

Análise Temporal da Variação da Mata Ciliar do Rio São Francisco na Região do Norte de Minas Gerais com Base nas Imagens do Sensor CCD do CBERS

**Claudionor Ribeiro da Silva
Mara Rubia Silva
Marcelo Ribeiro
Prof. Dr. Jorge A. Silva Centeno**

UFPR - Depto. de Geomática
81530200, Curitiba, PR
crs@ufpr.br
mara_silva@ufpr.br
centeno@ufpr.br

UFPR – Depto. de Hidrologia
81530200, Curitiba, PR
mgrcivil@hotmail.com

Resumo: Nos últimos anos, a água tem se tornado alvo de diferentes centros de pesquisa. O objetivo desses estudos é, geralmente, a conservação da qualidade das águas. Sabe-se que a mata ciliar é um dos fatores preponderantes no processo de preservação das águas. Isto é, a mata ciliar é fundamental tanto para a permanência das nascentes como para a manutenção do rio como um todo. Neste contexto, a proposta dessa pesquisa é mensurar e avaliar a variação da mata ciliar do rio São Francisco, no Norte de Minas Gerais, levando em consideração as larguras de faixas de reserva permanente estipuladas pela Lei Federal de nº 4771/65. Essa é integrante do código florestal, e foi alterada pela lei nº 7803/89. Os resultados desse trabalho, ainda que preliminares, apontaram essa metodologia como promissora. Verificou-se que, em média, 68% da mata ciliar do rio São Francisco, na região estudada, é preservada. A validação desse trabalho será realizada por meio de outros trabalhos complementares.

Palavras chaves: NDVI, CBERS, Análise Temporal

Abstract: In the last years, the water has turned objective of different research centers. The objective of those studies is, usually, the conservation of the quality of the waters. It is known that ciliary forest is one of the preponderant factors of process of preservation of the waters. That is, the ciliary forest is so much fundamental for permanence of nascent as well as for the maintenance of river completely. In this context, the proposal of that research is measure and to evaluate the variation of the ciliary forest of river São Francisco, in the North of Minas Gerais, taking in consideration the widths of strips of permanent reservation stipulated by the Federal Law of no. 4771/65. That is integral of forest code, and it was altered by the law no. 7803/89. The results of that work, although preliminaries, pointed that methodology as promising. It was verified that, on average, 68% of the ciliary forest of river San Francisco, in the studied area, it is preserved. The validation of that work will be accomplished through other complemental works.

Keywords: NDVI, CBERS, Time Analysis

1 INTRODUÇÃO

Diante da preocupação atual no país, acerca da preservação de mananciais, especialmente os de água doce, o rio São Francisco destaca tanto pela sua extensão como por ser um rio navegável. A vida de um manancial é função, entre outros parâmetros, da sua mata ciliar. Na região do Norte de Minas Gerais, a mata ciliar do rio São Francisco é composta, basicamente, pela vegetação do cerrado. A paisagem, nas margens desse rio, tem sofrido grandes alterações nos últimos anos. A prática intensa na produção de carvão vegetal, de forma clandestina, é um dos principais fatores causadores dessa alteração. Outra forma de desmatamento, comum nesse local, é a prática da agricultura de subsistência. A ocorrência desse tipo cultivo é devido aos parâmetros como: o longo período de seca, o baixo poder aquisitivo e a falta de instrução dos agricultores.

O grande volume de informação, aliado ao baixo custo das imagens originadas do sensoriamento remoto, têm proporcionado o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas do conhecimento. Nesse grupo de áreas, a ambiental desponta com grande número de pesquisas já realizadas. Um dos temas bastante pesquisado (ANACLETO et al., 2005; SILVA, 2005; VASCONCELOS et al., 2006) é o desmatamento de uma forma geral e, mais especificamente, o desmatamento em matas ciliares (BATTILANI et al, 2005).

Serão utilizadas, nesse trabalho, imagens obtidas a partir do sensor (câmera) CCD, do satélite CBERS. A justificativa do uso dos dados originados desse sensor é que, além de atender as necessidades dessa pesquisa, são distribuídos gratuitamente pelo INPE. As aplicações potenciais da câmara CCD do satélite CBERS são identificação de áreas de florestas, alterações florestais em parques, reservas, florestas nativas ou implantadas, quantificações de áreas, sinais de queimadas recentes.

