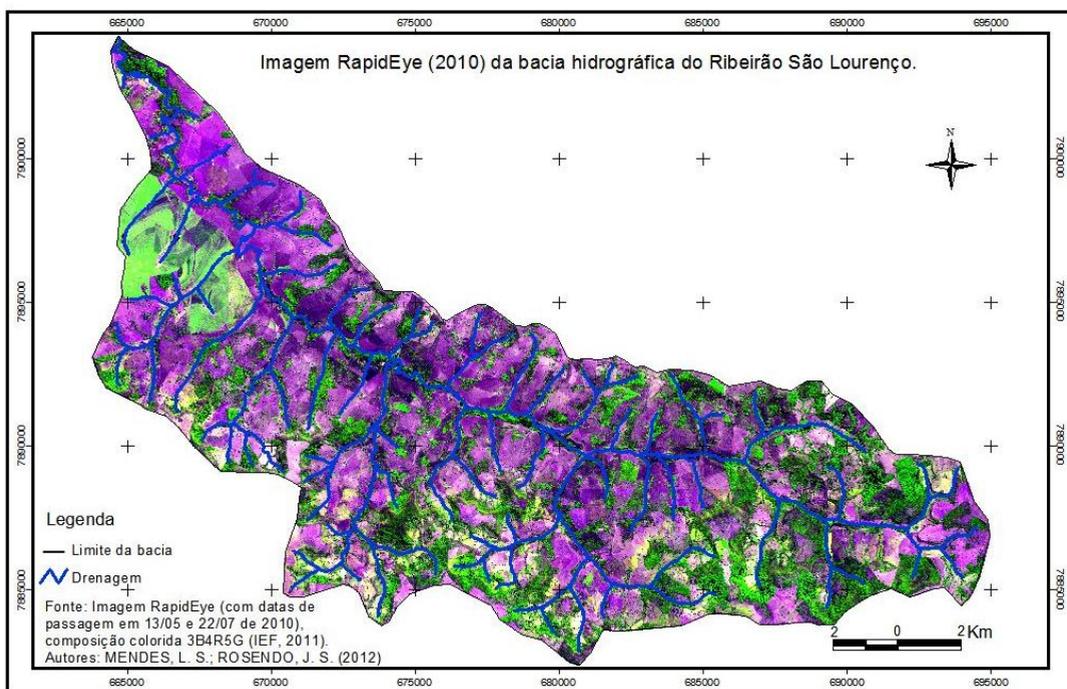


Figura 3: Imagem do satélite RapidEye da bacia hidrográfica do São Lourenço.

A classificação de imagens foi realizada a partir do algoritmo de Bhattacharya, realizada por meio do crescimento de regiões. A segmentação da imagem, etapa anterior à classificação, exige a definição das bandas espectrais e dos limiares de similaridade e de área (LEÃO, et al., 2007). França e Sano (2011) apontaram que não existem valores ideais de similaridade e área, pois dependem basicamente das características dos dados de sensores; da data da coleta dos dados; das características da área de estudo e dos parâmetros de processamento de imagens definidos. Sendo assim, após vários testes, o melhor resultado observado refere-se aos valores de similaridade 60 e área 70 (Figura 4).

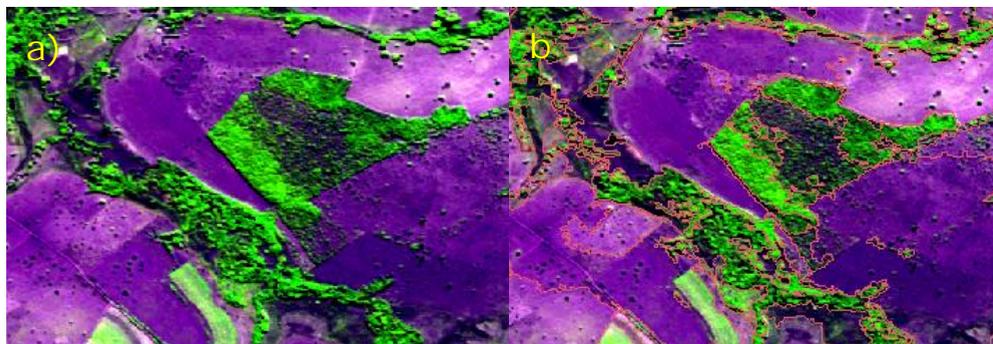


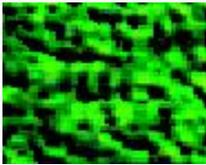
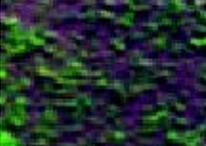
Figura 4: a) imagem original; b) imagem segmentada.

