

Análise da cobertura vegetal do município de Mocimboa do Castelo, utilizando imagens de satélites

Sergio Elias Libombo*, Josicleida Domiciano Galvincto**

*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA

E-mail: sergio.libombo@ufpe.br (autor correspondente)

** Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Pernambuco, Brasil. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA

E-mail: josicleida.galvincto@ufpe.br

Received 6 October 2022; accepted 20 December 2022

RESUMO

O estudo da cobertura vegetal de uma área diz muito sobre as condições físicas, ambientais, econômicas e sociais do que vive aquela área. Em áreas onde o conhecimento científico é muito precário o uso do sensoriamento remoto sobre as condições da vegetação pode representar muito para o planejamento ambiental, social e econômico da área. Em Mocimboa do Castelo é possível perceber as barreiras encontradas pelos pesquisadores para o desenvolvimento científico, pois estes vivenciam a falta ou inadequação no uso de tecnologias. Na maioria das comunidades alvo desta pesquisa, não há a internet e, quando há, o pesquisador não possui os dispositivos eletrônicos, tais como: GPS, gravadores, drones, imagens satélites entre outros. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar as condições da cobertura vegetal de áreas em Mocimboa do Castelo, com sensoriamento remoto com intuito de averiguar as condições ambientais das áreas e possíveis degradação. Os resultados mostraram que a região sudeste de Mocimboa do Castelo possa estar passando por um processo de degradação ambiental com prováveis consequências sociais e econômicas.

Palavras-chave: NDVI, Degradação ambiental, condições biofísicas.

Analysis of the vegetation cover of the municipality of Mozambique, using satellite images

ABSTRACT

Studying the vegetation cover of an area says a lot about the physical, environmental, economic and social conditions of that area. In areas where scientific knowledge is very precarious, the use of remote sensing on vegetation conditions can represent a lot for the environmental, social and economic planning of the area. In Mozambique, it is possible to perceive the barriers encountered by researchers for scientific development, as they experience the lack of inadequacy in the use of technologies. In most of the target communities of this research, there is no internet and, when there is, the researcher does not have electronic devices, such as: GPS, recorders, drones, satellite images, among others. Given the above, the objective of this study was to evaluate the conditions of the vegetation cover of areas in Mozambique, with remote sensing in order to ascertain the environmental conditions of the areas and possible degradation. The results showed that the southeastern region of Mozambique may be going through a process of environmental degradation with probable social and economic consequences.

Keywords: NDVI, environmental degradation, biophysical conditions.

Introdução

O desenvolvimento de novas tecnologias tem sido possível usar técnicas de geoprocessamento e suas aplicações na área de mineração e meio ambiente, dado que elas contribuem para planejamento, gestão, monitoramento e controle da atividade de mineração. Nesse caso, o sensoriamento remoto é ferramenta essencial para obtenção de dados da superfície terrestre e facilita o acompanhamento

e a avaliação da evolução da paisagem, além de auxiliar na identificação de novos escopos de prospecção mineral. As imagens de satélite podem ser utilizadas para localização de jazidas mineral, o que permite a redução de custos para investigação e posterior indicação do destino de perfuração (Farias, 2019).

De acordo com Araújo (2017), o sensoriamento remoto com o Landsat tem tido um grande sucesso, pois reduziu os custos de aquisição das imagens. Além disso, o programa incorporou a tecnologia dos sensores, cada um com seu avanço. Portanto, os sensores são capazes de

detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro e gerar dados passíveis de interpretação. Para aplicações ambientais e geológicas, pode-se destacar o Thematic Mapper (TM), o Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e o Operational Land Imager (OLI). Ressalte-se que os sensores registram as imagens por meio da radiação eletromagnética, que são de dois tipos: um emite diretamente com sensor ativado (RADAR) e opera na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético; o segundo é o sensor passivo (sol). As imagens são emitidas por satélites comerciais e operam na faixa do visível e do infravermelho.

