

CORRELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA CON EL USO Y COBERTURA DEL SUELO EN LAS SUBCUENCAS DEL RÍO SÃO TOMÁS

Pedro Rogerio Giongo¹, Matheus Rodrigues Magalhães², Marcio Sebastião de Oliveira³, Nivaldo Marcelo da Cruz Rezende⁴, Angelina Maria Marcomini Giongo⁵, Jose Henrique da Silva Taveira⁶

RESUMEN: El agua desempeña un papel esencial en el desarrollo económico, especialmente en los sistemas de cultivos de regadío. Sin embargo, enfrenta una escasez cada vez mayor debido a diversos impactos, lo que reduce tanto la calidad como la cantidad disponible. Herramientas como la teledetección y los SIG nos permiten monitorear estos impactos y promover prácticas sostenibles. Este trabajo tuvo como objetivo correlacionar los parámetros de calidad del agua y las clases de uso del suelo en las subcuencas de la Cuenca del Río São Tomás, ubicadas en los municipios de Rio Verde y Santa Helena de Goiás - GO, Brasil (coordenadas 17°43' a 18°06'S y 50°25' a 51°10'W). Se realizaron colectas de agua al final de la época seca y al inicio de la época de lluvias (2024/2025), en 15 puntos georreferenciados de las subcuencas de: Córrego Cachoeira, Ribeirão das Abóboras, Río do Peixe, Ribeirão Douradinho y Ribeirão Campo Alegre. Los parámetros evaluados incluyeron alcalinidad, nitrato, nitrito, turbidez, temperatura, conductividad eléctrica, potencial de oxidación-reducción (ORP) y potencial de hidrógeno (pH). Se utilizaron imágenes de MAPBIOMAS de 2022 (Sentinel-2, resolución de 10 m) para identificar las clases de uso y ocupación del suelo en la cuenca del río. Utilizando los datos de uso del suelo, se extrajeron las cantidades de área y se obtuvieron los porcentajes de los usos de las clases para cada subcuenca, correlacionándolos con los parámetros hídricos evaluados. Más del 80% de la cuenca está ocupada por clases de acción antrópica (pasto, mosaico de usos y cultivos

¹Doutor Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Câmpus Sudoeste Sede Quirinópolis. Quirinópolis, Goiás, Brasil. pedro.giongo@ueg.com.br

²Engenheiro Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste, sede São Luís de Montes Belos, GO. matheus.eng.agr25@gmail.com

³Mestre em Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Goiás, Campus Sudoeste, sede Quirinópolis, GO. oliveiraconsultoriaeprojetos@gmail.com

⁴Mestrando em Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Goiás, Campus Sudoeste, sede Quirinópolis, GO. nivaldomcrezende@gmail.com

⁵Doutora. Laboratório da empresa de Água e Saneamento do Estado de Goiás, SANEAGO. Santa Helena de Goiás, Goiás, Brasil. angelinagiongo@saneago.com.br

⁶Doutor Docente da Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Câmpus Sudoeste Sede Quirinópolis. Quirinópolis, Goiás, Brasil. jose.taveira@ueg.com.br

temporales), mientras que menos del 10% corresponde a cobertura natural (formación forestal y formación sabana). Se destaca una fuerte correlación negativa entre la clase Silvicultura y la temperatura del agua ($r: -0,721$), la clase Cultivos Temporales y el parámetro turbidez ($r: -0,707$), y también la clase Cultivos Temporales con la turbidez ($r: -0,707$). Por una fuerte correlación positiva, se destaca la clase Área Urbanizada con los parámetros potencial de hidrógeno ($r: 0,976$) y conductividad eléctrica ($r: 0,884$).

PALABRAS CLAVE: Análisis multivariado, geoprocusamiento, cuenca hidrográfica.