A lei federal nº 4771/65 alterada pela lei nº 7803/89 estabelece as extensões mínimas de Reserva Permanente (APP) ao longo dos rios ou qualquer corpo d'água. Estas reservas são as florestas e demais formas de vegetação nativa, também conhecidas como mata ciliares, estas se situam desde a nascente do curso d'água até a sua foz, apresentando faixa lateral em ambos os lados, as nascentes terão que apresentar reservas com raio de 50 metros de largura. O restante do corpo d'água terá a reserva mínima permanente variando de acordo com a largura do leito do rio, que podem variar desde 30 metros para rios com até 10 metros de largura e chegando a 500 metros para rios com largura superior a 600 metros.

Assim, o presente estudo objetiva mensurar e analisar, através de informações advindas de imagens de sensoriamento remoto, a variação ocorrida na mata ciliar do rio São Francisco, no período de 2004 a 2006. Por se tratar do estudo da feição "vegetação" serão utilizadas imagens de índice de vegetação (NDVI). Esse índice permite uma boa separabilidade da vegetação das demais feições.

2 CÁLCULO DO NDVI

Para realçar as áreas cobertas por vegetação em imagens de satélites utiliza-se a técnica de índice de vegetação. Segundo MOREIRA (2003) são encontrados na literatura, mais de cinquenta índices de vegetação, sendo quase todos obtidos de medidas da reflectância nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Na faixa do visível (vermelho) a clorofila é responsável pela absorção da radiação eletromagnética, enquanto que na faixa do infravermelho próximo o tecido das folhas apresenta elevada reflexão desta radiação. Neste trabalho foi utilizado o método de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); sua determinação é dada pela equação (1).

$$NDVI = \frac{\rho_{ivp} - \rho_v}{\rho_{ivp} + \rho_v} \quad (1)$$

onde:

ρ_{ivp} é a reflectância no infravermelho próximo;

ρ_v é a reflectância no vermelho.

O valor de NDVI é adimensional e varia no intervalo [-1 1]. Esta variação reflete a condição da vegetação, ou seja, valores próximos a 1 indicam vegetação em ótima condição, por outro lado, valores menores indicam a presença de alguma anomalia à condição natural da vegetação. Essa característica do NDVI permite, através da classificação, a separação da vegetação das demais feições presentes na cena

(ROSA, 2003). Por exemplo, a feição “água” tem reflectância maior na faixa do visível do que na faixa do infravermelho, portanto gera valores negativos de NDVI; o solo exposto ou com vegetação rala apresenta valores positivos de NDVI, mas de grandeza inferior aos valores de NDVI relativos à vegetação densa. Essa discrepância entre valores de NDVI favorece a separabilidade entre classes.

3 MATERIAL E ÁREA DE ESTUDO

Formam utilizadas, nesse trabalho, imagens digitais do CCD-CBERS, referentes aos meses 05, 07, 09 e 11 dos anos 2004 e 2005; e 01, 03 do ano de 2006. Essas imagens são cedidas pelo INPE, gratuitamente para, entre outros fins, o de pesquisa. A carta MI 2178 (Januária), de escala 1:100000, cedida pela 5ª DL, foi utilizada na correção geométrica das imagens CBERS. Foram utilizados no processamento das imagens: o aplicativo ENVI 4.2, o ambiente MatLab 5.3 e o programa AutoCAD.

O motivo da escolha pelas margens do rio São Francisco, no Norte de Minas, como área de estudo foi, primeiramente, para verificar o tratamento dado ao “Velho Chico”. Em segundo, essa escolha deve-se às mudanças bruscas ocorridas nos últimos anos, no cenário do cerrado dessa região; o qual faz parte da mata ciliar desse rio. Essas mudanças devem, entre outros fatores, ao desmatamento e fabricação de carvão de forma clandestina. Os limites dessa área são: E=587343,000 e N=8339080,000 para o canto superior esquerdo; e E=607883,000 e N=8296520,000 para o canto inferior direito do retângulo delimitador da área. E e N são coordenadas do sistema de projeção UTM e representam *Este* (abscissa) e *Norte* (ordenada), respectivamente.

