

## **A cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Maranhão condicionada pelas unidades geomorfológicas**

Tamiris de Assis<sup>1</sup>  
Eder de Souza Martins<sup>2</sup>  
Antonio Felipe Couto Junior<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB  
Campus Universitário Darcy Ribeiro ICC – Ala Central,  
Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF - Brasil  
tamirisdeassis@gmail.com

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados  
BR-020 km 18 Caixa Postal 08223 CEP: 73301-970 Planaltina, DF  
martieder@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade de Brasília – UnB – Campus Planaltina  
CEP: 73300-000 Planaltina, DF  
afcj@unb.br

**Abstract.** The spatial distribution of land cover shows direct relation with the relief, especially in the Cerrado. Thus, this study aimed to map land cover in the Maranhão River basin through automatic classification and establish a relation with the geomorphologic boundaries. The land cover mapping consisted of fusion transformation of Landsat 8/OLI images and proceeded a supervised and unsupervised classification according to the geomorphological unities in the basin. The processing of image fusion allowed an increase in the spatial resolution of multispectral images from 30 meters to 15 meters. From the transformed images, there were generated five classes: Vegetation, Agropastoral, Construction, Bare Soil and Water. The spatial distribution of land cover classes showed that the occupation of the Maranhão basin proved to be conditioned by regional geomorphological characteristics.

**Palavras-chave:** spatial distribution, image fusion, automatic classification, relief, distribuição espacial, fusão de imagens, classificação automática, relevo

### **1. Introdução**

A obtenção de informações acerca da cobertura da terra mostra-se relevante nas análises dos processos e problemas ambientais, dos quais desde a antiguidade são realizados estudos de mapeamento da superfície terrestre para auxiliar na organização das sociedades (Anderson et al., 1976; Oliveira, 1988). Os mapas de cobertura da terra se configuram em instrumentos que auxiliam no ordenamento do território e no planejamento ambiental (Araújo filho et al., 2007) e, por sua vez, estão relacionados com o relevo (Couto Júnior et. al., 2007) que é um importante aspecto para a compreensão da distribuição espacial da cobertura da terra.

A partir do avanço das geotecnologias a disponibilidade de produtos de sensores imageadores da Terra aumentou de maneira significativa, proporcionando maior utilização na gestão do espaço geográfico em escala local e global (IBGE, 2006). Dentre as principais geotecnologias, destaca-se o processamento digital de imagens que consiste na execução de operações matemáticas dos dados de sensoriamento remoto, visando a transformação de imagens em melhores qualidades espectrais e espaciais (Meneses e Almeida, 2012).

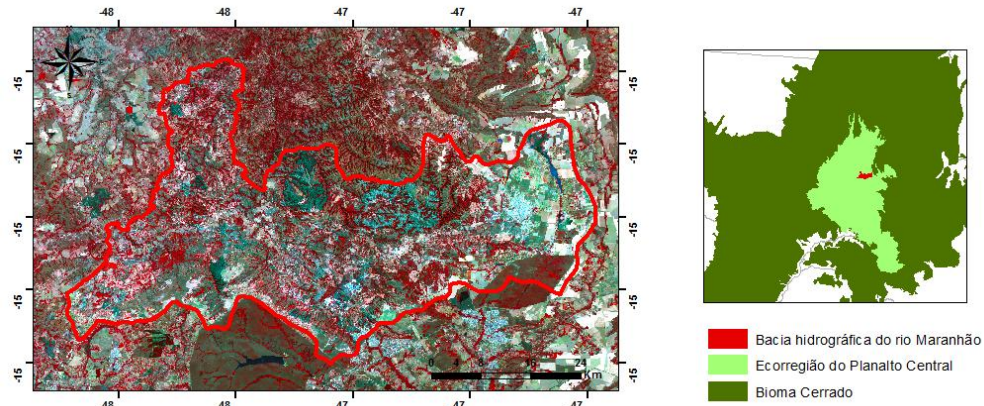
O sensoriamento remoto é considerado, atualmente, uma das alternativas mais eficientes para estudar o funcionamento de grandes biomas (Asner et al., 2004). Neste contexto, se insere o Cerrado, que se destaca pela pronunciada heterogeneidade de paisagens (Ratter et. al., 2006, Silva et. al., 2006) e como importante pólo de produção agroindustrial (Helfand et. al., 2000). Além, de possuir, maior parte de sua extensão territorial situada em planaltos

cristalinos ou blocos sedimentares contínuos (Brasil e Alvarenga, 1989).