CORRELATION OF WATER QUALITY WITH LAND USE AND COVER IN THE SUB-WATERSHED OF THE SÃO TOMÁS RIVER

ABSTRACT: Water plays an essential role in economic development, especially in irrigated crop systems. However, it faces increasing scarcity due to impacts, decreasing the quality and quantity available. Tools such as Remote Sensing and GIS allow monitoring these impacts and promoting sustainable practices. This work aimed to correlate water quality parameters and land use classes in the sub-basins of the São Tomás River Basin, located in the municipalities of Rio Verde and Santa Helena de Goiás - GO, Brazil (coordinates 17°43' to 18°06'S and 50°25' to 51°10'W). Water collections were carried out at the end of the dry season and beginning of the rainy season (2024/2025), at 15 georeferenced points in the sub-basins of: Córrego Cachoeira, Ribeirão das Abóboras, Rio do Peixe, Ribeirão Douradinho and Ribeirão Campo Alegre. The parameters evaluated included Alkalinity, Nitrate, Nitrite, Turbidity, Temperature, Electrical Conductivity, Oxidation-Reduction Potential (ORP) and Hydrogen Potential (pH). MAPBIOMAS images from 2022 (sentinel2, 10m resolution) were used to identify the land use and occupation classes in the watershed. With the land use data, the area quantities were extracted and the percentages of uses of the classes for each sub-basin were obtained and correlated with the evaluated water parameters. More than 80% of the basin is occupied by classes of anthropic action (Pasture, Mosaic of Uses and Temporary Crops), while less than 10% corresponds to natural cover (Forest Formation and Savannah Formation). The strong negative correlation is highlighted for the Silviculture class with Water Temperature ($r: -0.721$), the Temporary Crops class with the Turbidity parameter ($r: -0.707$), and the Temporary

Crops class with Turbidity ($r: -0.707$). The Urbanized Area class with the Hydrogen Potential ($r: 0.976$) and Electrical Conductivity ($r: 0.884$) parameters stands out for its strong positive correlation.

KEYWORDS: Multivariate analysis, geoprocessing, watershed.

INTRODUCCIÓN

Según Santos, Santos, Silva (2018), el agua es un recurso natural de vital importancia para el planeta, siendo el principal constituyente de los seres vivos. Su presencia es fundamental no sólo para el desarrollo económico de una población y su calidad de vida, sino también como componente esencial del paisaje y del medio ambiente.

En el contexto del mapeo de las actividades humanas en la superficie de la Tierra, los datos obtenidos por Teledetección, combinados con Sistemas de Información Geográfica (SIG), representan una herramienta esencial para el análisis y gestión de las acciones humanas, como lo enfatizan Schlindwein et. y col., (2007).

En los últimos años, ante el escenario mundial de escasez de agua, tanto instituciones públicas como privadas han desarrollado programas de monitoreo e implementado medidas para promover el consumo sostenible del agua. Estas iniciativas pretenden evitar la explotación excesiva de importantes cursos de agua superficiales y sus afluentes, como lo destacan Brito et al. (2019).

Vivimos en un modelo de desarrollo económico basado en la explotación de los recursos naturales, siendo uno de los mayores objetivos del siglo la búsqueda del equilibrio ambiental, como lo destaca Lima (2001).

Además de los impactos naturales, está directamente influenciado por el área urbana, como lo destacan Lima et al. (2004), las fuentes de agua cercanas a las zonas urbanas se vuelven muy propensas a la degradación ambiental, causada por el exceso de nutrientes y materia orgánica transportados a los cuerpos de agua. Esta influencia urbana intensifica los procesos de erosión, dando como resultado, en la mayoría de los casos, colmatación, eutrofización y contaminación del agua, lo que reduce la disponibilidad y calidad de la fuente hídrica. Ante este escenario, es fundamental que la gestión ambiental esté alineada con la planificación urbana, buscando mitigar estos

impactos y garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y del medio ambiente en su conjunto.

Además del seguimiento, Nascimento et al. (2005) destacan el uso de geotecnologías como una alternativa viable para evaluar rigurosamente la deforestación en el medio ambiente. También destacan la importancia de las funciones ambientales de las áreas de preservación permanente (APP), justificadas en que son ambientes enfocados a preservar el paisaje, el flujo genético de la fauna y la flora, además de actuar como disipadores de la energía erosiva del agua de lluvia. Así, la identificación de los impactos agrícolas y ambientales debe caracterizarse en el contexto de las características y particularidades de una región, como lo mencionan Zalidis et al., (2002). Estos enfoques integrados de seguimiento y análisis son esenciales para la gestión eficaz de los recursos naturales y para promover el desarrollo sostenible en las zonas urbanas y rurales.