4 MÉTODO

Após a aquisição das imagens CBERS foram recortados os retângulos de interesse, em todas as imagens dos anos 2004 a 2006. Em seguida realizou-se a correção geométrica de todos os recorte. Finalmente, foram calculados os Índices de Vegetação NDVI para todas as imagens.

Com o objetivo de avaliar a preservação da faixa de reserva permanente (mata ciliar), exigida por lei, identificaram-se, por meio de digitalização, as margens do rio ao longo de todo o seu eixo longitudinal e, após a digitalização das margens, traçaram-se as faixas correspondentes à área de reserva permanente. A largura dessa faixa foi variável, pois, por definição da Lei, ela é função da largura do rio, que por sua vez, não é constante. Todavia, perceberam-se que a faixa com 600 metros, foi predominante. Todo o processo de digitalização foi realizado no programa AutoCAD. De posse da delimitação das faixas de reserva permanente, foi construída uma imagem que as representasse. Isto é, a imagem elaborada além de possuir todas as características geométricas da imagem original, em termos de resolução e escala, apresentou isoladamente, sem a presença de qualquer feição, as faixas para ambos os lados do rio, como mostra a figura 1.

A figura 1 mostra que a imagem criada para as faixas possui apenas dois valores, onde o valor digital zero (cor preta) representa as faixas e o valor 255 (cor branca) representa o remanescente da imagem.

As imagens NDVI foram calculadas utilizando o programa ENVI4.2. Para cada imagem gerou-se uma imagem NDVI. Os valores digitais dessas imagens são normalizados no intervalo [-1 1]. Observando a figura 2 percebe-se que as regiões que possuem vegetação apresentam um tom de cinza mais claros, enquanto as demais feições aproximam mais do preto. Essa característica da imagem NDVI é fundamental para a delimitação e mensuração da área com vegetação, na faixa de reserva permanente.

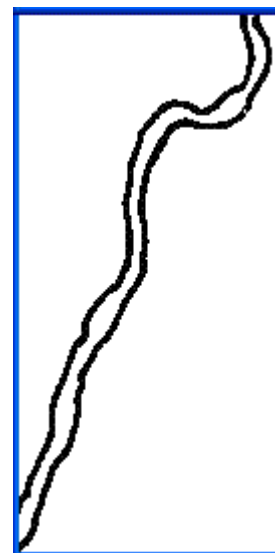


Figura 1: faixas correspondentes às delimitações da reserva permanente)

Definida a imagem representativa das faixas e de posse das imagens originais (NDVI) processaram-se a operação aritmética da subtração entre bandas. Para tanto, fizeram uso de rotinas criadas no ambiente Matlab. Após cada execução da operação aritmética, uma nova imagem é criada. Essa nova imagem é então utilizada para verificação e quantização das áreas representativas da mata ciliar, segundo as delimitações da Lei 4771/65. Vale ressaltar que essas imagens foram lidas, no Matlab, com uma resolução de 16 bits. O objetivo do aumento de resolução foi aproveitar ao máximo o poder de discriminação do NDVI. Isto é, os valores de NDVI podem assumir qualquer magnitude no intervalo [-1 1]. Contudo, se essa

