

## **Avaliação do Passivo Ambiental do Município de Goiânia Utilizando Imagens de Alta Resolução Espacial**

Juliana Almeida de Oliveira<sup>1</sup>  
Natalia Cristina Lino<sup>1</sup>  
Victor Tomaz de Oliveira<sup>1</sup>  
Nilson Clementino Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG  
Rua 75, nº 46, Centro. CEP: 74055-110. Goiânia – GO  
jujualmeida7@gmail.com; natalia.c.lino@gmail.com; vto.geo@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás – UFG  
Escola de Engenharia Civil  
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente  
Praça Universitária s/n. Setor Universitário. CEP 74605-220 - Goiânia - GO  
nclferreira@gmail.com

**Abstract.** Due to the activities of the agriculture and livestock sectors, and also other ways to occupy the land, the Brazilian cerrado have been suffering a several degradation process. The state of Goiás, this fully inserted in this biome, has large areas deforested due to the development of these activities and new technologies. In the capital, Goiânia, this deforestation occurred due to the rapidly expanding urban area. In this context, seeking to maintain a balance between environmental and urban issues, the municipality of Goiania by his Master Plan (Act no. 171/2007) established criteria for defining its Permanent Preservation Areas (APP). The methodology raised the current environmental situation in the Goiânia, quantifying and qualifying the occupied areas, considering the macro-zoning of the municipality. As products of the project development based on images of high spatial resolution include: land use mapping, Permanent Preservation Areas mapping and cartographic data, to then outline the current scenario of the environmental passive of the municipality of Goiânia. The result show that the use of Geoprocessing technologies can help control and monitoring environmental and making decisions and allowing to order and to determine the potential environmental passive generator, in order to plan preventive actions to the arising of them in the municipality of Goiânia.

**Palavras-chave:** environmental preservation, land use, high resolution image, preservação ambiental, uso do solo, imagem de alta resolução

### **1. Introdução**

Desde quando o homem começou a conviver em grandes comunidades, ele alterou a natureza de forma a assegurar a própria sobrevivência e lhe proporcionar conforto. Com a industrialização do planeta, a produtividade dos bens materiais e seu consumo se deu de forma bastante acelerada. Como esse processo de industrialização desrespeitou a dinâmica dos elementos componentes da natureza, a degradação do meio ambiente ocorreu de forma acelerada. Esta degradação tem comprometido a qualidade de vida da população de várias maneiras, sendo mais perceptível na alteração da qualidade da água e do ar, nos “acidentes” ecológicos ligados aos desmatamentos, queimadas, etc. (MENDONÇA, 2007.)

Considerado o segundo maior bioma brasileiro, representando 30% da diversidade do país, o Cerrado ocupa hoje cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>. Embora venha sofrendo nas últimas décadas um processo de degradação acentuada, sua diversidade biológica ainda é muito alta e contínua, sendo um importante bioma para o país, devendo, por isso, ser objeto de ações que determinem sua manutenção e conservação (PAGOTTO & SOUZA, 2006).

O conhecimento sobre o atual estágio de conversão para agricultura, pastagem e outras formas de uso do bioma Cerrado persiste insuficiente e, por vezes, contraditório. Normalmente, as estimativas diferem-se por questões metodológicas, isto é, diferenças quanto

às bases de dados adotadas e no entendimento relativo às classes de uso do solo e fisionomias. No ano de 2006, o projeto PROBIO/Cerrado, com base em imagens Landsat - TM (30 metros, 2002), estima uma área convertida de 39% (FERREIRA, et al., 2007).

O Estado de Goiás registrou nos últimos 40 anos profundas alterações em seu uso das terras devido à expansão das atividades agrícolas e da urbanização. Vários têm sido os impactos deste desmatamento desordenado, entre os quais se destacam a redução do potencial florestal, capaz de contribuir com o desenvolvimento sócio-econômico regional, a redução da biodiversidade, o aumento na emissão de dióxido de carbono, a degradação do solo e a perda na qualidade da água.

O município de Goiânia entre os anos de 1975 e 2002 teve sua área urbana praticamente duplicada, sendo que os setores norte e oeste da área urbana foram as que apresentaram maiores expansões. Em particular, a região sul do município foi a que apresentou menor expansão, pois já atingiu o limite do município de Aparecida de Goiânia (Silva et al., 2005).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo gerar um novo mapa do uso do solo, visando uma avaliação do passivo ambiental do município de Goiânia, utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial (2,5m), técnicas de sensoriamento remoto e técnicas baseadas em sistemas de informações geográficas (SIG).

