

## GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA QUANTIFICAÇÃO DE PERDAS DE SOLO

FELIPE DE SOUZA NOGUEIRA TAGLIARINI <sup>1</sup>, MIKAEL TIMÓTEO RODRIGUES <sup>1</sup>, BRUNO TIMÓTEO RODRIGUES <sup>1</sup>, SERGIO CAMPOS <sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNESP - Universidade Estadual Paulista (Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Botucatu-SP)

Apresentado no  
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018  
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo realizar uma estimativa das perdas de solo por erosão, por meio da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE), para avaliar o grau de degradação existente na bacia hidrográfica do Córrego Anhumas, localizada entre os municípios de Anhembi, Bofete e Botucatu, Estado de São Paulo. Os mapas de Erosividade da chuva, Erodibilidade do solo, fator topográfico, uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas foram elaborados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) a partir de dados do programa netErosividade SP, mapa de solos do Estado de São Paulo, do Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDE) - Projeto TOPODATA - e de imagens do satélite LANDSAT-8, respectivamente. A sobreposição dos mapas de perdas de solo e das subclasses permitiu a elaboração do mapa de adequação agrônômica, que demonstrou a aptidão da bacia para culturas anuais, perenes em geral, reflorestamentos e pastagens, além da importância de aliar áreas de conservação/preservação da vegetação nativa com as áreas de produção agrícola, de maneira equilibrada, contribuindo ainda mais para a diminuição das taxas de perdas de solo por erosão, gerando menor degradação ambiental e podendo ser um modelo de planejamento agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Processo Erosivo do Solo, Modelagem Ambiental, Sistema de Informações Geográficas

## GEOPROCESSING APPLIED TO THE QUANTIFICATION OF SOIL LOSSES

**ABSTRACT:** The objective of this study was to estimate soil erosion losses by means of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), to evaluate the degree of degradation in the Anhumas watershed, located between the municipalities of Anhembi, Bofete and Botucatu, State of São Paulo. Rain erosion, soil Erodibility, topographic factor, land use and occupation and conservation practices were elaborated in a Geographic Information System (GIS) environment using data from the netErosividade SP program, a soil map of the State of São Paulo, of the Digital Terrain Elevation Model (MDE) - TOPODATA Project - and LANDSAT-8 satellite images, respectively. The overlapping of the soil loss maps and the subclasses allowed the elaboration of the agronomic adequacy map, which demonstrated the ability of the basin for annual crops, perennials in general, reforestation and pasture, and the importance of allying areas of conservation / preservation of vegetation native to the agricultural production areas, in a balanced way, contributing even more to the reduction of soil loss rates due to erosion, generating less environmental degradation and being a model of agricultural planning.

**KEYWORDS:** Soil Erosion, Environmental Modeling., Geographic Information System.

**INTRODUÇÃO:** O solo possui uma grande extensão de cobertura sobre o globo terrestre, sendo uma das maiores fontes de nutrientes para os vegetais, microrganismos, animais e o homem. O solo possui um equilíbrio dinâmico entre os fatores que determinam suas características intrínsecas como: o clima, material de origem, topografia, biota e tempo, pois o não equilíbrio entre o mesmo e os seus constituintes desencadeia em processos de degradação, o qual é denominado de erosão ou processo erosivo do solo. A erosão é uma das formas mais significativas de degradação do solo, ela sofre grande influência pela intensidade e distribuição anual das chuvas;

