

Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação

Jussara dos Santos Rosendo¹
Roberto Rosa¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia - UFU/IG
Cep: 38400-902 - Uberlândia – MG, Brasil
jussara_rosendo@yahoo.com.br (Bolsista Capes PPGeo)
rrosa@ufu.br

Abstract. The accentuated dynamics land use on shut area request, more frequent, analysis dynamics and simplified characteristic that not all satellites show at environment studying researchs. This topic appeared in 1999, with the Terra plataform throwing, which's a new form at global monitoration over the Earth surface with geographic datas and away from atmospheric contamination - the sensor MODIS - showed among different products the MOD13Q1, which will be described on the following article.

Palavras-chave: change detection, vegetation index, MODIS, basin hidrographic Araguari river-MG/Brazil, detecção de mudanças, índices de vegetação, MODIS, bacia hidrográfica rio Araguari-MG/Brasil.

1. Introdução

A utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento nas análises ambientais têm se tornado uma prática cada vez mais freqüente entre as diversas áreas de pesquisa. No caso do uso da terra e da cobertura vegetal, estas técnicas contribuem de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação natural, fiscalização dos recursos florestais, desenvolvimento de políticas conservacionistas, bem como vários outros fatores que podem ocasionar modificações na vegetação.

O aumento na utilização de imagens orbitais é conseqüência, principalmente, do baixo custo de seus produtos, fato comprovado quando comparados a tradicionais métodos fotogramétricos e topográficos (como a utilização de fotografias aéreas): citamos, por exemplo, os satélites da série LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICK BIRD, TERRA e AQUA (Rosendo, 2005).

A bordo das Plataformas Espaciais TERRA e AQUA, encontra-se o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), utilizado na presente pesquisa, que possui inúmeras vantagens em relação aos satélites e sensores convencionais. A primeira delas é o fato de produtos e imagens serem distribuídos já corrigidos geograficamente e radiometricamente, minimizando a influência de nuvens e aerossóis que muitas vezes interferem na utilização dos produtos orbitais; uma segunda vantagem está no fato desses produtos apresentarem várias opções de resolução espacial (moderada a global); a terceira característica, e talvez mais importante, seja a distribuição gratuita desses produtos ou imagens pela internet. Além de bandas individuais, os usuários podem ter acesso a vários tipos de produtos provenientes do sensor MODIS, que possibilitam pesquisas sobre o Balanço Energético, Cobertura Terrestre, e produtos destinados à Vegetação.

Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético (EPIPHANIO et al., 1996). Ainda de acordo com o referido autor, tais índices realçam, em geral, o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), percentagem de

cobertura vegetal. Incluem também elevados graus de correlação com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade.

As técnicas de realce de imagem por meio de índices de vegetação aumentam o brilho das áreas vegetadas, melhorando a aparência da distribuição espacial de informações das imagens, tornando-as de fácil interpretação visual e computacional. No presente trabalho, foi utilizado o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que detém a habilidade para minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida e possui a propriedade de variar entre -1 a $+1$ (quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação, ou seja, representa superfícies não vegetadas.

A detecção de mudanças é o processo de detecção de mudanças no estado de um objeto ou fenômeno por intermédio da identificação das diferenças entre dois conjuntos de imagens tomadas da mesma área em diferentes épocas (HAYES e SADER, 1997). Estas mudanças resultam das alterações nos valores de radiância dos pixels nas imagens tomadas em épocas distintas (SILVA, E. 2004). A partir da utilização desse método, diferentes fenômenos podem ser identificados, como desmatamentos, modificações do uso da terra (substituição de matas nativas por agricultura), queimadas, variações na geometria de aquisição das imagens, etc.

Dentre os métodos de detecção de mudanças, podemos citar: Análise de Pós-classificação, Análise de Vetor de Mudança, Análise por Componentes Principais, Razão de Imagens, Subtração de Imagens e Diferença de Índices de Vegetação.

