

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE PERDA DE SOLO ATRAVÉS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) PARA PRIORIZAÇÃO DE ESTRADAS RURAIS NO MUNICÍPIO DE OURO VERDE/SP¹

MARTIN, Paulo Sérgio²
TOMMASELLI, José Tadeu Garcia³

Recebido (Received): 2018-07-13 Aceito (Accepted): 2019-04-24

DOI:

Como citar este artigo: MARTIN, P. S.; TOMMASELLI, J. T. G. Determinação do potencial de perda de solo através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para priorização de estradas rurais no município de Ouro Verde/SP. **Formação Online**, v. 26, n. 48, p. 152-178, 2019.

Resumo

Neste presente trabalho buscou-se identificar as diversas variáveis do potencial de perda de solo no município de Ouro Verde/SP, identificando as estradas rurais ou trechos prioritários para readequação, considerando como parâmetro a classificação de solos, geologia, relevo, precipitação pluvial, o uso e ocupação da terra, as práticas de manejo conservacionista, e o cruzamento das informações com a situação atual das estradas rurais não pavimentadas. A interpretação visual da área de estudo, foi realizada através das imagens do satélite Sentinel-2. Foi realizado o mapeamento das áreas do município com o cruzamento de informações por meio da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e do programa InVEST® que estimou perdas de solo por erosão laminar. Para realização da priorização dos trechos críticos das estradas, foram utilizados os parâmetros de estruturas e situações, adaptado do Projeto de Desenvolvimento Rural Sustentável – Microbacias Hidrográficas II, obtendo-se o enquadramento das Classes de priorização. O resultado da priorização das estradas não pavimentadas, identificou aquelas que em sua extensão total ou em trechos, necessitam de uma intervenção imediata, a médio prazo e a longo prazo. Possibilitando seu uso na orientação para os gestores públicos como Prefeituras e FEHIDRO na análise e tomada de decisão. O programa InVEST® possibilitou explorar cenários com resultados futuros prováveis, e assim foram gerados os diversos mapas de potencialidade de erosão.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica (SIG). Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Estradas Rurais. InVEST. Potencial de perda de solo.

ASSESSMENT OF SOIL LOSS POTENTIAL THROUGH THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) FOR THE PRIORIZATION OF RURAL ROADS IN THE MUNICIPALITY OF OURO VERDE / SP

Abstract

This work aimed to identify all the variables of soil loss potential risk condition in the municipality of Ouro Verde / SP. Therefore, along with identifying unsafe road sections to make the necessary adjustments, taking into account the nature of soil classification, geology, relief rainfall, land use and occupation, conservationists influence and cross-referencing to different information about current approach for unpaved road condition. The visual interpretation of the study area was performed on the basis of an assessment of Sentinel-2 satellite imagery. Municipal areas mappings has been carried out with cross-checks of information through application of the Universal Soil Loss Equation (USLE) and the InVEST® program which has estimated the losses from soil erosion. In order to recognize and prioritize high-risk road stretches, it was inferred parameters of structures and situations, adapted from the Sustainable Rural Development Project - Hydrographic Microbasins II, obtaining full framework of Classes prioritization criteria. The result of prioritizing unpaved roads identified those that, in their

¹ Este artigo apresenta os resultados da dissertação de Mestrado defendida em 2018 no Programa de Mestrado Profissional em Geografia.

² Mestre no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente. E-mail: paulosergiomartin@gmail.com

³ Professor Dr. na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente. E-mail: tadeu@fct.unesp.br

total extent or stretches, which need immediate, medium-term and long-term action, enabling public administrators in the City Hall and FEHIDRO to use this guide as source of analysis and decision-making. The InVEST® program made possible to explore scenarios with probable future results, and thus various erosion potentiality maps were generated.

Keywords: Geographic Information System (GIS). Universal Soil Loss Equation (USLE). Rural Roads. InVEST, Soil Loss potential.