Congalton e Green (1998), citados por Santos et al., (2010) esclareceram que as classificações das imagens geradas em sensoriamento remoto são identificadas em determinados intervalos de valores, conforme níveis de aceitação para o índice Kappa (Tabela 1). O coeficiente Kappa é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação (SILVA et al.,2011).

Valor de Kappa	Qualidade da classificação
< 0,00	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 - 100	Excelente

Tabela 1: Qualidade da classificação segundo a estatística Kappa.

Na etapa de treinamento, o usuário associa as regiões segmentadas às classes de mapeamento determinadas. Uma chave de fotointerpretação foi utilizada para auxiliar a interpretação visual da imagem de satélite (Quadro 1). Sendo assim, a legenda do mapeamento incluiu o uso antrópico (agricultura e pastagem), e a vegetação natural agrupadas em: (1) Floresta: que englobou a Mata Ciliar, a de galeria, a Floresta Estacional Decidual e a Semi decidual; (2) Cerradão a Floresta perturbada: que reuniu a Mata Ciliar, a de galeria, a Floresta Estacional Decidual e a Semi decidual em estado de perturbação e o Cerradão; e (3) Cerrado *sensu stricto* a Campo: que agrupou o Cerrado *sensu stricto*, Parque de Cerrado, Palmeiral, Vereda, Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre.

Uso da terra	2010	
	Padrões característicos de Interpretação	Composição colorida RGB (453)
Floresta	Cor: verde claro com pontos pretos (sombra das árvores); Textura: rugosa; Forma: irregular.	
Cerradão a Floresta perturbada	Cor: verde claro; Textura: intermediária Forma: irregular.	
Cerrado <i>sensu stricto</i> a Campo	Cor: verde claro; Textura: intermediária; Forma: irregular.	
Agricultura	Cor: verde claro; Textura: lisa; Forma: regular.	
Pastagem	Cor: rosa; Textura: intermediária; Forma: regular.	

Quadro 1: Chave de fotointerpretação das imagens do satélite RapidEye, composição

Para garantir maior precisão na etapa de treinamento, foram realizados trabalhos de campo na área de pesquisa e em dois fragmentos de Cerrado bem conhecidos pelas autoras, um deles é o Parque do Goiabal (Parque Dr. Petrônio Rodrigues Chaves, localizado no perímetro urbano de Ituiutaba) e outro é um fragmento presente na área de estudo (Figura 5). Os trabalhos de campo tiveram o intuito de auxiliar a interpretação de imagens e garantir a sua correta classificação ao associar o comportamento espectral, a textura e os padrões geométricos dos fragmentos visitados àqueles presentes na bacia analisada. Vale ressaltar que nos casos em que ocorreram dúvidas, estas foram sanadas por consulta às imagens de alta resolução disponíveis no programa Google Earth.

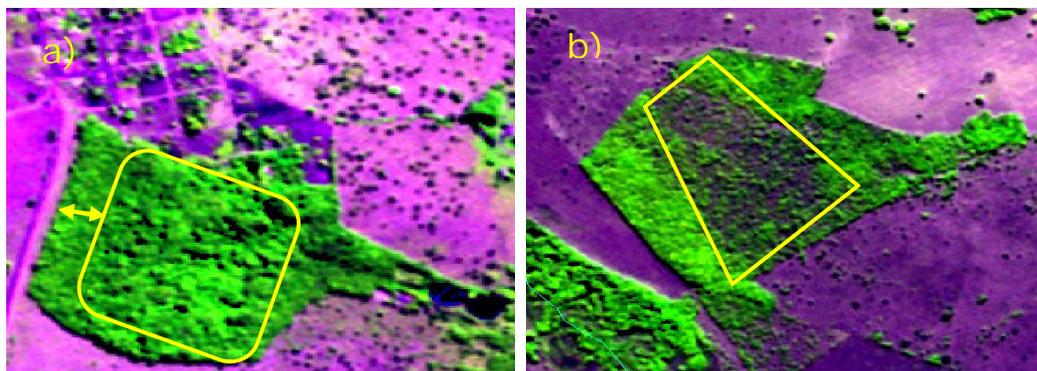


Figura 5: a) Fragmento vegetal 1, representado pelo Parque do Goiabal, no interior do retângulo se encontra Floresta e em seu entorno Cerradão; b) Fragmento vegetal 2, localizado na bacia do Ribeirão São Lourenço, no interior do trapézio observa-se Cerrado *sensu stricto* e em seu entorno Cerradão.

