

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO SANTO ANTÔNIO, GO

Loana Francielle Alves de Sousa¹, Pedro Rogerio Giongo², Douglas Elias Santos³, Jose Henrique da Silva Taveira⁴, Alessandro Jose Marques Santos⁵.

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua a escala temporal y espacial en la cuenca del río Santo Antônio (coordenadas 16°18'08.60"S a 16°42'12.11"S y 51° 04'47.26"W a 51°23'48.68"W), Estado de Goiás, Brasil. Se seleccionaron cinco puntos (el primero cerca de la fuente y luego el quinto en la desembocadura) para el monitoreo del agua en el drenaje del río, realizándose colectas de agua a escala bimestral, con dos réplicas, iniciando en noviembre de 2021 y terminando en octubre de 2022. Se utilizaron imágenes MAPBIOMAS (Landsat-8) para identificar el uso y ocupación del suelo en la cuenca hidrográfica, y para evaluar los parámetros de calidad del agua, se realizaron análisis de muestras por el laboratorio acreditado y los datos fueron sometidos a análisis multivariado a escala espacial (cinco puntos) y temporal (siete colectas). Los usos del suelo en la cuenca hidrográfica son predominantemente pastoreo (59,77%), agricultura con pastoreo (12,02%), cobertura natural y cerrado (16,02%). Respecto al análisis físico-químico del agua, los resultados indican que la calidad del agua a escala espacial no difirió del punto 1 (cerca de la fuente) al 5 (cerca de la desembocadura), superponiéndose, con una varianza total de los componentes CP1 y CP2 de 31,9% y 17,6%, respectivamente. A escala temporal, las colecciones 5 (julio/2022), colección 6 (septiembre/22) y colección 7 (octubre/22) fueron diferentes, siendo la varianza total de los componentes CP1 de 39,3% y CP2 de 18,7%, respectivamente. El color y la turbidez fueron los parámetros con mayor peso en los análisis. Se puede concluir que la calidad del agua no es variable dentro de la cuenca (espacio), sino que es variable en el tiempo, pudiendo atribuirse al caudal o incluso a las descargas recibidas y relativa a la estacionalidad de las precipitaciones en el período.

PALABRAS CLAVE: Análisis multivariado, geoprocesamiento, uso del suelo, cuenca hidrográfica.

¹Mestre em Produção Animal e Forragicultura, Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste, sede São Luís de Montes Belos, GO. loana.fas@gmail.com

²Doutor Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG) – câmpus Sudoeste Sede Quirinópolis. Quirinópolis, Goiás, Brasil. pedro.giongo@ueg.com.br

³ Doutor. Laboratório da empresa de Água e Saneamento do Estado de Goiás, SANEAGO. Iporá, Goiás, Brasil. douglaselias@saneago.com.br

⁴Doutor Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG) – câmpus Sudoeste Sede Quirinópolis. Quirinópolis, Goiás, Brasil. jose.taveira@ueg.com.br

⁵Doutor, Docente do PPG em Produção Animal e Forragicultura, Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste, sede São Luís de Montes Belos, GO. alessandro.santos@ueg.br

SPATIAL-TEMPORAL EVALUATION OF WATER QUALITY IN THE SANTO ANTÔNIO RIVER BASIN, GO

ABSTRACT: The objective was to evaluate the water quality on both a temporal and spatial scale in the Santo Antônio River basin (coordinates 16°18'08.60"S to 16°42'12.11"S and 51°04'47.26"W to 51°23'48.68"W), State of Goiás, Brazil. Five points were selected (the first near the source and the fifth at the mouth) for water monitoring in the river drainage, with water collections carried out on a bimonthly basis, with two replicates, starting in November 2021 and ending in October 2022. MAPBIOMAS (Landsat-8) images were used to identify land use and occupation in the river basin. To evaluate water quality parameters, sample analyses were conducted by an accredited laboratory, and the data were subjected to multivariate analysis on both a spatial scale (five points) and a temporal scale (seven collections). Land uses in the river basin are predominantly pasture (59.77%), agriculture with pasture (12.02%), and natural cover with cerrado (16.02%). Regarding the physical-chemical analysis of the water, the results indicate that water quality on a spatial scale did not differ from point 1 (near the source) to point 5 (near the mouth), with overlapping results, and the total variance of the CP1 and CP2 components being 31.9% and 17.6%, respectively. On a temporal scale, collections 5 (July/2022), collection 6 (September/2022), and collection 7 (October/2022) differed, with the total variance of the CP1 component being 39.3% and CP2 being 18.7%, respectively. Color and turbidity were the parameters with the greatest weight in the analyses. It can be concluded that water quality is not variable within the basin (spatially), but it is variable over time, which can be attributed to the relationship between flow rates or even the discharges received, as well as the seasonality of rainfall during the period.