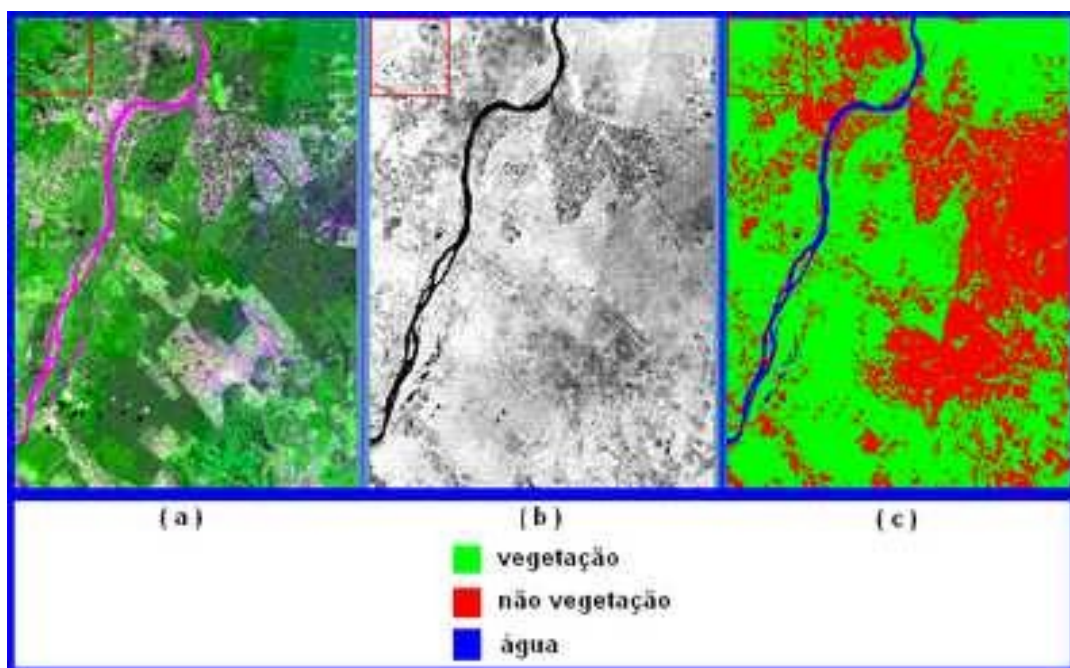


Figura 2: faixas correspondentes às delimitações da reserva permanente

imagem for lida com apenas 8 bits, informações úteis serão perdidas devido ao arredondamento. Após analisar a imagem "subtração", criou-se outra rotina para realizar a classificação da feição de interesse (mata ciliar).

5 RESULTADOS

A tabela 1 mostra parte da imagem "subtração" gerada a partir da operação aritmética executada sobre as imagens NDVI e a imagem representativa das faixas de reserva permanente.

Tabela 1 – imagem resultante da subtração entre bandas

2.996 1	2.996 1	2.996 1	1.996 1	1.996 1	98.99 8
1.996 1	1.996 1	1.996 1	125	92.99 8	0
1.996 1	1.996 1	103	68.99 7	0	0
1.996 1	90.99 7	0	0	0	0
94.99 8	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0

Verificando a tabela 1 percebe-se que as faixas ficaram bem delimitadas, pois existiu um grande contraste na linha limite entre a faixa e as demais regiões da imagem. Isto é, enquanto na faixa os valores digitais são nulos (zeros) ou 1 (um), na linha limite estes valores são superiores a 68. Nessa imagem os valores digitais zero indicam ausência de vegetação na faixa de reserva permanente, enquanto o valor 1 significa presença de vegetação. Os valores digitais fora das faixas de reserva permanente apresentaram grandes

discrepâncias (por exemplo, no recorte: de 1.9961 a 103). Isso se deve ao processo de classificação onde a imagem resultante foi armazenada com 8 bits. Como o interesse desse trabalho é a região representada por valores 0 e 1, não houve, portanto, preocupação com a variação dos valores fora dela.

Os resultados referentes aos três anos estudados podem ser visto na tabela 2. Essa tabela mostra as áreas e as percentagens computadas como presença ou ausência de vegetação (mata ciliar) na faixa de reserva permanente.

Tabela 2 – valores e percentagens das áreas de interesse

	2004		2005		2006
Áreas (ha)	julho	novembro	julho	novembro	janeiro
reserva_permanente	5408,16	5408,16	5090,64	4282,72	5408,16
mata_ciliar	3219,52	3689,28	2841,80	696,00	4677,16
não_mata_ciliar	2188,64	1718,88	2248,84	3586,72	731,00
mata_ciliar (%)	60	68	56	16	86
não_mata_ciliar(%)	40	32	44	84	14

A área total de reserva permanente sofre uma variação no ano 2005, em relação aos outros dois anos estudados. Essa variação deve-se ao fato das imagens disponibilizadas pelo INPE, no referido ano, sobre aquela região, não apresentarem parte da informação de interesse. Esse fato, porém, não prejudicou a análise feita nesse estudo.