No trabalho em questão, a detecção de mudanças foi realizada a partir da subtração da imagem Índice de Vegetação que se trata de uma técnica utilizada dentro do método de imagem diferença, consistindo no registro de imagens em dois tempos diferentes (t_1 e t_2) em que é feita a subtração pixel a pixel e produzida uma terceira imagem que representa as mudanças entre as duas datas (MAS, 1999; SILVA, E. 2004; SILVA, A. 2004).

A Imagem Diferença realça as mudanças ocorridas dentro de um determinado recorte temporal e espacial, podendo ser aplicada com objetivo de realçar alvos como expansão de áreas urbanas, mudanças no uso da terra, diferenças sazonais na vegetação, desmatamento ou desflorestamento. A Diferença de Índices de Vegetação é comumente empregada para detecção de mudanças na cobertura vegetal e uso da terra, especialmente quando se utilizam índices de vegetação. Tem sido tratada em muitos trabalhos como um método específico de detecção de mudanças. Com isso, diferentes fenômenos podem ser identificados, como desmatamentos, modificações no uso da terra (substituição de áreas originalmente cobertas por matas nativas por agricultura), queimadas entre outros.

2. Localização da área de estudos

A bacia do Rio Araguari, localizada na Mesorregião do Triângulo e Alto Paranaíba, na porção oeste do estado de Minas Gerais, compreende a maior parte da região do Triângulo Mineiro, fazendo divisa com a Bacia do Rio Tijuco a oeste e sudoeste, com a Bacia do Rio Grande ao sul, com a Bacia do São Francisco a leste, com a Bacia do Rio Dourados a norte e noroeste, e com as nascentes do Rio Paranaíba ao norte.

Situada entre as coordenadas geográficas de $18^{\circ} 20'$ e $20^{\circ} 10'$ de latitude sul e $46^{\circ} 00'$ e $48^{\circ} 50'$ de longitude oeste de Greenwich, a bacia do Rio Araguari ocupa uma área de 20.186 Km², abrangendo parte de 20 municípios, dentre os quais consideram-se integrantes da referida bacia os municípios de Araguari, Araxá, Campos Altos, Ibiá, Indianópolis, Iraí de Minas, Nova Ponte, Patrocínio, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Rio Paranaíba, Sacramento, Santa Juliana, São Roque de Minas, Serra do Salitre, Tapira, Tupaciguara, Uberaba e Uberlândia (**Figura 1**). Por não haver necessária concordância entre o limite da bacia e as

áreas (divisões) municipais, parte destes municípios não possui suas áreas totalmente compreendidas na área da bacia.