KEY WORDS: Multivariate analysis, geoprocessing, land use, watershed.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y la expansión de la frontera agrícola en Brasil vienen ocupando áreas de vegetación nativa, promoviendo cambios rápidos en el uso y cobertura del suelo, alterando significativamente el ambiente natural, resultando en desequilibrios según el uso inadecuado de los sistemas explotados (Silva et al., 2016).

Las áreas del cerrado, en un corto período de tiempo, se transformaron en grandes áreas productoras de granos, siendo uno de los dominios más explotados debido al aumento de las actividades agrícolas y de la ganadería extensiva y consecuentemente sufriendo un manejo inadecuado del suelo, degradación ambiental y pérdida de biodiversidad (Barros et al., 2018).

La conservación y garantía de los sistemas ecológicos, económicos y sociales dependen de la disponibilidad de recursos naturales. El agua es un recurso que garantiza la existencia de la vida y debe estar disponible en cantidad y calidad para satisfacer las demandas de la sociedad y asegurar el funcionamiento del ecosistema (Pantano et al., 2016). El monitoreo del uso de la tierra y el análisis de sus atributos físicos son necesarios para lograr cambios en la gestión agrícola y la sostenibilidad (Zhou et al., 2017). La influencia hidrológica y las variables ambientales son factores que permiten identificar la calidad del agua y contribuyen a la gestión de las cuencas hidrográficas (Neves, et al., 2021).

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad del agua a escala temporal y espacial en la cuenca del río Santo Antônio, utilizando análisis multivariado con parámetros físicos y químicos del agua, además de mapear el uso y cobertura del suelo a través de datos satelitales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la cuenca del río Santo Antônio, ubicada en la región centro-oeste del Estado de Goiás, con límites municipales en Iporá, Amorinópolis e Ivolândia (Figura 1). El río Santo Antônio es un afluente del río Caiapó, que forma parte de la cuenca del río Araguaia. Estos manantiales pertenecen a la cuenca hidrográfica Araguaia-Tocantins.

La cuenca está ubicada geográficamente entre las coordenadas $16^{\circ}18'08.60''$ S a $16^{\circ}42'12.11''$ S y $51^{\circ}04'47.26''$ O a $51^{\circ}23'48.68''$ O. Se ubica al noroeste del perímetro urbano de Iporá (GO), en las coordenadas UTM 22S N 8.182.000 a 8.198.000, y E 475.000 a 492.000. El área total de la cuenca es de 651,24 km², siendo la mayor parte (58%) parte del municipio de Iporá-GO (Figura 1).

