

## O uso de imagens CBERS-2 para quantificar e qualificar áreas degradadas no Projeto Rio Formoso no município de Formoso do Araguaia – TO.

Renato Cardoso Correa e Silva<sup>1</sup>  
Alan Kardec Elias Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univeridade Federal do Tocantins – UFT  
ACNO 14 – NS 15 – BLOCO I – Sala 21 – Palmas – TO, Brasil  
[rccesilva@yahoo.com.br](mailto:rccesilva@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade do Tocantins – UNITINS  
106 Norte – Al. 12 – Casa 05 – Palmas – TO, Brasil  
[akelias@unitins.br](mailto:akelias@unitins.br)

**Abstract** The region of study is situated in Rio Formoso Project near Bananal Island, Formoso do Araguaia, Toncantins State. Our aim was to produce map of natural flooded forest fragments Ipuca and associated vegetation types using orbital images of sensor CCD/CBERS-2; to quantify areas of occurrence of Ipuca and remanescant areas, to qualify levels of environmental degradation in de studied area. The result was a map of land use with nine associated classes, besides quantification of the area and qualification of environmental degradation in the ecosystem.

**Key words.** remote sensing, forest fragments, restoration of degraded areas, sensoriamento remoto, fragmentos florestais, recuperação de áreas degradadas.

### Introdução

Desde os tempos remotos o homem tem na natureza resposta para as suas necessidades básicas. Com a “evolução da espécie” e a descoberta de que a produção de excedentes alimentares poderia ser armazenada, o homem busca cada vez mais, às vezes sem medir as conseqüências, o uso intensivo dos recursos naturais.

A atual expansão das áreas para atividades agrícolas e pastoris é a provável causa de inúmeros desequilíbrios naturais. A história recente da ocupação da Amazônia demonstra essa tendência, que no caso do Estado do Tocantins, é baseada na exploração da pecuária e monoculturas agrícolas com fins de exportação.

Na busca de novas áreas agricultáveis, muitas vezes não se leva em consideração a adequabilidade de uso das terras, mas as facilidades do manejo, como topografia, aparente fertilidade dos solos ribeirinhos, com desmatamento desordenado e conseqüente extinção da mata ciliar, fundamental para a permanência dos mananciais, o que demonstra o total desrespeito à legislação vigente.

A região onde se desenvolveu este estudo, especificamente o Projeto Rio Formoso, se insere nas proximidades da Ilha do Bananal, em uma área de 33.935,00 ha, inserido no município de Formoso do Araguaia, Estado do Tocantins. Conforme mapeamento realizado pelo Projeto RADAMBRASIL, citado por Brasil (1981), as formações vegetais dessa região foram identificadas como “Floresta Estacional Semidecidual Aluvial” ocupando as acumulações fluviais Quaternárias, sendo a sua estrutura fisionômica semelhante à da floresta ciliar, das quais diferem apenas floristicamente. Assim, suas principais características variam de acordo com a posição geográfica que ocupa a formação aluvial. Nesse ambiente encontra-se em forma de pequenas “manchas” ou “ilhas”, que se localizam sobre o Gleissolo em áreas de topografia plana, situadas nos topos do nível de alagamento, sendo regionalmente chamadas de Ipuca. Com exceção daquelas localizadas em áreas agrícolas, localizam-se em dois ambientes dominantes: o varjão sujo e o varjão limpo (campo sujo, campo limpo), (Martins et. al 2002).

Os avanços tecnológicos da cartografia automatizada, dos sistemas de gerenciamento de banco de dados e do processamento digital de imagens, aliados ao desenvolvimento da computação, permitiram produzir um conjunto distinto de ferramentas para a captura automática de dados relacionados com a superfície terrestre para o gerenciamento, análise e apresentação das informações geradas. A ligação técnica e conceitual do desenvolvimento destas ferramentas resultou no desenvolvimento de uma enorme variedade de métodos de processamento de dados geográficos.

O desenvolvimento e aplicação dessas ferramentas à gestão ambiental têm, por isso, sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para a aplicação das geotecnologias, que incluem os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e o Sensoriamento Remoto e se encontram num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos, a custos relativamente baixos.