A utilização do sensoriamento remoto proporciona maior agilidade no levantamento de dados para caracterização da cobertura da terra. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento da cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Maranhão por meio da classificação automática e a sua relação com o relevo.

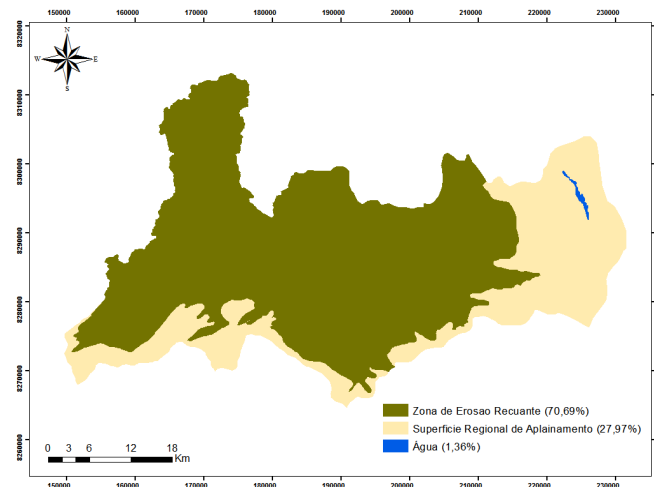
## 2. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Maranhão ocupa uma área de 1.926.691 km<sup>2</sup>, localizada na porção central do Bioma Cerrado, dentro da ecorregião do Planalto Central, abrange o norte do Distrito Federal e a parte leste do Goiás (Figura 1). Esta bacia possui afluentes do rio Tocantins que pertence à bacia Araguaia-Tocantins.



**Figura 1.** Bacia hidrográfica do rio Maranhão (Esquerda); sua posição relativa à ecorregião do Planalto Central, ao Distrito Federal e ao bioma Cerrado (direita).

A geologia correspondente é caracterizada por rochas do Grupo Paranoá e do Grupo Canastra (Campos, 2004). São encontrados Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos e Plintossolos associados às Superfície Regional de Aplainamento (Figura 2) caracterizada por relevo plano a suave ondulado com altitude de 900 a 1.000 m. Nas Zonas de Erosão Recuante (Figura 2) predominam Cambissolos e Neossolos Litólicos, e Argissolos nas porções de escarpas de maior declividade.



**Figura 2.** Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Maranhão na escala 1:500.000. Fonte: SIEG (2006).

O clima predominantemente é o Tropical Semi-Úmido Aw (Köppen), sendo observadas duas estações bem definidas: um verão quente e úmido, com chuvas concentradas entre

novembro e janeiro e um inverno mais frio e seco, com estiagem entre julho e agosto. A precipitação média anual varia de 750 a 2000 mm.

### 3. Materiais e Métodos

Foram utilizadas imagens do sensor OLI do Landsat-8 *Data Continuity Mission* (DCM) de 18 de Setembro de 2014, órbita 221 e ponto 071 adquiridas diretamente da página eletrônica do *United States Geological Survey* (USGS- <http://glovis.usgs.gov/>) para obtenção de maior resolução espacial das imagens multiespectrais e para realização do mapeamento da cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Maranhão.

A base geomorfológica utilizada foi extraída do acervo digital disponível em formato vetorial pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás ([www.sieg.go.gov.br](http://www.sieg.go.gov.br)) na escala de 1:500.000.