## 2 Área de Estudo

O município de Goiânia (Figura 1) está situado entre os paralelos 16°51'5,5" S e 16°26'2,9" S e os meridianos 49°28' 42,5" W e 49°03'13,6" W, na região Centro-oeste do Brasil, apresentando área de 739 km<sup>2</sup> de extensão e população estimada em 1.281.975 habitantes (IBGE, 2009).

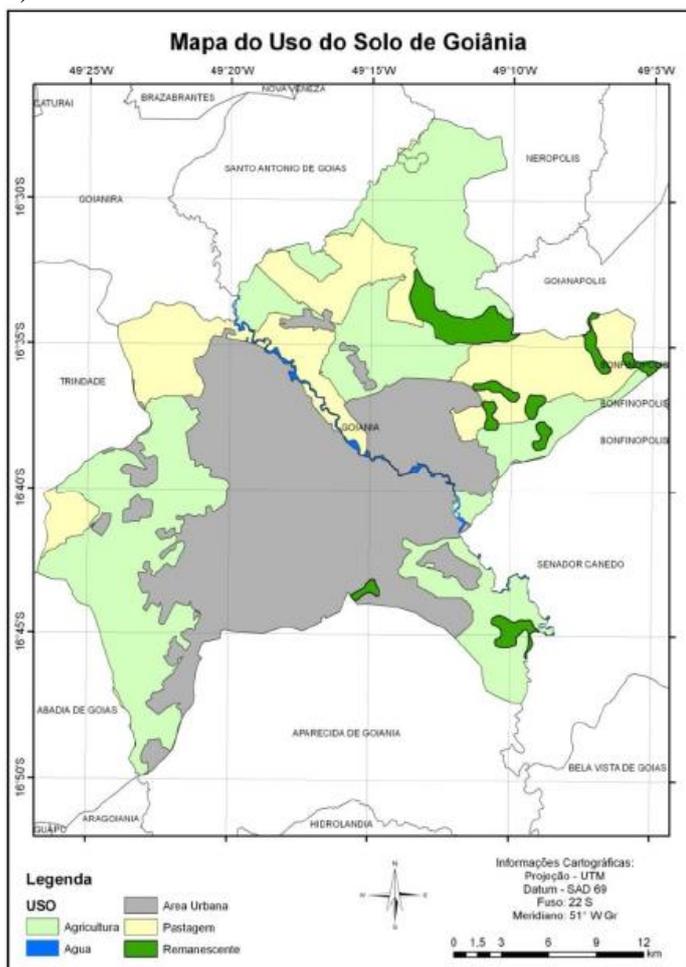


Figura 1 – Localização da área de estudo.

O município está situado num importante entroncamento rodoviário brasileiro. Pelo município passa a BR-153, que corta a periferia da cidade, conectando-a ao norte e ao sul do país. Há também a BR-060 que liga Brasília a Goiânia e ao Mato Grosso do Sul, cortando o Sudoeste goiano. Outras rodovias que merecem destaque são as estaduais GO-070, que liga Goiânia a Aruanã, no Noroeste do estado, a GO-020 ligando a Bela Vista e Pires do Rio e a GO-060, também conhecida como Rodovia dos Romeiros, responsável pela ligação com a cidade de Trindade.

Segundo dados do IBGE, em 1991 a população de Goiânia era de 922.222 habitantes. Em 2000, nove anos mais tarde, a estimativa populacional passou para 1.093.007 habitantes apresentando uma taxa de crescimento de 18,83%. Em 2009, a estimativa da população passou para 1.281.975 habitantes.

Em relação à situação dos domicílios na década de 90, verifica-se que a população urbana em 1991 que era de 912.189 habitantes alcançou 1.085.806 habitantes em 2000, crescendo 19% no mesmo período. Enquanto a população rural em 1991 passou de 7.634 habitantes para 7.201 habitantes em 2000 apresentando um decréscimo percentual de 6,67% (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA, 2010).

Um dos recursos naturais mais utilizados pelo homem é o solo. Por esse motivo, é um dos que mais apresenta impactos em função do uso não planejado. Dentre as atividades humanas mais realizadas sobre o mesmo, podemos citar a agricultura, pastagem para criação de animais bovinos, construção de cidades entre outros. Como ocorrem de forma desordenada, tais processos tem causado sérios impactos.

