

ARTÍCULO ORIGINAL

Análisis Temporal de Datos NDVI, de la Parroquia Chiguará, Mérida, Venezuela

Temporal Analysis of NDVI Data, Chiguará Parish, Mérida, Venezuela

Arol Josue Rojas¹

<https://orcid.org/0000-0001-5290-3883>

¹ Instituto Federal del Norte de Minas Gerais. Diamantina, Brasil. E-mail: arol@ufop.edu.br

Daniel Andrés Hernández Ramírez²

<https://orcid.org/0000-0002-8982-4502>

² Universidad Federal de Roraima. Boa Vista, Brasil. E-mail: hrdaniel@gmail.com

Autor para correspondencia: arol@ufop.edu.br

Conflicto de Interés: Ninguna.

Recibido: 08/11/2021; aprobado: 26/12/2021.



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

Resumen: La utilización de imágenes satelitales se ha convertido en una herramienta de gran importancia en cuanto al análisis de dinámicas territoriales y con la existencia de varios satélites que permiten su uso de manera no comercial, se estimula la aplicación de estas imágenes en distintas áreas y campos de investigación. En el presente estudio se analizaron imágenes del Satélite Landsat 8 Sensor OLI, obtenidas del servidor web del Servicio Geológico de Estados Unidos, correspondientes a las fechas 16/6/2013, 1/2/2016 y 26/9/2021. Con la finalidad de conocer el Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI), para cada fecha, en ese espacio de tiempo, teniendo como objetivo la parroquia Chiguará, localizada en los Andes venezolanos del estado Mérida. Se utilizó el Software Libre QGIS Versión 3.16.4. A partir de los resultados obtenidos, corroboramos la importancia que tiene el uso de las herramientas de sensores remotos. Con respecto al índice NDVI obtenido para el área de estudio se observó, en términos generales, un avance de la vegetación densa, así como la disminución de los suelos expuestos, como datos importantes que pueden indicar la escasa presencia de actividades antrópicas en esa parroquia.

Palabras clave: Índice Espectral; Vegetación; QGIS.

Abstract: The use of satellite images has become a very important tool for the analysis of territorial dynamics and with the existence of several satellites that allow their non-commercial use, the use of these images in different areas and fields of research is encouraged. In this study, Landsat 8 Sensor OLI Satellite images obtained from the U.S. Geological Survey web server,

corresponding to the dates 16/6/2013, 1/2/2016 and 26/9/2021 were analyzed. With the purpose of knowing the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), for each date, in that period, focusing on the Chiguará parish, located in the Venezuelan Andes of the state of Mérida, the Free Software QGIS Version 3.16.4 was used. From the results obtained, we corroborate the importance of the use of remote sensing tools. With respect to the NDVI value obtained for the study area, we observed, in general terms, an increase in dense vegetation, as well as a decrease in exposed soils, an important data that may indicate the scarce presence of anthropic activities in this parish.

Keywords: Spectral Index; Vegetation; QGIS.

INTRODUCCIÓN

Según Majumber (2010) después de la llegada del primer satélite de detección remota, denominado LANDSAT 1, en 1972, la tarea de elaborar mapas más precisos sobre el uso y ocupación del suelo, monitoreo ambiental, desarrollo urbano, alteraciones en la cobertura vegetal y gestión de recursos naturales, se volvió un trabajo comparativamente más simple, que permite la realización de un sinnúmero de estudios que conjugan investigación de campo con datos generados por los satélites en diversas regiones del planeta.

De acuerdo con Hoppe y Ulbricht (1978) las imágenes de los satélites LANDSAT pueden ser útiles no solamente para levantamientos realizados a pequeña escala, sino también para estudios más detallados.

Una de las ventajas descritas por Jacintho (2013) sobre la utilización de herramientas adecuadas en la Gestión Ambiental, que incluyen Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sensores Remotos, es el hecho de que estas permiten una extensa asequibilidad de recursos a costos relativamente bajos.