Por lo tanto, este trabajo se realizó con el objetivo de obtener la calidad del agua en subcuencas y correlacionarlas con el uso y ocupación de la tierra en la Cuenca del Río São Tomás, Estado de Goiás, Brasil.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la cuenca del río São Tomás (Figura 1), en los siguientes afluentes: Arroyo Cachoeira, Arroyo Abóboras, Río Peixe, Arroyo Douradinho y Arroyo Campo Alegre, en puntos georreferenciados de los municipios de Santa Helena de Goiás y Rio Verde. El arroyo São Tomás tiene su nacimiento en el municipio de Rio Verde, atraviesa el municipio de Santa Helena de Goiás y desemboca en el arroyo Verdão, entre Santa Helena de Goiás y Turvelândia con dirección de flujo de Oeste a Este.

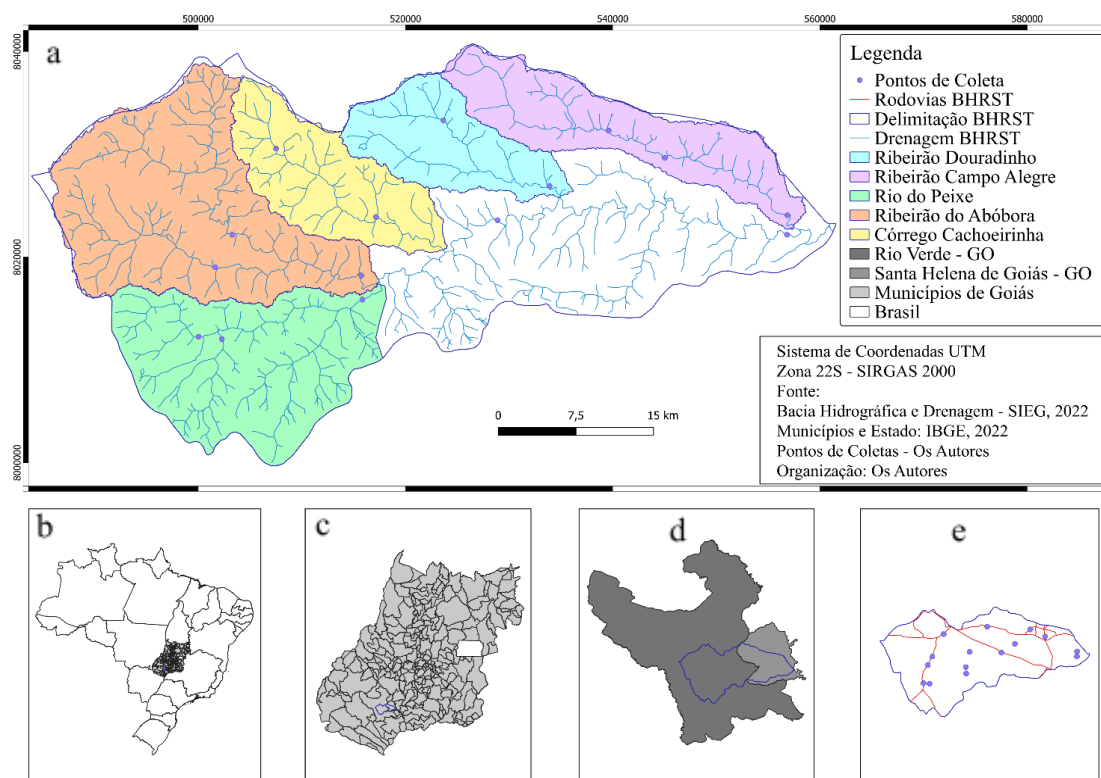


Figura 1: Ubicación geográfica de Brasil, (b), Estado de Goiás (c), Santa Helena y Río Verde (d), cuenca, puntos de captación y carreteras (e) y subcuencas con puntos de captación de agua (a) en la cuenca del río São Tomás.

El equipo utilizado para medir los parámetros de calidad del agua fue el PH – 1500, de la marca Instrutherm, para mediciones de: Conductividad Eléctrica, Potencial de Oxido-Reducción y Temperatura del Agua, mientras que el Micro 20 de la marca Akso se utilizó para medir: Alcalinidad, Nitrato, Nitrito y Potencial de Hidrógeno – pH, y el Turbidímetro Digital con Registro – TU Log, de la marca Akso para lecturas de Turbidez. Se realizaron dos (2) colectas de agua en los puntos georreferenciados (Figura 1), con un intervalo de tiempo entre cada colecta de aproximadamente 1 mes. Las colectas se realizaron los días 13/09 y 18/10 del año 2024, lo que marca el fin de la época seca para la región.

