



ANÁLISE DA OCUPAÇÃO, DEGRADAÇÃO E ASSOREAMENTO DO RIO SITIÁ EM SEU TRECHO URBANO NA CIDADE DE QUIXADÁ, CE

Maria Maiany Paiva Lima¹

Lucas da Silva²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar estudos ambientais sobre a área de modo a analisar o processo de ocupação associado a erosão e ao assoreamento de suas margens e assim, compreender sua degradação. Para a análise do uso e ocupação da área foi utilizado o índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) para os anos de 1996 e 2016, enquanto que a estimativa do assoreamento foi realizada indiretamente pelo cálculo da Equação Universal da Perda de Solo – USLE. Em 1996 as matas ciliares do rio Sitiá apresentavam alto grau de preservação, mas em 2016 a expansão da malha urbana da cidade suprimiu a vegetação que se encontrava as margens do rio, havendo poucos remanescentes, que estão ameaçados devido à pressão da urbanização. Em relação à perda de solo por erosão, mas esses podem se elevar com a continuidade processo de urbanização da cidade sobre as margens do rio.

Palavras-chave: Erosão; Recursos hídricos; Poluição; Sedimentação.

ABSTRACT

Analysis of the occupation, degradation and silting up of the Sitiá river in its urban stretch in the city of Quixadá, CE. The present work aimed to carry out environmental studies on the area in order to analyze the occupation process associated with erosion and silting of its banks and thus understand its degradation. For the analysis of the use and occupation of the area the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used for the years 1996 and 2016, while the estimate of siltation was performed indirectly by calculating the Universal Soil Loss Equation - USLE. In 1996 the riparian forests of the Sitiá River presented a high degree of preservation, but in 2016 the expansion of the urban network of the city suppressed the vegetation on the banks of the river, with few remnants, which are threatened due to the pressure of urbanization. In relation to soil loss by erosion, but these can increase with the continued urbanization process of the city on the river banks.

Keywords: Erosion; Water resources; Pollution; Sedimentation.

1 Instituto Federal do Ceará -IFCE - Campus de Quixadá. Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (2021). Atualmente é engenheira ambiental e sanitária da Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte. E-mail: <maianypaival@gmail.com>

2 Mestrado em Manejo de Solos e Água pela Universidade Federal da Paraíba e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba. Atualmente é Professor do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Ceará.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização da maioria das cidades brasileiras aconteceu de forma desordenada e sem planejamento, permitindo que houvesse a ocupação de áreas impróprias, entres estas, as margens de rios. A principal consequência desse tipo de ocupação é a perda da mata ciliar, ocasionando o assoreamento que, além de alterar e/ou deteriorar a qualidade da água e provocar a perda da diversidade de fauna e a flora, o decréscimo da velocidade da água resultando também na redução da disponibilidade hídrica (Andrade et al., 2007).

A degradação ambiental da vegetação ciliar da caatinga e uma das mais ameaçadas do planeta, e ao mesmo tempo apresenta uma rica diversidade em recursos naturais. Que vem sendo ameaçada pelo uso inadequado da terra, provocando degradação ambiental, principalmente causada pela supressão da vegetação nativa. Ocasionalmente o empobrecimento do solo, com a perda de suas principais funções ambientais devido a sua exposição a agentes erosivos. As pressões antrópicas, baixos níveis de precipitações e mudanças climáticas deixam a caatinga um ambiente extremamente vulnerável à degradação ambiental devido (Ribeiro e Lima, 2020). A supressão da vegetação realizada principalmente pelas atividades agropecuárias é um dos fatores que ocasionam mais riscos para o empobrecimento dos rios, pois diminuem a proteção dos corpos hídricos, tornando-os suscetíveis ao assoreamento e à poluição por carregamento de material (Lima e Silva, 2018).

