

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE NDVI NO RIO MADEIRA, NA ÁREA DE APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO DA UHE SANTO ANTÔNIO - RO

Letícia Celise Ballejo de Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
leticelise@yahoo.com.br

Laurindo Antônio Guasselli
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
laurindo.guasselli@ufrgs.br

Roberto Luiz dos Santos Antunes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
roberto.anthunes@gmail.com

EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

RESUMO

Ações de monitoramento da qualidade da água são fundamentais para seu manejo adequado, e podem ser melhor planejadas e implementadas com o auxílio de recursos tecnológicos. De acordo com Rudorff (2006), o uso de dados de sensoriamento remoto apresenta grande potencialidade para identificação e representação espacial e temporal da qualidade da água, permitindo o monitoramento de grandes áreas em diferentes escalas de tempo. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo analisar a distribuição espaço-temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no trecho do rio Madeira, que corresponde à área de aproveitamento hidrelétrico da UHE Santo Antônio, RO. Para isso, utilizou-se imagens de julho/agosto e de outubro de 2009 do satélite Landsat 5TM para gerar no software Idrisi Taiga imagens de NDVI. As imagens evidenciaram uma pequena diferença no valor de NDVI ao longo do trecho do rio Madeira entre os dois períodos. Porém, no geral, pode-se considerar que os valores de NDVI apresentaram-se inferiores a zero nos dois períodos analisados, o que indica que não ocorreu nenhuma grande concentração de florações de fitoplâncton.

PALAVRAS CHAVES

Sensoriamento remoto; NDVI; Rio Madeira; fitoplâncton.

ABSTRACT

Monitoring of water quality are essential for its proper management, and can be better planned and implemented with the help of technological resources. According Rudorff (2006), the use of remote sensing data has great potential for identification and spatial and temporal water quality, allowing the monitoring of large areas in different time scales. Thus, this study aims to analyze the spatial and temporal distribution of the Vegetation Index (NDVI) in the stretch of the Madeira River, which is the area of hydroelectric power plant in San Antonio, RO. For this, we used images from July/August and October 2009 Landsat 5TM to generate images NDVI in Idrisi Taiga. The images showed a small difference in the value of NDVI along the stretch of the Madeira River between the two period. However, in general, one can consider that the NDVI values presented less than zero in both period analyzed, indicating that there was no large concentration of phytoplankton.

KEY-WORDS:

Remote Sensing; NDVI; Madeira River; phytoplankton.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são essenciais na conservação dos ciclos naturais e da biodiversidade, além de serem grandemente utilizados em diversas atividades econômicas, como o abastecimento público e geração de energia elétrica. Diante disso, estudar a dinâmica e o funcionamento dos corpos d'água torna-se essencial para desenvolver um adequado manejo dos mesmos (Renó *et al.*, 2009).

Desse modo, ações de monitoração da qualidade da água são fundamentais, e podem ser melhor planejadas e implementadas com o auxílio de recursos tecnológicos. De acordo com Rudorf (2006), o uso de dados de sensoriamento remoto apresenta grande potencialidade para identificação e representação espacial e temporal da qualidade da água, permitindo o monitoramento de grandes áreas em diferentes escalas de tempo.

Assim, por apresentarem esse potencial para aplicações práticas de sensoriamento remoto, devido a facilidades de interagirem com a energia eletromagnética, (Martini *et al.*, 2006), as respostas espectrais dos corpos hídricos serão dependentes das características limnológicas do seu ecossistema. Essas características são representadas por substâncias orgânicas, inorgânicas e fitoplancônicas, constituindo, desse modo, os COAs (Componentes Opticamente Ativos) dos corpos d'água.

Portanto, algumas das características da água podem ser detectadas pelos sensores remotos, como a presença de algas e macrófitas aquáticas, concentrações de clorofila, quantidade de sólidos suspensos e transparência, visto que estas variáveis alteram a cor da água (Lissner, 2011).