Para identificar y cuantificar el uso del suelo en la cuenca, se utilizó la base de datos geográfica del satélite Sentinel-2, disponible en la plataforma MapBiomass, tomando como referencia el año 2022, que es el más reciente disponible (MAPBIOMAS, 2024). Luego de obtener los datos de uso del suelo de MapBiomass, las imágenes fueron procesadas en el software QGIS v.3.38.1. Las operaciones realizadas incluyeron el corte, identificación y cuantificación de las clases de uso para cada

subcuenca. Luego, los datos cuantitativos del área fueron exportados a hojas de cálculo electrónicas.

Para evaluar el comportamiento de los parámetros respecto a la relación (positiva o negativa) para la calidad del agua, se realizaron análisis de correlación de Pearson entre los parámetros de calidad del agua y las clases de uso y cobertura del suelo. Para este análisis se consideraron los valores promedio de calidad del agua para cada subcuenca muestreada y los porcentajes de uso y cobertura del suelo correspondientes a las subcuencas, ya que los usos del suelo contribuyen a la calidad del agua analizada en cada una de las áreas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que sólo el 9,73% de la cuenca del río São Tomás presenta cobertura natural (Formación Bosque + Formación Sabana) (Figura 2). Rodrigues (2004) es enfático al afirmar que los bosques ribereños desempeñan funciones hidrológicas y ecológicas fundamentales en la protección de los recursos suelo y agua, contribuyendo a la preservación de la calidad del agua, la estabilidad de los cursos de agua y el mantenimiento de la biodiversidad. Las clases de uso del suelo con acción antrópica (Pasto, Cultivos Temporales y Mosaico de Usos) ocupan la mayoría de la cuenca, con un porcentaje de 82,02%.

La clase Cultivos Temporales presenta el mayor porcentaje en toda la cuenca, con 63,01%, siendo Ribeirão Douradinho (RD) la subcuenca con mayor predominio de la clase, con 76,1% de su área ocupada (Figura 2, Tabla 2). El menor porcentaje de cobertura vegetal de la cuenca pertenece a la subcuenca Ribeirão Campo Alegre, con sólo 5,21% (Formación Bosque + Formación Sabana). La subcuenca del Rio do Peixe no contiene la clase de uso de suelo Área Urbanizada (Tabla 2).

Otros autores también realizaron trabajos en la cuenca y encontraron alta aptitud y uso agrícola, como lo describe Soares et. Alabama. (2020), al realizar trabajos en la cuenca del río São Tomás, donde observaron el mismo resultado: predominio de la clase de uso del suelo agrícola (uso antrópico). Áreas de alto potencial agrícola también fueron mapeadas y descritas por Santos y Santos (2010), quienes concluyeron en su trabajo que existía un predominio de clases de usos antrópicos.