pelas propriedades e características intrínsecas do próprio solo; pela topografia; pelo uso e ocupação da terra; e a presença ou ausência de práticas de conservação. A ação antrópica pode acelerar e/ou intensificar a dinâmica do processo erosivo, principalmente pelo seu uso inadequado e a ausência de práticas conservacionistas do solo. A interferência do homem pode ter como consequências negativas como: a perda de área agricultável; a redução da fertilidade natural do solo; o assoreamento de cursos d'água pela deposição de sedimentos; a degradação e comprometimento de estradas rurais, entre outros prejuízos. Além do uso adequado do solo e práticas de caráter conservacionista, a utilização de modelos, que possam prever e quantificar as perdas de solos por erosão pode vir a ser de grande valor na tomada de decisão e maximização da produtividade no campo. Um modelo amplamente conhecido e com grande utilização na estimativa de perdas de solo por erosão é o da Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation – USLE*). Vários fatores interferem nesta modelagem como: a erosividade da chuva; a erodibilidade do solo; a topografia; a cobertura e ocupação do solo; e o uso de práticas conservacionistas de solo. Esta modelagem posteriormente foi revisada e aperfeiçoada, resultando na Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE*). as técnicas de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Fotointerpretação, que podem ser implementadas no ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são de grande valia dentro do planejamento ambiental e na avaliação do uso e ocupação do solo, além da degradação do mesmo, permitindo a geração de estimativas para possíveis perdas de solos por erosão, a classificação das terras segundo as suas subclasses de capacidade de uso, a simulação da degradação de áreas através de múltiplos cenários e diversos tipos de análises espaciais, gerando como resultados mapas, gráficos e tabelas com uma grande gama de informações referentes a área de interesse com rapidez, precisão e confiabilidade (RODRIGUES; RODRIGUES; TAGLIARINI, 2014; RODRIGUES, 2015). Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo geral realizar uma estimativa das perdas de solo por erosão, para avaliar o grau de degradação existente na bacia hidrográfica do Córrego Anhumas, utilizando técnicas de Geoprocessamento.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A bacia hidrográfica do Córrego Anhumas (Figura 1) está localizada na região de divisa entre os municípios de Anhembi, Bofete e Botucatu, inserida na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo. Com relação aos municípios a que sua área pertence, Anhembi ocupa a porção leste, enquanto que Bofete fica na parte mais ao sul e Botucatu a oeste.

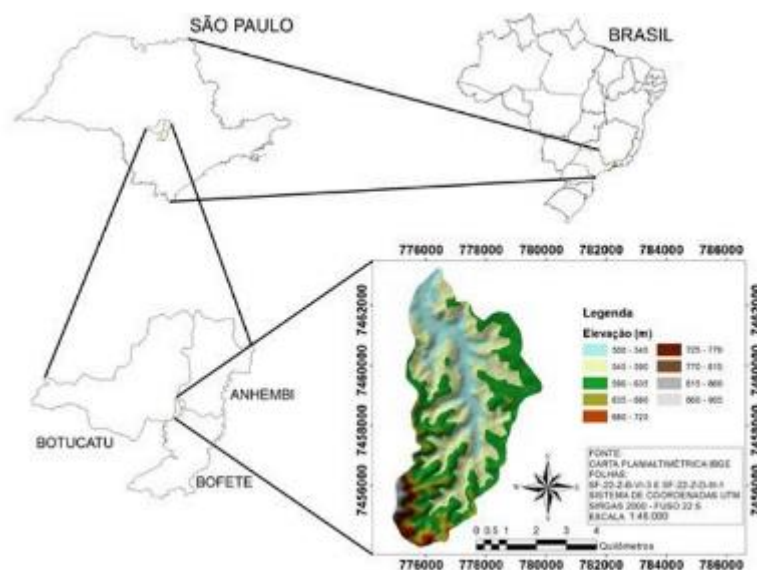


FIGURA 1. Localização da bacia hidrográfica do Córrego Anhumas/SP.

A cartográfica digital utilizada foi oriunda de imagem de satélite LANDSAT-8, sensor OLI (*Operacional Land Imager*), de 13 de agosto de 2015, da órbita 220, ponto 76, operando em onze bandas espectrais das quais, para esta pesquisa, foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6, referentes ao vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio respectivamente, pois estas apresentam uma melhor visualização na discriminação dos alvos. Também foi utilizada a banda 8 (pancromática) do satélite LANDSAT-8, que possui resolução de 15 metros para ser fusionada com as demais, transformando suas resoluções também em 15 metros, para melhor identificação dos objetos em análise nas imagens. As imagens foram obtidas gratuitamente através do catálogo de imagens do Departamento do Interior dos EUA/Pesquisa Geológica dos EUA (*U.S. Department of the*