Pode-se observar, no ano 2005, a ocorrência de uma brusca variação de percentagem da área que representa a mata ciliar, em relação aos outros anos, que apresentaram uma percentagem média de área de 67,51%. Verificando as imagens perceberam-se que essa variação deve-se às enchentes que ocorreram nesse período. As enchentes mudam o cenário na margem do rio, encobrindo ou eliminando parte da vegetação, conseqüentemente, a resposta espectral da vegetação foi prejudicada.

Outro fator que influenciou consideravelmente a resposta espectral de vegetação foi a prática agrícola, pois, nesse período (especialmente em novembro) ocorrem as queimadas e aração das terras agricultáveis. Soma-se ainda o fato da vegetação estar sem folhas devido ao longo período de seca que ocorre nos meses anteriores.

O ano de 2006, porém, mostra a outra face, isto é, no mês de janeiro, após o período chuvoso, toda a vegetação está contribuindo ao máximo com a resposta espectral, pois apresenta um dossel totalmente verde. Nesse período ainda não foi realizada a ceifa, portanto as culturas também influenciam na resposta espectral da vegetação. Isso justifica o alto valor, em percentagem, encontrado para o ano 2006.

Uma pequena variação da percentagem da área de mata ciliar existente foi computada para o ano de 2004, de 60 para 68%. Um fenômeno atípico ocorreu nesse ano. A ocorrência de chuvas de forma irregular pode ser a explicação para essa pequena variação de percentagem. A vegetação tende a manter o mesmo dossel, ou com pequenas variações, quando a chuva não é suficiente para mudá-lo. Portanto, a resposta espectral da vegetação também não varia muito.

6 CONCLUSÃO

Apesar de preliminares, os resultados encontrados revelaram a metodologia proposta como proveitosa para mensuração e análise de mata ciliar. Apesar das discrepâncias existentes entre os anos estudados, os resultados obtidos apresentaram informações acerca da variação da vegetação da mata ciliar. Perceberam-se que no mês de janeiro os valores de percentagem de área de mata ciliar foram superestimados, por isso, não é um bom período para esse tipo de análise. Por outro lado, a ocorrência de enchentes subestimou o valor dessa área, noutros períodos do ano. Assim, deve-se ponderar os dados relativos à esses dois períodos de acordo com a intensidade de ocorrência dos fenômenos ocorridos. Mesmo não sendo objetivo desse trabalho verificaram-se que outras informações úteis, tais como: época de plantio e enchentes, também podem ser analisadas.

Devido ao número limitado de informações (imagens CBERS) não foi possível fazer uma análise da variação da percentagem de área de mata ciliar no período crítico de seca, de março a julho. Pretende-se com essa análise verificar a possibilidade de criar um fator que possa medir a área correspondente à

vegetação em qualquer época do ano. Para isso serão utilizadas, em trabalho futuros, as imagens do satélite MODIS. Ressaltam-se ainda que não foi feita a validação desse trabalho, isso será realizado nos trabalhos futuros.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anacleto,T.C.S.; Ferreira,A.A.; Diniz Filho,J.A.F.; Ferreira,L.G.: *Seleção de áreas de interesse ecológico através de sensoriamento remoto e de otimização matemática: um estudo de caso no município de Cocalinho, MT.* Acta Amazônica, v. 35(4) 2005. p. 437 – 444.

Battilani,J.L.; Scremin-Dias,E.; Souza,A.L.T.: *Fitossociologia de um trecho da mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS, Brasil.* Acta Botanica Brasílica, v.19(3) 2005. p. 597-608.

Moreira,M.A.: *Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação.* 2ª edição, Editora: Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa/MG 2003. 307p.

Presidência da Republica Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos: *Base da Legislação Federal do Brasil.* Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br/legislacao/nsf>. Acessado em 09/05/2006.

Rosa,R.: *Introdução ao Sensoriamento Remoto.* Editora: Universidade Federal de Uberlândia. 5ª edição. Uberlândia, 2003. p.228.

Rosemback,R.; França,A.M.S.; Florenzano,T.G.: *Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana.* Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005. INPE. p. 1075-1082.

Silva,A.A.: *Uso de sensoriamento remoto para o monitoramento ambiental dos Cerrados.* Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade de São Paulo. Setembro de 2005.

Vasconcelos,C.H.; Novo,E.M.L.M.; Donalisio,M.R.: *Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira.* Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(3) 2006. p.517-526.