As técnicas de geoprocessamento e tratamento de imagens têm contribuído para o diagnóstico de degradação dos solos e tem se tornado instrumentos indispensáveis em estudos de análise integrada do meio físico. Essas técnicas têm contribuído para uma análise ambiental com maior eficácia, possibilitando a elaboração de diagnósticos aplicáveis a gestão e planejamento de bacias hidrográficas (SOUZA e LIMA, 2009).

Usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG, o SIEG realizou, em 2002, um estudo da cobertura e uso do solo em todo o estado de Goiás, utilizando imagens do satélite LANDSAT-TM, de resolução espacial de 30m.

Em 2002, a área urbana, agricultura e a pastagem eram os usos mais representativos do município, sendo que na agricultura predominam as lavouras de grãos. Nas áreas de pastagem há a criação de gado leiteiro e de corte.

### 3. Metodologia

Inicialmente, foi realizada a organização dos dados do município. Para cobrir toda a área de estudo, utilizou-se cenas obtidas pelo satélite CBERS-2B, através dos sensores CCD e HRC (High Resolution Camera) de órbitas/pontos, conforme ilustra a figura 2, obtidas através do catálogo de imagens CBERS, disponíveis para download no site do INPE através do endereço eletrônico <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

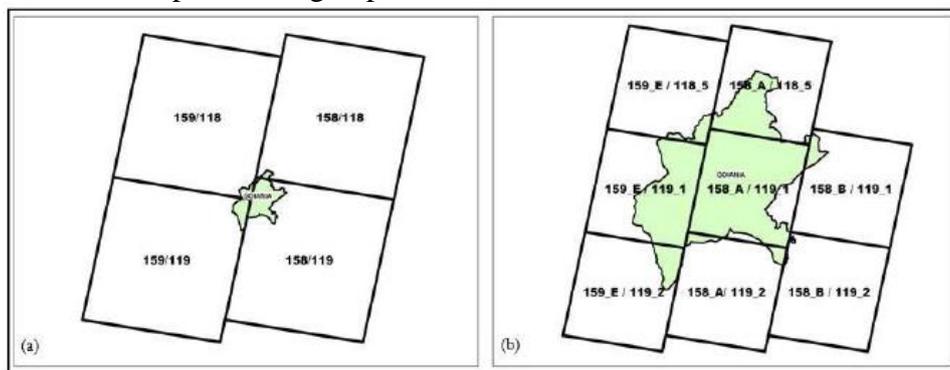


Figura 2 - Cenas utilizadas do satélite CBERS-2B – (a): Cenas CCD's; (b): Cenas HRC's

Foram integrados na base de dados, uma ortofoto digital do município de Goiânia, elaborada em julho de 2006 em escala 1:5.000, que, segundo as normas da cartografia nacional, é classificada como documento cartográfico classe A. Também foram agregados dados provenientes do Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia (MUBDG), e um Modelo

Digital de Terreno (MDT) do município, em estrutura matricial, com resolução espacial de 5 metros.

Como primeiro passo das etapas de processamento digital das imagens, foi realizada restauração das bandas 2, 3 e 4 das cenas CCD. SOUZA (2005) cita que o sensor CCD detém a degradação da Função de Transferência da Modulação, que dá uma aparência borrada nas imagens da câmara. Para solucionar este problema executou-se uma restauração nas imagens citadas, reamostrando-as de 20 para 10 metros, reduzindo assim a diferença de resolução espacial entre as imagens utilizadas neste trabalho.

Um mosaico foi feito entre as cenas CCD com mesma órbita e data, gerando assim perfeita sobreposição nas bordas. O mesmo foi feito com as cenas HRC. Esse mosaico facilitou o registro das bandas utilizadas para a composição colorida, tendo como base as imagens HRC mosaicadas, preparando assim, para o próximo procedimento que foi a realização da fusão das cenas.

Segundo LEONARDI et al, (2005), um método de fusão eficiente é caracterizado por preservar a informação espectral da imagem original e incorporar a informação espacial da banda pancromática para o produto híbrido. A técnica de fusão utilizada no trabalho foi a fusão pancromática/multiespectral por IHS (Intensity, Hue e Saturation), que consiste na transformação da imagem multispectral do sistema de cores RGB (Red, Green e Blue) para o IHS, substituindo a componente Intensidade (I) pela imagem pancromática de alta resolução espacial, e revertida ao sistema RGB (SCHOWENGERDT, 1997; MATHER,1999).

A figura 3 apresenta para uma mesma área do município de Goiânia, a composição colorida da imagem CCD, com resolução espacial de 20 metros, a imagem pancromática obtida pela câmera HRC e o resultado da fusão entre a imagem CCD e a imagem HRC.