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), muito utilizado no sensoriamento remoto em estudos envolvendo a análise das propriedades espectrais da vegetação (Ponzoni e Shimabukuro, 2002), é um algoritmo que se baseia na transformação de valores de reflectância de determinadas imagens de satélite, gerando uma nova imagem com valores do índice em cada pixel.

Estudos de Novo *et al.* (2009) realizados em reservatório comprovaram que os índices de vegetação tradicionalmente aplicados no estudo de ecossistemas terrestres podem ser adaptados para o monitoramento do estado trófico de sistemas aquáticos. Os resultados obtidos indicaram que o NDVI foi sensível à presença de florações de clorofila nos corpos de água.

Londe (2008), também testou o desempenho do NDVI em ambiente aquático, aplicando-o em imagens TM/Landsat referente ao reservatório de Ibitinga/SP para o qual dispunha de dados experimentais. Os resultados indicaram que o NDVI foi sensível à presença de florações de clorofila conforme previsão de seu modelo empírico.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a distribuição espaço-temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no trecho do rio Madeira, que corresponde à área de aproveitamento hidrelétrico (reservatório) da UHE Santo Antônio, RO.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo abrange o trecho do rio Madeira que corresponde ao reservatório da UHE Santo Antônio, RO, englobando uma área de 271 km² e uma extensão de 126 km (Figura 01).

A usina localiza-se cerca de sete quilômetros de Porto Velho, capital do estado de Rondônia. De acordo com a concessionária, o fechamento de parte das comportas do vertedouro, em setembro de 2011, permitiu o início do enchimento do reservatório, etapa fundamental para a geração de energia da Usina e que durou cerca de 100 dias. Cabe salientar então, que o período analisado (ano de 2009) no presente trabalho, ainda não corresponde ao reservatório, mas sim ao trecho do rio.

A bacia do rio Madeira, está inserida na porção ocidental da bacia Amazônica. A partir da cachoeira de Santo Antônio (7 km a montante de Porto Velho) até sua foz, no rio Amazonas (1.040 km), que corresponde ao seu curso médio-baixo, o rio Madeira apresenta-se como um típico rio de planície. Ele é um dos cinco rios mais caudalosos do mundo, sendo responsável por cerca de 23% da área de drenagem e 15% da descarga líquida total da Bacia Amazônica (Martinelli *et al.*, 1989).

De acordo com o EIA/RIMA da UHE, as precipitações anuais na bacia do rio Madeira, a montante de Porto Velho, têm grande variabilidade espacial, variando desde 500 a 5.000 mm. Através da caracterização da distribuição pluviométrica na bacia do rio Madeira no trecho que compreende a área de estudo, o período chuvoso localiza-se entre os meses de novembro e abril, com um quadrimestre mais chuvoso abrangendo os meses de dezembro a março; a estiagem inicia-se em maio e estende-se até outubro, com os meses mais secos no trimestre junho a agosto.