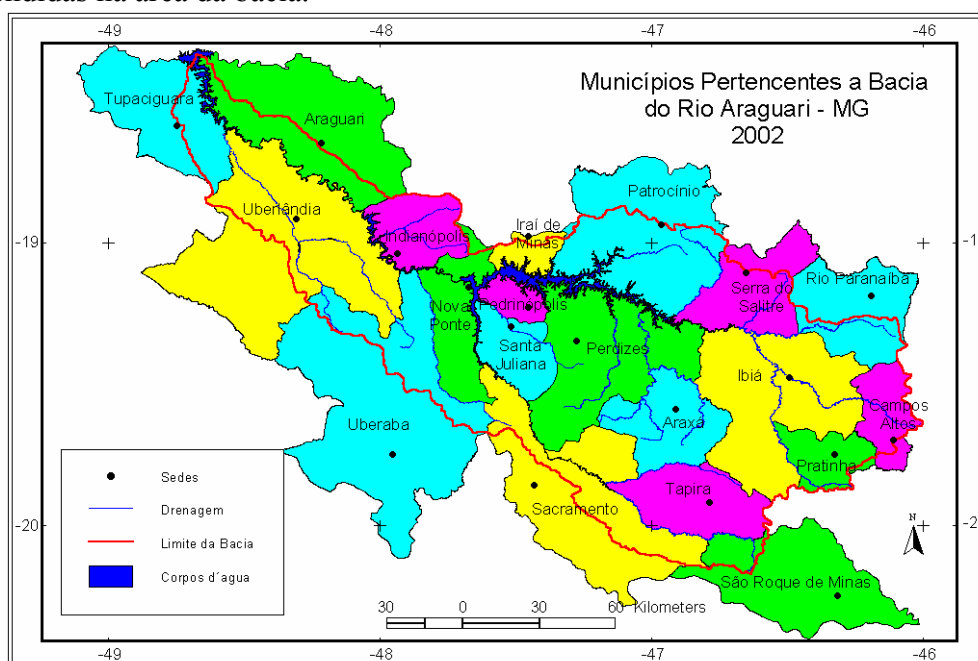


Figura 1 - Municípios Pertencentes à Bacia do Rio Araguari-MG
Fonte: ROSA et al., (2004).

3. Materiais e Procedimentos Metodológicos

3.1 Materiais:

3.1.1 Documentos Cartográficos:

- ◆ Folhas Topográficas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), na escala de 1:100.000 e 1:250.000, disponíveis no laboratório de Cartografia do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU.
- ◆ Base cartográfica em meio digital, elaborada pelo Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia –UFU.
- ◆ Imagens do sensor MODIS/Terra, *tile* h13v10, produto MOD13Q1, adquiridas via Internet no formato hdf, do site <<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>>. As datas das imagens MODIS são dadas em dias julianos, sendo assim, para a presente pesquisa, foram utilizadas as datas 289 (16/10 a 31/10 de 2003) e 353 (19/12 a 03/01 de 2004). Vale ressaltar que o dia juliano que indica a imagem é o primeiro dia do período da composição de 15 dias das imagens MODIS.

3.1.2 Equipamentos

- ◆ Microcomputador.
- ◆ Aparelho GPS de navegação GARMIN modelo 12 XL.
- ◆ Impressora Jato de Tinta Colorida A3.

3.1.3 Softwares

- ◆ **Idrisi, versão 32** – é um sistema de informação geográfica e de processamento de imagens, desenvolvido pela *Graduate School of Geography da Clark University*, de

Massachusetts, baseado no formato *raster* de representação de dados, foi desenvolvido para microcomputadores. Opera em ambiente Windows (95, 98, XP, NT e 2000). Permite a migração de dados para outros *softwares*.

- ◆ **ArcView 3.2** - é um Sistema de Informação Geográfica (GIS) que gerencia feições e seus atributos em unidades denominadas temas. Cada tema representa uma coleção de feições com atributos similares, como rodovias, drenagem etc. As feições dos temas do *ArcView* podem ser de três tipos: ponto, linha e polígonos. Permite fácil integração de dados, possibilitando acessar registros de bases de dados e visualizá-los em mapas de excelente qualidade, ligando gráficos, tabelas, desenhos, fotografias e outros arquivos.
- ◆ **Modis Reprojection Tool (MRT)** – permite converter as imagens MODIS originalmente no formato HDF para GEOTIFF;

3.2 - Procedimentos operacionais

Para o desenvolvimento da pesquisa, além dos materiais, foram necessárias três etapas distintas:

3.2.1- Aquisição dos produtos e manipulação das imagens

A primeira etapa foi constituída pela escolha das datas das imagens MODIS; posteriormente, foi realizado pedido e aquisição dos produtos MODIS adquiridos através do acesso ao *site* <<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>>. Anterior a essa etapa, foi necessária uma visita prévia ao *site* <<http://modis.gsfc.nasa.gov/>> para uma familiarização com as imagens e diferentes produtos, bem como realização de um cadastro para obtenção dos mesmos.

Após confirmação dos pedidos via *e-mail*, a NASA envia o endereço do servidor, de onde os produtos serão “baixados”. Com o aplicativo *Download Accelerator Plus*, os produtos são baixados via ftp, demorando em torno de 2 a 3 horas por produto.

Conversão das imagens no *Modis Reprojection Tool* (MRT), originalmente na projeção *Integerized Sinusoidal* (formato HDF – *Hierarchical Data Format*), para a projeção geográfica e formato Geotiff e, em seguida, as imagens são importadas para o software Idrisi 32.