Os fragmentos vegetacionais foram qualificados de acordo com a classificação proposta por Ribeiro e Walter (2008) para fitofisionomias do Cerrado brasileiro, além de outras bibliografias específicas. Finalizada a etapa de treinamento, realizou-se o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal natural para toda a bacia, o passo seguinte foi mapear as nascentes isoladamente.

#### Mapeamento das nascentes do Ribeirão São Lourenço

O Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/12) preconiza que devem ser preservados 50m de vegetação natural em torno das nascentes dos cursos de água. Com base no exposto, foi realizado *buffer* de 50m, no *software* ArcView32, em cada uma das 82 nascentes do Ribeirão São Lourenço.

Concluída essa etapa, procedeu-se o recorte do mapa de uso da terra a partir do *buffer* de cada nascente gerado (também no *software* ArcView32, com a utilização da ferramenta *clipping*), conforme visualização da Figura 6. Essa etapa foi fundamental para avaliar o estado de preservação das nascentes a partir da intervenção antrópica, ou da preservação da vegetação natural, a partir da segregação dos polígonos limitados pelos *buffers* do restante da bacia, permitindo calcular cada classe de uso da terra nas nascentes.

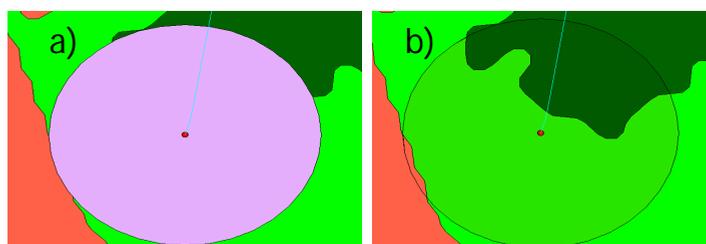


Figura 6: a) *Buffer* de 50m antes do recorte do uso da terra e cobertura vegetal natural da nascente; b) Recorte do uso da terra e cobertura vegetal natural da nascente.

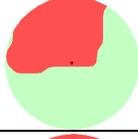
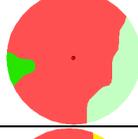
### Classificação do grau de preservação/degradação das nascentes

Para fins de classificação das nascentes, foram elaborados parâmetros categóricos, que de acordo com a porcentagem de intervenção antrópica e, conseqüente, preservação da vegetação natural permitiu agrupá-las em: preservada, moderadamente preservada, moderadamente degradada, degradada e muito degradada. O fator determinante para a classificação das nascentes foi a supressão da vegetação natural e conseqüente antropização das nascentes.

Desse modo, a classificação quanto à preservação/degradação das nascentes foi realizada de acordo o percentual de intervenção antrópica, no limite de 50m de APP, em cada nascente (Tabela 2). Assim, depois de delimitadas todas as nascentes, e recortado o uso da terra e cobertura vegetal, foi possível quantificar, em termos de porcentagens, a preservação ou não da APP de acordo com os parâmetros estipulados, conforme exemplificado no Quadro 2.

Grau de preservação/degradação	Intervenção antrópica (%) na APP das nascentes
Preservada	0 a 20
Moderadamente preservada	21 a 40
Moderadamente degradada	41 a 60
Degradada	61 a 80
Muito degradada	81 a 100

Tabela 2: Parâmetros para classificação da preservação das nascentes do Ribeirão São

Grau de preservação/degradação	Representação da nascente	Uso e ocupação da nascente (%)
Preservada		92,96% de Floresta 7,04% de Cerradão a Floresta perturbada
Moderadamente preservada		48,3% Cerradão a Floresta perturbada 32,9% Agricultura 18,8% Floresta
Moderadamente degradada		58,3% Cerradão a Floresta perturbada 41,7% Agricultura
Degradada		78,75% Agricultura 17,54% Cerradão a floresta perturbada 3,71% Cerrado <i>sensu stricto</i> a campo
Muito degradada		52,75% Agricultura 29,96% Pastagem 17,29% Cerrado <i>sensu stricto</i> a campo

Quadro 2: Exemplos de classificação de nascentes de acordo com a intervenção antrópica nas APPs.