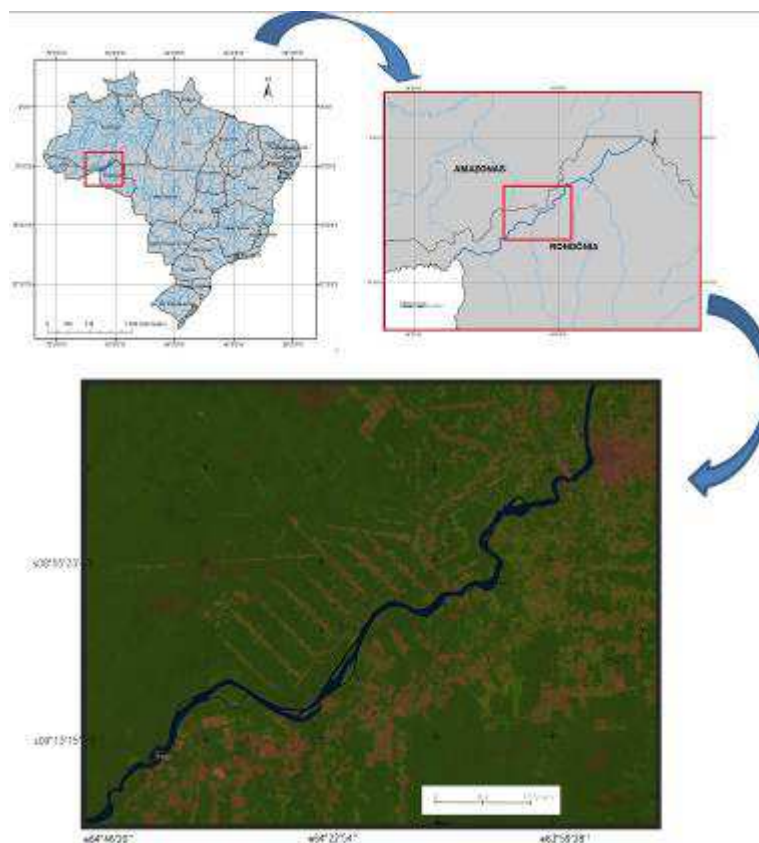


Figura 1. Localização da área de estudo.

3.2 Aquisição das imagens de satélite

Para analisar a variação espaço-temporal de NDVI no trecho de aproveitamento hidrelétrico do rio Madeira, a intenção era selecionar imagens Landsat 5 TM correspondentes aos períodos chuvosos e períodos de estiagem da área, para assim, poder traçar relações sazonais de NDVI no corpo d'água. Entretanto, devido a indisponibilidade de imagens e/ou a grande cobertura de nuvens nas datas correspondentes ao período chuvoso, só estavam disponíveis imagens dos meses de intensa estiagem (julho e agosto) e do último mês do período de estiagem (outubro) do ano de 2009. A área de estudo abrange duas cenas Landsat 5 TM, sendo assim, foi necessário realizar um mosaico em cada período, elaborado no software Erdas Imagine (Quadro 1).

Quadro 1: Datas e as órbitas da imagens Landsat 5 TM que compuseram o mosaico de cada período.

Mosaico 1 – intensa estiagem	Mosaico 2 – estiagem mais amena
- Imagem de 15/07/2009, órbita 232/66; - Imagem de 07/08/2009, órbita 233/66.	- Imagem de 03/10/2009, órbita 232/66; - Imagem de 10/10/2009, órbita 233/66.

Organização: OLIVEIRA, L.C.B. de, 2012.

3.3 Geração das imagens NDVI

As imagens foram adquiridas no site do INPE www.inpe.br, recortadas no software Erdas Imagine de acordo com as coordenadas geográficas da área de estudo: 64° 46' 20" O, 08° 37' 31" S e 63° 48' 15" O, 09° 22' 11" S, registradas utilizando como referência uma imagem GeoCover, no software ArcMap 9.3, e realizados os mosaicos.

Posteriormente, foram geradas as imagens de NDVI no software Idrisi Taiga, utilizando a banda da região do vermelho do espectro eletromagnético e a banda do infravermelho próximo, correspondentes as bandas 3 e 4 das imagens do satélite Landsat 5TM, conforme a equação proposta por Rouse et al. (1973).

$$\text{NDVI} = (\text{IVP} - \text{V}) / (\text{IVP} + \text{V})$$

sendo:

IVP - Infravermelho próximo

V - Vermelho

As imagens de NDVI são geradas em uma escala de tons de cinza, numa variação de -1 a 1, onde -1 é o menor valor de NDVI representado pelo preto e 1 o maior valor de NDVI em branco. Para melhor visualização da variação de NDVI na imagem, foi utilizada uma paleta de cores para a opção "NDVI 256".

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como já mencionado, o NDVI é muito utilizado em estudos envolvendo o comportamento espectral de áreas terrestres que envolvem cobertura vegetal. Porém, alguns estudos (Londe, 2008; Novo *et al.*, 2009) já demonstraram que esse índice também se torna eficiente quando aplicado em ambientes aquáticos, auxiliando, por exemplo, na detecção de florações fitoplanctônicas.