#### 3.2. Fusão de Imagens

Foi realizado o processamento da fusão de imagens com o objetivo de combinar imagens de diferentes características espectrais e espaciais para sintetizar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original.

O método adotado foi o *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*, a partir, de imagens multiespectrais em composição colorida RGB 5/4/3 com resolução espacial de 30 metros e imagem pancromática de 15 metros do Landsat-8, conforme demonstrado na Figura 3.



**Figura 3.** Imagem multiespectral (A) em composição colorida RGB 5/4/3 com 30 m de resolução espacial e imagem pancromática (B) com 15 metros.

Na fusão de *Gram-Schmidt Spectral Sharpening* (Laben e Brower, 2000) realizou-se a simulação de uma banda pancromática a partir das bandas multiespectrais 5,4 e 3. Esse procedimento ocorreu por meio da obtenção de um grupo de vetores ortogonais independentes com variância quadrática das imagens espectrais, obtidos entre duas bandas de baixa resolução, gerando uma de alta resolução com o menor desvio padrão da média. Posteriormente, sucedeu a transformação de *Gram-Schmidt* à banda pancromática simulada e as bandas multiespectrais, que resulta na primeira banda sendo a pancromática simulada. Em seguida, aplicou-se uma transformação inversa para formar uma imagem sintética de saída em que os pixels foram reamostrados para o vizinho mais próximo.

A técnica de fusão de imagens foi avaliada qualitativamente, de acordo com a análise visual, sendo considerada a capacidade de visualização de detalhes e a correspondência entre as cores das imagens originais e as imagens fusionadas.

#### 3.3. Classificação das Imagens

Foi procedida a classificação não supervisionada e supervisionada da cobertura da terra em cada compartimento geomorfológico existente na bacia hidrográfica do rio Maranhão: Zonas de Erosão Recuante e Superfícies Regionais de Aplainamento.

Na classificação não-supervisionada procedeu-se à aplicação do método *clustering* denominado de ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) o qual usa a distância espectral nas seguintes etapas: (i) classifica iterativamente os pixels; (ii) redefine os critérios para cada classe; (iii) reclassifica a imagem até que os padrões de distância espectral nos dados apareçam. Os parâmetros estabelecidos foram de no mínimo 5 e no máximo 5 classes, com 1 interação e limite de convergência de 5%. A partir da classificação por *clustering*, de acordo com o aspecto visual, foram nomeadas as cinco classes: Vegetação, Construções, Solo Exposto, Agropastoril e Água.

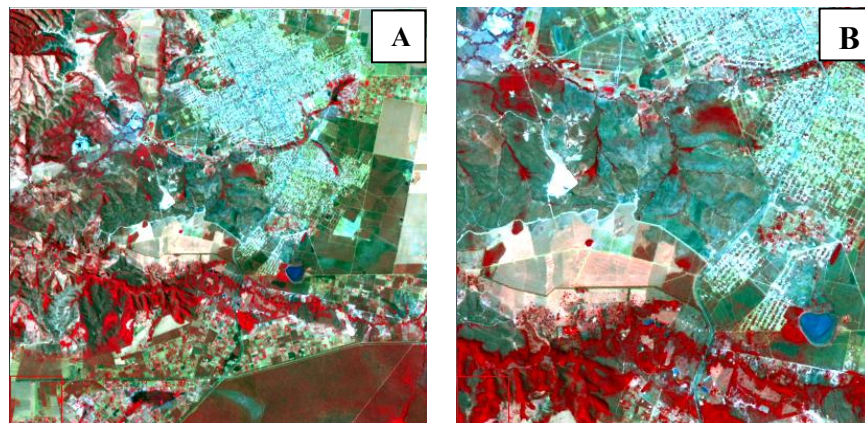
Efetou-se a classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MaxVer) que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Assume que todas as bandas têm distribuição normal e calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica (Richards, 1999). A coleta das amostras de treinamento foi efetuada com a análise dos padrões de respostas espectrais homogêneos das classes de cobertura da terra. A partir da classificação não-supervisionada e supervisionada gerou o mapa de cobertura da terra da bacia e uma análise qualitativa da ocorrência das classes dos mapas de cobertura da terra em cada unidade geomorfológica existente na bacia.