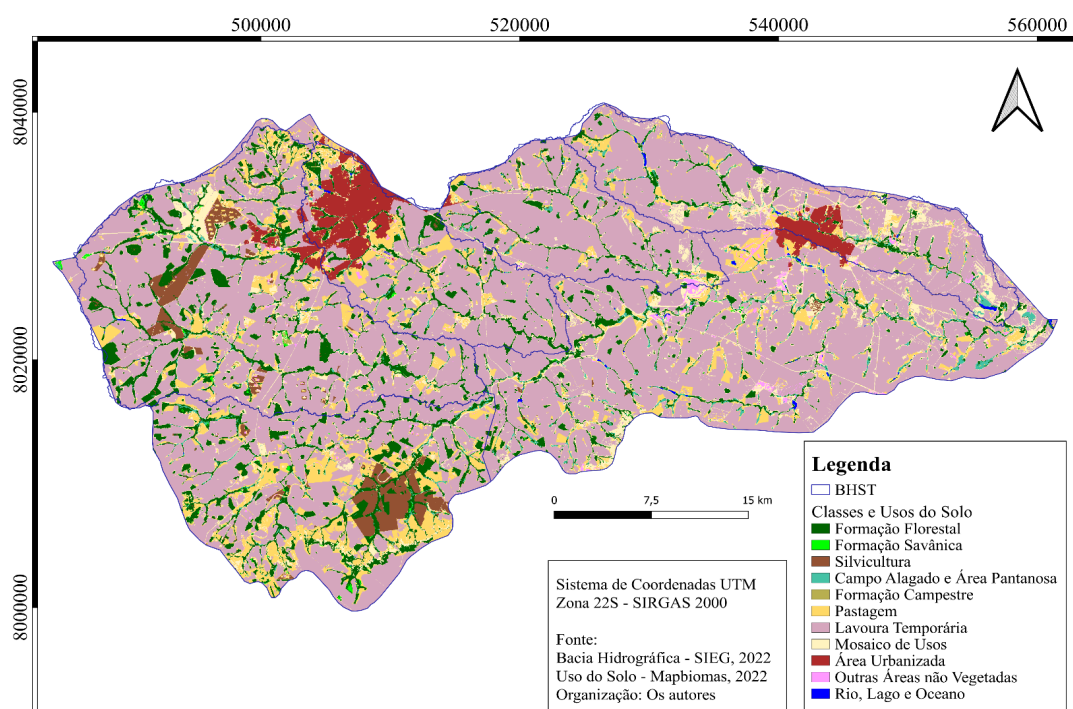


Figura 2: Mapa de clases de uso del suelo en las subcuencas: Arroyo Campo Alegre (RCA), Arroyo Douradinho, Arroyo Cachoeirinha (CC), Arroyo Abóbora (RA), Río Peixe (RP) y Río São Tomás (RST).

Tabla 2: Clases porcentuales de uso de la tierra en las subcuencas: Arroyo Abóbora (RA), Arroyo Cachoeirinha (CC) y Arroyo Campo Alegre (RCA), Arroyo Douradinho (RD), Río Peixe (RP) y Río São Tomás (RST).

Clases - Usos	RD	RA	RP	CC	RST	RCA
	%					
3 – Formación Forestal	7,12	13,22	14,82	9,70	9,56	5,19
4 - Formación Savannah	0,03	0,26	0,37	0,06	0,17	0,02
9 - Silvicultura	0,41	4,33	6,43	0,28	2,31	0,12
11 - Campo inundado y zona pantanosa	1,42	1,23	1,69	1,08	1,78	2,16
12 - Formación del campo	0,04	0,26	0,08	0,09	0,13	0,05
15 - Pastizales	6,27	8,41	17,62	11,14	9,87	5,9
19 - Cultivos temporales	76,1	61,50	51,18	52,51	63,01	67,39
21 - Mosaico de usos	7,53	8,84	7,34	6,38	9,14	12,73
24 - Área Urbanizada	0,35	1,29	0	17,86	3,06	5,26
25 - Áreas sin vegetación	0,66	0,58	0,45	0,75	0,82	0,83
33 - Río, lago y océano	0,07	0,07	0,02	0,15	0,16	0,35

Se observó una fuerte correlación negativa entre el parámetro Temperatura y las clases de uso del suelo Formación Sabana (r: -0,806) y Silvicultura (r: -0,918). La clase de uso del suelo Río, Lago y Océano mostró una fuerte correlación negativa con el Potencial de Oxidación-Reducción (r: 0,822).

La clase Área Urbanizada mostró una fuerte correlación positiva con los parámetros: Potencial de Hidrógeno (r: 0,982) y Alcalinidad (r: 0,983). El parámetro de calidad del agua Turbidez mostró una correlación positiva mínima con la clase de Formación de Pastizales (r: 0,006) y una correlación negativa mínima con la clase de Uso de la Tierra de Pastizales (r: -0,010).

Tabla 3: Correlación de Pearson entre los parámetros de calidad del agua y las clases de uso del suelo en las Áreas de Preservación Permanente de las subcuencas: Arroyo Campo Alegre (RCA), Arroyo Douradinho (RD), Arroyo Cachoeirinha (CC), Arroyo Abóboras (RA), Río Peixe (RP) y en el Río São Tomás (RST).