Segundo pesquisadores, o Landsat 8 tem vantagens técnicas que sobrepõem o Landsat 7 em três aspectos: (i) cobertura espectral maior, (ii) maior precisão dos dados e (iii) aumento da quantidade de coleta de dados. Tem ainda capacidade de orbitar a terra uma vez cada 99 minutos, a uma altitude média de 705 km, repetindo a mesma faixa de solo a cada dezesseis dias. O envio de imagens da Terra permite que pesquisadores e gestores de recursos naturais de recebam dados Landsat a cada oito dias, para qualquer local. Sendo assim, os usuários que dependem desse dispositivo podem contar com um ciclo de repetição curto para dados imediatos de recursos, tais como culturas agrícolas e florestas água (Pereira Filho, 2013).

Assim, com o desenvolvimento das tecnologias, se tem tornado habitual observar um alvo sem o contato físico com ele, e uma das ferramentas que permite esse trabalho é o sensoriamento remoto, por apresentar uma técnica de grande utilidade que faculta, em curto espaço de tempo, a obtenção de um volume enorme de informações espaciais, espectrais e temporais.

No contexto moçambicano, o uso da técnica é recente. Destaca-se a grande contribuição dos investigadores que adquirem conhecimentos em várias instituições de ensino à mundo fora, que, por sua vez, pesquisam assuntos relacionados à produção cartográfica, cenários dos impactos das mudanças climáticas em Moçambique, monitoramento de desastres naturais, sistemas de informação geográfica, criação, implementação e gestão de base de dados e sensoriamento remoto. Cabe citar algumas empresas como Geodata, Cenacarta e outras, responsáveis pela produção de trabalhos relacionados às inundações, ao monitoramento de queimadas, sismos, classificação do uso e cobertura da terra, cartografia sistemática nacional, cobertura nacional de imagens Spot,

Landsat, reservas e parques nacionais e rede hidrográfica, mas que têm funcionado com lentidão na atualização de dados, o que é um problema para controle e alerta de eventuais desastres naturais.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é avaliar a cobertura vegetal do município de Moçambique utilizando imagens do satélite Landsat.

Material e métodos

Área em estudo

O recorte da área de estudo abrange o territorial do Distrito de Chibuto. As características de uso e os mecanismos de apropriação do minério, assim como a influência da extração desse bem no desenvolvimento.

Para realização deste trabalho foram obtidas imagens de satélite da área em estudo, obtidas pelo site do United States Geologic Service (USGS) (<https://glovis.usgs.gov>).

Para o desenvolvimento da pesquisa iniciada foram produzidas e processadas as imagens de sensoriamento remoto e, tratando do impacto ambiental, foi dividido em fases o período entre 1990 e 2020 e, para entender melhor o território, utilizou-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e uma análise da evolução da cidade, usando dados dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 e do Google Earth, seguindo a metodologia já bastante discutida e utilizada por Galvinctio et al. (2012).

Adquiram-se imagens do Serviço Geológico Americano (Earth Explorer) de forma gratuita; os anos escolhidos, caminhos e rotas podem ser observados na (Tabela 1:

Tabela 1 – Datas, períodos e informações sobre as imagens obtidas de Chibuto

Data	Período do Ano	Path / Row
24/10/1990	Período Seco	167 - 76/77
01/10/2005	Período Seco	
01/02/2010	Período Chuvoso	
13/10/2015	Período Seco	
24/09/2020	Período Seco	

Das cinco imagens obtidas, quatro são do período seco e uma do chuvoso. As decisões de obter as imagens nesses períodos basearam-se na disponibilidade de imagens Landsat para região em questão e na ausência de nuvens ou erros que pudessem comprometer as extrações de informações e as análises posteriores.

Após a aquisição das imagens, aplicou-se a radiância, também denominada calibração radiométrica. Essa etapa consiste em calcular a radiância espectral ($L_{\lambda i}$) de cada banda empilhada; a equação utilizada para o

procedimento para o Landsat 5 é a dos pesquisadores Markham e Baker (1987) (Equação 1):

$$L_{\gamma i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{254}\right)(ND - 1) \quad \text{Eq.(1)}$$

onde a e b são os coeficientes mínimo e máximo (Tabela 2) (Chander; Markham; Helder, 2009), i corresponde às bandas das imagens e ND ao número digital da mesma.