#### 4. Resultados e Discussão

##### 4.1. Resultado da Fusão de Imagens

O processamento de fusão de imagens possibilitou aumento na resolução espacial das imagens multiespectrais de 30 metros (Figura 4. A) para 15 metros (Figura 4. B), permitindo observar maior nitidez do contorno dos alvos, com obtenção de maiores detalhes e melhor definição das feições de vegetação e das áreas agropastoris, além, de maior visibilidade de estradas e de áreas urbanas.

A variação das cores verde e azul na imagem fusionada apresenta tonalidades mais claras do que a multiespectral original e, na cor vermelha ocorre o contrário, verifica-se a tonalidade mais escura na imagem fusionada. Freitas et. al. (2009) ao utilizar a fusão das imagens Cbers-HRC com a Cbers-CCD para obter uma melhor interpretação de alvos para a região do Pantanal verificaram que a cor verde se mostra mais clara na fusão Gram-Schmidt e a cor magenta que é a combinação da cor vermelha e azul surgiu com maior intensidade. Sendo estes resultados semelhantes ao obtido na pesquisa.



**Figura 4.** Detalhe das imagens multiespectral em composição colorida RGB 5/4/3 com resolução de 30 m (A) e imagem fusionada de 15 m (B).

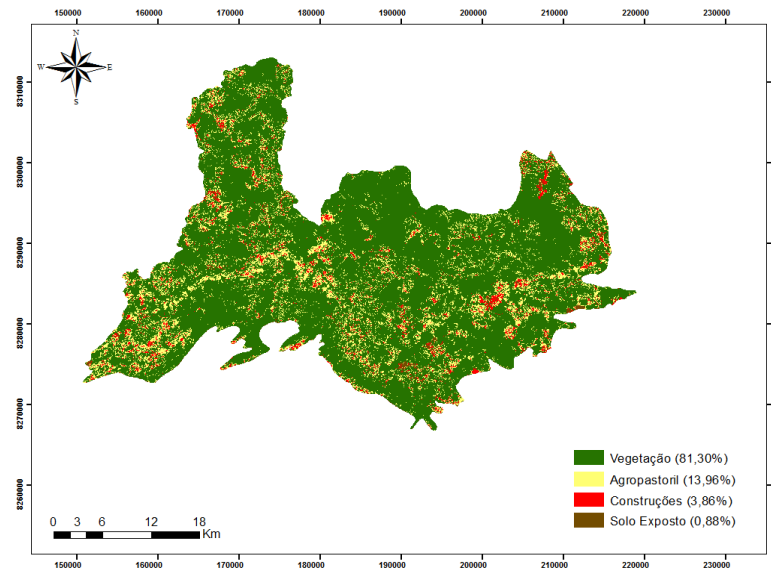


No entanto, se observa que a conservação das cores na imagem fusionada foi pouca alterada em relação à imagem multiespectral original corroborando com os resultados de Sanches e Aguiar (2006) que analisaram técnicas de fusão entre bandas de imagens Quickbird e concluíram que a fusão Gram-Schmidt com três bandas apresentou as cores próximas à realidade, porém, em tons mais claros.