As imagens de NDVI do trecho do rio Madeira, foram geradas em período de intensa estiagem, que de acordo com o EIA/RIMA da UHE, concentra-se nos meses de junho a agosto, e de estiagem mais amena, que ocorre em outubro, último mês antes de começar o período chuvoso da região.

As Figuras 2 e 3 apresentam as imagens de NDVI dos dois períodos analisados.

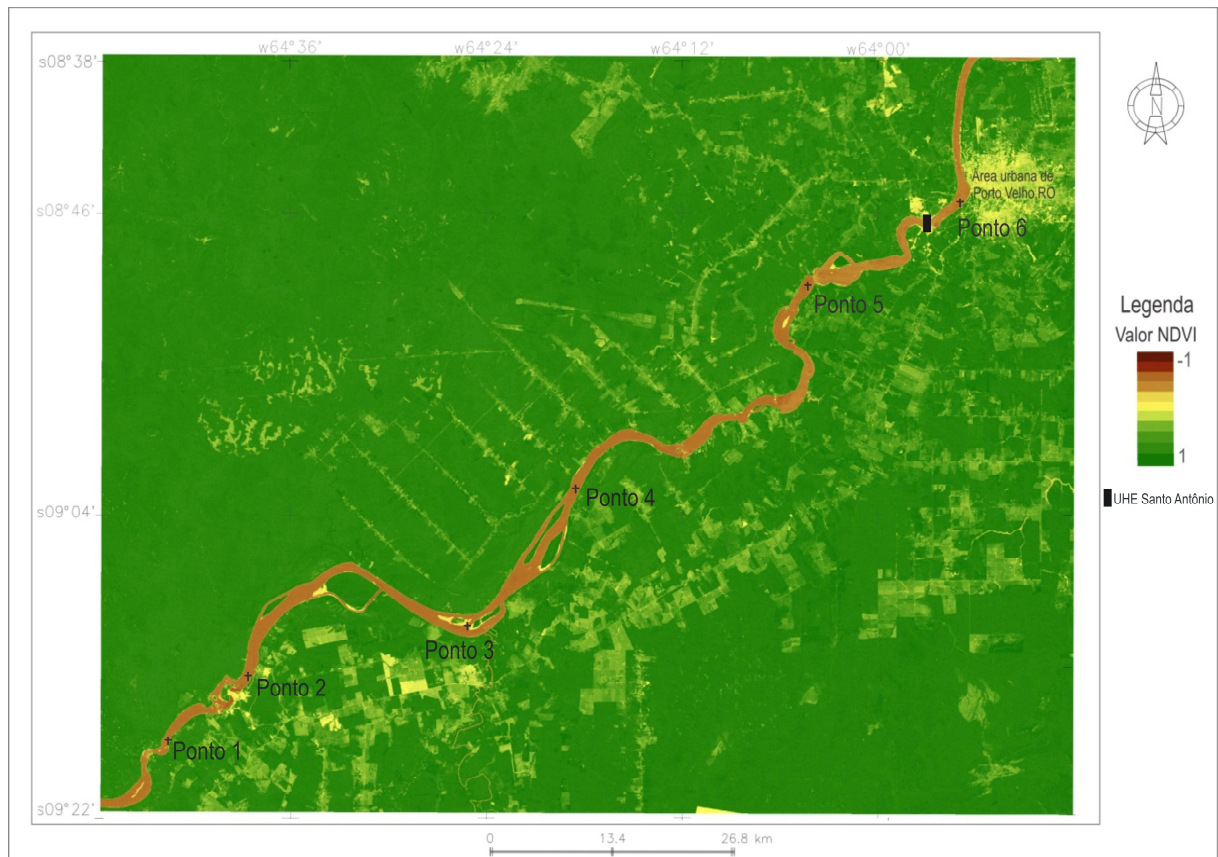


Figura 2 – Imagem de NDVI de julho/agosto de 2009, período de intensa estiagem, trecho do rio Madeira, área de aproveitamento hidrelétrico da UHE Santo Antônio, RO.