Tabela 2 - Intervalos de comprimento de onda espectral, dados de coeficiente de calibração e da irradiância no topo da atmosfera

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de calibração				Irradiância espectral no topo atmosférico – TOA
		a	b1	b2	b3	
1 (azul)	0.452 - 0.518	-1.52	152.10	193.0	169.0	1957
2 (verde)	0.528 - 0.609	-2.84	296.81	365.0	333.0	1796
3 (vermelho)	0.626 - 0.693	-1.17	204.30	264.0	264.0	1536
4 (IV - próximo)	0.776 - 0.904	-1.51	206.20	221.0	221.0	1031
5 (IV - médio)	1.567 - 1.784	-0.37	27.19	30.2	30.2	220.0
6 (IV - termal)	10.45 - 12.42	1.2378	15.303	15.303	15.303	-
7 (IV - médio)	2.097 - 2.349	-0.15	14.38	16.5	16.0	83.44

Fonte: Chander, Markham e Helder (2009).

Para o processamento da radiância no Landsat 8, somam-se os termos aditivos e multiplicativos da radiância encontrados no arquivo metadados multiplicado pelo número digital (Equação 2) (Brito; Santos; Morais, 2020).

$$\text{Add}_{rad,b} + \text{Mult}_{rad,b} \cdot ND_b \quad \text{Eq.(2)}$$

Após a calibração radiométrica, foram aplicados os cálculos da reflectância. A reflectância ($\rho_{\gamma i}$) consiste na divisão do fluxo de radiação solar refletida pelo fluxo de radiação solar que incide, sendo processada para o satélite Landsat 5 neste trabalho pela equação de Allen et al. (2002, 2007) (Equação 3):

$$\rho_{\gamma i} = \frac{\pi \cdot L_{\gamma i}}{k_i \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad \text{Eq.(3)}$$

onde $L_{\gamma i}$ é a radiância calculada anteriormente, k_i é a irradiância solar no topo da atmosfera (Tabela 6) e Z é o ângulo zenital. Para obtenção do d_r (distância Terra-Sol), fez-se uso da equação de Iqbal (1983) (Equação 4), onde o DSA representa o dia sequencial do ano.

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left(DSA \cdot \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{Eq.(4)}$$

Para o Landsat 8, utilizam-se, para computar a reflectância, valores do $\text{Add}_{ref,b}$ e $\text{Mult}_{ref,b}$ que refletem termos aditivos e multiplicativos de cada banda acumulada obtidos pelos metadados; o ND_b e que retratam os números digitais dos pixels, Z para o ângulo zenital e d_r para correção da órbita terrestre (Equação 5) (Silva et al., 2016).

$$r_b = \frac{(\text{Add}_{ref,b} + \text{Mult}_{ref,b} \cdot ND_b)}{\cos Z d_r} \quad \text{Eq.(5)}$$

Para obter o d_r da Equação 5, deve-se aplicar a aplicar a Equação 6 da distância média Terra-Sol:

$$d_r = \left(\frac{1}{d_{es}} \right)^2 \quad \text{Eq.(6)}$$

onde o d_{es} é a distância média Terra-Sol.

Por fim, após a obtenção dos produtos de reflectância, executou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI/IVDN), que é um dos mais usados no sensoriamento remoto em diversas regiões do globo; inicialmente proposto por Rouse et al. (1973), mantém a capacidade de medir a distribuição espacial do vigor da vegetação a partir da razão entre a subtração do infravermelho próximo e do vermelho pelo somatório do mesmo (Equação 7).

$$NDVI = \frac{(P_{IV} - P_V)}{(P_{IV} + P_V)} \quad \text{Eq.(7)}$$

onde: P_{IV} é a banda da reflectância que se refere ao infravermelho próximo

P_V é a banda da reflectância que se refere ao vermelho

Resultados e discussão

Recorrendo ao Google Earth foi possível localizar onde está instalada a mineradora de areias pesadas Dingsheng, como mostra a Figura1.