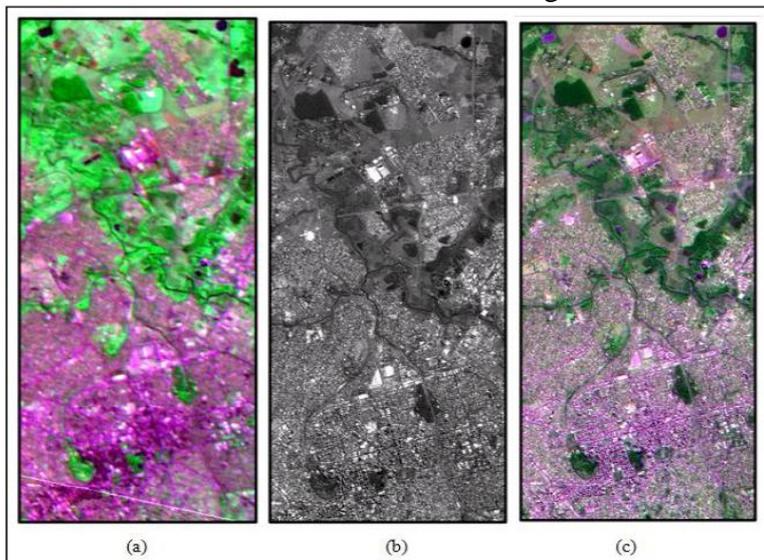


Figura 3 - Resultado da fusão – (a): CBERS-2B CCD 20m; (b): CBERS-2B HRC 2,5m; (c): Fusão IHS 2,5m.

Posteriormente, foi elaborado o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente, ao longo da rede hidrográfica e das regiões com declividade maior que 40%. Para delimitação das Áreas de Preservação Permanente foram selecionados critérios citados nas definições do art. 10 do Plano Diretor de Goiânia (2007).

A partir dos dados contidos no Plano Diretor do município, foram mapeadas as áreas de preservação permanente ao redor dos cursos d'água. Conforme o Plano Diretor deve se considerada a largura de 50 metros a partir das margens ou cota de inundação para todos os cursos d'água, exceto para os Ribeirões Anicuns e João Leite, Rio Meia Ponte e o reservatório formado pela barragem do ribeirão João Leite, onde seguindo a legislação municipal, foi estabelecido um raio de 100 metros.

De posse do modelo digital de terreno do município, foi elaborado o mapa de declividade, que é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. Foram consideradas como áreas de preservação permanentes, as declividades superiores a 40% de inclinação.

Finalmente, para o mapeamento das áreas urbanas, das áreas de pastagens, das áreas agrícolas e das áreas remanescentes de vegetação, optou-se pelo método de interpretação visual. Esse método foi escolhido devido ao tamanho do perímetro urbano.

Posteriormente, foi realizada a subtração do mapa de uso e ocupação do solo, com o mapa das áreas de preservação permanentes, obtendo-se assim o mapeamento de áreas com passivo ambiental no município.

#### 4. Resultados e Discussões

Como resultado final da interpretação, obteve-se uma atualização do mapa de uso do solo, com escala de 1:20000 no que diz respeito ao detalhamento, representado na figura 4.

Os resultados obtidos com a análise das imagens de alta resolução através do método de interpretação apresentaram divergências se comparado com o mapa de uso do solo elaborado pelo SIEG no ano de 2002. Essas diferenças podem ser explicadas pela diferença de resolução espacial adotadas nos dois trabalhos. Em 2002, o mapeamento foi elaborado utilizando-se através de imagens do satélite Landsat, que possui resolução espacial de 30 metros, o que dificulta uma análise mais detalhada de informações. Outra explicação é a diferença na escala dos dois mapeamentos, pois em 2002 o mapeamento foi realizado para todo o estado de Goiás, podendo ter ocorrido uma generalização em algumas áreas. Finalmente, é importante considerar também a diferença temporal entre os dois mapeamentos.