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE PÉRDIDA DE SUELO A TRAVÉS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA PRIORIZACIÓN DE CARRETERAS RURALES EN EL MUNICIPIO DE ORO VERDE/SP

Resumen

En el presente trabajo se buscó identificar las diversas variables del potencial de pérdida de suelo en el municipio de Oro Verde/SP, identificando las carreteras rurales o tramos prioritarios para readecuación, considerando como parámetro la clasificación de suelos, geología, relieve, precipitación pluvial, uso y ocupación de la tierra, las prácticas de manejo conservacionistas y el cruce de las informaciones con la situación actual de las carreteras rurales no pavimentadas. La interpretación visual del área de estudio, fue realizada a través de las imágenes del satélite Sentinel-2. Se realizó el mapeamiento de las áreas del municipio con el cruce de informaciones por medio de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) y del programa InVEST® que estimó las pérdidas de suelo por erosión laminar. Para realizar la priorización de los tramos críticos de las carreteras, se utilizaron los parámetros de estructuras y de situaciones, adaptados del Proyecto de Desarrollo Rural Sustentable – Microcuencas Hidrográficas II, obteniéndose el encuadramiento de las clases de priorización. El resultado de la priorización de las carreteras no pavimentadas, identificó aquellas que en su extensión total o en tramos, necesitan una intervención inmediata, a medio plazo y a largo plazo. Posibilitando su uso en la orientación para los gestores públicos como los ayuntamientos y FEHIDRO en el análisis y toma de decisiones. El programa InVEST® posibilitó explorar escenarios con probables resultados futuros y así fueron generados los diversos mapas de potencialidad de erosión.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica (SIG); Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE); Carreteras Rurales; InVEST. Potencial de pérdida de suelo.

1 Introdução

As estradas rurais são vias de acesso essenciais para manutenção da vida e do trabalho na zona rural, pois através delas são escoadas a produção agrícola, o transporte de insumos, de pessoas e tudo mais necessário para ocorrer integração do meio rural com urbano. Em suma, é fundamental para o carreamento das riquezas da nação. Com a exploração intensiva do solo, a cobertura natural superficial foi retirada, e isso acabou contribuindo ainda mais para a exposição do solo as ações erosivas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

O solo agrícola é patrimônio da humanidade, a Lei Estadual nº 6171, de 04 de julho de 1988 que diz que àqueles que se utilizam ou exploram, cabe a obrigatoriedade de conservá-lo, especificamente no que tange as estradas, deve haver adequação e manutenção, atuando em conjunto com o Governo Federal e os Municípios.

Segundo Magalhães (1995), as práticas de uso do solo através do seu revolvimento constante, não levando em consideração as tecnologias adequadas, ocasionaram mudanças

significativas na paisagem rural, comprometendo os recursos naturais, tornando-se um grave problema na atividade agrícola, e conseqüentemente sua sustentabilidade econômica.

Uma das causas do mal-uso do solo é a erosão, que pode ser definida como um processo onde ocorre a desestruturação do solo e, conseqüente seu transporte, podendo ser de forma natural ou antrópica (ZOCCAL, 2007).

O processo erosivo pode ser através do vento ou da água (natural), sendo a água o fator mais eficaz causador da erosão. Quando ocorre de forma natural, a erosão é normalmente gradual e lenta, tendendo o terreno a uma condição relativamente estável. Porém, quando o homem é o agente degradador, o processo tende a ocorrer de forma acelerada (BAPTISTA, 2003; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

De acordo com Bertolini (1994) e Drugowich (2011), as erosões são classificadas quanto ao tipo, podendo ser laminar ou linear, a forma de erosão laminar consiste na remoção superficial da camada do solo, sendo a primeira expressão do processo erosivo, a partir do momento que percebemos que esse tipo de erosão tem perdas de solo e acúmulo de sedimentos nos corpos hídricos, de forma mais significativa, é o sinal mais evidente da erosão linear.

Leal (1995) relaciona o processo de uso e ocupação das terras com as diversas modificações e alterações nas dinâmicas naturais do meio ambiente, resultando nas seguintes conseqüências: diminuição da infiltração no solo, erosão, voçoroca, transporte de materiais retirados do solo, alteração da fauna e da flora e a redução na qualidade de vida em geral.