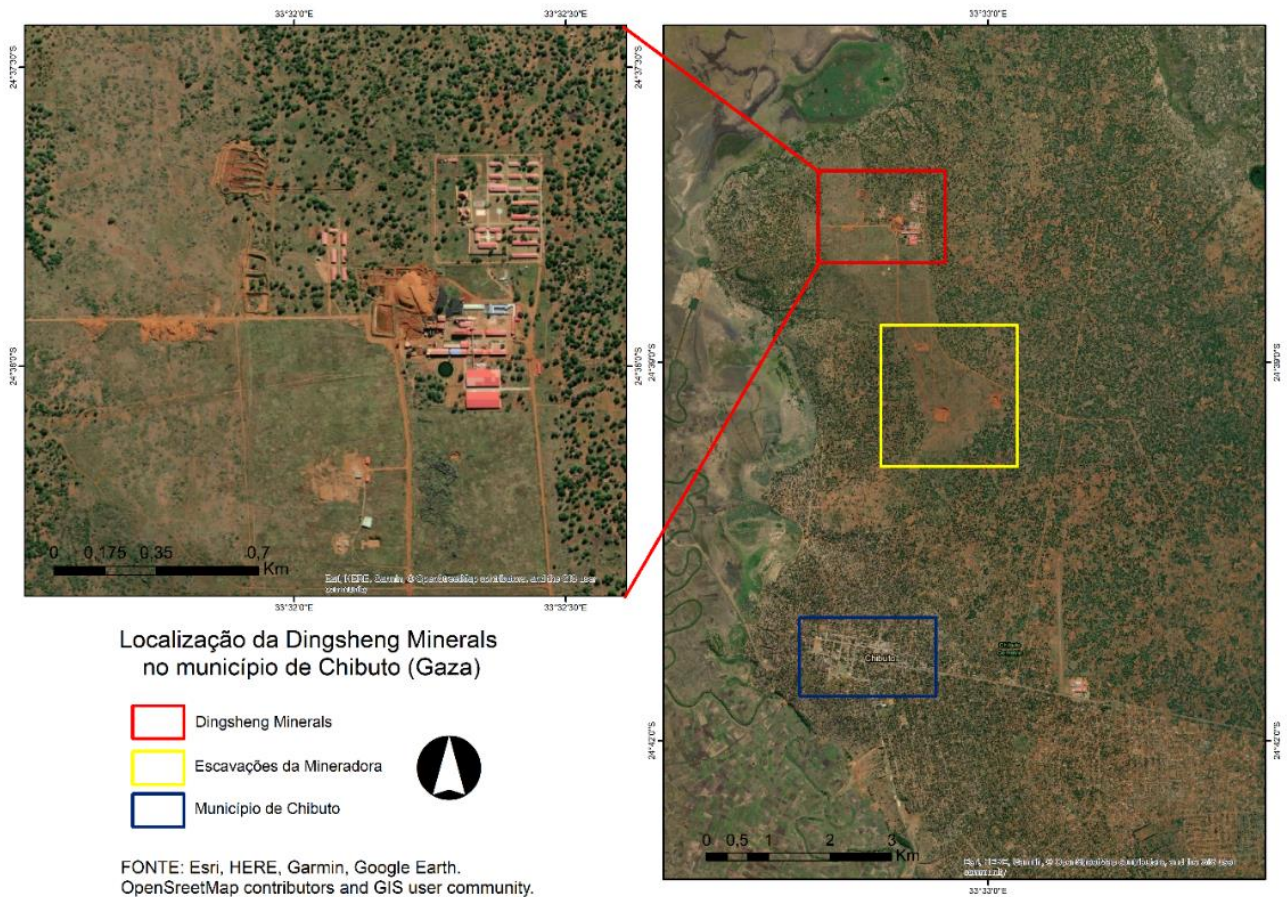


Figura 1 - Área da Mineradora Dingsheng. Fonte: Google Earth

É possível observar que as dinâmicas vegetacionais são distintas sobre os meses chuvosos e secos, quando se relaciona a disposição da vegetação presente e a ausência ou presença de água sobre ela. O Distrito de Chibuto respeita essas características

edafoclimáticas e apresenta a distribuição da vegetação dependente dos regimes chuvosos. As Figuras 15, 16, 17, 18 e 19 apresentam as mudanças vegetacionais nos anos de 1900, 2005, 2010, 2015 e 2020.