A importância da cobertura do solo sobre as perdas de água e solo pode ser compreendida por meio da interferência que a cobertura do solo tem sobre as gotas de chuva, provocando a dissipação da energia cinética do impacto das mesmas sobre a superfície, diminuindo a desagregação inicial das partículas de solo e conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada. Somando-se a isso, a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, provocando a diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (Vanzela et al., 2010).

O assoreamento pode ser uma consequência da combinação de dois fatores: o primeiro fator pode ser o grau de degradação das pastagens, intensamente afetadas pela erosão laminar que contribui para emissão de carga sedimentar para os vales; o segundo elemento está relacionado à diminuição da vazão do canal, consequência direta do elevado número de outorgas de poços artesianos. (Cunha, 2013). Destaca-se também a relação existente entre a perda de solos e deposição de sedimentos com o escoamento superficial e a precipitação (Costa et al., 2015).

Através do mapeamento de uso e cobertura do solo e análises de mudanças em Sistema de Informação Geográfica (SIG), é possível obter uma precisa avaliação da evolução da urbanização (Marcos, Hasenack e Hofmann, 2017), bem como compreende o aumento da degradação ambiental nas encostas fluviais (e seu processo de degradação das margens do trecho urbano. Associado ao sensoriamento remoto os SIGs representam uma ferramenta essencial para tais estudos, sendo ferramentas importantes na medida em que a informação é tratada próxima da realidade, apresentando diversas alternativas de cenários do ponto de vista ambiental, econômico e social (Farina, Ayup-Zouain e Silva, 2017).

Atualmente a bacia hidrográfica do rio Banabuiú, que o rio Sitiá faz parte, encontra-se em avançado processo de degradação ambiental, devido à presença de despejo de esgotos domésticos e efluentes

industriais, à poluição dos mananciais pelos rebanhos e principalmente devido ao mau uso do solo da área de drenagem (Lima e Silva, 2018). Esse processo de degradação, deixa a área do rio Sitiá mais suscetíveis a processos erosivos, principalmente em suas áreas cultivadas com pastagem, isso ocorre devido à degradação do solo e manejo inadequado destas áreas, observando a necessidade de adoções de medidas de manejo e conservação do solo (Costa et al., 2015).

Diante disto, é fundamental promover um diagnóstico e prognóstico claro e objetivo como estratégias adequadas para garantir a conservação da biodiversidade aquática e padrões mínimos de qualidade socioambiental que possam refletir na qualidade dos corpos hídricos. (Silva, 2020).

Nesse contexto, torna-se importância a realização de estudos e definições de parâmetros que sejam capazes de retratar a realidade das condições ambientais locais, que possam propor alternativas para mudar a atual situação de degradação em que essa região se encontra. (Silva e Lima, 2017). Visando assim, uma melhor gestão dos recursos hídricos dando atenção a quem vive e trabalha no local e arredores do rio, através de ações de mitigação de proteção e reposição das áreas de preservação permanente, implantação de uma rede coletora bem como o controle dos efluentes industriais lançados no corpo hídrico (Araújo et al., 2021; Lach et al., 2020).

Diante do cenário atual de ocupação das margens de rios em áreas urbanas, assim como também acontece no Rio Sitiá, na cidade de Quixadá-CE, torna-se fundamental o estudo dos canais fluviais para a compreensão do aumento da degradação ambiental nas encostas fluviais (Frederice, 2010). Logo, o presente trabalho teve como objetivo analisar o processo degradação das margens do trecho urbano do rio Sitiá, associado ao uso e ocupação do solo e aos processos erosivos atuantes nas margens do rio.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise do uso e ocupação do solo da área de estudo foi utilizado o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada apresentado por Rouse et. al., em 1974 e normalizado por Deering, em 1978. Esse índice é expresso como a diferença entre a banda do infravermelho próximo e vermelho, normalizada pela soma das bandas (Equação 01):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (01)$$

Esse índice de vegetação é capaz de minimizar efeitos topográficos ao reduzir uma escala linear de medida, possui a propriedade de variar entre -1 a +1 (quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximada para superfícies não vegetadas.

Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 8 e Landsat 5, dos dias 26 de agosto de 2016 e 22 de outubro de 1996, respectivamente. As mesmas foram obtidas no site do USGS (United States Geological Survey) ambas com resolução espacial de 30m. Foi escolhida para a análise a estação seca do ano, pois segundo Aquino et. al., (2017) o NDVI não é adequado para detectar alterações no comportamento espectral do bioma caatinga durante a estação chuvosa.

As imagens foram processadas em ambiente SIG no software ArqGIS 10.1 através da álgebra de mapas. Para isso, foram utilizadas as bandas 4 e 5 do satélite Landsat 8 e as bandas 3 e 4 do satélite Landsat

5, ambas na órbita 217 e no ponto 63. Em seguida as imagens foram classificadas de acordo com a tabela abaixo (Tabela 1):

Tabela 1. Classificação da cobertura do solo em função do valor do NDVI

Classes Temáticas	Varição do NDVI
Corpos d'água	-1,00 a -0,18
Áreas sem vegetação	-0,18 a -0,04
Vegetação decídua menos densa	0,04 a 0,03
Vegetação decídua mais densa	0,03 a 0,14
Vegetação semidecídua	0,14 a 0,29
Vegetação perenifolia	0,29 a 1

Fonte: Adaptado de Barbosa et. al. (2017)

Enquanto que a análise do assoreamento do rio Sitiá foi realizada indiretamente por meio da estimativa de perda de solo das suas margens. Inicialmente, delimitou-se por meio de imagem de satélite a área de influência sobre o rio, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. Área e influência sobre o trecho urbano do Rio Sitiá para o cálculo da USLE

Dentro dessa faixa foi aplicada a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS (Universal Soil Loss Equation - USLE) desenvolvida nos estados unidos, essa equação é baseada em dados derivados de grande quantidade de experimentos de campo a aborda os quatro maiores fatores responsáveis pelo processo erosivo e consequente assoreamento dos corpos d'água: clima, solo, topografia e uso e manejo do solo.

Originalmente a USLE foi desenvolvida para o uso em terras agrícolas e cultivadas, mas atualmente vem sendo aplicada para diversos outros tipos de uso. A expressão matemática apresenta-se da seguinte forma (Equação 02):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (02)$$

Onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área;

R = índice de erosão pela chuva;

K = erodibilidade do solo;

L * S = topografia;

C * P = cobertura vegetal e uso e ocupação do solo.

O cálculo da USLE foi realizado pixel a pixel com álgebra de mapas por meio do uso de SIG, com o software ArcGis 10.1.

Para o cálculo da erosividade das chuvas (Fator R), foram utilizados os dados de precipitação pluvial diária do posto pluviométrico mais próximo à área, pertencente à Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME. Calculou-se então o fator R de acordo com a Equação (03) adaptada por Silva (2004), baseada no índice de Fournier.

$$R_x = 42,307 * (M_x^2/P) + 69,763 \quad (03)$$

Sendo R_x o fator R (MJ mm há⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) por mês x, M_x é a precipitação média mensal em mm e P é a precipitação média anual também em mm.

A determinação do fator K, erodibilidade, foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica e determinada com base no mapa de solos do Estado do Ceará.

Os fatores L, comprimento da rampa e S, classe de declividade, foram determinados em conjunto, utilizando a equação sugerida por Chair (2005), para isso foram extraídas das imagens a rede de denegam e a declividade da área de estudo e os fatores foram calculados utilizando álgebra de mapas.

O fator C, uso e cobertura do solo foi determinado por meio de imagens dos satélites no software Google Earth Pro. E por se tratar de uma área essencialmente urbana, não foi possível calcular o fator P, práticas conservacionistas, pois este é direcionado para áreas agrícolas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do mapa de uso e ocupação do solo em 1996 (Figura 2) permite inferir que as margens do rio Sitiá apresentavam pouco ou nenhum estado de degradação, com predominância da vegetação semidecídua e perenifólia, típica de matas ciliares do semiárido brasileiro. Seus afluentes também se encontravam em bom estado de preservação quanto à manutenção das características naturais da vegetação do entorno.