#### 4.2. Resultado da Classificação das Imagens

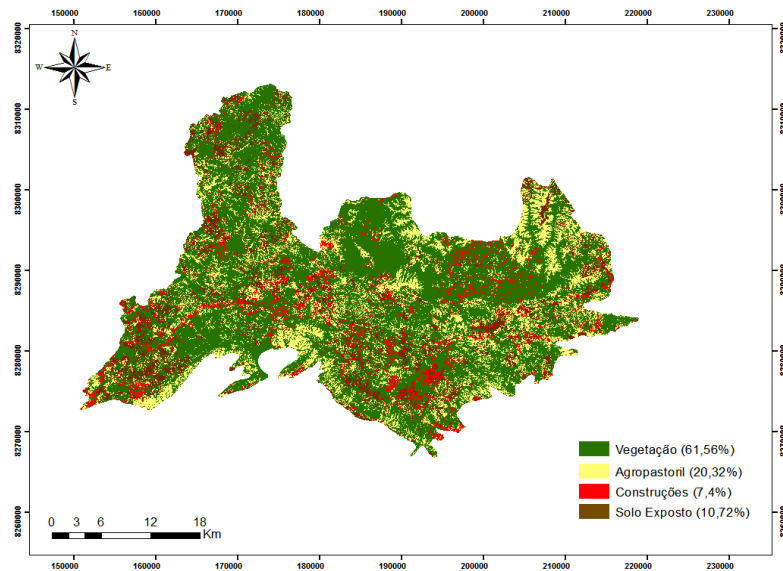
A classificação das imagens fusionadas resultou no mapeamento de 5 classes de cobertura da terra (Vegetação, Agropastoril, Construções, Solo Exposto e Água) em cada compartimento geomorfológico da bacia do Maranhão. A classe de Vegetação consistiu em áreas que apresentam cobertura vegetal original, não sendo avaliado se o seu uso é antrópico ou natural. A classificação da vegetação seguiu conforme Ribeiro e Walter (2008) considerando as formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

A cobertura antrópica corresponde a classe Agropastoril (pastagem cultivada e a cultura agrícola), Construções (edificações urbanas), o Solo Exposto e Água. Na Zona de Erosão Recuante a classificação não-supervisionada (Figura 5) teve como classe predominante a Vegetação (81,30%). As classes Agropastoril (13,96%), Construções (3,86%) e Solo Exposto (0,88%) representam a cobertura antrópica na unidade geomorfológica.



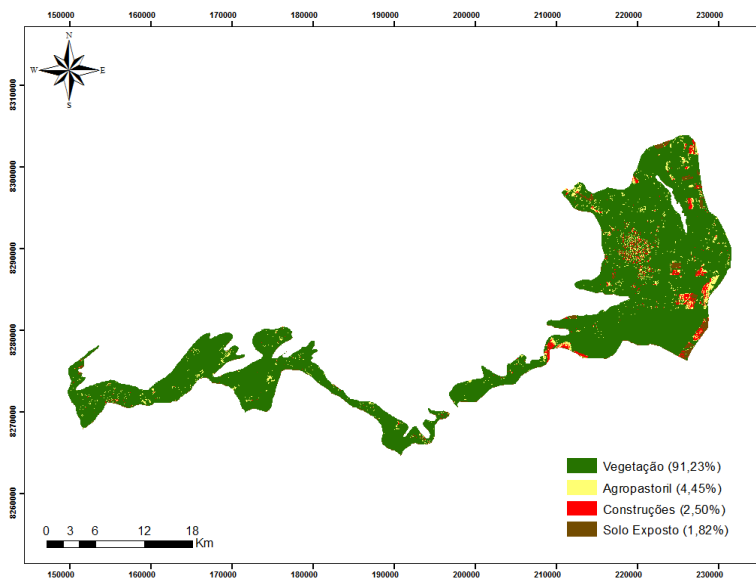
**Figura 5.** Classificação não-supervisionada da cobertura da terra da bacia do Maranhão na Zona de Erosão Recuante.

A classificação supervisionada da Zona de Erosão Recuante (Figura 6) apresentada na Tabela 1 teve redução da classe de Vegetação (61,56%) se comparada a classificação não-supervisionada e aumento das classes Agropastoril (20,32%), Construções (7,4%) e Solo Exposto (10,72%).