Para los autores Santiago et al. (2009) la técnica de Sensores Remotos se convierte en fundamental para el registro del uso de la tierra a lo largo del tiempo, ya que permite evaluar todos los cambios ocurridos en el paisaje. En razón de la complejidad de analizar diversos factores ambientales que interactúan simultáneamente, es necesario realizar un estudio interdisciplinario que permita caracterizar la superficie terrestre, uno de los factores más importantes es la cobertura vegetal, para lo cual fueron creados diversos índices con el objetivo de resaltar el comportamiento espectral de la misma en relación al uso del suelo y otros propósitos.

De acuerdo con Small et al. (2001), la comprensión de la dinámica del uso de la tierra constituye un parámetro de gran importancia para la gestión de los recursos naturales, ya que una planificación deficiente, así como el uso indebido de la tierra puede tener consecuencias importantes en el ambiente.

Según Nunes y Roig (2014) la clasificación del uso y cobertura del suelo para el monitoreo de los recursos naturales a través de la utilización de imágenes de sensores remotos ha sido un tema de resultados muy consolidados en la literatura. Para Fernandes et al. (2012) la utilización de técnicas de clasificación de imágenes ha demostrado resultados muy alentadores en el mapeo del uso de la tierra con imágenes de media resolución espacial y espectral. Según Camargo et al. (2012) el aumento en la productividad y precisión de trabajo, constituyen una gran ventaja de la interpretación y uso de imágenes de sensores remotos.

El satélite Landsat 8 fue lanzado en el año 2013, precisamente para mejorar la capacidad de imágenes de la serie de satélites conocidos como Landsat, presentando nuevas bandas espectrales en los intervalos del infrarrojo, azul y de onda corta (SWIR), además de mejorar la relación señal/ruido del sensor y la resolución radiométrica de las imágenes. Según Sothe et al. (2017) el sensor Operational Land Imager (OLI), entrega imágenes ópticas con 30 metros de resolución espacial, ancho de imagen de 185 kilómetros, ocho bandas espectrales y dieciséis días de resolución temporal.

El Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI), según Binder et al. (2009) es considerado de gran importancia en el estudio y entendimiento de la distribución de los diferentes tipos de vegetación alrededor del mundo, ya que permite conocer sus propiedades físicas, estructurales y variaciones temporales y espacial. Debido a que la generación de datos NDVI permite realizar un monitoreo, además de cuantificar e investigar cambios a grandes escalas en la vegetación. De acuerdo con Pinzón y Tucker (2014), el NDVI representa una excelente respuesta en el análisis de los cambios en la cantidad de biomasa verde, contenido de clorofila y stress hídrico.

Para Zanzarini (2013), una de las ventajas de la aplicación del NDVI es la de la disponibilidad de analizar datos obtenidos en diferentes fechas que permiten evaluar la variación de las áreas verdes en ciertos periodos de tiempo. De acuerdo con Braz et al. (2015), los resultados de NDVI se representan en la escala de -1 a 1, donde los valores más próximos de 1 representan áreas verdes con mayores cantidades de vegetación fotosintéticamente activa, mientras que valores más próximos de -1 representan áreas con menor cantidad de vegetación.

Finalmente, acotamos que el objetivo de esta investigación consistió en analizar las modificaciones de la cobertura vegetal a través de datos de NDVI, de la parroquia Chiguará, en el estado Mérida (Venezuela), utilizando imágenes del Satélite Landsat-8 en el periodo 2013-2021.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

La parroquia Chiguará se encuentra localizada en la región de Los Andes venezolanos, específicamente, en el estado Mérida, forma parte del municipio Sucre de dicho estado. Es conocida por sus actividades agrícolas, además de presentar actividades de producción minera (calizas), así como de ganadería (Figura 1).

Con el foco de alcanzar el objetivo de la investigación fueron utilizadas imágenes del Satélite Landsat 8 (Sensor OLI), obtenidas en el servidor web del USGS (United States Geological Service), estas imágenes fueron descargadas en formato GeoTIFF, pertenecientes a las fechas 16/6/2013 Escena LC80070542013167GN01, 1/2/2016 Escena LC80070542016032LGN02 y 26/09/2021 Escena LC80070542021269LGN00, la escogencia del satélite y sensor se debe a su última actualización y el potencial que presenta el mismo.