## Resultados e Discussões

Os limiares estabelecidos na Tabela 1 serviram de base para avaliar a classificação de uso da terra como excelente, pois o índice Kappa alcançado foi 0,97. A averiguação desse índice Kappa revela que o mapeamento do uso da terra (Figura 7) foi preciso quanto aos dados obtidos (Tabela 3).

Classes de uso	Área (ha)	Área (%)
Floresta	4.268,92	14,94
Cerradão a Floresta perturbada	2.546,48	8,90
Cerrado <i>sensu stricto</i> a Campo	3.897,14	13,63
Pastagem	6.542,19	22,90
Agricultura	11.325,57	39,63
Total	28.580,30	100,00

Tabela 3: Área (ha e %) das classes de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Ribeirão São Lourenço.

Para análise da Tabela 3, verifica-se que do total da área da bacia (28.580,30 ha), a agricultura corresponde a 11.325,57ha, ou seja, 39,63%. Na classe agricultura, foram consideradas as culturas anuais como soja, milho, sorgo, e etc., bem como o cultivo da cana-de-açúcar (cultura que apresenta crescimento

acelerado em todo o estado de Minas Gerais, e conseqüentemente, na área de pesquisa). A pastagem ocupa 6.542,19 ha, ou seja, 22,90%, da área da bacia sendo a segunda maior classe em extensão. Reunidas, agricultura e pastagem, ocupam 62,53% da área da bacia, mostrando que mais da metade da vegetação natural foi suprimida por conta das atividades agropecuárias. No que se refere a vegetação natural preservada, foi avaliado que 14,94% corresponde a fitofisionomia de Floresta, 8,90% de Cerradão a Floresta Perturbada e 13,63% de Cerrado *sensu stricto* a Campo, somando 37,47% do total da área.

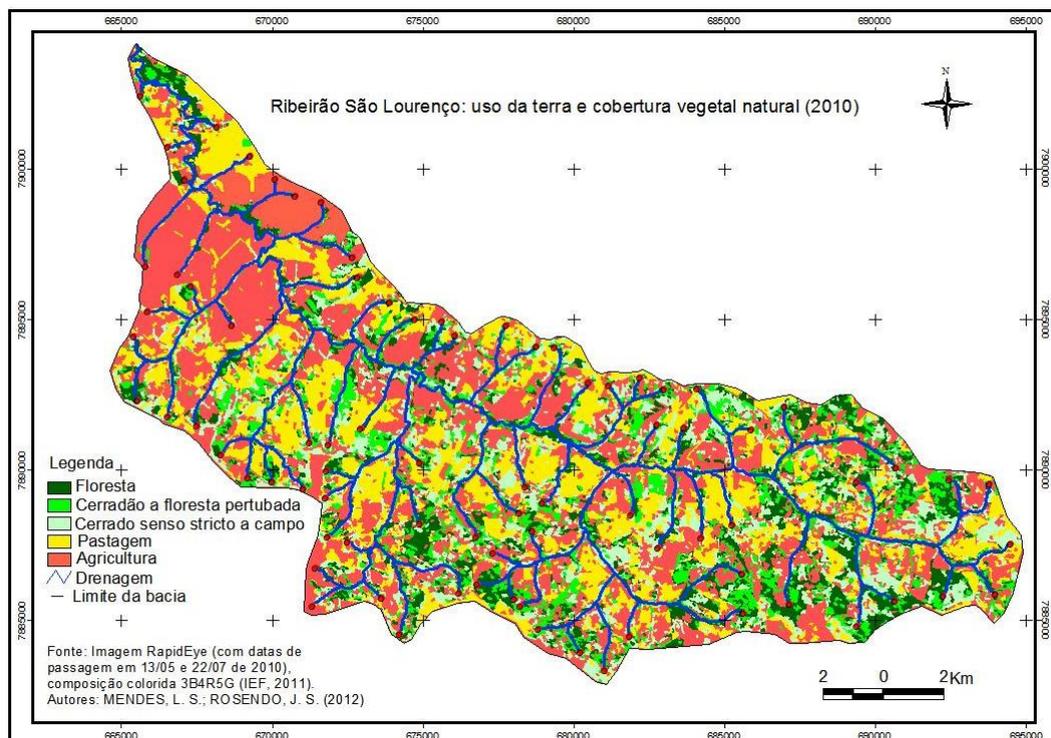


Figura 7: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço (2010).