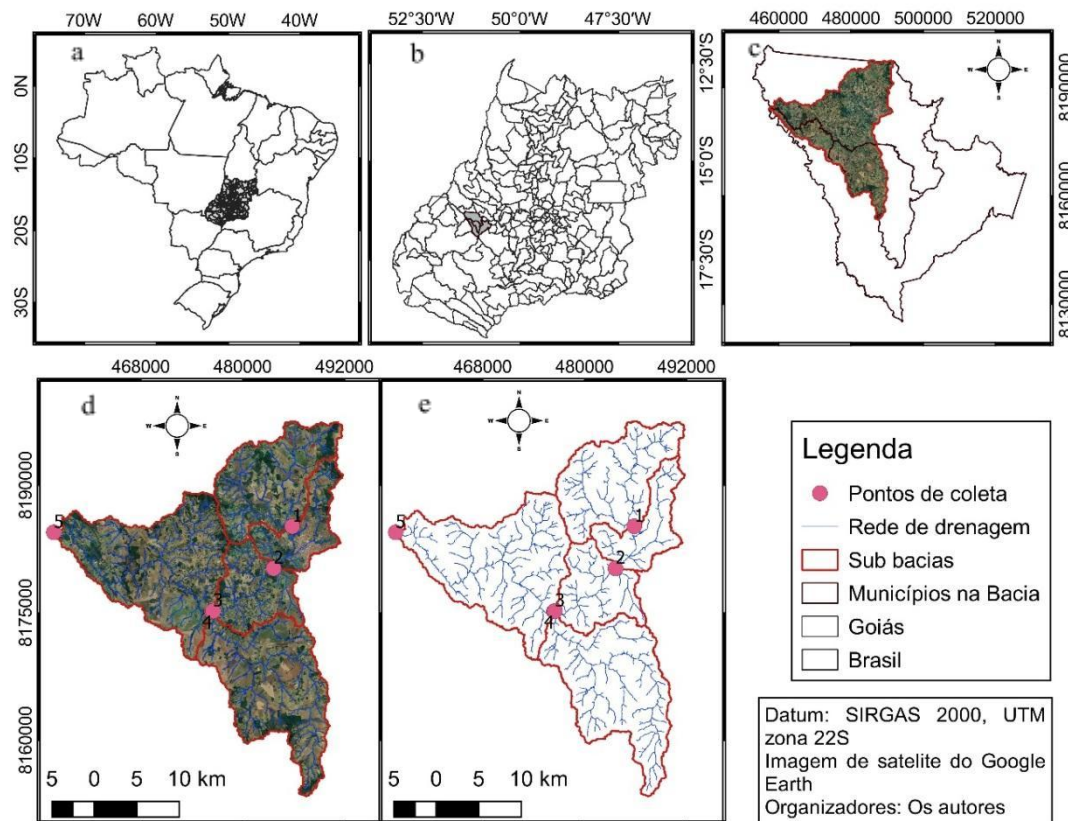


Figura 1: Ubicación geográfica del área de estudio con mapa de Brasil (a), Goiás (b), municipios que componen la cuenca (c), imagen satelital de Google Earth de la cuenca (d) y puntos de captación de agua, red de drenaje y subcuencas (e).

Se georreferenciaron los puntos de captación, se identificaron en los cauces de drenaje y luego se delimitaron las zonas o subcuencas de aporte para cada punto de captación y análisis de agua. Los puntos denominados P1, P2, P3, P4 y P5, permitieron definir las correspondientes áreas de contribución, las cuales fueron denominadas subcuencas, B1, B2, B3, B4 y B5 (Figura 1e), seleccionadas con el fin de lograr un patrón en las captaciones y cubrir toda el área de contribución de la cuenca constituyente.

De esta forma se seleccionaron cinco puntos (Figura 1e), permitiendo así una evaluación espacial del drenaje y su recorrido entre la fuente y la desembocadura de la cuenca.

Las captaciones de agua se realizaron en cinco puntos (Tabla 1 y Figura 1e), con dos réplicas por cada punto (Figura 2), en una escala bimestral (noviembre 2021, enero, marzo, mayo, julio, septiembre y octubre 2022) conformando un ciclo hidrológico anual. En el lugar, el día y hora de la recolección de agua, se obtuvieron las temperaturas ambiente y del agua. Los procedimientos y materiales de recolección de agua siguieron las normas utilizadas por Saneago, oficina regional en Iporá-GO, que utiliza parámetros de análisis de calidad del agua a través de los “Métodos Estándar Para El Examen De Agua Y Aguas Residuales” (Geypens et al, 2012), método adoptado por el laboratorio SANEAGO, donde se realizaron los análisis físico-químicos. Los parámetros del agua analizados fueron: temperatura ambiente, temperatura del agua (in situ) y en el laboratorio los parámetros: pH, color, turbidez y conductividad eléctrica.

Luego de recoger el agua, las muestras fueron enviadas al laboratorio para su análisis. Los análisis consistieron en seis (6) parámetros evaluados y las recolecciones representan siete (7) periodos iniciados en noviembre de 2021 y finalizados en octubre de 2022, en cinco (5) puntos a lo largo de la cuenca y dos (2) repeticiones por cada punto/recolección, totalizando 70 unidades de muestreo.

Los datos de uso y cobertura del suelo de la región de estudio, para el año 2021, se obtuvieron a través de la base de datos geográfica disponible en la plataforma MAPBIOMAS v.7.0 (2022). Se seleccionó la región y el producto de uso del suelo y luego se descargó. Los datos están disponibles en formato raster (30x30m), resultante del procesamiento de imágenes Landsat-8 y luego recortados al área de interés, convertidos a vectores (polígonos).