Posteriormente empleando el software libre de código abierto denominado QGIS en su Versión 3.16.4 fueron realizados los procedimientos metodológicos y el cálculo de reflectancia fue llevado a cabo a través de la calculadora ráster, la corrección atmosférica fue realizada utilizando el plugin denominado SCP del QGIS, en las imágenes seleccionadas por ser en este caso las de mejores características en cuanto a poca presencia de nubes, motivo por el cual se posibilitó una mejor clasificación de las imágenes analizadas.

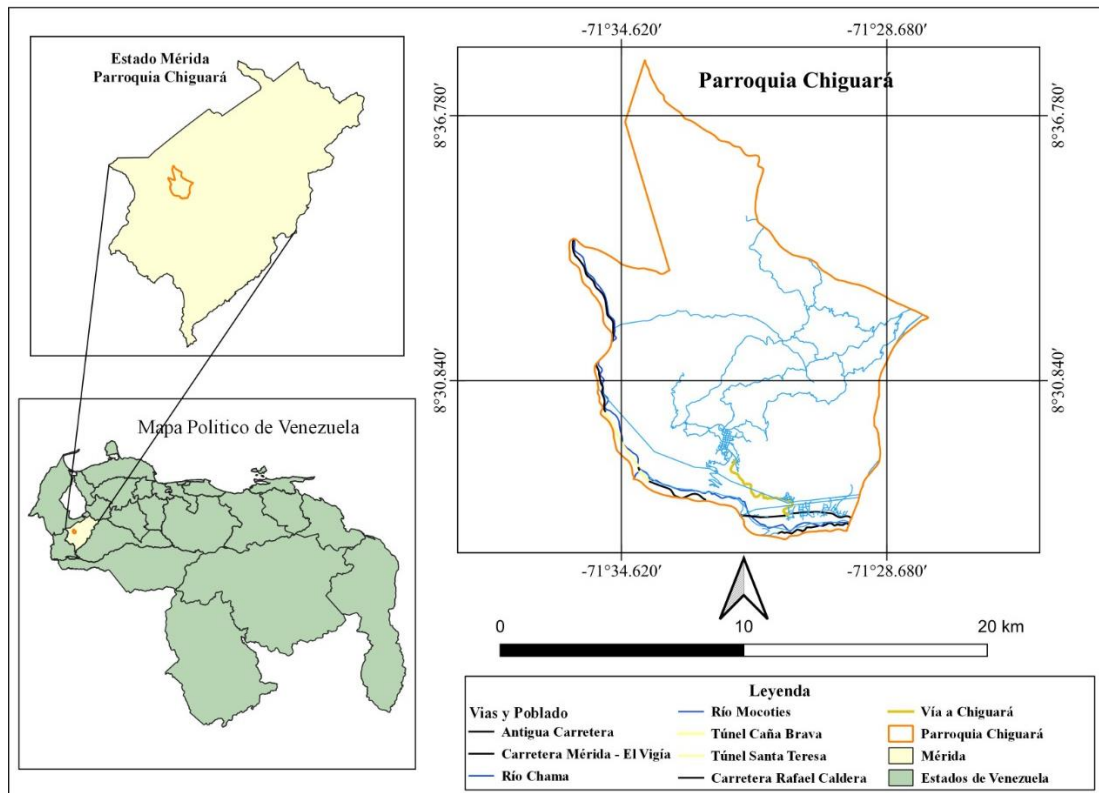


Figura 1. Mapa de Localización de la parroquia Chiguará, estado Mérida, Venezuela.

Luego se realizó un corte en cada imagen con sobreposición de la capa vectorial correspondiente a la parroquia Chiguará para así, de esta manera, llevar a cabo el análisis solamente de la superficie que corresponde al área de interés.