Levando-se em consideração a quantidade de nascentes (82) e a área de APPs em cada uma delas, a soma total dessas áreas corresponde a 63,43 ha. Na Tabela 4, são apresentadas as estimativas de área ocupada por cada classe de uso da terra considerando-se a soma de todas as nascentes. Dessa maneira, os dados apresentados apontaram que 22,33 ha, o que representa 35,21% da área total das nascentes, estão ocupados por agricultura e pastagem, demonstrando o descumprimento da Lei nº 12.651/12. Quanto a vegetação natural preservada, foi avaliado que 25,62% correspondem a classe Floresta, 24,40% de Cerradão a Floresta Perturbada e 14,76% de Cerrado *sensu stricto* a Campo, totalizando 64,79% de toda a área.

Classes de uso	Área (ha)	Área (%)
Floresta	16,25	25,62
Cerradão a Floresta perturbada	15,48	24,41
Cerrado <i>sensu stricto</i> a Campo	9,36	14,76
Pastagem	4,59	7,24
Agricultura	17,74	27,97
Total	63,43	100,00

Tabela 4: Área (ha e %) das classes de uso da terra e cobertura vegetal natural das Áreas de Preservação Permanentes nas nascentes da bacia do Ribeirão São Lourenço.

Com base no exposto, do total de 82 nascentes mapeadas, 14 foram classificadas como muito degradadas, 8 como degradadas, 12 como moderadamente degradadas, 11 como moderadamente preservadas e 37 como preservadas (Figura 8). Esses dados revelam que menos da metade das nascentes se encontram preservadas (Tabela 5).

Grau de preservação/degradação	Quantidade de nascentes mapeadas	% das nascentes
Preservada	37	45
Moderadamente preservada	11	13
Moderadamente degradada	12	15
Degradada	8	10
Muito degradada	14	17
Total	82	100

Tabela 5: Relação das nascentes segundo o parâmetro de classificação

Os resultados alcançados podem ser comparados aos apresentados por Silva (2011) ao avaliar a fragilidade ambiental da bacia do Ribeirão São Lourenço a partir da relação de três fatores: a declividade, o tipo de solo e uso e ocupação da terra. Em sua pesquisa foi verificado que as áreas com alto grau de fragilidade ambiental se concentram no lado esquerdo da bacia, onde se encontra o solo do tipo neossolo, alta declividade e a prática da agropecuária. Esses dados confirmam os resultados alcançados na presente pesquisa, a partir da constatação que das 34 nascentes, ou seja 40%, que apresentaram alguma classe de degradação (moderadamente degradadas, degradadas a muito degradadas), 23 estão na margem esquerda, considerada de alta fragilidade ambiental por Silva (2011). O grau de preservação/degradação das nascentes pode levar a extinção do curso d'água, como observado por Kreitlow et al. (2009) no estudo da rede hidrográfica da bacia rio Paraguai/Jauquara, o qual perdeu 41 canais, provavelmente devido influências de atividades antrópicas.