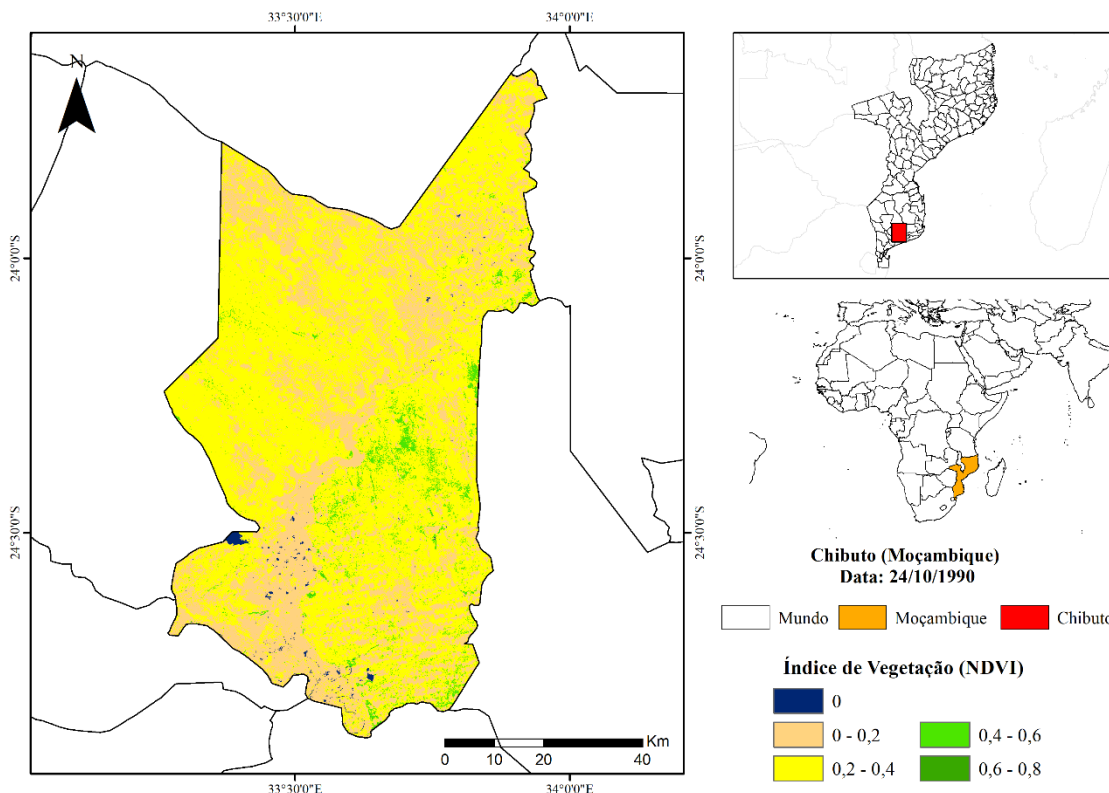


Figura 2 - Índice de vegetação por diferença normalizada de 24/10/1990. Pperíodo seco.

Observa-se na Figura 2 a predominância das áreas no intervalo de 0 a 0,2 (1.874,45 km²) e 0,2 a 0,4 na região (3.551,28 km²), que na literatura sobre o índice de vegetação por diferença normalizada representam ambientes com ausência de vegetação ou com baixo vigor vegetativo. Uele, Lyra e Oliveira Júnior (2017) analisaram a variabilidade interanual das chuvas na região sul de Moçambique em um período de 1960 a 2004, observando a existência do período chuvoso iniciando em novembro-dezembro e finalizando em fevereiro-março, e período seco de abril a outubro; tendo como referência a parametrização de precipitações e a aquisição da imagem na data (24/10/1990), motiva-se a distribuição da vegetação no local.