Los datos de calidad del agua, referentes a los cinco puntos y siete colecciones, fueron sometidos a análisis multivariado, mediante Análisis Discriminante de Mínimos Cuadrados Parciales PLS-DA, (“Partial Least Squares”), a través del análisis en línea Metabo Analyst 5.0 (2022), disponible en el siguiente enlace: <https://www.metaboanalyst.ca/>.

Mediante análisis multivariado se procedió a testear los grupos (similares o no) entre los 5 puntos de muestreo de agua (análisis espacial), y los grupos de las 7 fechas de recolección de agua (análisis temporal), y también se identificaron los parámetros

con mayores pesos para la separación de grupos (Scores), respecto a la calidad del agua entre los puntos (5) y fechas (7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores más significativos de uso y ocupación del suelo en toda la cuenca fueron: áreas de pastoreo, mosaico agrícola y de pastoreo, formación natural, cerrado y soja.

En el área de contribución de toda la cuenca (B5) los valores de superficie de pastizales fueron 59,77%. Agricultura y pastoreo 12,02%, formación natural 7,40%, cerrado 8,62% y áreas de plantación de soja con valores de 8,60%, lo que confirma la vocación agropastoral de la cuenca, también muy representativa del municipio (Figura 2).

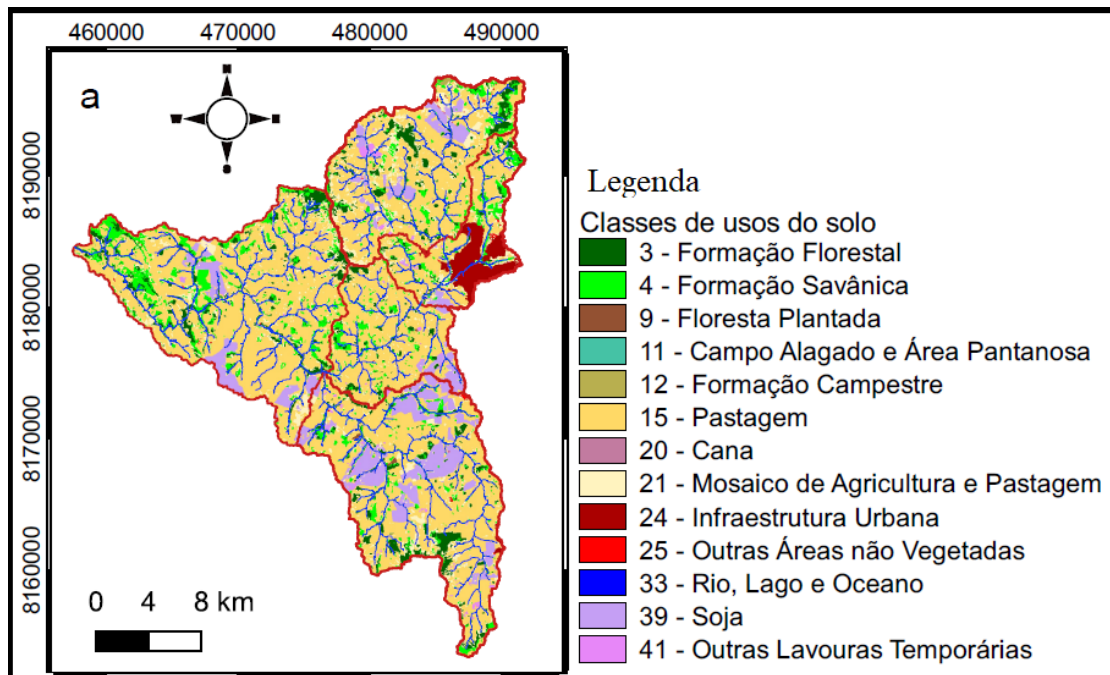


Figura 2: Mapa de uso y cobertura del suelo en la cuenca del río Santo Antônio, GO, 2021.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis discriminante de mínimos cuadrados parciales (PLS-DA), existe una tendencia hacia valores positivos, sin embargo el análisis PLS-DA indica que no existen diferencias significativas en la calidad del agua para los puntos de captación de la cuenca P1, P2, P3, P4 y P5 (Figura

3a). Los resultados muestran que la calidad del agua no difirió significativamente del punto P1 al P5, superponiéndose. La varianza total de los componentes CP1 y CP2 es 31,9% y 17,6% (Figura 3a).