Recorte da área, selecionando apenas o que é de interesse; esse procedimento é imprescindível para facilitar o processamento dos dados no equipamento e excluir o que não é relevante. Esse procedimento impede uma sobrecarga no microcomputador, devido ao tamanho de cada imagem.

3.2.2 – Geração dos índices de vegetação

A partir do produto MOD13Q1 (bandas vermelho e infravermelho próximo), foi possível a produção do índice de vegetação NDVI (correspondente aos meses de outubro de 2003 e fevereiro de 2004), com a utilização do módulo VEGEINDEX do software Idrisi 32.

3.2.3 – Aplicação do método de detecção de mudanças Imagem Diferença

A detecção de mudanças foi realizada a partir da subtração da imagem Índice de Vegetação referente ao mês de janeiro pela imagem Índice de Vegetação referente ao mês de outubro. A escolha dessas imagens justifica-se em virtude do mês de fevereiro apresentar altos valores de Índice de Vegetação em grande parte da área da bacia, e outubro devido à diminuição desses valores de Índice de Vegetação em consequência do período de colheita e o final do período seco.

4. Resultados e Discussões

A partir da utilização de duas bandas do espectro eletromagnético (banda correspondente ao Vermelho e Infravermelho Próximo), foi possível a geração de produtos como o índice de vegetação NDVI. Foi observado um bom resultado no que se refere ao aspecto visual dos índices, ou seja, mesmo sem efetuar uma análise mais elaborada, utilizando para tal outras técnicas, foi possível visualizar as mudanças ocorridas no estado fenológico da vegetação.

Um trabalho de campo, percorrendo as principais rodovias e estradas na área da Bacia do Rio Araguari, foi realizado (dezembro de 2003) no intuito de visualizar os tipos de uso presentes na mesma (mata/reflorestamento; pastagem/café/cerrado; cultura anual; cultura irrigada e corpos d'água) para que fossem extraídas as coordenadas geográficas de algumas categorias presentes na bacia, com auxílio de GPS, possibilitando a sua identificação na escala de 1:250.000. É importante ressaltar que as coordenadas foram extraídas no centro de cada categoria, para que fossem localizadas referentes ao pixel "puro", ou seja, para que não ocorrer a contaminação do pixel por outros elementos. Essas áreas amostrais também foram identificadas no campo, com apoio de imagens de satélite de melhor resolução (imagem CCD/CBERS de setembro de 2003).

No mapa índice de vegetação NDVI do mês de fevereiro (**Figura 2**) é possível perceber a quantidade de áreas verdes existentes em toda área da Bacia do Rio Araguari. Essas áreas indicam valores de índice de vegetação elevados, ou seja, grande parte da bacia apresenta alto vigor vegetativo, em virtude do aumento na quantidade de chuvas e por conta do período em que as culturas anuais como a soja, o milho, entre outras, estão em pleno desenvolvimento reprodutivo. O início do plantio dessas culturas se dá em outubro/novembro, de modo a favorecer que a planta "proveite" o máximo de chuvas e de iluminação que os meses posteriores possam oferecer; assim, torna-se complexa a separação dos alvos no período de dezembro a março, pois nestes meses tanto as culturas anuais quanto a vegetação natural (mata), o reflorestamento, as áreas destinadas a culturas perenes (café) e as áreas de pastagem apresentam elevados índices de vegetação.