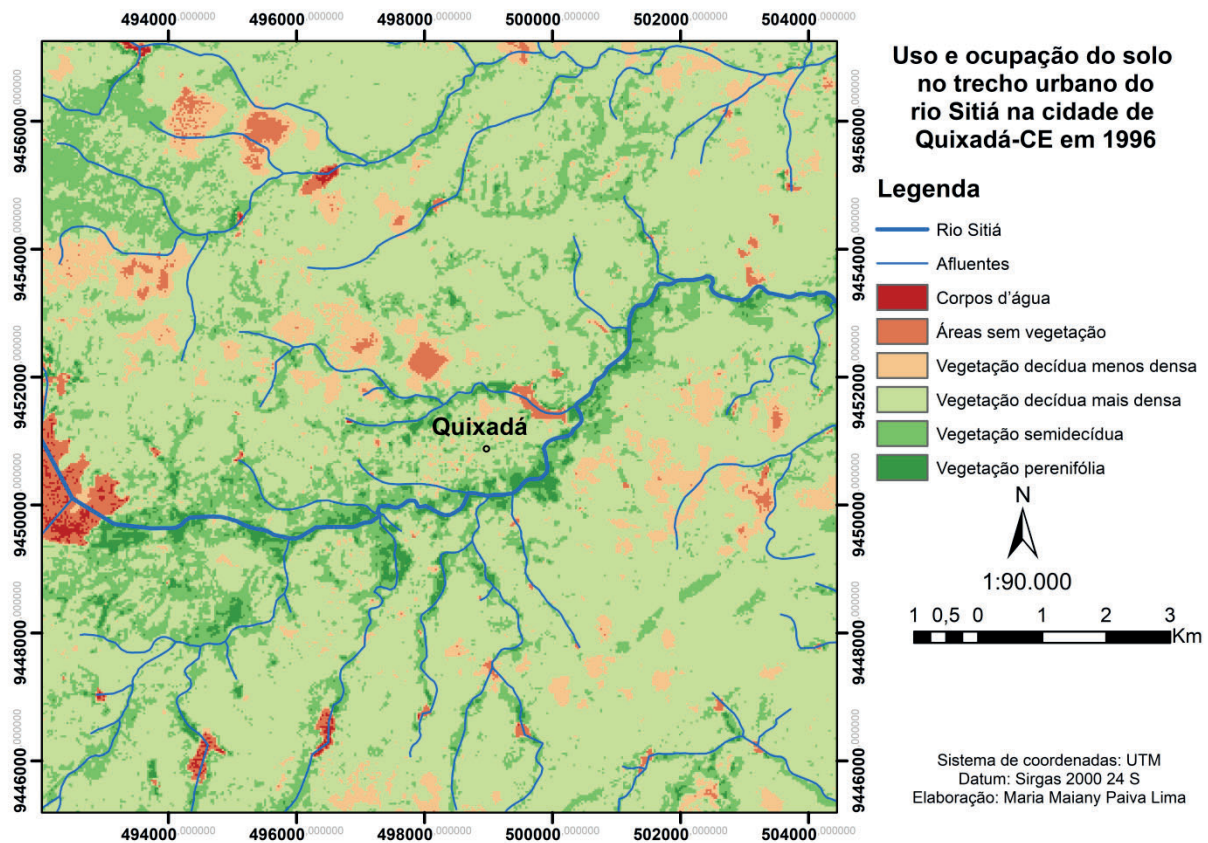


Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo no trecho urbano do rio Sitiá na cidade de Quixadá-CE em 1996.

A cobertura do solo tem o papel fundamental de evitar a erosão e dessa forma também preservar a qualidade da água, por meio da interferência sobre as gotas de chuva, provocando a dissipação da energia cinética do impacto das mesmas sobre a superfície, diminuindo a desagregação inicial das partículas de solo e conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada. Somando-se a isso, a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, provocando a diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (VANZELA et al. 2010).