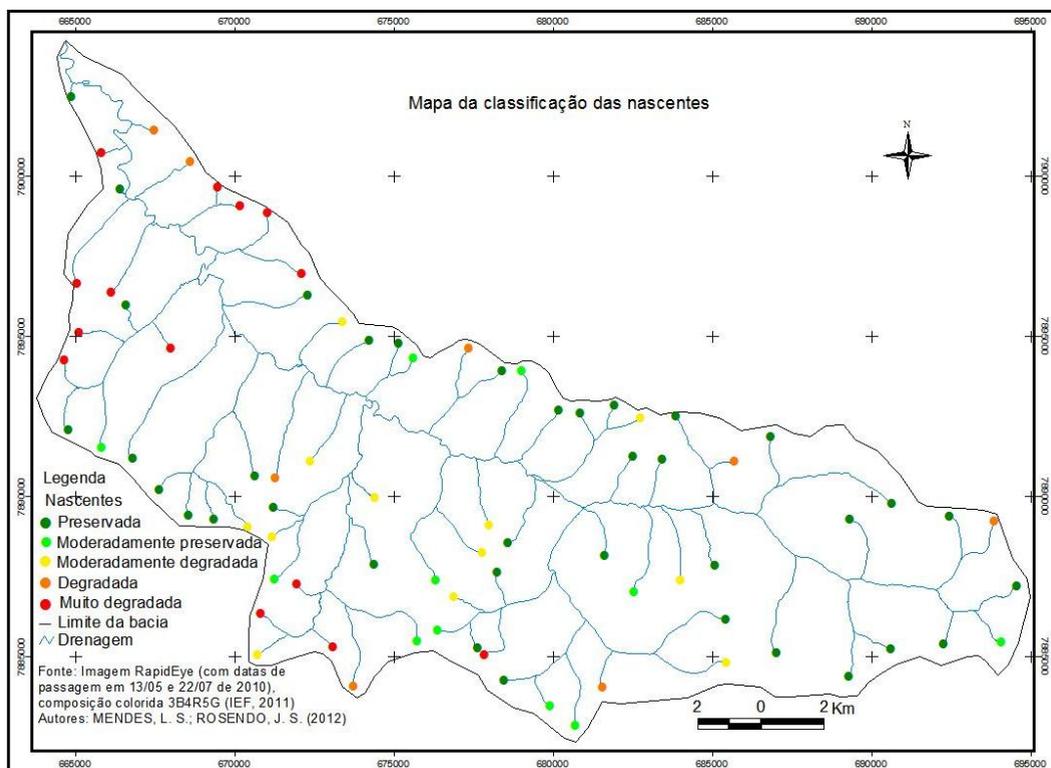


Figura 8. Classificação das nascentes

Quanto a distribuição espacial da classificação das nascentes observou-se que há uma relação estreita entre o uso da terra (Figura 7) e os diferentes níveis de preservação/degradação nas nascentes dos afluentes localizados no baixo curso do ribeirão São Lourenço (NW), consideradas as mais degradadas (Figura 8), consequência da agricultura praticada na área, principalmente a cana-de-açúcar, conforme comprovação durante trabalhos de campo no local. Os afluentes situados no alto curso (E) possuem as nascentes mais preservadas, mesmo apresentando declividade superior a 5 % (SILVA, 2011), tal fato é decorrência desta ser a porção de maior conservação da vegetação natural da bacia (Figura 7). A declividade inferior a 5% (SILVA, 2011) nos afluentes da margem direita (N-NE) pode ser o fator determinante para suas nascentes com menor grau de degradação. Com relação aos afluentes da margem esquerda (S-SW), observa-se uma heterogeneidade dos graus de preservação/degradação, de forma que 31 nascentes encontram-se preservadas, ao passo que 23 possuem algum grau de degradação, essas últimas concentram-se, além do baixo curso, entre as coordenadas 670000 mE e 680000mE, onde estão as bordas escarpadas dos relevos residuais, característicos da região, e que delimitam a bacia na porção Sul (SILVA, 2011).

## Considerações Finais

A metodologia empregada mostrou-se eficiente para alcançar os objetivos propostos. O uso da terra em áreas do Cerrado Brasileiro possui dinâmica acelerada, comprometendo a as Áreas Preservação Permanente (APP) onde a agricultura é praticada em escala comercial. No caso das nascentes, especificamente, sua importância para a manutenção dos recursos hídricos requer monitoramento freqüente, o que pode ser promovido a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento.

A avaliação das nascentes em diferentes graus de preservação/degradação permite o planejamento ambiental e a definição de medidas para sua recuperação, que podem ser iniciadas com o reflorestamento de plantas nativas, o cercamento da área em torno da nascente (para evitar pisoteio do gado quando localizado em pastagens), a eliminação de plantio na APP, a diminuição de atividades no solo (possibilitando a regeneração natural das áreas), dentre outras.

As imagens do satélite RapidEye mostraram-se eficientes de forma que a resolução espacial de 5m foi fator determinante para os bons resultados alcançados com o mapeamento das nascentes, o que dificilmente ocorreria com imagens de menor resolução espacial.

Do total da área destinada às APPs, 64,79% mantêm-se preservados. Dessa soma, 25,62% pertencem a fitofisionomia definida como Floresta, 24,41% foram caracterizados como Cerradão a Floresta perturbada e 14,76% definidos como Cerrado sensu stricto a Campo. Os 35,21% restantes são ocupados pela agricultura (27,97%) e pecuária (7,24%), dado preocupante tendo em vista que a legislação determina que as nascentes sejam totalmente preservadas.