*Interior/U.S. Geological Survey*). A utilização de imagem de satélite foi fundamental para a elaboração do mapa de uso e ocupação atual do solo, geração dos buffers de APP (Áreas de Preservação Permanente) e também para o mapa de práticas de conservação do solo. O software ArcGIS 10.3 foi utilizado para geração dos mapas temáticos e também a geração MDE, além do processamento das informações, georreferenciamento, composição colorida da imagem de satélite - bandas 6, 5 e 4 em filtro BGR (Blue, Green e Red) -. A plataforma ArcGIS baseia-se na estrutura de três aplicativos: ArcCatalog, ArcMap e ArcToolbox, a utilização destes três permite desempenhar tarefas simples ou complexas, como gestão de dados geográficos, cartografia, análise espaciais, edição avançada de dados ou ligação à base de dados externos. O aplicativo TerrSet, por meio do seu módulo IDRISI GIS Analysis também foi utilizado para a geração do mapa das classes de capacidade de uso do solo pela sua ferramenta de análise conhecida como Overlay. A perda de solo anual da bacia hidrográfica do Córrego Anhumas foi determinada no ArcGIS por meio do produto entre o Potencial Natural de Erosão (PNE) e os Fatores C e P, com isso formulando o modelo da RUSLE. Semelhante ao cálculo do PNE, o cálculo da RUSLE foi realizado com o uso da ferramenta *Raster calculator*, com a utilização de cada raster correspondente aos fatores, seguindo metodologia proposta por Costa (2014), onde cada fator recebeu o mesmo peso de ponderação na equação. O mapa da RUSLE então foi reclassificado qualitativamente em classes indicativas para a perda de solo (Tabela 1), de acordo com a classificação proposta por Costa (2014), utilizando-se da ferramenta *Reclass* do ArcMap.

TABELA 1. Classes indicativas para as perdas de solo.

CLASSES DE PERDA DE SOLO	INTERVALO (T/HA/ANO)
Nula	0 - 10
Moderada	10 - 25
Média	25 - 50
Média Forte	50 - 75
Forte	> 75

Fonte: Adaptado de Costa (2014).

Com a posse dos buffers pode-se então criar o mapa de adequação agrícola da área sobrepondo todos esses mapas, onde excluído-se as áreas de vegetação nativa já existentes, as APP, e as áreas de infraestruturas, todo o restante fica apto para a agricultura, respeitando os locais onde as perdas de solos ocorrem em maiores proporções e seguindo os critérios das subclasses de capacidade do uso do solo, podendo dessa forma, cultivar desde culturas anuais, perenes, pastagem, reflorestamentos, até áreas que devido aos maiores riscos de degradação ao solo, o melhor uso é a destinação para a ocupação por vegetação nativa. O mapa final foi dividido em classes e na Tabela 2 pode-se observar as classes de adequação agrônômica definidas para a bacia do Córrego Anhumas.

TABELA 2. Classes indicativas para as perdas de solo.

CLASSES DE ADEQUAÇÃO	CULTIVO MAIS ADEQUADO
Classe I	Desde culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamentos
Classe II	Desde culturas perenes, pastagens e reflorestamentos
Classe III	Pastagens e reflorestamentos
Classe IV	Destinação a vegetação nativa

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O modelo de perdas de solo da RUSLE, engloba além dos fatores empregados no PNE (Fator R, Fator K e Fator LS), que são os abióticos ou naturais do meio, também engloba os fatores antrópicos (Fator C e Fator P) condicionantes de erosão, que de alguma maneira possuem a influência humana. Na Figura 1A é possível observar o produto dos cinco fatores que formam a RUSLE divididos em classes de perdas de solo. A classe de perda de solo de maior representatividade, corresponde a classe Moderada (10 a 25 t/ha/ano) com 36,74 % de abrangência, seguida pela classe Nula (0 a 10 t/ha/ano) com 24,30 % da área total. Essas duas classes de perdas, com as menores taxas de erosão, se somadas representam 61,04 % da bacia, semelhante ao encontrado para o PNE que possui 67,16 % representado pelas classes Fraco e Moderado que também são as de menores perdas e também semelhante ao PNE possuem distribuição ampla pela área da bacia hidrográfica. Este fato também foi observado por Demarchi (2012), estudando as perdas de solo da sub-bacia do Ribeirão das Perobas em Santa Cruz do Rio Pardo-SP e evidencia que os Fatores C e P (antrópicos) da RUSLE estão colaborando com a redução da taxa de erosão na bacia hidrográfica em mais de metade de sua totalidade conservando o solo e recursos hídricos da área. A adequação agrônômica do Córrego Anhumas consistiu no cruzamento dos Mapas da perda de solos com o das subclasses de capacidade de uso do solo, dessa forma, aliando uma problemática real na bacia que são as perdas por erosão com as subclasses, que de acordo com o

tipo de solo e declividade informa o melhor uso em teoria para uma dada área. A adequação (Figura 1B) também levou em consideração usos e estruturas consideradas como imutáveis dentro da bacia hidrográfica devido a sua importância ambiental, social e econômica como as áreas de APP, os remanescentes de Vegetação nativa, o Bairro rural de Anhumas pertencente ao município de Botucatu-SP, a Rodovia Marechal Rondon (SP-300 e SP-147) e a Ferrovia (Estrada de Ferro Sorocabana).