**Figura 6.** Classificação supervisionada da cobertura da terra da bacia do Maranhão na Zona de Erosão Recuante.

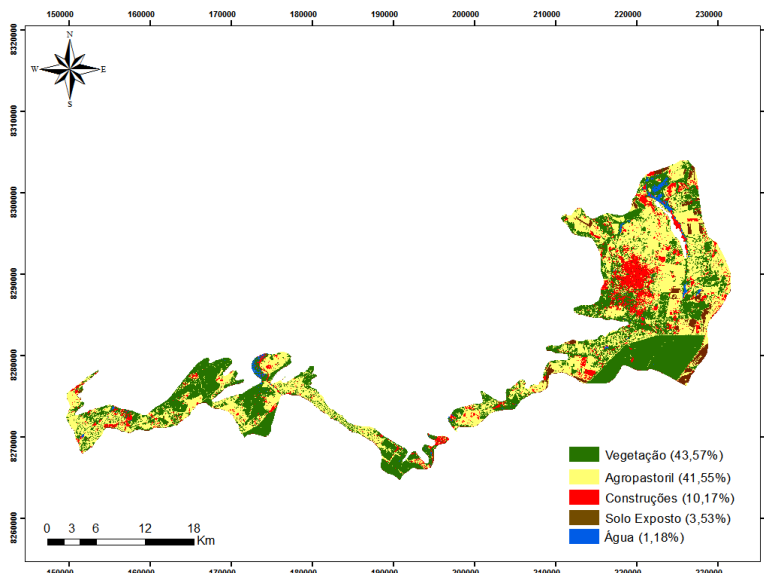
A Vegetação (91,23%) é a classe de maior destaque na classificação não-supervisionada da Superfície de Aplainamento (Figura 7), conforme a Tabela 1. As classes de cobertura antrópica Agropastoril (4,45%), Construções (2,5%) e Solo Exposto (1,82%) concentradas na porção leste da bacia representam menos de 10% da cobertura da bacia do Maranhão. O grau elevado de cobertura vegetal na Superfície Regional de Aplainamento está relacionado ao método de classificação não-supervisionada, o qual considerou áreas da classe Agropastoril como sendo de Vegetação, devido a confusão espectral em ambas classes.



**Figura 7.** Classificação não-supervisionada da cobertura da terra da bacia do Maranhão na Superfície Regional de Aplainamento.

A distribuição das classes de cobertura da terra para a classificação supervisionada na Superfície Regional de Aplainamento (Figura 8) apresentou aumento significativo para as

áreas Agropastoril (41,55%), Construções (10,17) e Solo Exposto (3,53%), localizadas ao longo de todo o compartimento geomorfológico e, por sua vez, a classe de Vegetação (43,57%) ocorreu redução expressiva. Esse retrato corresponde a eficiência da técnica de classificação supervisionada em distinguir melhor as unidades classificadas, na qual, se observa que a cobertura antrópica possui maior concentração em áreas planas.



**Figura 8.** Classificação supervisionada da cobertura da terra da bacia do Maranhão na Superfície Regional de Aplainamento.

**Tabela 1.** Distribuição da cobertura da Zona de Erosão Recuante e da Superfície Regional de Aplainamento apresentada em área absoluta (km<sup>2</sup>) e relativa (%) para os métodos de classificação de imagens.

Classes	Zona de Erosão Recuante				Superfície Regional de Aplainamento			
	Classificação Não-Supervisionada		Classificação Supervisionada		Classificação Não-Supervisionada		Classificação Supervisionada	
	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)	Área (km <sup>2</sup> )	(%)
Vegetação	1.118,48	81,30	847,02	61,56	502,56	91,23	240,03	43,57
Agropastoril	192,05	13,96	279,58	20,32	24,46	4,45	228,90	41,55
Construções	53,19	3,86	101,77	7,40	13,76	2,5	56,03	10,17
Solo Exposto	12,07	0,88	147,43	10,72	10,08	1,82	19,45	3,53