Organização: OLIVEIRA, L.C.B. de, 2012.



Figura 3 – Imagem de NDVI de outubro de 2009, período de estiagem mais amena, trecho do rio Madeira, área de aproveitamento hidrelétrico da UHE Santo Antônio, RO.
Organização: OLIVEIRA, L.C.B. de, 2012.

Cada alvo na superfície terrestre tem uma resposta espectral específica, que diz respeito a como esse alvo interage com a radiação eletromagnética incidente. No caso do NDVI essa resposta espectral é diferente nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, Quadro 2.

Quadro 2 – Relação dos valores de NDVI e os tipos de alvo.

Variação de NDVI	Características	Alvos
NDVI negativo	maior reflectância no visível	Água
NDVI próximo a zero	reflectância similar no visível e infravermelho	Solos
NDVI maior que 0,3	reflectância muito maior no infravermelho	Vegetação sadia

Organização: OLIVEIRA, L.C.B. de, 2012.

A análise das imagens em cada período mostra que os valores NDVI ao longo do rio Madeira são negativos, abaixo do valor zero. Corroborando para o que mostra o Quadro 2, e evidenciando também, a inexistência de grandes concentrações de fitoplâncton ao longo do rio.

Os estudos de Novo *et al.* (2009), para mapeamento da distribuição espacial de florações fitoplanctônicas no reservatório da UHE Funil, demonstraram que quando há grandes concentrações de fitoplâncton na água, os valores de NDVI no reservatório chegaram até 0,67.

Londe (2008) também verificou a potencialidade de uso do NDVI em imagens de satélite com a finalidade de detectar florescimentos de fitoplâncton em grande escala no reservatório da UHE de Imbitinga/SP. Os resultados mostraram um excelente desempenho do NDVI, pois o mesmo foi capaz de demonstrar e espacializar os períodos de grandes concentrações do fitoplâncton no reservatório.

Lissner (2011), que analisou a variação do NDVI na lagoa Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, a partir de análise de séries temporais, constatou, um comportamento de variação sazonal do NDVI na lagoa, influenciado por fatores como, as estações do ano e períodos de chuva.

A predominância de valores negativos de NDVI ao longo de todo o trecho analisado se deve ao fato de o rio Madeira ser um rio com grandes dimensões e muito caudaloso. Dentre os afluentes amazônicos, é o maior tributário em termos da descarga de água, contribuindo com aproximadamente 15% da descarga líquida total do rio Amazonas (MARTINELLI *et al.*, 1989), desse modo, não permitindo a fixação de fitoplâncton, transportando-os.

Outra característica do rio Madeira é ser extremamente barrento durante a maior parte do ano, sendo sua carga de sedimentos transportados estimada entre 500 e 600 milhões de toneladas/ano na foz (MARTINELLI *et al.*, 1989) essa característica também contribui, pois a presença de sedimento em suspensão podem mascarar a reflectância de pigmentos fitoplanctônicos.

O Quadro 3 apresenta os valores de NDVI dos pontos selecionados ao longo do rio.

Quadro 3 – Valores de NDVI ao longo do rio Madeira.

NDVI de julho/agosto de 2009 (estiagem intensa)	NDVI de outubro de 2009 (estiagem mais amena)
Ponto 1 = valor NDVI -0,34	Ponto 1 = valor NDVI -0,18
Ponto 2 = valor NDVI -0,36	Ponto 2 = valor NDVI -0,23
Ponto 3 = valor NDVI -0,36	Ponto 3 = valor NDVI -0,24
Ponto 4 = valor NDVI -0,36	Ponto 4 = valor NDVI -0,26
Ponto 5 = valor NDVI -0,37	Ponto 5 = valor NDVI -0,32
Ponto 6 = valor NDVI -0,34	Ponto 6 = valor NDVI -0,36

Organização: OLIVEIRA, L.C.B. de, 2012.