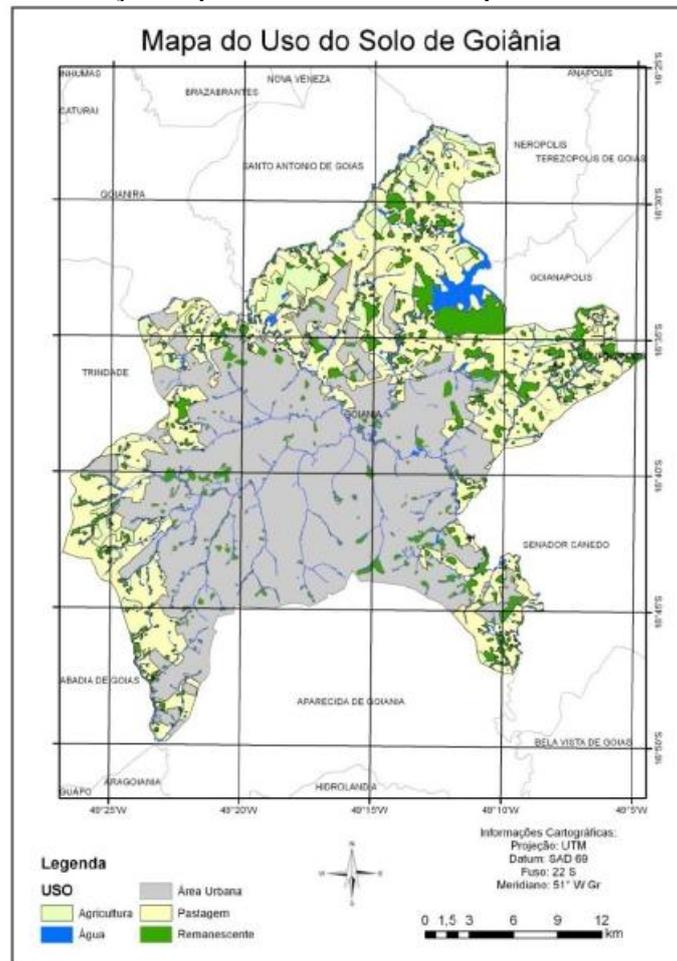


Figura 4 – Mapa do uso do solo do município de Goiânia obtido a partir de interpretação visual de imagens de alta resolução

Pelas análises referentes às áreas de preservação permanente (APP), pode-se observar um total de 78,37 km<sup>2</sup> distribuídas entre APP de declividade e APP de drenagem.

Do total de APP's apenas 22,83 km<sup>2</sup>, que representa 29,14% do total de APP's, encontram-se preservadas, como mostra a figura 18. A não preservação de áreas de preservação permanente tem sido a grande causa de enchentes nas áreas urbanas. Além disso, e dos danos causados ao bioma cerrado pelos danos à fauna e à flora, essa degradação ainda provoca erosões e empobrecimento dos solos, aumento do escoamento de água e, sobretudo em áreas rurais, o assoreamento de corpos hídricos.

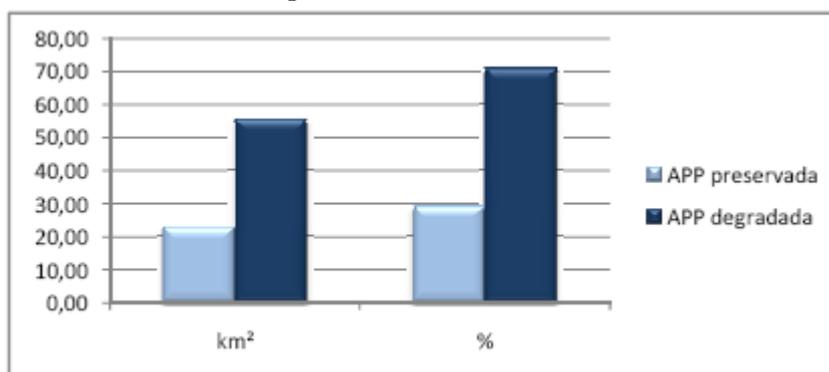


Figura 5 - Degradação das áreas de preservação permanente no município de Goiânia.

Fazendo uma relação com o mapa de uso do solo, verifica-se que a grande responsável pela degradação das áreas de preservação permanente é a classe de pastagem, que ocupa 37,57% do total das APP's, superando a área urbana, que vem em seguida, com 31,41% (tabela 1).

Tabela 1 - Análise da ocupação das APP's em relação ao uso do solo.

Análise da Ocupação das APPs		
	(km <sup>2</sup> )	%
Área Urbana	24,62	31,41
Remanescente	22,83	29,14
Área Agrícola	1,47	1,88
Pastagem	29,44	37,57
Total	78,37	100

Finalmente, na tentativa de direcionar uma possível ação do poder público no combate à degradação ambiental, foi realizada uma análise da degradação das APP's nas principais bacias hidrográficas do município, que no Plano Diretor de Goiânia, são denominadas de macrozonas, mais a área construída (áreas urbanas), conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Áreas de APP's degradadas nas macrozonas.