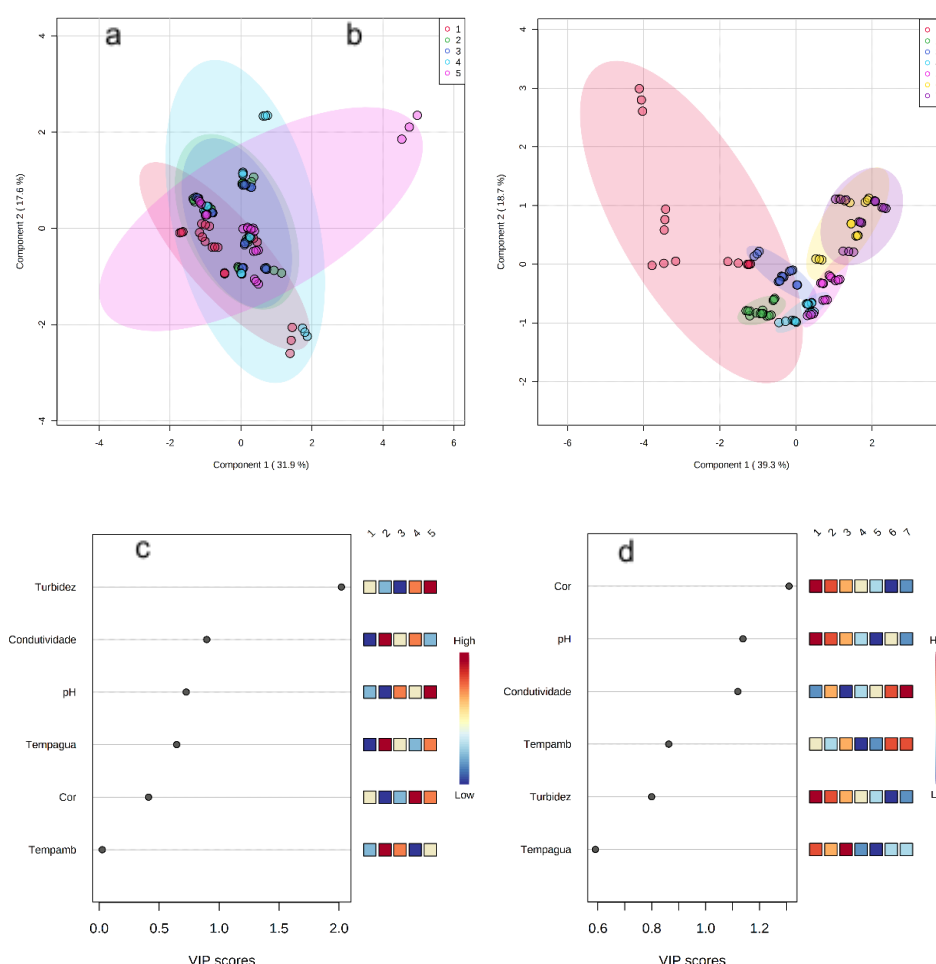


Figura 3: Resultados del análisis multivariado de los componentes 1 y 2 del PLS-DA para los puntos (a), colecciones (b), orden de importancia y pesos (Scores) de los parámetros del agua para el análisis de los puntos (c) y colecciones (d), en la cuenca del río Santo Antônio, GO.

En la Figura 3b, que representa las 7 colectas bimensuales realizadas, es posible identificar que la colecta 5 realizada en julio obtuvo una diferencia con relación a las demás, diferenciándose de la colecta 6 (septiembre) y la colecta 7 (octubre), permitiendo así identificar que la calidad del agua varía en el tiempo, pudiendo ser atribuida a la relación entre el caudal o incluso las descargas recibidas y la estacionalidad de las lluvias. La varianza total de los componentes CP1 fue del 39,3% y del CP2 del 18,7%, respectivamente.

La variación espacial de los parámetros físico-químicos (Figura 3c), de las muestras de calidad de agua a lo largo de la cuenca en los 5 puntos, siguió un orden, donde el de mayor peso fue la turbidez, destacándose entre los demás, la conductividad, el pH, la temperatura del agua y el color, mientras que el de menor peso fue la temperatura ambiente.