A ocupação e a intervenção antrópica sobre os cursos d'água tem alterado a cobertura do solo tornando-o suscetível a degradação. Ao se observar o mapa de uso e ocupação do solo de 1996 percebe-se o início do desenvolvimento da cidade de Quixadá, ainda sem efeitos significativos sobre a dinâmica e qualidade do rio.

Entretanto, em 2016, é possível notar uma mudança significativa nos padrões de uso e ocupação do solo. A expansão da área urbana provocou a ocupação das margens do rio Sitiá e conseqüente perda de sua mata ciliar, como pode se observar na Figura 3 houve um aumento significativo das áreas sem vegetação e com vegetação decídua menos densa.

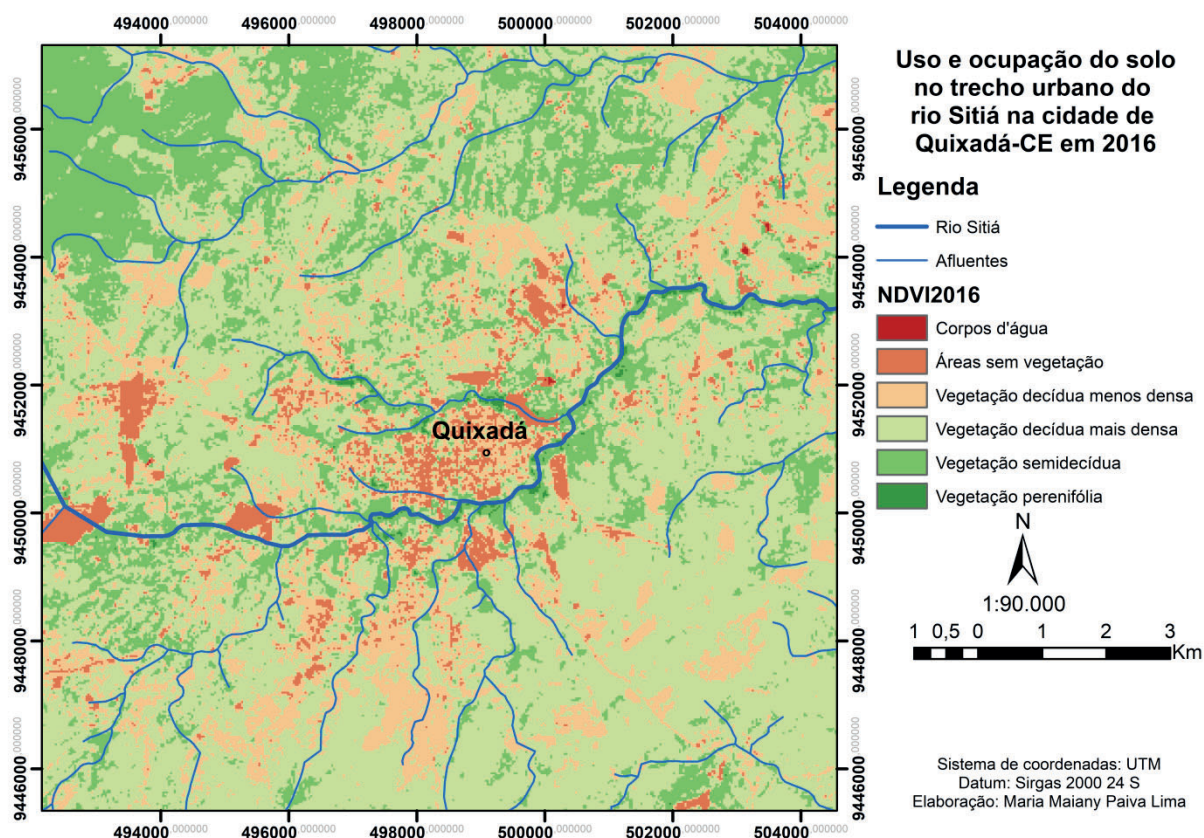


Figura 3. Mapa de uso e ocupação do solo no trecho urbano do rio Sitiá na cidade de Quixadá-CE em 2016.

