

Análise multitemporal da expansão turística e o seus reflexos nas mudanças da cobertura do solo do município de Bonito-MS por meio de imagens de satélite

Caroline Picharillo¹
Igor Ogashawara²

1 Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310
13565-905 - São Carlos – SP, Brasil
caroline_picharillo@hotmail.com

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
igoroga@dsr.inpe.br

Abstract. The touristic expansion in the city of Bonito, in the State of Mato Grosso do Sul - Brazil has been changing the economy in the region due to the recent precautions to the environment which raises the necessity for ecotourism activities. Firstly it was tried to use a classification based on the digital numbers from NDVI to discriminate the land cover. The accuracy of this classification was calculated by the kappa statistic with a hybrid classification as reference. Also through the hybrid classification it was attempted to relate the land cover to the touristic expansion measured by the ICMS (tax on consumption of goods and services) of the selling activity. For this we used 3 TM/Landsat 5 images dated from 25 July, 1987; 23 July, 1998 and 23 July, 2004. The classification based on NDVI values was not accurate since the “k” values were from each date as respectively 0.1950, 0.2056, and 0.2442. The correlation between land cover classes and ICMS values have the best direct correlation ($r = 0.9993$) between urban area and commerce economical activity. It showed that the touristic expansion have changed the land cover pattern in the city of Bonito – MS mainly in the urban area. The article presented a methodology based on remote sensing and GIS technology to understand the dynamic of the spatial organization which can be a powerful tool for policy makers.

Palavras-chave: NDVI, hybrid classification, spatial organization, NDVI, classificação híbrida, organização espacial.

1. Introdução

O deslocamento de pessoas de um espaço para outro está presente na história da humanidade devido à procura de uma nova localidade que pudesse suprir as necessidades do ser humano em termos relacionados à fome, sede e frio, resultando assim no início da intervenção humana na natureza (Camacho, 2010). Segundo Corrêa (2000) esta primeira interação é marcada pelo extrativismo, e irá se transformar com a incorporação do meio ambiente aos hábitos humanos. Esta incorporação se dará por meio de atividades de subsistência e de produção, relacionadas à produção de alimentos, tecidos, móveis, cerâmica e ferramentas. Forma-se assim a primeira organização do espaço: o natural e o construído. Para Correia (2000) a organização espacial “é a segunda natureza, ou seja, a natureza primitiva transformada pelo trabalho social”.

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento do transporte e das telecomunicações, a organização espacial se encontra em constante mudança, e o fluxo de pessoas cada vez mais tem se intensificado, principalmente devido ao turismo, seja ele por motivos de negócios, políticos, sociais, religiosos ou a lazer.

O turismo é atualmente um dos principais elementos para o aumento do fluxo não apenas de pessoas, mas também o de informação e capital. Apesar de ser uma atividade amplamente desenvolvida em um período anterior ao da Segunda Guerra Mundial, foi somente no pós-guerra que se transformou em um fenômeno de massa, despertando o interesse da população pela cultura de outros países. Este crescimento repentino se dá pela conquista da paz, melhoria dos meios de comunicações, mudanças no horário de trabalho gerando assim a

disponibilidade de tempo livre, mudanças tecnológicas, e outras mais que somente são verificadas a partir desse momento. (Acerenza, 1984 p.58)

O sistema turístico é pautado na troca de bens de serviço e consumo e incluído no processo da “oferta e procura” do modo de produção capitalista (Boullón, 1997). Situa-se assim no setor terciário da economia, caracterizado pela prestação de serviços e pela integração com os demais setores produtivos.

O trabalho buscou analisar a relação da cobertura do solo com o aumento da atividade turística, principalmente o turismo ecológico, no município de Bonito, MS. Para isso foram utilizadas imagens do sensor TM Landsat 5 de três diferentes anos do mês de julho para a realização da classificação da cobertura do solo e de dados do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) do município.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

O município de Bonito localizado no estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1), a partir da década de 1990 passou a ter no turismo a sua principal fonte de renda (Camargo, 2005).