A Figura 3 apresenta as informações do Índice de Vegetação para o ano de 01/02/2010. Nota-se um maior vigor vegetativo. Área verde predominando na figura com índices de vegetação tendo como moda o i8ntervalo de 0,4 a 0,6. A área em estudo, Mocambique, possui variação edafoclimática semelhante ao que ocorre na Caatinga brasileira, Luz e Galvancio (2022A); Luz e Galvancio (2022B). Galvancio et al. (2021); Galvancio et al. (2020), Galvancio et al., (2019); Galvancio et al., (2018), Bezerra et al., (2015A), Bezerra eta l., (2015B), Ruhoff, et al., (2012) e em outras áreas do mundo Calcagno et al., (2007), Jia et al., (2013), Najmaddin et al., (2017)

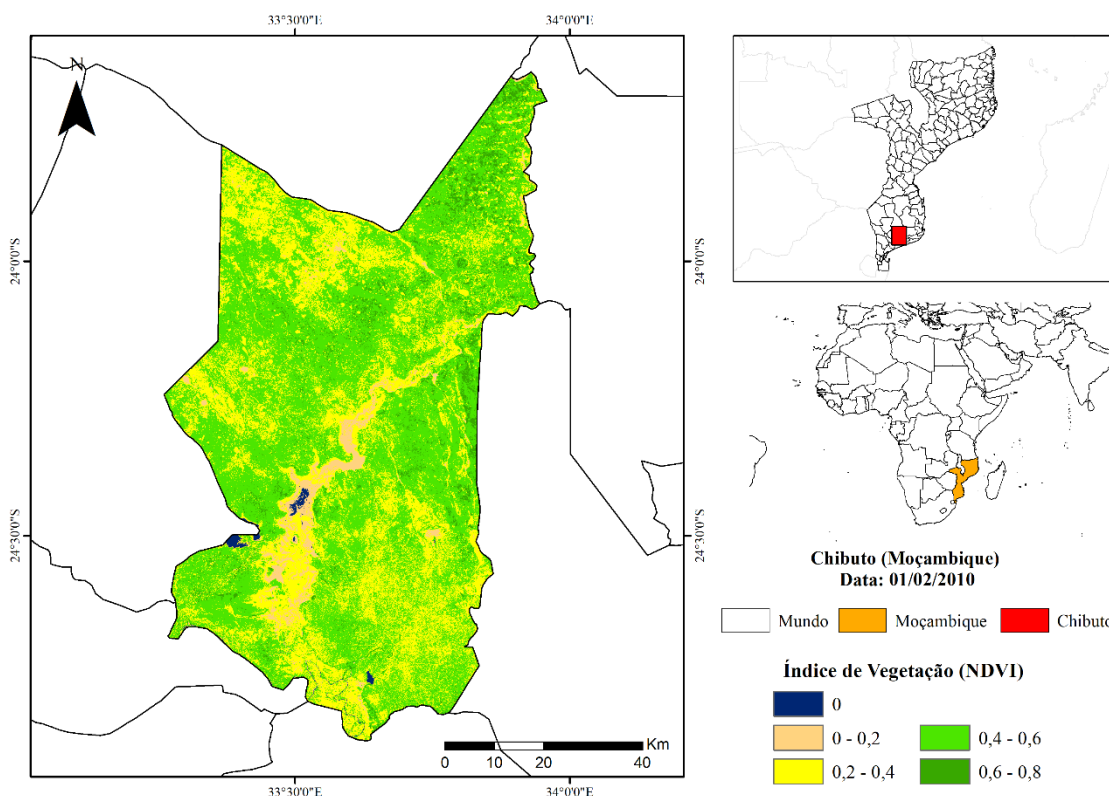


Figura 3 - NDVI no período chuvoso de 01/02 de 2010. Período chuvoso.

Quando comparando as duas imagens é possível perceber que mesmo no período chuvoso há áreas que continuam com NDVI baixo ou próximo de zero. Isso significa que essas áreas foram desmatadas e não estão mais se recuperando mesmo com a ocorrência de chuvas. Isso nos sugere que essas áreas estão em processo de degradação. Isso é mais nítido na região sudeste da área em estudo. Como é sabido por diferentes estudos o desmatamento pode ocasionar diferentes impactos sociais e econômicos numa região, Galvincto et al., (2022)

A área em estudo possui poucos estudos científicos e diante da semelhança com as áreas do semiárido brasileiro é possível realizar uma boa discussão dos resultados apresentados aqui para Moçambique considerando que resultados encontrados para o Brasil em áreas semiáridas possam ser bastante úteis para o monitoramento ambiental da área em estudo que é muito carente de estudos científicos.