Después de esto se procedió a realizar el cálculo del índice NDVI para cada imagen, aplicando la fórmula descrita por Rouse *et al.* (1973), la cual indica que a partir de las diferencias de las bandas 5 (NIR) y 4 (RED), dividido entre la suma de las reflectancias de las mismas bandas, se obtiene el siguiente índice de vegetación.

$$NDVI = \frac{\text{Banda 5} - \text{Banda 4}}{\text{Banda 5} + \text{Banda 4}}$$

El cálculo del NDVI, arrojó como resultados, la clasificación de las imágenes espectrales en cinco clases:

Cuerpos de Agua, Suelos Expuestos, Poca Vegetación, Vegetación Menos Densa y Vegetación Densa.

RESULTADOS

Procesadas las imágenes y generados los índices NDVI, utilizando técnicas de geoprocésamiento y sensores remotos, fueron confeccionados los mapas de NDVI que demuestran las diferentes clases de cobertura vegetal de la parroquia Chiguará para los años 2013, 2016 y 2021. En la presentación de los mapas se pueden observar sus clases, características.

En la tabla 1, se observan los resultados de las diferentes clases obtenidas expresadas en hectáreas, así como el porcentaje que cada una de ellas representa en el terreno, para los años 2013, 2016 y 2021.

Tabla 1. Distribución de las diferentes clases, expresadas en hectáreas y el % que estas representan en la parroquia Chiguará, años 2013, 2016, 2021.

Clases	2013 (Ha)	%	2016 (Ha)	%	2021 (Ha)	%
Cuerpos de Agua	737,42	5,08	1074,48	7,41	542,06	3,76
Suelos Expuestos	1635,99	11,26	1320,96	9,09	1060,43	7,29
Poca Vegetación	2093,69	14,41	2555,94	17,59	1911,50	13,15
Vegetación Menos Densa	4201,83	28,92	3658,62	25,17	3226,91	22,20
Vegetación Densa	5861,27	40,33	5920,23	40,74	7789,33	53,60
	14530,200	100	14530,230	100	14530,230	100

Los datos demostrados en la tabla 1, junto con los mapas generados de NDVI (Figura 2), nos indican para el intervalo de tiempo 2013-2021, que *grosso modo* hubo una disminución en los cuerpos de aguas presentes en la parroquia, la clase correspondiente a suelos expuestos demostró una sensible baja en ese periodo, en lo que respecta a la clase de poca vegetación se puede observar un cambio poco apreciable de disminución, ya para la vegetación menos densa hubo un descenso considerable y, por último, la vegetación densa expresó un aumento importante (132,89%), siendo considerado el mayor incremento en cuanto a las distintas clases descritas en la investigación.

De acuerdo con Chouhan y Rao (2011), valores negativos de NDVI corresponden a cuerpos de agua, valores muy bajos a áreas estériles de rocas o arena, valores moderados representan árboles y zonas de pastoreo, mientras que valores altos indican vegetación muy densa. En la tabla 2, son observados los índices de vegetación por diferencia normalizada para los respectivos años de estudio.

Tabla 2. Índices de Vegetación por Diferencia Normalizada, calculados para cada clase, años 2013, 2016, 2021.

Clases	NDVI (2013)	NDVI (2016)	NDVI (2021)
Cuerpos de Agua	-0,9558	-0,9803	-1,0000
Suelos Expuestos	-0,4862	-0,5115	-0,5154
Poca Vegetación	-0,0166	-0,0427	-0,0308
Vegetación Menos Densa	0,4528	0,4260	0,4537
Vegetación Densa	0,9221	0,8948	0,9383

La figura 2, correspondiente a los años 2013 y 2021, nos demuestran, para cada clase, detalladamente, las variaciones ocurridas durante ese periodo de tiempo. Donde la clase denominada cuerpos de agua presentó una reducción de 195,36 hectáreas que representa una disminución de (73,50 %), los suelos expuestos también presentaron una disminución para el periodo, de 575,56 hectáreas que equivale a un (64,81 %), la clase de poca vegetación, como las anteriores, refleja una disminución de 182,19 hectáreas que representa un considerable (91,29 %), ya para la vegetación clasificada como menos densa la reducción fue de 974,92 hectáreas que significó un (76,79 %) y, finalmente, la vegetación densa sufrió una variación positiva de 1928,06 hectáreas, representando un aumento de (132,89 %).