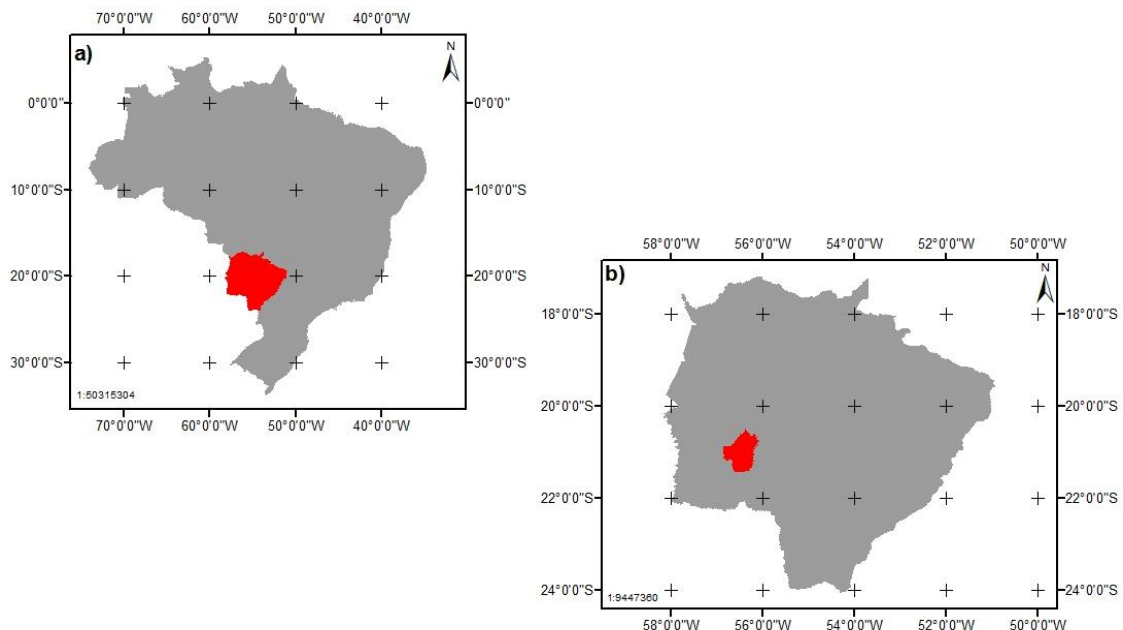


Figura 1 - a) Localização do estado de Mato Grosso do Sul (MS) no Brasil;
b) Localização do município de Bonito, no estado de MS

As características geográficas e paisagísticas do município como a formação geológica cárstica com a presença de rios, cachoeiras, grutas, entre outros cenários fizeram com que o turismo fosse visto como fonte de renda e prosperidade para a região (Camargo, 2005). Fazendo com que a atração dos turistas brasileiros e internacionais aumentasse pela prática do ecoturismo.

A inserção da atividade turística em Bonito interferiu de modo significativo em sua cobertura do solo, uma vez que houve o aumento da prestação de serviços, colocado previamente como principal característica do sistema turístico. Conhecer a cobertura do solo é essencial para a manutenção e conservação do ambiente assim como para promover ações relacionadas ao planejamento municipal.

2.2 Materiais

Foram utilizadas as bandas 1 – 5 e 7 das imagens multiespectrais do sensor TM do satélite LANDSAT 5, com 30 metros de resolução espacial (Jensen, 2009). As cenas 225/74, 225/75, 226/74 e 226/75 foram adquiridas por meio do Catálogo de Imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), e correspondem às passagens dos dias 25/07/1987, 23/07/1998 e 23/07/2004.

Também foi utilizado o arquivo *shapefile* dos limites municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para a localização do limite municipal de Bonito – MS.

Além das imagens e do *shapefile* foram também utilizados os seguintes softwares: Envi 4.8 da ITT *Visual Information Solutions*, SPRING 5.2 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), ArcGIS 10 do *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) e o BioEstat do Instituto Mamirauá.