Os SIG's têm papel relevante na gestão ambiental por facilitarem o gerenciamento de informações espaciais e permitirem a elaboração de diagnósticos e prognósticos, subsidiando a tomada de decisões.

Já o Sensoriamento Remoto, devido à rapidez e periodicidade na obtenção de dados primários sobre a superfície terrestre, constituiu-se numa das formas mais eficazes de monitoramento ambiental em escalas locais e globais.

As facilidades que o sensoriamento remoto (SR) e os sistemas de informações geográficas (SIG) oferecem para o processamento e a análise de dados espaciais tornam estas técnicas fundamentais para análise, monitoramento e modelagem das práticas de manejo (Lachowski et al., 1994; Oliver, 1992).

Há uma ampla gama de aplicações para os SIG's, incluindo agricultura, meio ambiente e urbanismo, havendo, pelo menos três maneiras, não excludentes, deles serem utilizados (Câmara, 1995):

- Como ferramenta para produção de mapas,
- Como suporte para análise espacial de fenômenos e
- Como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

As imagens de satélite são geralmente usadas para definição e caracterização das diferentes feições sobre a superfície terrestre, considerando-se que cada um dos componentes naturais, contidos em uma imagem, possui um comportamento espectral específico nos diferentes comprimentos de onda.

Quando presente, a vegetação é o primeiro alvo que interage com a radiação eletromagnética, exibindo comportamento espectral característico, o que facilita sua identificação e seu mapeamento. Diferentes espécies vegetais poderão apresentar diferentes "assinaturas" espectrais, o que possibilita sua distinção (Amaral, 1995).

Trabalhos como o de Carvalho et al. (1996) têm mostrado que o emprego do sensoriamento remoto, mediante a utilização de processos digitais e o uso do sistema de informações geográficas (SIG), tem permitido a confecção de mapas de uso do solo e a quantificação das transformações espaciais relacionadas aos temas.

Para Brown e Lugo (1994) área degradada é quando as condições edáficas e/ou riqueza biótica foram reduzidas por atividade humana a um nível em que houve um declínio de suas habilidades em atender um uso específico. Basicamente refere-se a um nível onde os reservatórios ambientais (matéria orgânica, nutrientes, banco de sementes e biomassa) reduziram a um ponto em que a reposição natural é incapaz de retornar o ambiente a seu estado original e recuperação é o processo pelo qual áreas abandonadas ou degradadas retomam a produção e pelo qual algumas de suas funções bióticas e de produtividades são restauradas.

De acordo com a visão do projeto de avaliação mundial da degradação do solo (GLSOD – Global Assessment of Soil Degradation), pertencente ao Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas e que foi implementado e executado pelo Centro Internacional de Informação e Referência de Solos (ISRIC), na Holanda, são os seguintes os fatores de degradação de solo (Oldeman, 1994):

- a) desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização;
- b) superpastejo da vegetação;
- c) atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo;
- d) exploração intensa da vegetação para fins domésticos, como combustível, cercas etc., expondo o solo à ação dos agentes de erosão; e
- e) atividades industriais ou bioindustriais que causam a poluição do solo.

Ainda de acordo com a mesma fonte, cerca de 15% do solo mundial ( $1.966 \times 10^6$  ha) encontra-se de uma maneira ou de outra degradado.

Considerando-se os fatores de degradação, o superpastejo é responsável por 34,5% das áreas mundiais degradadas, seguidos de desmatamento (29,4%), atividades agrícolas (28,1%), exploração intensa da vegetação para fins domésticos (6,8%) e atividades industriais ou bioindustriais (1,2%) (Oldeman, 1994).

Nas propriedades rurais brasileiras, cujas atividades prioritárias são a pecuária de corte e leite e as monoculturas, é comum verificar que os problemas de degradação ambiental são decorrentes do mau uso dos solos (Carvalho, 1997).

Independentemente da ausência de avaliações exatas a respeito da extensão de áreas degradadas no Brasil, todas as estimativas apontam para o desmatamento e para as atividades agrícolas como os principais fatores de degradação de nossos solos.

## Metodologia

### Materiais e equipamentos

- Dados do sensor CCD (Câmara imageadora de alta resolução) do satélite CBERS-2, na forma digital, contendo as bandas 2, 3 e 4.
- Composição colorida no formato analógico das bandas 3 4 2 (RGB).
- Carta topográfica na escala 1:100.000, DSG.