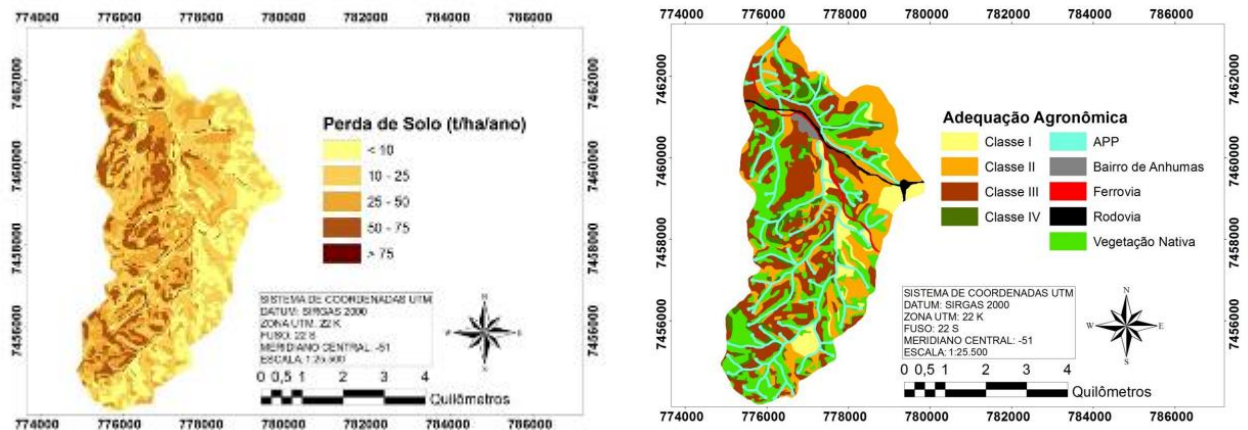


FIGURA 2. (A) Modelo RUSLE da perda anual média de solos da bacia hidrográfica do Córrego Anhumas/SP. (B) Adequação agrônômica da bacia hidrográfica do Córrego Anhumas/SP.

**CONCLUSÕES:** Grande parcela da bacia possui classes de perda de solo entre Nula, Moderada e Média, estando dentro do limite tolerável de perdas por processos erosivos, demonstrando que a bacia hidrográfica do Córrego Anhumas apresenta uma situação estável de degradação ambiental. As subclasses de capacidade de uso do solo na bacia do Córrego Anhumas, demonstram grande aptidão para agricultura, desde áreas para culturas anuais com práticas mais complexas de conservação de solo, até áreas mais aptas a culturas perenes, pastagens e reflorestamentos por recobrirem mais o solo diminuindo riscos de erosão. A aplicação das técnicas de Geoprocessamento para a implementação do modelo da RUSLE e a geração da Adequação Agrônômica em ambiente SIG, utilizando-se de informações geoespaciais, permitiu a obtenção de produtos com extrema rapidez, precisão e confiabilidade nos resultados encontrados.

## REFERÊNCIAS:

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias aplicadas à estimativa de perdas de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão das Perobas, município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP.** 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

COSTA, B. O. **Perda de solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico - SP, utilizando de técnicas de geoprocessamento.** 2014. 85 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2014.

RODRIGUES, M. T. **Comportamento de Sistemas de Informações Geográficas por meio de classificação supervisionada em diferentes bacias hidrográficas.** 2015. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; TAGLIARINI, F. S. N. Comparação do desempenho de Sistemas de Informação Geográfica (IDRISI Selva e ArcGIS®) por meio de processamento digital de imagem. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 265-280, 2014.

USGS. U.S. Department of the Interior / U.S. Geological Survey. **Browse Images.** 2016. Disponível em: Acesso em: 30 ago. 2015.