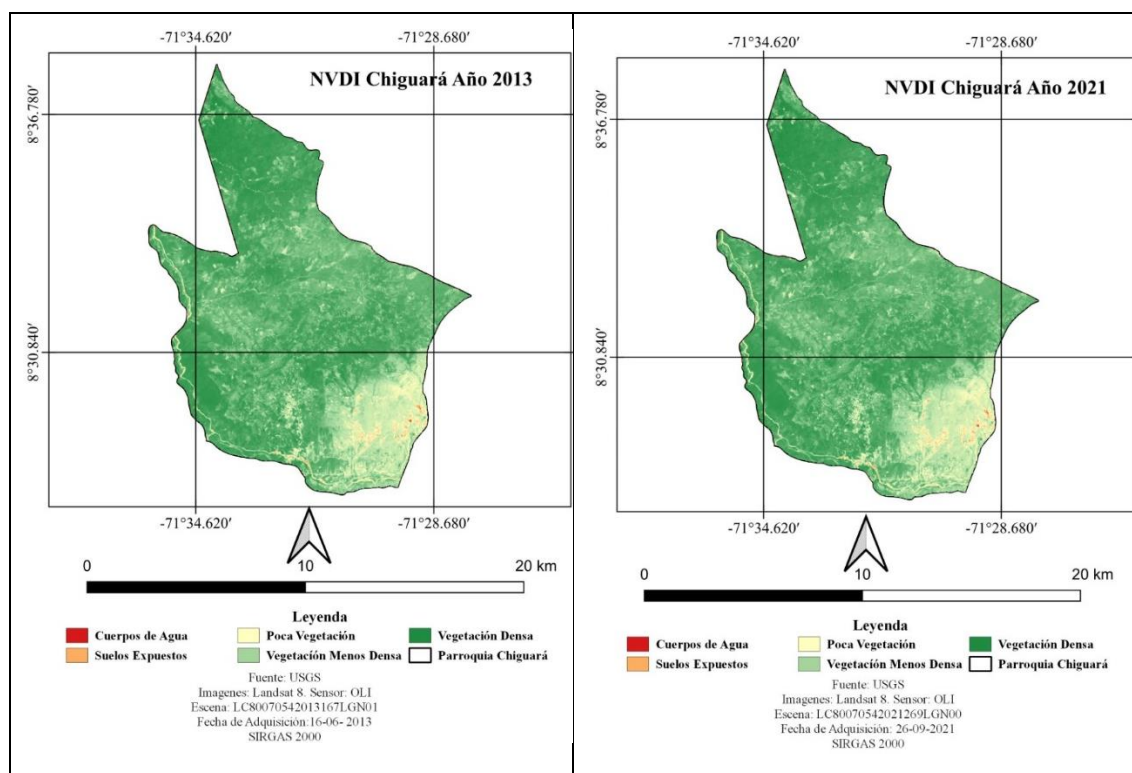


Figura 2. Mapa de Índices de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI), de la parroquia Chiguará, años 2013 y 2021.

De acuerdo con Resolen *et al.* (2012) la posible retirada de vegetación debido a diversas actividades, provoca de cierta manera impactos irreversibles en el ambiente, dentro de estos; erosión, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad incluida, entre otros. Para Oliveira *et al.* (2010), valores bajos del índice NDVI configuran vegetación estresada o áreas degradadas por la presencia de la acción del hombre, y que puede ser causada por escasas hídrica que, a su vez, genera la exposición del suelo. Según Sousa *et al.* (2008), tales valores sugieren que los perjuicios ambientales, en su mayoría, siempre están asociados al uso indebido del suelo, males causados por diversas actividades antrópicas degradantes.