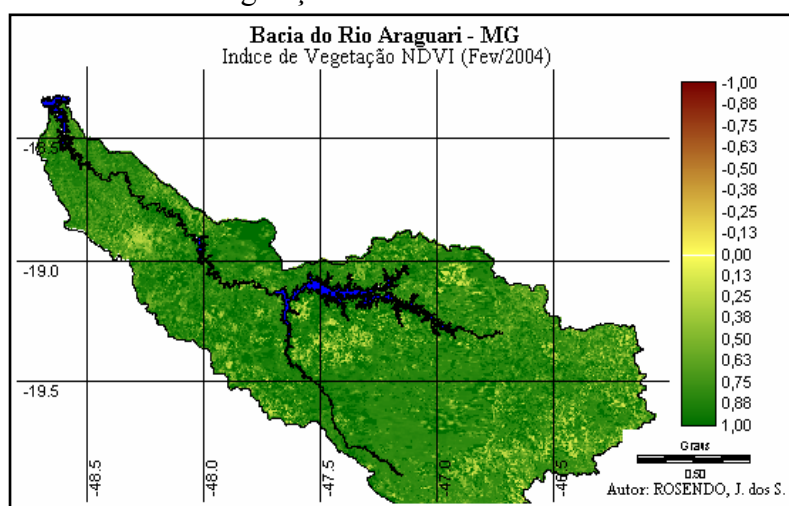


Figura 2: Índice de Vegetação NDVI (Fev/2004)

A comparação do mapa índice de vegetação NDVI de outubro (**Figura 3**) com o de fevereiro (**Figura 2**), permite verificar no primeiro caso, uma diferenciação na coloração do mapa - que na **Figura 3** apresenta-se mais amarelada que na **Figura 2** - em virtude das culturas anuais, após o período de colheita (março/abril), ficarem em estado de pousio (uma camada de palhada seca sobre o solo que tem a função de proteger o mesmo até que ocorra o outro plantio novamente em outubro) essa palhada, como não possui vigor vegetativo,

apresenta valores de índice de vegetação baixos, conferindo o aspecto amarelado ao mapa. A pastagem apresenta praticamente os mesmos valores de índice de vegetação que as áreas destinadas ao cultivo de culturas anuais, posto que o pousio e as áreas de pastagem apresentam a mesma reflectância. No caso da pastagem, o índice de vegetação é baixo em consequência do estresse hídrico. Apesar de possuir um ciclo diferente das culturas anuais, a pastagem sofre com o período de seca. A diferença básica das áreas de pastagem para as de culturas anuais está no fato de que a pastagem permanece “viva” durante o período de seca, enquanto que a cultura anual tem um ciclo de crescimento, reprodução e “morte”. A partir do início do plantio (outubro), essas áreas destinadas ao pousio são substituídas pelas culturas anuais. Desse momento em diante, haverá uma quantidade maior de cobertura verde em consequência dessas áreas já possuírem alguma vegetação fotossinteticamente ativa em função do início do período chuvoso.

Nos meses de setembro e outubro, a vegetação natural também perde vigor vegetativo em função da ausência da chuva; entretanto, apresenta vigor vegetativo muito superior que as áreas de cultura anual. As áreas de reflorestamento apresentam comportamento muito semelhante às de vegetação natural, sendo também facilmente diferenciadas das outras categorias, ocorre uma melhor separação dessa categoria a partir do mês de maio até outubro (uma vez que em maio já ocorreu a colheita das culturas anuais e, dessa maneira, a grande quantidade de áreas verdes diminuiu e, em outubro, novamente tornam a ser semeadas).

O café, a partir do período das chuvas, apresenta também alto vigor vegetativo. É nesse período que começa a florescer. A colheita vai se dar em junho/julho no período mais seco, apesar do café ser uma cultura perene, e também sofrer nos meses de seca, seu comportamento assemelha-se ao do reflorestamento.

Os corpos d’água não apresentam modificação dos valores ao longo do ano, mantendo sempre constante os mesmos valores iguais a zero.

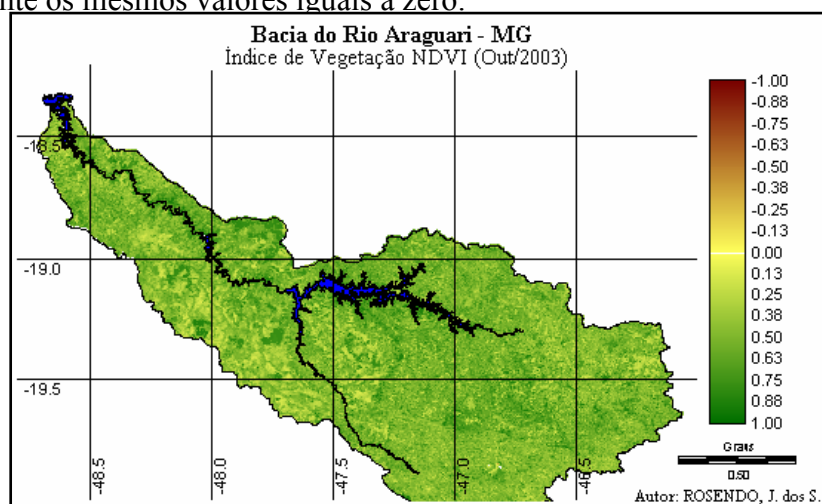


Figura 3 – Índice de Vegetação NDVI (Out/2003)