	ORP	T °C	pH	CE	Turb	Alc	NO ₂	NO ₃
3 – Formación Forestal	0,615	-0,576	-0,079	0,325	0,372	0,064	0,159	0,132
4 - Formación Savannah	0,518	-0,806	-0,665	-0,450	-0,255	-0,623	-0,497	-0,525
9 - Silvicultura	0,868	-0,918	-0,769	-0,499	-0,456	-0,697	-0,605	-0,625
11 - Campo inundado y zona pantanosa	-0,547	0,275	-0,314	-0,655	-0,574	-0,465	-0,446	-0,438
12 - Formación del campo	0,592	-0,256	-0,509	0,124	0,006	-0,325	0,198	0,167
15 - Pastizales	-0,034	-0,554	-0,118	-0,367	-0,010	-0,206	-0,468	-0,470
19 - Cultivos temporales	0,411	-0,041	-0,291	-0,288	-0,512	-0,281	-0,279	-0,256
21 - Mosaico de usos	-0,393	0,678	-0,077	-0,153	-0,395	-0,121	0,068	0,077
24 - Área Urbanizada	-0,533	0,648	0,982	0,854	0,818	0,983	0,795	0,811
25 - Áreas sin vegetación	-0,303	0,754	0,233	0,312	0,067	0,262	0,489	0,506
33 - Río, lago y océano	-0,822	0,861	0,170	-0,036	-0,155	0,078	0,207	0,210

CONCLUSÕES

Mais de 80% da bacia é ocupada por classes de ação antrópica (Pastagem, Mosaico de Usos e Lavoura Temporária), enquanto menos de 10% corresponde à cobertura natural (Formação Florestal e Formação Savânica).

Há correlação forte negativa entre a classe de uso do solo Silvicultura com a Temperatura da água (r: -0,721), a classe Lavoura Temporária com o parâmetro Turbidez (r: -0,707), ainda a classe de Lavoura Temporária com a Turbidez (r: -0,707).

Para correlação forte positiva destaca a classe Área Urbanizada com os parâmetros Potencial Hidrogeniônico ($r: 0,976$) e com a Condutividade elétrica ($r: 0,884$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, A. D.; LOPES, J. C.; ANJOS NETA, M. M. S. Tripé da governança: Poder público, setor privado e a sociedade civil em busca de uma gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista Gestão e Sustentabilidade e Ambiental**, v. 8, n. 4 p. 506-522, 2019.

LIMA, E. A. C. F.; SILVA, H. R.; ALTIMARE, A. L. Uso atual da terra no município de Ilha Solteira, SP, Brasil: riscos ambientais associados. **Holos Environment**, v.4, p.81-96, 2004.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Cerrados - Planaltina, 46p. - (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n.33), 2001.

NASCIMENTO, M. C. do; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v.15, p.207-220, 2005.

PROJETO MAPBIOMAS, 2024. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo no Brasil**. Acesso em: 18 de junho de 2024. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/produtos/>>

RODRIGUES, V.A., **Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica**. In: RODRIGUES, V.A., STARZYNSKI, R. Workshop em manejo de bacias hidrográficas. Botucatu: FEPAF:FCA:DRN; 2004.

SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. dos. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Sergipe. **Revista Multidisciplinar da UNESP. Saber Acadêmico**, n. 10. 2010.

SANTOS, N. B. C., SANTOS, R.H.G., SILVA, R. F., 2018. Aplicação da Análise Multivariada e da Resolução CONAMA 357/2005 para Análise da Qualidade de Água em Rios de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11. 2024.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2004.

SCHLINDWEIN, J. R.; DURANTI, R. R.; CEMIN, G.; FALCADE, I.; AHLERT, S. Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul (RS) através de imagens do satélite CBERS. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1103-1107.

SOARES, J. A. B.; CAMARGO, G. de.; GIONGO, P. R.; GOMES, L. F.; COSTA, A. R. da.; SILVA, P. C. Estudo hidrológico das bacias hidrográficas em Santa Helena de Goiás. **Brazilian Journal of Development**. v.6, n.6, p.35629-35647. 2020.

ZALIDIS, G.; STAMATIADIS, S.; TAKAVAKOGLU, V.; ESKRIDGE, K.; MISOPOLINOS, N. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.88, p.137-146, 2002.