Para el análisis temporal (Figura 3d) entre las 7 recolecciones realizadas, se observa que el color fue el factor que más influyó en el análisis, seguido del pH y la conductividad, mientras que en la secuencia la temperatura ambiente y la turbidez presentaron valores muy similares. Según Giongo et al. (2022), la turbidez del agua en las cuencas hidrográficas es de gran utilidad, ya que es posible asociar el uso y la cobertura del suelo con este parámetro, con el fin de relacionar los daños a los cursos de agua con las actividades humanas y su acción sobre la calidad del agua.

En investigación realizada por Medeiros et al., (2018), la evaluación estacional y espacial de la cuenca del río Longá, estado de Piauí, en la que los puntos denominados P1 y P7 fueron los que presentaron mayores valores de turbidez, con 83% y 42% de las muestras, con diferencias significativas entre el período seco y lluvioso, con valores por encima del límite permitido. Justificado por ser zonas desprovistas de vegetación nativa, manejo inadecuado del suelo debido a la actividad agrícola y ausencia de vegetación en las riberas de los ríos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, se puede observar que el color y la turbidez fueron los parámetros del agua con mayor peso en los análisis multivariados. También se puede concluir que la calidad del agua no varía dentro de la cuenca (espacio), sino a lo largo del tiempo, y puede atribuirse al caudal o incluso a las descargas recibidas y a la estacionalidad de las precipitaciones durante el período.

En cuanto al uso y cobertura de la tierra, se destaca que la clase pastura ocupa el 59,77% de la cuenca, mientras que la clase Agricultura y pastura tiene el 12,02%, formación natural el 7,40%, cerrado el 8,62% y áreas de plantación de soja con un porcentaje del 8,60%, lo que confirma la vocación agropastoral de la cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A., GUIMARÃES, V., & SANTANA, W. S. C., Aplicação de um índice de qualidade de água em dois trechos (urbano e rural) da bacia do córrego Guanandy, Aquidauana, MS. **Caderno de Geografia**, v. 28, n.54, 2018.

GIONGO, P.R.; OLIVEIRA ASSIS, A. P. A.; SILVA, M. V. DA ; MONTENEGRO, A. A. DE A. ; TAVEIRA, J. H. DA S. ; COSTA, A. R. DA ; SILVA, P. C. ; GIONGO, A. M. M.I ; Pandorfi, H. ; SANTOS, A. J. M. ; BACKES, C. ; FERREIRA, M. B. ; SILVA, J.N L. B. Land Use and Water-Quality Joint Dynamics of the Córrego da Formiga, Brazilian Cerrado Headwaters. **Geographies**, v. 2, p. 629-641, 2022.

GEYPENS, M. H., VANDERDRIECH, E. J., GONÇALVES, L., KCFS, M., & SASAKI, C. APHA, AEG; AWWA, ADE; WEF, LSC Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC; American Public Health Association, 1995. ATLAS, RM; BARTHA, R. **Microbial Ecology–Fundamentals and Applications**. New York: Addison Wesley Longman In. FRANCIHELE CARDOSO MÜLLER, v.42. 2012.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass – **Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. MAPBIOMAS, 2019. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>>. Acesso em: Outubro 2022.

MEDEIROS, W.M.V.; SILVA, C.E.D. & LINS, R.P.M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.13. 2018.

NEVES GL, GUIMARÃES TT, ANJINHO PS, BARBOSA MAGA, SANTOS ARD, VIRGENS FILHO JS, et al.. Spatial and Seasonal Assessment of Water Quality in the Lobo Stream River Basin, Brazil Using Multivariate Statistical Techniques. **Anais da Academia Brasileira Ciências**. v.93, p.1-20, 2021.

PANTANO G, GROSSELI GM, MOZETO AA & FADINI PS. Sustainability in phosphorus use: a question of water and food security. **Química Nova**. v.39, p. 732-740. 2016.

SILVA, D. G. et al. Análise Espaço-Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Exu, PE. **Clio Arqueológica**. v.31, n.3, p.193-210. 2016.

ZHOU Y, XU JF, YIN W, AI L, FANG NF, TAN WF, YAN FL & SHI ZH. Hydrological and environmental controls of the stream nitrate concentration and flux in a small agricultural watershed. **Journal Hydrology**. v. 545, p. 355-366. 2017.