### Programas computacionais

- Cartalinx, para digitalização dos dados.
- Idrisi for Windows, versão 3.2, desenvolvido pela Universidade de Clark, USA.

### Características das imagens CCD/CBERS-2

**Quadro 1** - Características da imagem CBERS-2

Data da Passagem	30/07/2004	
Órbita/Ponto	160/113	
Bandas Espectrais	Comprimento de Onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolução (m)
2	0,52-0,59 (verde)	20
3	0,63-0,69 (vermelho)	20
4	0,77-0,89 (infravermelho próximo)	20

## **Pré-processamento dos dados**

A imagem CCD/CBERS-2 foi corrigida geometricamente, georreferenciada e remontada sobre uma rede de 20 m. Utilizou-se 16 pontos de controle, que foram coletados com apoio de uma carta topográfica na escala 1:100.000, obedecendo ao princípio de cobertura da maior parte da imagem, considerando a distribuição dos pontos em toda a sua superfície. Na retificação da imagem foi empregado o polinômio de 1ª ordem para correção espacial da imagem e o método da interpolação do vizinho mais próximo para correção dos valores de brilho dos pixels. Terminado o processo de retificação, obteve-se um erro médio quadrático de 0,45 pixel.

As imagens multitemporais também foram normalizadas para minimizar as mudanças nos seus valores de brilho, em virtude da calibração do detector, do ângulo do sol, da atenuação atmosférica e do ângulo da base entre as datas. A técnica utilizada neste trabalho foi baseada em modelos de regressão linear simples entre as imagens.

## **Análise dos dados**

### **Classificação do uso da terra**

De posse da imagem digital do satélite CCD/CBERS-2, obtida em 30 de setembro de 2004, e da carta topográfica de Formoso do Araguaia, analisou-se o contexto que englobava a área do Projeto Rio Formoso, no município de Formoso do Araguaia, estado do Tocantins.

A classificação foi feita usando a metodologia visual, em tela do monitor, utilizando-se o digitalizador Cartalinx e obedecendo aos padrões de análise; a identificação dos objetos foi feita a partir da análise dos seguintes elementos: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto.

Nessa classificação, foram utilizadas as seguintes classes:

**Ipucas 3** - solo desprovido da cobertura vegetal, encontra-se em processo de voçoroca. Localiza-se principalmente às margens dos rios e apresenta-se com uma tonalidade mais clara, o que permite que a resposta espectral seja determinada pelo solo.

**Ipucas 2** - solo com cobertura esparsa de gramíneas. Esta unidade apresenta-se com uma tonalidade cinza-clara; a exposição do solo contribui com a resposta espectral do alvo.

**Ipucas 1** - esta unidade apresenta tonalidade cinza-clara, característica da exposição do solo, a qual varia de acordo com o número de arbusto e gramínea existente. Apresenta-se em estágio inicial de degradação.

**Área Agrícola** - esta unidade apresenta-se com aspecto de forma geométrica, com tonalidade cinza-médio.

**Floresta** - apresenta tonalidade de cinza-escura, homogênea em razão da cobertura total do solo. Por ser uma área bastante plana, sua identificação torna-se mais fácil, não tendo influência de sombreamento.

**Cerrado** - o cerrado típico caracteriza-se por possuir o estrato superior mais denso, apresentando certa cobertura de solo, pelas copas, embora de modo irregular. Apresenta-se com tonalidade cinza-médio, pouco homogênea, com manchas de tonalidades mais escuras, onde há adensamento das copas.