A classificação quanto à intervenção antrópica (%) na APP de cada nascente, mostrou que do total de 82 nascentes, 37 estão preservadas e 11 moderadamente preservadas. Nesse sentido, das 34 nascentes restantes, que possuem um total igual ou superior a 40% de sua vegetação suprimida (nascentes degradadas), variam de moderadamente degradadas (15) a muito degradadas (17).

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo ao Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelos recursos disponibilizados para o financiamento da pesquisa.

## Referências

ATTANASIO, C. M. Manual Técnico: Restauração e monitoramento da mata ciliar e da reserva legal para a certificação agrícola - conservação da biodiversidade na cafeicultura. Piracicaba, SP: Imaflora, 2008. p. 8-27.

BRASIL. Novo Código Florestal Brasileiro Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2012

----- . Ministério do meio ambiente. Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA). Resolução nº 302, de 20 de Março de 2002. Estabelece parâmetros, definições e limites para as Áreas de Preservação Permanente de reservatório artificial e institui a elaboração obrigatória de plano ambiental de conservação e uso do seu entorno. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 30 jan. 2012

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC Press, Inc., New York. 137 p, 1998.

- CRUZ, Z. Q.; RIBEIRO, G. P. Ensaios de segmentação e classificação digital de uma unidade de conservação com imagens CBERS utilizando o sistema SPRING, estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2008, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2008. Disponível em: <<http://www.atafona.uerj.br/na/artigos/zargo.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011.
- EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Missão RapidEye. 2008. Disponível em: <<http://www.sat.cnpem.embrapa.br/conteudo/rapideye.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2012.
- FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. Revista Árvore. Viçosa, v.28, n.4, p.617-623, 2004.
- FRANÇA, A. M. S.; SANO, E. E. Mapeamento de áreas de campo limpo úmido no Distrito Federal a partir de fusão de imagens multiespectrais. Sociedade e Natureza, Uberlândia, ano 23 n.2, p. 197-209, maio/ago. 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/12526>>. Acesso em: 15 abr de 2012.
- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 6 ed. Brasília: Bertrand, 1997. 184 p.
- JEPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land cover change in the Brazilian savanna. Geographical Journal, v. 17, p. 99-111, 2005.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of Brazilian Cerrado. Conservation Biology. v.19, p. 707-713, 2005.
- KREITLOW, J. P.; SILVA, M. A.; CASARIN, R.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Atualização da base cartográfica de hidrografia da bacia do rio Araguari/Jauquara Mato Grosso, Brasil: subsídios para o planejamento e gestão ambiental. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. Anais... Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009, p.187-193. Artigo disponível na base de dados do 2º Simpósio de Geotecnologia no Pantanal. Disponível em: <<http://www.geopantanal2009.cnpia.embrapa.br/cd/pdf/p94.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2012.
- LEÃO, C.; KRUG, L. A.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INEP 2007, p. 939-946. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.01.10/doc/939-946.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- PINTO, M. N. Introdução. In: \_\_\_\_\_ (org.). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. cap. p.11-12.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado ecologia e flora. 1 ed. Brasília, Embrapa Cerrados, 2008. p. 151-199.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de Florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, R. F. Matas Ciliares: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001. p. 235-247.
- RODRIGUES, R. R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, R. F. Matas Ciliares: conservação e recuperação. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001. p. 91-99.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G.; BEZERRA, H. S. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. Anais... Natal: INPE, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.11.19.46/doc/1199-1206.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011.
- SANTOS, A. R.; PELUZIO; T. M. O. ; SAITO, N. S. Spring 5.1.2 passo a passo: aplicações práticas. 1. ed. Alegre: CAUFES, 2010. v. 1. 153 p. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/spring5x.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2011.
- SILVA, G. A. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, Ituiutaba – MG. 2011. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2011.

SILVA, L. F.; BARBOSA, E. H. B.; NOGUEIRA, B. M.; BACANI, V. M. Análise do desempenho de classificadores semiautomáticos na detecção de mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nos municípios de Aquidauana e Anastácio-MS. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: INPE, 2011. p. 6666-6673. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1179.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2011.

TONIETTO, J.; VIANELLO, R. L. REGINA, M. A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola de Minas Gerais. Informe agropecuário. Belo Horizonte, v. 27, n.234, p. 32-55, set./out. 2006.

VALENTE, O. P.; GOMES, M. A. Gestão de recursos hídricos. In: \_\_\_\_\_ Conservação de Nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. 1.ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2005. Cap.2 p. 31-36.