Os maiores níveis de áreas não vegetadas ocupadas pela expansão da malha urbana da cidade são observados nas margens próximas ao centro da cidade. E as demais áreas estão sofrendo forte pressão devido aos núcleos urbanizados nas regiões mais periféricas da cidade. O fluxo entre esses núcleos e o centro da cidade provoca a degradação dos remanescentes de matas ciliar e indica que essas áreas podem futuramente deixar de existir. Logo, são as que exigem intervenção imediata para sua preservação.

Os impactos dessa ocupação estão relacionados à contaminação dos corpos d'água pelo lançamento de esgoto bruto, a retirada da cobertura vegetal, com conseqüente redução dos habitats silvestres, além da impermeabilização e ocupação de áreas alagadas do solo provocando transtornos devido às enchentes (Brandão e Lima, 2002).

Essa ocupação desordenada expõe a população a inúmeros riscos, além de ser responsável pelo desencadeamento de diversos problemas ambientais (Frederice, 2010). E diante disso é fundamental a preservação dos remanescentes de vegetação nas margens do rio Sitiá e a recuperação de suas matas ciliares, associadas ao adequado planejamento ambiental urbano da cidade.

Em relação à análise do assoreamento, está foi realizada indiretamente pelo cálculo da perda de solo por unidade de área utilizando a Equação Universal de Perda do solo (USLE).

O valor calculado para o fator R, erosividade da chuva, foi considerado constante para toda a área de estudo, pois a mesma apresenta apenas um posto pluviométrico com mais de 30 anos de observações, o que é uma condição de entrada no modelo. Sendo assim, foi encontrado na área um valor de 5855,65 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Segundo Carvalho (1994) esse valor da erosividade é considerado médio.

Em relação ao fator erodibilidade (K), a área de estudo apresenta somente a classe de solo Planossolo, com valor aproximado de erodibilidade de 0,055368 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, de acordo com Miguel (2000).

O fator topográfico, LS, assim como o anterior, apresentou somente uma classe para toda a área de estudo, por se tratar de uma área pequena, com valor variando entre 0 – 1, com valor médio de 0,5.

Enquanto que o fator C, cobertura do solo, apresentou na totalidade da área de estudo a classe antropizada, com valor de vulnerabilidade de 0,04 (Serio et al., 2008).

Após a realização de todos os procedimentos foi realizada a interação de todos os fatores da USLE para a obtenção do valor da perda de solo e foi obtido o valor de 6,52 t ha⁻¹ ano, que, segundo Fornelos e Neves (2006) é considerado um valor baixo para a perda de solo.

CONCLUSÕES

A partir do processamento das imagens de satélite dos anos de 1996 e 2016 utilizando o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), foi possível verificar a dinâmica temporal do uso e ocupação do solo no trecho urbano do rio Sitiá na cidade de Quixadá-CE. A expansão da malha urbana da cidade provocou a supressão da vegetação nas margens do rio causando impactos ambientais e na qualidade de vida das populações. Os fragmentos de mata ciliar restantes, estão ameaçados devido a pressão exercida pelo processo de urbanização da cidade e exigem intervenção imediata para sua preservação e recuperação das áreas já degradadas.