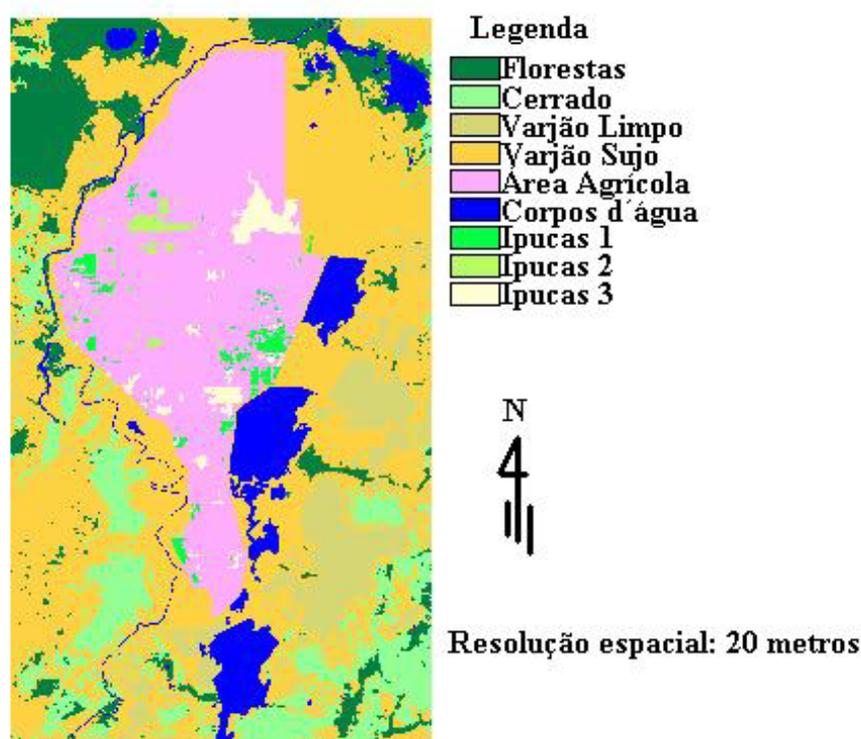
**Varjão Limpo** - esta unidade encontra-se em topografia plana, com cobertura de gramíneas, solos úmidos e sujeita à inundação sazonal. Destas características resultam as tonalidades claras, com manchas escuras correspondentes às áreas alagadas.

**Varjão Sujo** - apresenta-se com tonalidade cinza-médio e aspecto de feições de campo cerrado.

## Resultados e Discussões

### Classificação e Uso da Terra

O mapa de uso da terra resultante da classificação supervisionada pode ser visualizado na **Figura 1**, com um total de 9 categorias informacionais.



**Figura 1.** Mapa de uso atual da terra, Projeto Rio Formoso, Formoso do Araguaia, estado do Tocantins.

Com relação às 9 classes informacionais geradas pela classificação, as ipucas 3 apresentam uma área de 1548,53 ha. Essas áreas, na sua maioria, estão inseridas no Projeto Rio Formoso. O nível de degradação dessas áreas, que já se encontram em intenso processo de desmonoramento. As ipucas 2, com 686,90 ha, representa áreas degradadas, com presença de gramíneas raleadas e o solo compactado. As ipucas 1, com 1206,46 ha, refere-se as áreas em início de degradação com algumas plantas nativas desse ambiente em estado de regeneração. A área agrícola, com 25250,15 ha, representa 20,43% do total da área mapeada.

Na feição floresta ainda existem 11537,39 ha, que correspondem a 9,34% do total. Se o ritmo de desmatamento que a região vem sofrendo nos últimos anos continuar, estima-se que dentro de alguns anos não existirá floresta nativa nessa localidade.

O **Quadro 2** mostra as áreas das 9 classes informacionais.

**Quadro 2 -** Áreas das feições classificadas no mapa de uso do solo

Feições	Área (ha)	Porcentagem (%)
Floresta	11537,39	9,34
Cerrado	13850,24	11,21
Varjão Limpo	9698,77	7,85
Varjão Sujo	51301,44	41,50
Área Agrícola	25250,15	20,43
Corpos D'água	8496,40	6,88
Ipucas 1	1206,46	0,98
Ipucas 2	686,90	0,56
Ipucas 3	1548,53	1,25

A análise deste quadro mostra ainda que 49,35% do total da área não sofre ação antrópica, por se tratar do solo menos aceitável para agricultura e pecuária, incluindo as áreas com maior período de alagamentos (varjão sujo e varjão limpo). A população local prefere as áreas cobertas por florestas, por acreditar serem estas mais férteis.

### **Conclusões e Recomendações**

O presente estudo foi realizado no município de Formoso do Araguaia, no Estado do Tocantins, tendo sido constituído basicamente de uma etapa, definida como classificação do uso da terra, onde foram caracterizados os vários níveis de degradação em que a área se encontra, decorrentes da ocupação por projeto hidroagrícola, nos últimos 35 anos.