2.3 Pré-processamento

Para cobrir a área de estudo foi preciso realizar um mosaico com as imagens do TM/Landsat 5. A técnica foi definida por Bagli e Fonseca (2005) como a união em uma única cena dois ou mais extratos de imagem com a finalidade de melhorar a visualização da área de interesse. Para esse procedimento foram utilizadas as 6 bandas do sensor TM/Landsat 5 e o programa ENVI 4.8.

Após a mosaicagem foi utilizado o limite municipal como uma máscara para realizar o recorte da imagem e eliminar as áreas que não eram de interesse para o presente trabalho, com o auxílio do software ENVI 4.8. Para melhorar a visualização para a identificação dos alvos terrestres na área de estudo, foi realizado o realce do contraste pelos histogramas de cada banda.

2.4 Classificação Híbrida

A técnica de classificação híbrida é utilização conjunta de duas formas de classificação, a primeira velocidade da máquina para classificar as imagens de modo supervisionado ou não supervisionado e a segunda o conhecimento do intérprete (Azevedo e Mangabeira, 2001). Dessa forma a técnicas de classificação híbrida é mais eficiente e confiável se comparada para as classificações supervisionada ou não supervisionada, utilizadas isoladamente.

No trabalho foi utilizado inicialmente o algoritmo de classificação supervisionada de Máxima Verossimilhança (MAXVER) implementado no SPRING 5.2 e que se baseia em uma caracterização estatística do conjunto de dados analisados e no teorema de Bayes. Após essa classificação foi realizada a interferência do intérprete no resultado da classificação por meio da Edição Matricial, uma função que foi implementada no Spring a partir de 1997 (Moreira, s.n.t.).

As classes de cobertura do solo utilizados na classificação foram: vegetação, área de agricultura, solo exposto, área urbana e água.

2.5 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Jensen (2009) sumariza quinze índices de vegetação diferentes, no entanto, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é o mais utilizado. Ele representa a magnitude normalizada entre -1 e +1, resultante da diferença entre a reflectância das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo (Ponzoni e Shimabukuro, 2009), conforme a equação 1:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

Onde NIR representa a faixa do infravermelho próximo e RED a faixa do vermelho.

A fundamentação para a utilização dessas bandas reside no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nos intervalos de 0,6 μm a 0,7 μm (RED) e 0,7 μm a 1,3 μm (NIR); compreende-se que quanto mais intensa a densidade de cobertura vegetal em uma área menor será sua reflectância no visível, devido à presença dos pigmentos fotossintetizantes, e maior será a reflectância na região do infravermelho próximo, devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética causado pelas camadas das folhas (Ponzoni e Shimabukuro, 2009).

O cálculo do NDVI foi executado no SPRING e transformado para valores de números digitais (0 – 255) por meio de uma operação matemática de ganho e offset. Desta forma, foi testada a classificação adaptada da proposta por Tsiros et al. (2009) onde as classes de cobertura do solo em uma imagem em número digital de NDVI foram definidas como: outros (0-105), área de agricultura (105-120) e vegetação (120-255).

2.6 Análises Quantitativas e Qualitativas

Para analisar quantitativamente a acurácia da classificação utilizando os valores do NDVI em número digital, utilizou-se a estatística Kappa (K). Ela representa o grau de concordância entre a verdade terrestre (resultante da classificação híbrida) e a classificação utilizando o NDVI (Ponzoni e Almeida, 1996). Os valores de K variam de zero a 1, sendo, de acordo com Landis e Koch (1977), valores menores ou iguais a zero indicativos de péssima qualidade do mapa temática, e valores entre 0,80 a 1 mapas de excelente qualidade.

A relação entre a cobertura do solo e o turismo foi realizada por meio do cálculo de uma matriz de correlação entre as porcentagens das áreas de cada classe na imagem originada da classificação híbrida e as porcentagens de arrecadação do ICMS das principais atividades econômicas (comércio, indústria, pecuária, agricultura e outras) de Bonito. Foram utilizados os dados do ICMS da cidade de Bonito apresentados por Lomba (2006), correspondentes aos mesmos anos de aquisição das imagens 1987, 1998 e 2004. As matrizes de correlação foram calculadas por meio do software BioEstat 5.0.