De acordo com o Quadro 3, pode-se observar uma pequena diferença de valores de NDVI entre o período de estiagem mais amena e o de intensa estiagem intensa. Na imagem de NDVI de outubro

de 2009, os valores dos pontos 1 ao 4, são menores, em relação aos mesmos pontos da imagem de julho/agosto, sendo que, os pontos 5 e 6 representam valores semelhantes nas duas imagens.

Os valores de NDVI dos pontos da imagem de outubro comportam-se de forma mais heterogênea ao longo do rio, do que os valores dos pontos da imagem de julho/agosto, evidenciando assim, um comportamento de NDVI típico de um período de pouca precipitação, ou seja, são valores um pouco mais elevados comportando-se de forma mais heterogênea ao longo do rio.

Outro fator que pode estar relacionado as diferenças de NDVI de um período para o outro são as estações do ano. A Figura 3 corresponde a imagem de NDVI de outubro de 2009 na primavera, nessa estação há um incremento na temperatura e ocorre uma maior incidência dos raios solares, provavelmente, propiciando um desenvolvimento de florações, resultando assim, nos valores um pouco maiores representados pelos pontos da imagem de estiagem mais amena.

5. CONCLUSÃO

Através da geração das imagens NDVI da área de estudo pode-se perceber que houve uma diferença de valores de NDVI entre o período de intensa estiagem e o de estiagem mais amena, provavelmente, devido o fato, de corresponderem a estações do ano diferentes.

Além disso, se evidenciou também, que na imagem de julho/agosto de 2009 o NDVI ao longo do trecho do rio Madeira se comporta de forma mais homogênea do que na imagem de outubro de 2009.

Porém, no geral, pode-se considerar que os valores de NDVI no trecho do rio Madeira que corresponde a área de aproveitamento hidrelétrico da UHE Santo Antônio, apresentaram-se com valores inferiores a zero nos dois períodos analisados, o que indica que não ocorreu nenhuma grande concentração de florações de fitoplâncton.

Por fim, pode-se concluir que o sensoriamento remoto, por meio da geração de imagens NDVI, é uma ferramenta muito útil para mapear a presença ou não de florações de fitoplâncton em ambientes aquáticos, servindo assim, como uma ferramenta no auxílio do monitoramento da qualidade da água em diferentes escalas espaço-temporais.

6. REFERÊNCIAS

LISSNER, J. B. **Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, na Lagoa Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análise de séries temporais.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

LONDE, L.R. **Comportamento espectral do fitoplâncton de um reservatório brasileiro eutrofizado** – Ibitinga (SP) Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos. 2008.

MARTINELLI, L., DEVOL, A.; FORSBURG, B.; VICTORIA, R.; RICKEY, J.; RIBEIRO, M. **Descarga de sólidos dissolvidos totais do Rio Amazonas e seus principais tributários**. *Geochim. Brasil*, 3:141–148, 1989.

MARTINI, L. C. P.; et al. Uso de sensoriamento remoto orbital para a avaliação da distribuição espacial da clorofila_a na Lagoa da Conceição – Florianópolis, SC. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 318 – 324, 2006.

NOVO, E. M. L. de M. Integração de dados do sistema automático de monitoramento de variáveis ambientais (SIMA) e de imagens orbitais na avaliação do estado trófico do Reservatório da UHE Funil. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Anais XIV, INPE, p. 4797-4808, 2009.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: INPE. 2002.

RENÓ, V. F.; MORAES, L. E. S. et al. Caracterização espectral das águas da Planície do Rio Paraná a partir de imagens Landsat TM. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Anais XIV, INPE, p. 4821-4828, 2009.

RUDORFF, C. de M. **Estudo da composição das águas da Planície Amazônica por meio de dados de sensor Hyperion\EO-1 e de reflectância de campo visando a compreensão da variação temporal dos seus constituintes opticamente ativos**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2006.