Classificação do uso do solo

- a) A classe predominante nessa classificação foi a de Varjão Sujo, com 51301,44 ha – cerca de 41,50 % do total mapeado.
- b) As áreas de maior nível de degradação encontram-se inseridas no Projeto Rio Formoso.
- c) Os desmatamentos em algumas partes das margens dos rios já se estendem por décadas, em virtude da tendência do homem de se fixar nas proximidades dos cursos d'água.
- d) O voçorocamento das margens desses rios está diretamente ligada à sua ocupação e ao seu alto teor de areia no solo, não resistindo ao desmatamento.
- e) O mapeamento dessas áreas será o suporte para um planejamento de recuperação de áreas degradadas.
- f) Nas áreas do Projeto Rio Formoso encontra-se a maior área degradada, sendo, portanto, prioritária em um eventual processo de recuperação de áreas degradadas.

Quanto às assinaturas estabelecidas, recomenda-se:

**Ipucas 3** - solos com alto nível de degradação requerem imediata ação para sua recuperação, pois se trata de solos com voçorocas profundas inseridos no projeto Rio Formoso.

**Ipucas 2** - são as ipucas em processo de degradação, com partes de solos compactados pelo uso de maquinário agrícolas o que evidencia a necessidade de implementação de manejo adequado de utilização destes equipamentos.

**Ipucas 1** - são solos em início de degradação e encontrados nas áreas de regeneração do Projeto Rio Formoso e adjacência

**Área agrícola** - são áreas mapeadas dos dois últimos anos. No geral, trata-se de lavouras de subsistência, que resultará em capoeira ou pastagem, logo, torna-se necessário o seu monitoramento.

**Floresta** - ainda se encontra uma boa parte desta unidade sem ser desmatada, o que requer uma preocupação de imediato, com a finalidade de preservar os renascentes.

**Cerrado** – o cerrado típico caracteriza-se por possuir o estrato superior mais denso, apresentando certa cobertura de solo, pelas copas, embora de modo irregular. Apresenta-se com tonalidade cinza-médio, pouco homogênea, com manchas de tonalidades mais escuras, onde há adensamento das copas.

**Varjão Limpo** – esta unidade encontra-se em topografia plana, com cobertura de gramíneas, solos úmidos e sujeita à inundação sazonal. Destas características resultam as tonalidades claras, com manchas escuras correspondentes às áreas alagadas.

**Varjão Sujo** – Formação savânica caracterizada pela presença marcante de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, conhecidas como murundus ou monchões. As árvores possuem altura média de 3 a 6 metros.

## Referências

- Amaral, G. Princípios de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1995. São Paulo. Geoprocessamento. Anais...São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995. p. 27-36.
- Brasil, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 22. Tocantins: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1981. 524p.
- Brown, S.; Lugo, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*. 2(2): 97-111, 1994.
- Câmara, G. Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos. 1995. Tese de doutorado em computação aplicada. São José dos Campos, INPE. [www.dpi.inpe.br/teses/gilberto](http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto)
- Carvalho, E.E.; Argent, M.S.; Ferreira, F.L. Análise comparativa das transformações do uso do solo entre 1984 e 1994 nas regiões administrativas de Santa Cruz, Campo Grande e Guaratiba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996. Salvador. Anais... Salvador: 1996. (CD-ROOM).
- Carvalho, M.M. Ações visando recuperação de pastagens degradadas. In: ENCONTRO PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1, 1997, Viçosa. Anais... Viçosa: 1997. p. 202-206.
- Lachowski, H. M. et al. Remote Sensing and GIS: their role in ecosystem management. *Journal of Forestry*, v. 92, n. 8, p. 39-40. 1994.
- Martins, I. C. M.; Soares, V. P.; Silva, E. Brites; R. S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “ipucas” – no Município de Lagoa da Confusão, Tocantins. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 3, 2002.
- Oldeman, L.R. The global extent of soil de gradation. In: *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. GREENLAND, D. J. & SZABOCLS, I (Eds.) Cab International, Wallingford, VK, 1994, p. 99-118.
- Oliver, C. D. A landscape approach: achieving and maintaining biodiversity and economic productivity. *Journal of Forestry*, v. 90, n. 9, p. 20-25. 1992.