Para a análise espacial de onde houve mudanças, foi utilizado o algoritmo LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) implementado no software SPRING. A programação em LEGAL procurou realizar operações booleanas de modo a calcular a intersecção entre as classificações híbridas (1987/1998, 1998/2004 e 1987/2004) identificando assim as áreas onde houve ou não modificações na cobertura do solo. Criou-se assim um novo mapa com duas classes: mudou e não Mudou.

3. Resultados e Discussão

O resultado da classificação híbrida (Figura 2) pode ser analisada qualitativamente a partir da visualização dos mapas que mostram um aumento nas áreas classificadas como agrícolas. Tal resultado visual pode ser explicado pela crise econômica que desestruturou o setor agropecuário na década de 1990, e somente com o cultivo da soja, houve a recuperação em termos de áreas cultiváveis em todo o Estado. Entretanto, no município de Bonito essa recuperação deu-se de forma mais lenta devido à inserção do turismo como uma atividade mais rentável (Lomba, 2006).

Quantitativamente, foi possível extrair as áreas de cada classe onde para 1987, a cobertura florestal do município correspondia a 32,91% do território, que pode ser atribuído ao período de implantação do turismo e declínio da agricultura. Em 1998, observou-se uma área de 26,67% do tal, provavelmente associada à expansão do cultivo da soja e ao aumento dos estabelecimentos de serviços relacionados ao turismo. Em 2004 a vegetação correspondia a 30,73% do território, tal aumento deve-se aos resultados da implantação do turismo planejado no município logo no início da década de 1990, que incentivou a preservação da vegetação no município (Lomba, 2006).

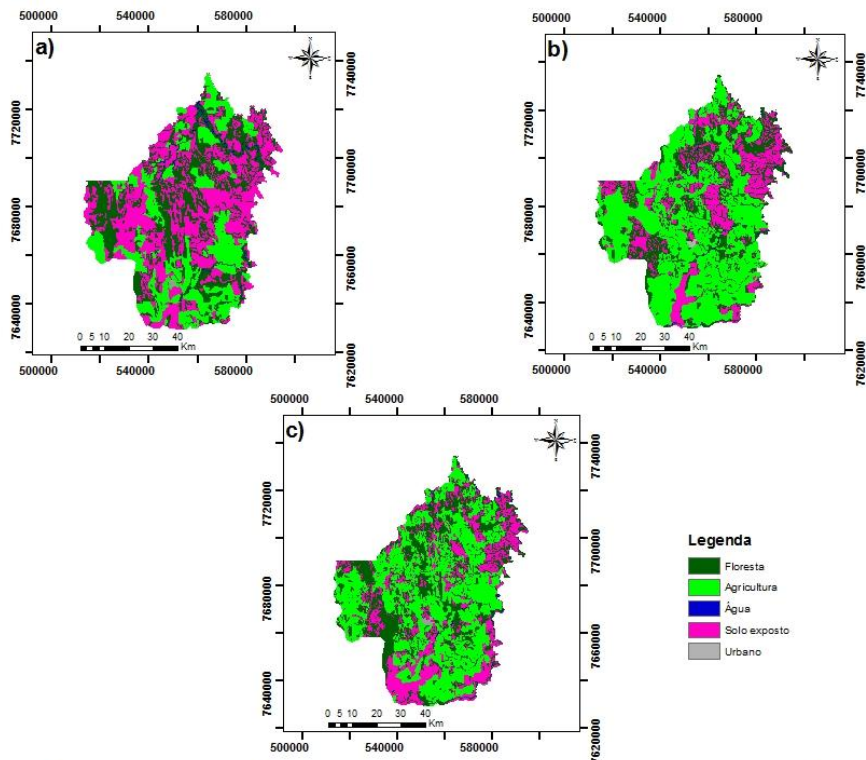


Figura 2 - Classificação Híbrida da Cobertura do Solo para o município de Bonito, MS
a) para a imagem de 1987; b) para a imagem de 1998; e c) para a imagem de 2004

Os resultados da classificação utilizando os valores digitais de NDVI (Figura 3) foram bastante imprecisos quando compararmos qualitativamente com a classificação híbrida. Quantitativamente utilizando a estatística Kappa, revelou-se que a classificação utilizando os valores digitais de NDVI realmente foi bastante incoerente com a classificação híbrida.