Como visto anteriormente, são várias as técnicas de Detecção de Mudanças. Contudo, utilizamos o Método Diferença de Índices de Vegetação, que consiste em uma técnica utilizada dentro do método de imagem diferença, no qual é realizado o registro de imagens em dois tempos diferentes, fazendo-se a subtração pixel a pixel e, em seguida, é produzida uma terceira imagem; nessa, as mudanças entre as duas datas são representadas.

As mudanças são identificadas em função de alterações nos valores de radiância dos pixels, possibilitando a comparação entre duas datas. A detecção de mudanças a partir da Diferença de Índices de Vegetação foi realizada a partir da subtração do índice de vegetação NDVI do mês de fevereiro de 2004 pelo de outubro do ano de 2003.

A subtração das imagens que apresentam altos índices de vegetação das que possuem índices mais baixos, permite identificar em percentagem as áreas que ganharam ou perderam vigor vegetativo. Esse fato pode ser observado na **Figura 4**, em que as classes de mudança são representadas.

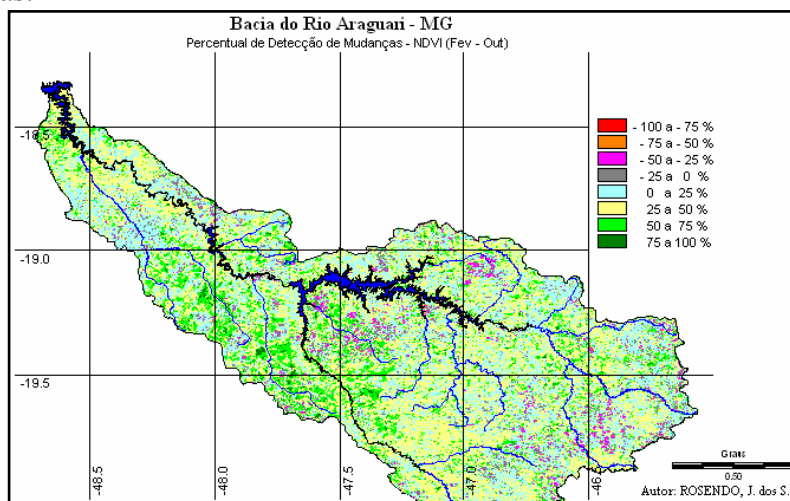


Figura 4: Percentual de Detecção de Mudanças- NDVI (Fev-Out)

É possível perceber (**Figura 4**) a escala de valores (dada em percentagens) obtida após a reclassificação da detecção de mudanças. Essa escala apresenta valores que variam de -100 a 100 %. Os valores negativos indicam perda de vigor vegetativo. As categorias que perderam vigor vegetativo entre -100 a -75% e -75 a -50%, apesar de inseridas na legenda, são pouco representativas na área da bacia. Tal fato se deu em virtude da detecção de mudanças ter sido realizada em uma área maior que a da Bacia do Rio Araguari. Por conseguinte, quando houve o recorte da área de pesquisa, essa categoria manteve-se presente. Contudo, vale ressaltar que essas categorias sugerem tais valores devido à presença de nuvens ou problemas relacionados a ruído dos detectores no momento da aquisição das imagens. Os valores que vão de -50 a -25% e -25 a 0% representam as áreas de cultura irrigada que se encontravam colhidas ou com a palhada seca. Pertencem, também, a essa categoria os corpos d'água.