CONCLUSIÓN

La elaboración de los mapas de vegetación y utilización del NDVI, auxiliados por imágenes de satélite, proporcionaron resultados satisfactorios en el estudio. E indican que los

datos generados pueden contribuir en la utilidad de personas, entes públicos o privados que estén involucrados en la planificación urbana y en la formulación de políticas públicas de infraestructura y ambiente.

Se observó a través del NDVI que el mismo aumentó en el periodo de tiempo estudiado, siendo la clase de vegetación densa, la que presentó mayor aumento. Un dato importante obtenido en la investigación corresponde a la disminución de la clase denominada suelos expuestos que demostró una recuperación (64,81 %), que puede ser indicativo de poca o de disminución de las actividades antrópicas a lo largo del tiempo en la parroquia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Binder, J., Peres, L., & Santos, R. (2009). A utilização da base de dados GIMSS de NDVI no âmbito da DSA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2579-2586.
- Braz, A., Águas, T., & Garcia, P. (2015). Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e índice de área foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria MS. *Revista Percurso NEMO*, 7(2), 05-22. <https://doi.org/10.4025/revpercurso.v7i2.28758>
- Camargo, F., Almeida, C., Costa, G., Feitosa, R., Oliveira., D., Heipke, C., & Ferreira, R. (2012). An open source object-based framework to extract landform classes. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 541-554. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.044>
- Chouhan, R., & Rao, N. (2011). Vegetation detection in multispectral remote sensing images: Protective role-analysis of vegetation in 2004 indian ocean tsunami. *Geo-Information for disaster management, Turkey*.
- Fernandes, R., Nunes, G., & Silva, T. (2012). Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(9), 1251-1260. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900010>
- Hoppe, P., & Ulbricht, K. (1978). Application of digital image processing module of Landsat scenes for their improved and geological evolution. In: *Earth observation from space and management of planetary resource*. Paris, European Space Agency, 237-241.
- Jacinto, L. (2013). *Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (PA) do Capivari-monos* - Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Majumber, B. (2010). Land use and land cover change detection study at Sukinda Valley using remote sensing and GIS, master's thesis, National Institute of Technology Rourkela.
- Nunes, F., & Roig, H. (2014). Análise e Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Alto do Descoberto. DF/GO por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. *Revista Árvore*, 39(1), 25-36. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100003>
- Oliveira, T., Machado, C., Silva, J., Galvêncio, J., Pimentel, R., & Silva, B. (2010). Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, (3), 55-69.

- Pinzón, J. E., & Tucker, C. (2014). A non-stationary 1981-2012 AVHRR NDVI3g time series. *Remote Sensing*, 6929-6960. <https://doi.org/10.3390/rs6086929>
- Resolen, V., Resende, T., Borges, E., Frare, C., & Machado, H. (2012). Impactos da substituição da vegetação original do cerrado brasileiro em sistemas agrícolas. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (79), 39-47.
- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., & Deering, D. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In *Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium Proceedings*. Washington, (1), 309-317.
- Santiago, M., Silva, H., Galvncio, J., & Oliveira, T. (2009). Análise da cobertura vegetal através dos índices de vegetação (NDVI, SAVI E IAF) no entorno da barragem do Botafogo - PE. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 3003-3009.
- Small, I., Van der Meer, J., & Upshur, R. (2001). Acting on an environmental health disaster: The case of the Aral Sea. *Environmental Health Perspectives*, (109), 547-549. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109547>
- Sousa, R., Barbosa, M., Morais Neto, J., Meneses, L., & Gadelha, A. (2008). Vulnerabilidades e impactos socioeconômicos e ambientais em municípios do Cariri paraibano. *Revista Engenharia Ambiental*, 5(3), 63-78.
- Sothe, C., Almeida, C., Liesenberg, V., & Schimalski, M. (2017). Evaluating Sentinel-2 and Landsat-8 Data to Map Successional Forest Stages in a Subtropical Forest in Southern Brazil. *Remote Sensing*, 9(8), 838-859. <https://doi.org/10.3390/rs9080838>
- Zanzarini, F. (2013). Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(6), 608-614. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600006>