Dentre os principais tipos de degradação dos rios está à erosão de suas margens e consequente, assoreamento de seu leito, que, no caso do rio Sitiá, de acordo com a aplicação da equação USLE apresenta valores baixos para a perda de solo. Apesar da área de estudo apresentar pouco risco de degradação por erosão e assoreamento, essa estimativa pode elevar-se no decorrer do tempo com o processo de urbanização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LEEABC/IFCE-Campus de Quixadá, ao PIBIC IFCE CNPq pelo auxílio financeiro que possibilitou a realização do projeto.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M. de. et al. 2007. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Engenharia Agrícola**, 27(3): 683-690.
- ARAÚJO, L. et al. Diagnóstico ambiental da microbacia do mutum, na APA do rio Uberaba, Minas Gerais. **Revista de Ciências Ambientais**, 15(3): 01-15.
- BARBOSA, A. H. da S.; CARVALHO, R. G. de; CAMACHO, R. G. V. 2017. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia USP**, 33: 128-143.
- BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. 2002. Diagnóstico ambiental das áreas de preservação permanente (APP), margem esquerda do rio Uberabinha, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, 3(7): 41-62.

- CARVALHO, N.O. 1994. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 372 p.
- CHAIR, L. Z. 2005. **Soil erosion modeling using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a drainage basin in eastern Mexico**. Disponível em: <http://www.utexas.edu/depts/grg/ HUDSON/grg360g/EGIS/labs_04/Lab9/lab9_soil_erosion_05.htm>. Acesso em: 02 dez. 2021.
- COSTA, C. D. de O. et al. Estimativa das perdas de solo e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica sob processo de degradação ambiental. **Revista de Ciências Ambientais**, 9(2): 37-50.
- CUNHA, M. S. A. 2013. **Análise espacial dos usos de água outorgados para a bacia do Ribeirão Ubá (MG), no período de 2007 a 2012**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, 47p.
- DEERING, D. W. 1978. **Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors**. Dissertation (Ph. D) – Texas A&M University, College Station, TX. 338p.
- FARINA, F. C.; AYUP-ZOUAIN, R. N.; SILVA, T. da. Análise do potencial energético renovável baseado em sistemas de informação geográfica: caso do litoral norte, RS. **Revista de Ciências Ambientais**, 11(1): 33-47.
- FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. da S. 2006. Uso de Modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. In: I Simpósio de Geotecnologias do Pantanal, 2006, Campo Grande. p. 182 – 191
- FREDERICE, A. et al. 2010. Diagnóstico ambiental do rio Corumbataí em trecho urbano do município de Rio Claro, SP. **Geociências**, 29(4): 643-657.
- LACH, C. E. et al. Avaliação da qualidade da água do rio Hercílio, município de Ibirama, SC. **Revista de Ciências Ambientais**, 14(1): 07-16.
- LIMA, M. M. P.; SILVA, L. 2018. Análise da Vulnerabilidade natural da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, com apoio de geotecnologia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 11(4): 1442-1457.
- MARCOS, M. E. de M.; HASENACK, H.; HOFMANN, G. S. Expansão urbana e alterações do uso e cobertura do solo no município de Canoas (Rio Grande do Sul) no período 1984 a 2014. **Revista de Ciências Ambientais**, 11(3): 71-89.
- MIGUEL, P. 2010. **Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo.) – Universidade Federal de Santa Maria, 112p.
- RIBEIRO, E. M. S.; LIMA, R. L. F. A. 2020. Educação ambiental na caatinga: aprendendo o valor da biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos no ensino escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, 15(6): 1-3.
- ROUSE, J. W. et al. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 1974, Washington. p. 10-14.
- SERIO, J. et al. 2008. Application of USLE and SIG in the characterization of three small watersheds in Brazil. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.** 6(2): 213-221.
- SILVA, A.M. 2004. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, 57: 251-259.
- SILVA, F. P. 2020. Geomorfológicas e Ecológicas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá (MG). **Espaço Aberto**, 10(2): 27-52.
- SILVA, L. LIMA E. R.V.L. 2017. Índice de sustentabilidade da dimensão ambiental da Bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE. **Espaço Aberto**. 7(1): 71-85.
- VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. 2010. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14(1): 55-64.

VICENTE, P. G et al. 2021. Desenvolvimento sustentável na caatinga é possível? Visão dos alunos de ensino médio de uma escola pública de Quixelô (CE). **Revista Brasileira De Educação Ambiental**, **16**(4): 102–120.