## 5. Conclusões

A técnica de classificação supervisionada mostrou ser mais eficiente ao representar a paisagem da bacia hidrográfica do rio Maranhão na Zona de Erosão Recuante e nas Superfícies Regionais de Aplainamento, permitindo maior individualização das classes de cobertura da terra. A classe de Vegetação na classificação supervisionada mostrou-se mais concentrada na Zona de Erosão Recuante, ao norte da bacia, enquanto que a maior parte da

região sul, nas Superfícies de Aplainamento apresenta um domínio da cobertura antrópica, com as classes Agropastoril, Construções e Solo Exposto. Dessa forma, verifica-se que o relevo é um importante aspecto na compreensão da distribuição espacial das classes de cobertura terra, evidenciando que a ocupação da bacia do rio Maranhão mostrou-se condicionada por características ambientais regionais de padrões do relevo.

### Referências Bibliográficas

- Anderson, J.R.; Hardy, E.E.; Roach, J.T.; Witmer, R.E.A. Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. **Geological Survey Professional Paper**, 964. Washington, DC. 1976.
- Araújo filho, M.; Meneses, P.R.; Sano, E.E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, n.2, p.171-179, 2007.
- Asner, G.P.; Keller, M.; Silva, J.N.M. Spatial and temporal dynamics of forest canopy gaps following selective logging in the eastern Amazon. **Global Change Biology**, v.10, p.765–783, 2004.
- Brasil, A.; Alvarenga, S. 1989. Relevo. In: Duarte A. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. IBGE, p. 53-72.
- Campos, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.
- Couto Júnior, A. F.; Carvalho Júnior, O. A.; Martins, E. S.; Souza, V. V.; Farias, M. F.; Encinas, J. M. Relação entre uso e ocupação do solo e os aspectos geomorfológicos no município de águas lindas de Goiás. **Espaço e Geografia**, v.10, n.1, p.125-141, 2007.
- Freitas, D.M.; Bauch, M.A.; Nascimetno, F.L.; Xavier, E.A. Fusão de imagens CBERS-CCD com CBERS-HRC para obter uma melhor interpretação das sub-regiões e áreas antrópicas do Pantanal. In: Simpósio de Geotecnologias do Pantanal (SGP), 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Embrapa Informática Agropecuária:INPE, 2009. Artigos, p. 412-421. On-line. Disponível em: <<http://www.geopantanal2009.cnptia.embrapa.br/cd/pdf/p124.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- Helfand, S.; Rezende, G. **Padrões Regionais de Crescimento da Produção de grãos e o Papel da Região Centro-Oeste**. Brasília: IPEA. Textos para Discussão Nº 731, 2000. 25 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE. 2006.
- Laben, C.A.; Brower, B.V. **Process for Enhancing the Spatial Resolution of Multispectral Imagery Using Pan-Sharpning**, US Patent 6,011,875.2000.
- Meneses, P.R.; Almeida, T. (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPq, 2012. 276 p.
- Oliveira, C. **Curso de Cartografia Moderna**. Rio de Janeiro: IBGE, 1988.
- Polizel, S.P.; Marques, M.L.; Costa, N.R.; Rossi, E.; Ferreira, M.V. Aplicação e avaliação de técnicas de fusão em imagens Ikonos e GeoEye. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 7761-7768. On-line. ISBN: 978-85-17-00057-7. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/capa.html>>. Acesso em: 30 set. 2014.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J.F. Biodiversity Patterns of the Woody Vegetation of the Brazilian Cerrados. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A. (Ed.). **Neotropical Savannas and Dry Forests: Diversity, Biogeography, and Conservation**. USA: CRC Press, 2006. 31-66 p.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**, Embrapa Cerrados. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v, cap. 6.
- Richards, J.A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Springer-Verlag, Berlin,1999.240 p.
- Sanches, E.C.P.; Aguiar, P.N.O. Análise de técnicas de fusão entre bandas de imagens do satélite Quickbird. 44p. Monografia (Engenharia da Computação), Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Belém. 2006.
- Silva, J.F.; Fariñas, M.R.; Felfili, J.M.; Klink, C.M. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v.33, p.536-548, 2006.