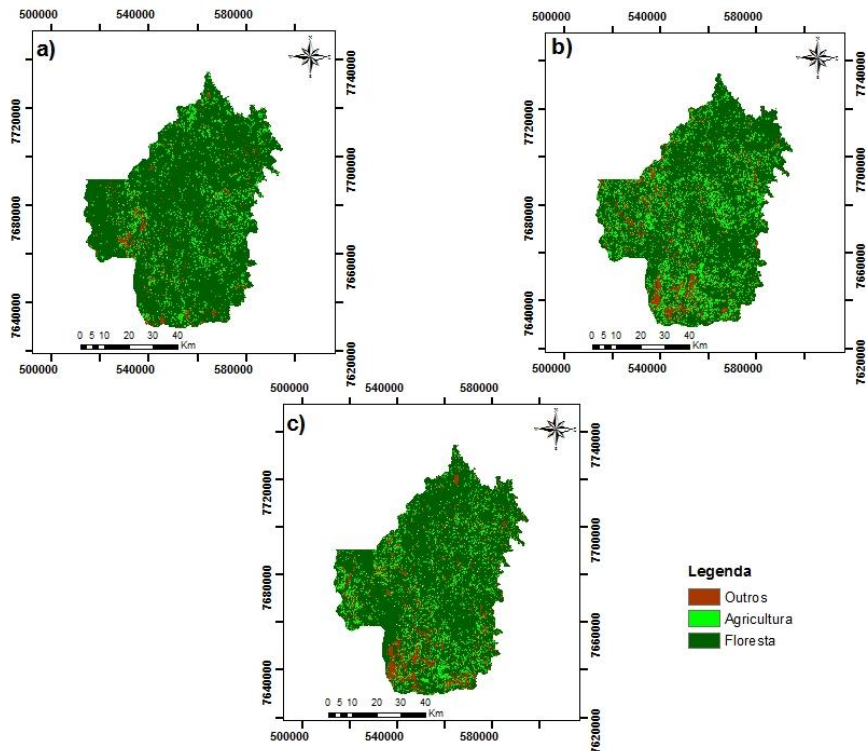


Figura 3 - Classificação do Cobertura do Solo utilizando valores de NDVI para o município de Bonito, MS
a) classificação para a imagem de 1987; b) classificação para a imagem de 1998;
e c) classificação para a imagem de 2004.

Os valores de “k” para as classificações pelos valores de NDVI para as imagens TM/Landsat 5 dos anos de 1987, 1998 e 2004 foram respectivamente 0.1950, 0.2056, e 0.2442. Segundo Landis e Koch (1977), com esses valores de “k”, a classificação não possui uma alta qualidade quanto a sua acurácia de classificação dos alvos terrestres.

Os valores das correlações (Tabela 1) entre as porcentagens das áreas das classes da classificação híbrida com as porcentagens da arrecadação de ICMS por atividade econômica mostraram-se congruentes aos resultados da análise visual das classificações híbridas. Principalmente quando verificado o aumento da arrecadação pelo comércio promovido pelo aumento da atividade turística e o aumento da área urbana, que obteve uma alta correção direta de 0,9993. Também é interessante notar que a evolução do cultivo de soja observado por Lomba (2006) foi também notado pela correlação direta com o aumento da arrecadação pelo turismo (0,8178).