Diferentes estudos têm sido realizados no Brasil relacionando o NDVI com outras variáveis biofísicas. Sabe-se que a biomassa que representada pelo o NDVI tem forte relação com o balanço hídrico da área e ou disponibilidade hídrica.

Conclusões

Há processo de degradação na região sudeste de Moçambique.

Avaliar os índices de vegetação com sensoriamento remoto pode ser bastante útil no

planejamento e gestão dos recursos naturais da área, uma vez que são bastante escassos o investimento de estudos científicos.

Acknowledgments

CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) for financial support through the granting of a scholarship to the first author and CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) for the Research Productivity grant to the second author.

References

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO, Rome. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- Allen, R., tasumi, M., Trezza, R., 2002. SEBAL - Surface Energy Balance Algorithms for Land - Advanced Training and User's Manual - Idaho Implementation, version 1.0.
- Allen, R.G., Tasumi, M., trezza, R., 2007. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) - Model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 133, 380-394.
- Araújo, E. R.; Olivieri, R. D.; Fernandes, F. R. C. 2014. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: Fernandes, F. R. C.; Alaminio, R. De C. G.; Araújo, E. R. (Eds.). Recursos minerais e

- comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. p. 1-12. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1845/1/CCL0010-00-14%20Araujo%20et%20al%20%282014%29.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2022.
- Araújo, M. S. de. 2022. Fundamentos de Geoprocessamento aplicados à Mineração. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Cruz das Almas, 2017. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175224/1/fund_geo.pdf>. Acesso em: 24 out 2022.
- Bastiaanssen, W.G.M., 1995 Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: a remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. Thesis. Landbouwniversiteit, Wageningen.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., Holtslag, A.A.M., 1998a. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. *Journal of Hydrology* 212–213, 198–212.
- Bastiaanssen, W.G.M., Pelgrum, H., Wang, J., Ma, Y., Moreno, J.F., Roenink, G.J., Van Der Wal, T., 1998b. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. Validation. *Journal of Hydrology* 212–213, 213–229.
- Bastiaanssen, W.G.M., 2000. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology* 229, 87–100.
- Bezerra, B.G., Bezerra, J.R.C., Silva, B.B., Santos, C.A.C., 2015a. Surface energy exchange and evapotranspiration from cotton crops under full irrigation conditions in the Rio Grande do Norte State, Brazilian Semi-Arid. *Bragantia* 74, 120–128.
- Bezerra, B.G., Silva, B.B., Santos, A.A.C., Bezerra, J.R.C., 2015b. Actual Evapotranspiration Estimation Using Remote Sensing: Comparison of SEBAL and SSEB Approaches. *Advances in Remote Sensing* 4, 234–247.
- Calcagno, G., Mendicino, G., Monacelli, G., Senatore, A., Versace, P., 2007. Distributed estimation of actual evapotranspiration through remote sensing techniques. *Water Science and Technology Library* 62, 25–148.
- Farias, J. 2019. Sensoriamento Remoto e a Descoberta de Jazidas Minerais. S. l.: BMS.
- Fernandes, Gabriel ; Lopes, Pabricao ; Moura, Geber ; Silva, Marcos, Galvinctio, Josiclêda ; Santos, Anderson. 2021. Balance of photosynthetically active radiation by remote sensing in a seasonally dry tropical forest in Northeastern Brazil. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 14, p. 2486–2508.
- Galvinctio, J. D.; Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Antonino, A. C. D.; Silva, B. B.; Machado, C. C. C. 2012. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1209–1217, set. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900005>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- Galvinctio, J. D.; Miranda, Rodrigo Q., Moura, M. S. B. ; Montenegro, Suzana Maria Gico .2022. Adiva-Análise De Índice De Vegetação E Água. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 15, p. 1654–1659.
- Galvinctio, Josiclêda Domiciano. 2021. Impacto do aumento de CO2 nas Precipitações do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 14, p. 1828–1839.
- Galvinctio, Josicleda Domiciano; Luz, G. G. 2021. Desenvolvimento de Modelo que Estima o Impacto do CO2 Atmosférico nas Precipitações do Estado de Pernambuco, utilizando ARIMA. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 14, p. 1840–1851,
- Santos, Cloves; Moura, Magna. Galvinctio, Josicleda; Carvalho, Herica; Miranda, Rodrigo; Montenegro, Suzana. 2021. Comparação de imagens multiespectrais utilizando Satélites e VANT para a análise de mudanças estruturais em área de Floresta Seca. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 14, p. 2510–2522.
- Sá, Carlos André De Souza ; De Moura, Magna Soelma Beserra, Galvinctio, J. D., Miranda, R. Q. Da Silva, Marcelo José ; Dos Santos, Cloves Vilas Boas. 2021. Detecção Semiautomática De Árvores Em Pomar De Mangueira Irrigada A Partir De Imagens Obtidas Por Drone. *Irriga*, v. 26, p. 507–524.
- Nishiwaki, A. A. M. ; Moura, M. S. B.; Galvinctio, J. D.; Santos, C. V. B. ; Carvalho, H. F. S. 2021.. Comparison of detection methods for vegetable individuals from the Caatinga using airborne LiDAR data. *Journal Of Hyperspectral Remote Sensing*, v. 11, p. 302–309.
- Jia, D., Kaishan, S., zongming, W., Bai, Z., Dianwei, L., 2013. Evapotranspiration Estimation Based on MODIS Products and SurfaceEnergy Balance Algorithms for Land (SEBAL) Model in Sanjiang Plain, Northeast China. *Chinese Geographical Science* 23, 73–91.
- Jin, X., ZHU, X., Xue, Y., 2019. Satellite-based analysis of regional evapotranspiration trends in a semi-arid area. *International Journal of Remote Sensing* 40, 3267–3288.
- Luz, G. G. ; Galvinctio, J. D. 2022.A. Balanço hídrico superficial da bacia hidrográfica do riacho