Macrozona	Área total de APP	Área de APP degradada	Grau de Degradação
	km <sup>2</sup>		%
Alto Anicuns	6,74	4,34	64,42
Alto Dourado	3,57	2,30	64,35
Barreiro	3,16	1,96	61,96
Capivara	9,31	6,00	64,44
João Leite	11,66	7,32	62,77
Lajeado	8,57	5,34	62,30
São Domingos	3,05	2,58	84,43
Construída	32,30	25,70	79,56

## 5 Conclusões

As análises realizadas do uso e da ocupação do solo em estudos de caracterização ambiental são importantes devido à necessidade da identificação de fontes de alterações do ambiente, provindas das atividades humanas. Com o conhecimento das fontes, uma avaliação contundente se torna possível no que diz respeito às quais ações tomar para eliminação ou atenuação do fator gerador das alterações.

Embasados nas análises realizadas, onde se detectou que 63,63% dos remanescentes do município encontram-se degradados, verifica-se a urgência na recuperação de algumas áreas. A ocupação urbana prejudica as APP's tornando-as áreas de risco propícias a enchentes.

A infração das leis e a degradação das áreas de preservação nas zonas rurais causam erosão e assoreamentos. Diante do exposto, fica evidente a necessidade de ações públicas por parte dos órgãos ambientais para a recuperação e conservação do meio ambiente.

Tendo em vista a quantidade de dados levantados pelas análises realizadas, observa-se a possibilidade de realização de outros trabalhos que venham complementar o trabalho concluído.

Levando em consideração que o Brasil é o único país no mundo que disponibiliza imagens gratuitas de alta resolução (2,5 m), ressalta-se ainda que esse trabalho pode ser expandido para todo o território nacional, devido à cobertura das cenas dos sensores HRC, dando a possibilidade de se realizar um amplo e eficaz trabalho a fim de ativar políticas públicas em diversos setores que afetam a sociedade.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (2), para o quarto autor.

## Referências

Allen, T.F.H; Hoekstra, T.W. **Toward a unified ecology**. Columbia University Press, 1992.  
BRASIL. Lei Federal nº 4771/65, de 15 de setembro de 1965, alterada pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2001.

Ferreira, M. E.; Ferreira Jr., L. G.; Ferreira, N. C. et al. **Desmatamento do Bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS – MOD13Q1**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3877- 3883.

GOIÂNIA (Município). **Lei Complementar nº 171, de 29 de maio de 2007**. Dispõe sobre o Plano Diretor e o processo de planejamento urbano do Município de Goiânia e dá outras providências. Goiânia, 2007.

GOIÂNIA (Município). **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia (MUBDG)**. Goiânia: COMDATA. 1 CD- ROM.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População 2010**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em 15 de março 2010.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens**. Disponível em < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em 06 de janeiro 2010.

Leonardi, S. S. Ortiz, J.O. e Fonseca, L.M.G. **Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4111-4113.

Mateus, D. L. S.; Silva, M. V. A.; Silva, R. M. **Avaliação da ocupação antrópica em relação à legislação ambiental na macrozona rural do Ribeirão João Leite,** Município de Goiânia. 2008. 46f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Geoprocessamento) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Goiás. 34

Mather, P. M. **Computer Processing of Remote-Sensed Images: Na Introduction.** Chichester: John Wiley & Sons, 1999.

Mendonça, F. A. **Geografia e Meio Ambiente.** São Paulo, SP: Editora Contexto, 2007.

Pagotto, T. C.; Souza, P. R. **Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú – Subsídio à Conservação e ao Manejo do Cerrado.** Campo Grande, MS: Editora UFMS, 2006.

Sano, E. E.; Barcellos, A. O.; Bezerra, H. S. **Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna.** *Pasturas Tropicales*, 2001a. 22 (3), 2-15.

Schowengerdt, R. A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing.** Academic Press, New York, 1997.

SEPLAN: SIEG. **Sistema de Informação Estatística e Geográficas de Goiás. Estatísticas Municipais.** Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acesso em 16 de fevereiro 2010.

Silva A, W. V.; Ferreira, N. C. ; Boggione, G. de A. **Análise de vetores de crescimento para a quantificação das transformações urbanas no município de Goiânia.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – Anais 2005. p. 681-688.

Teixeira, A. L. A.; Christofolletti, A. **Sistema de Informações Geográficas: dicionário ilustrado.** São Paulo, SP: Editora Hucitec, 1997.