Porém, apesar do aumento da área de cultivo de soja, a arrecadação pela agricultura é mascarada pelo aumento da arrecadação do comércio, fazendo com que a correlação entre a área agrícola e a arrecadação pela agricultura foi indireta (-0.9757). A área agrícola em 1987 era aproximadamente 25,30% do território a arrecadação para este setor representava 30,02% do total da economia; já em 2004 as áreas agrícolas passaram a ocupar 45,89% do território, porém a arrecadação de impostos não ultrapassou 1,80%.

Tabela 1: Correlação entre as classes de cobertura do solo e a atividade econômica no município de Bonito – MS

Classes / Setores	Comércio	Indústria	Pecuária	Agricultura	Outros
Vegetação	-0,4629	0,3689	0,3689	0,7667	-0,9899
Área agrícola	0,8178	-0,7540	-0,7540	-0,9757	0,9447
Água	-0,8956	0,8448	0,8448	0,9976	-0,8841
Solo exposto	-0,8858	0,8331	0,8331	0,9959	-0,8940
Área urbana	0,9993	-0,9379	-0,9900	-0,9379	0,6146

Os resultados qualitativos e espaciais das operações booleanas entre as classificações híbridas (Figura 4) mostrou uma grande variação da cobertura do solo entre os anos de 1987 e 1998 e uma variação um pouco menor entre os anos de 1998 e 2004. Porém quando comparado os anos de 1987 e de 2004, a variação da cobertura do solo foi a maior.

Para quantificar as variações observadas foram calculadas as porcentagens das áreas de onde houve ou não a mudança (Tabela 2). Dessa forma foi possível confirmar as observações realizadas pela análise visual das classificações de mudanças, mostrando que de 1987 para 1998 a variação ocorreu em 66,65% do território de Bonito enquanto de 1998 para 2004 a variação ocorreu em 43,10% do total. A variação total do período estudado (1987 a 2004) foi de aproximadamente 67,44% que engloba o período de inserção do turismo em Bonito, assim como o expansão do cultivo de soja no estado de Mato Grosso do Sul.

Tabela 2: Porcentagem das áreas de mudança no município de Bonito (%)

Classes / Período	1987/1998	1998/2004	1987/2004
Mudou	66,65	43,10	67,44
Não Mudou	33,35	56,90	32,56

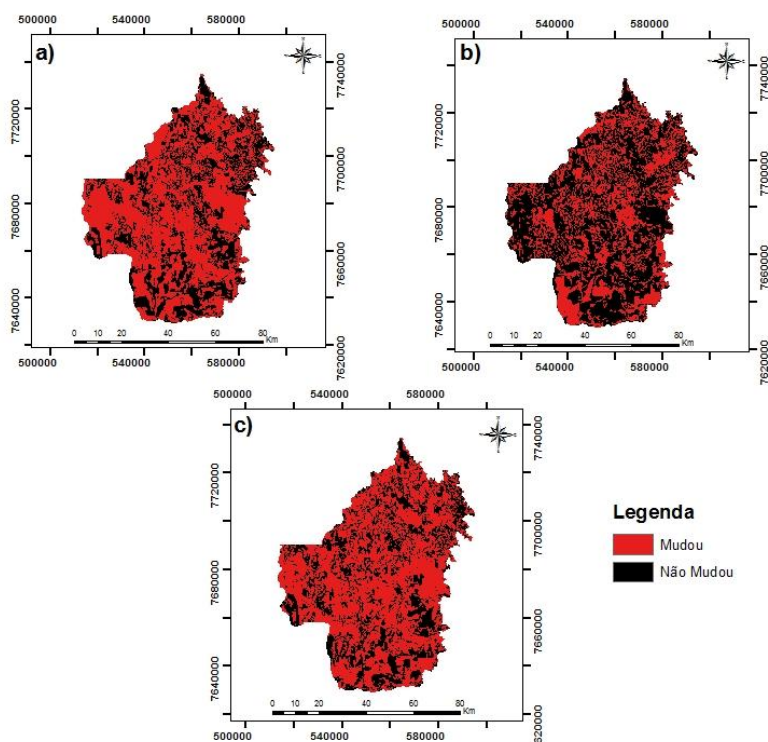


Figura 4 - Mapa de mudanças no uso do solo do município de Bonito, MS
 a) mudanças entre os anos de 1987 - 1998; b) mudanças entre os anos de 1998 - 2004;
 c) mudanças entre os anos de 1987 - 2004