- Milagres-PE, utilizando o SUPER. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 15, p. 1094-1107.
- Luz, G. G. ;Galvêncio, J. D.. 2022B. Balanço de radiação com imagens captadas com Drones. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 15, p. 1169-1179.
- Najmaddin, P.M., Whelan, M.J., Balzter, H., 2017. Estimating Daily Reference Evapotranspiration in a Semi-Arid Region Using Remote Sensing Data. *Remote Sensing* 9, 1-20.
- Pereira Filho, N. S. 2022.Landsat 8 Iniciou Oficialmente sua Emissão. **GeoNoticias**, 2013. Disponível em: <https://narceliodesa.com/landsat_8. Acesso em: 24 out. 2022.
- Ponzoni, F.J., Pinto, C.T., Lamparelli, R.A.C., Jurandir Junior, Z., Antunes, M.A.H., 2015. Calibração de Sensores Orbitais. Oficina de Textos, São Paulo.
- Ruhoff, A.L., Paz, A.R., Collischonn, W., Aragão, L.E.O.C., Rocha, H.R., Malhi, Y.S., 2012. A MODIS-Based energy balance to estimate evapotranspiration for clear-sky days in Brazilian tropical savannas. *Remote Sensing* 4, 703-725.
- Santos, C. V. B. ; Moura, M. S. B. ; Carvalho, H. F. S. ; Galvêncio, J. D. ; Miranda, R. Q. ; Nishiwaki, A. A. M. ; Montenegro, S. M. G. L. . 2022.. Avaliação do índice de área foliar e índice de área da planta em floresta seca utilizando modelos simplificados em imagens de alta resolução com o uso de VANT. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v. 12, p. 109-123.
- Schmitt, Jairo Lizandro; Rocha, Crístian Yan Montana Crístian Yan Montana Da ; Galvêncio, Josiclêda Domiciano, Almeida, Jarcilene Silva. 2022. Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais: Monitoramento Ambiental na Prevenção de Futuras Pandemias. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC)*, v. 12, p. 322-352.
- Torres Silveira, N.; Santos, T. O. ; Tiburcio, I. M. ; Galvêncio, J. D. 2022.Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a análise espaço-temporal da Bacia Hidrográfica do rio Terra Nova (Pernambuco). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v. 3, p. 20-29.