Os valores positivos representam aumento do Índice de Vegetação, ou seja, ganho de vigor vegetativo. As áreas que ganharam de 0 a 25% podem ser classificadas como as áreas de reflorestamento, mata e manchas urbanas. A pouca variação desses valores se deve aos mesmos não apresentarem alterações abruptas nos índices de vegetação ao longo do ano, permanecendo sempre constantes.

As culturas anuais, a pastagem e o café apresentaram um aumento do Índice de Vegetação da ordem de 25 a 50%, como resultado do ganho do vigor vegetativo no mês de fevereiro em função do plantio das culturas anuais, assim como o auge do período chuvoso. É importante destacar que mesmo as culturas anuais apresentando valores baixos, as mesmas possuem em grande parte das áreas um aumento no Índice de Vegetação de cerca de 50 a 100%, tendo em vista que em outubro as culturas anuais começaram a ser plantadas e, em fevereiro, apresentam o máximo de vigor vegetativo.

5. Considerações Finais

Resultados satisfatórios foram alcançados no tocante à detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal por intermédio da técnica Imagem Diferença a partir do Índice de Vegetação NDVI. Isso significa que foi possível identificar áreas que sofreram modificações a partir das datas definidas, apresentando elevado potencial na detecção dessas mudanças.

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a utilização do produto MOD13Q1 para elaboração de índices de vegetação gerado pelas bandas individuais do vermelho e infravermelho próximo são instrumentos eficazes no monitoramento das áreas cobertas com cobertura vegetal natural (mata/cerrado), sendo possível separá-las de outras categorias (cultura/pastagem). Entretanto, algumas manchas de vegetação natural ainda restantes na região, possuem dimensões inferiores àquelas capazes de ser detectadas pela resolução do sensor MODIS (250 m), o que a torna impossível sua detecção e conseqüente mapeamento e monitoramento.

Foi demonstrado o comportamento das áreas destinadas às culturas em que se pôde observar a elevação e a diminuição dos valores de índice de vegetação, em razão da variação do ciclo fenológico das culturas e pastagens. Bem como, foi comprovada a eficiência dos índices de vegetação a partir de imagens MODIS na separação das áreas ocupadas pela agricultura das áreas com cobertura vegetal natural. A cobertura vegetal natural embora aparentemente não apresente grande variação no índice de vegetação ao longo do ano, é um alvo muito complexo, que requer análises mais precisas, uma vez que na maioria das vezes encontram-se localizadas nas áreas de relevo mais acidentado, o que dificulta a sua caracterização. Nesse contexto, mesmo as imagens MODIS não apresentando bom potencial na definição e separação das diferentes categorias de uso da terra, as mesmas podem ser utilizadas na separação de áreas antrópicas das áreas com cobertura vegetal, constituindo-se em excelente instrumento para o monitoramento e a análise da vegetação em nível regional e global, podendo contribuir significativamente para estudos de mudanças climáticas globais, especialmente relacionados aos estágios fenológicos das pastagens e das atividades agrícolas.

Referências

Artigo em Revista:

Epiphanyo, J. C. N.; Gleriani, J. M.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996

Mas, J. F. Monitoring land-cover changes: a comparison de change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v.20, n.1, p. 139-152, 1999.

Livro:

ROSA, R. et al. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da bacia do rio Araguari - MG. In: LIMA, S. do C., SANTOS, R. J. (Org.). **Gestão Ambiental da Bacia do Rio Araguari Rumo ao desenvolvimento sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Geografia, Brasília: CNPq, 2004. p. 69 – 87.

Tese:

Rosendo, J. dos S. R. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005

Silva, A. A. **Uso de dados MODIS para o monitoramento ambiental nos cerrados: Um estudo a partir de dados MOD13Q1 realçados através de um modelo de mistura espectral**. Dissertação de Mestrado, Goiânia. 2004.

Silva, E. T. J. B. **Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias**. 2004, 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004

Referências de Internet:

Hayes, J. D.; Sader, A. S. Change detection techniques for monitoring forest clearing and regrowth in a tropical moist forest, 1997. Disponível em: <http://ghcc.msfc.nasa.gov/corredor/change_detection.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2003.