4. Conclusões

Com relação ao uso dos valores digitais de NDVI para a classificação da cobertura vegetal nota-se que esta é muito imprecisa. Tal imprecisão pode ser explicada por Ponzoni e Shimabukuro (2009) que apresentam as deficiências do NDVI, como sua sensibilidade a efeitos ruidosos aditivos, sua alta sensibilidade às variações do substrato do dossel e sua saturação quando o índice de área foliar é muito alto o que o torna pouco sensível à detecção de variações na biomassa. Portanto, no atual estado da arte, ainda não é possível utilizar o NDVI para classificações da cobertura do solo.

Os resultados da relação da cobertura do solo mostraram que com a inserção do turismo no município de Bonito – MS houve o aumento da arrecadação do ICMS pelo setor do comércio e esse aumento teve uma correlação direta com o crescimento urbano, e indireta com a agricultura.

É importante ressaltar que a maior mudança na cobertura do solo ocorreu justamente no início da inserção da atividade turística no município de Bonito, provavelmente relacionado ao aumento do setor terciário. Relacionar a atividade turística com a cobertura do solo mostrou-se bastante importante para o entendimento da dinâmica da organização espacial do município de Bonito, sendo uma metodologia bastante interessante para ser utilizada pelos tomadores de decisão municipais, em ordem a provê-los com uma ferramenta de análise espacial e quantitativa.

5. Referências

Acerenza, M.A. **Administración del turismo**. México: Editora Trillas, 1984.

Azevedo, E.C., Mangabeira, J.A.C. Mapeamento de uso das terras utilizando processamento digital de imagem de sensoriamento remoto. Balanço do Monitoramento Orbital das Queimadas no Brasil em 2001. In: **Capítulo 7 – Comunicado Técnico**. Campinas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001.

Bagli, V.V.; Fonseca, L.M.G. **Emprego de análise em multiresolução para mosaicagem de Imagem de Sensoriamento remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. Disponível em: <<http://mtcm18.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/hermes2@1905/2005/10.03.21.04/doc/atualizado.pdf>> Acesso em: 18 out. 2012

Boullón, R. **Planificación del espacio turístico**. México: Editora Trillas, 1997. 245p.

Camacho, R.S. A produção do espaço e território: as relações de trabalho subordinadas ao modo de produção capitalista. **Entre-lugar**, v. 01, n. 01, p. 73-98, 2010.

Camargo, E.I. Políticas públicas para o turismo e suas implicações no ordenamento territorial de Bonito-MS. 2005. 110 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Aquidauana. 2005.

Correa, R.L. **Região e Organização Espacial**. 7ª Edição. São Paulo: Ed. Ática. 2000

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Landis, J.R.; Kock, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33,n.1,p.159-174, 1977.

Lomba, R.M. **O comércio na atividade turística em Bonito – MS**. Aquidauana:UFMS, 2006.

Ponzoni, F.J.; Almeida, E.S. A Estimativa do parâmetro Kappa(K) da análise multivariada discreta no contexto SIG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 5,1996, Salvador. **Anais...**São José dos Campos: INPE,1996. Artigos, p.729-733.

Moreira, M.A. Classificação Híbrida. In: **Projeto Panamazônia II**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/panamazon/Panamazonia/Material/Edicao_Matricial_Mauricio.pdf />. Acesso em: 18 out. 2012

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

Tsiros, E.; Domenikiotis, C.; Dalezios, N.R. Sustainable production zoning for agroclimatic classification using GIS and Remote Sensing. In: Management Committee Meeting , 6., 2009, Oscarsborg. **Anais...** Oscarborg: COST, 2009. Artigos, s.p. On-line. Disponível em: < <http://www.cost734.eu/reports-and-presentations/6th-management-committee-meeting-in-oscarsborg>>. Acesso em: 01 jul. 2012.