A gestão territorial está intrinsecamente relacionada com o planejamento ambiental do território, que se transforma em um elemento para a otimização do plano de uso e manejo de qualquer unidade territorial (RODRIGUEZ et al., 2004).

Ao analisarmos o potencial erosivo dos recursos naturais é necessário um estudo levando em consideração as características do solo, relevo, geologia, água, clima e vegetação, de forma integrada e de acordo com as intervenções antrópicas, o planejamento deve ocorrer através de uma leitura dinâmica do ambiente (ROSS, 1990).

Segundo Rocha (2000) as tecnologias existentes visam auxiliar a análise do ambiente, o uso do sensoriamento remoto, permite uma observação ampla da ação antrópica ou natural, as diversas ferramentas de processamento de dados, integra várias disciplinas, através de equipamentos, programas, e processos, gerando mapas digitais georreferenciados (ROCHA, 2000).

Assim, neste trabalho teve-se por objetivo determinar a priorização das estradas rurais do município de Ouro Verde, através da análise por múltiplos critérios presentes no SIG,

cruzando informações através do *InVEST® (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs)* com o comando *Sediment Delivery Ratio Model (SRD)*, servindo como base para pesquisas e estudos complementares.

2 Justificativa

A erosão natural dos solos exerce grande influência na alteração e evolução da superfície terrestre. Neste contexto o leito carroçável e as áreas marginais às estradas rurais, com os períodos de chuvas intensos, desenvolvem processos erosivos de grande porte.

No período da colonização, a maioria das estradas foram abertas de forma inadequada, seguindo a disposição do terreno e pela estrutura fundiária, corroborando intensamente com os processos erosivos. (DEMARCHI, 2003)

As estradas rurais desenhadas desta forma na paisagem, aliadas ao uso inadequado de equipamentos e técnicas de manutenção, por parte dos gestores públicos, através de seus operadores, elevam os custos de manutenção e contribuem para a degradação ambiental (VIVIANE, 1998).

As estradas não pavimentadas são muito importantes no desempenho do papel socioeconômico, haja visto que os gestores dessas vias não conseguem exercer eficientemente os serviços desejáveis, seja por ineficiência do sistema, por orçamentos deficitários, o que normalmente ocorre, ou por despreparo do corpo técnico.

Uma manutenção inadequada da malha viária pode gerar grandes prejuízos econômicos, além de danos sociais e acarretar graves problemas ambientais.

Segundo Demarchi (2003), a classificação dos trechos de acordo com características específicas é necessária para solucionar os problemas existentes em uma estrada rural, permitindo sua priorização e elaboração de projeto técnico adequado.

Desta forma, resulta no tratamento mais adequado, sob a ótica ambiental, social e econômica, otimizando os recursos financeiros para investimento nas intervenções necessárias.

No estado de São Paulo a malha viária é composta de aproximadamente 200.000 km de estradas, sendo que menos de 20% é pavimentada, um total de 35 mil quilômetros – sendo 22 mil estaduais, 1.050 federais e mais de 12 mil de estradas vicinais pavimentadas. Conseqüentemente, cerca de 165.000 km são de estradas não pavimentadas. Este sistema rodoviário permite que mais de 90% de toda população do estado de São Paulo, em qualquer

localidade, esteja a menos de 5 km de uma rodovia pavimentada (DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM, 2017).

Nas tabelas 1 e 2 pode-se verificar o potencial de erosão que ocorre no Estado de São Paulo. Ressalta-se que pode ocorrer maior ou menor índice, dependendo de vários fatores climáticos, físicos e edáficos de cada local ou região. A estimativa de perda de solo aumenta com a declividade do terreno e também com o maior comprimento de rampa, isto é, leito da estrada sem obstáculo como lombada. Apesar que com o aumento do comprimento de rampa, o escoamento superficial da água da chuva, tende a diminuir, devido a maior área de infiltração.

Tabela 1 - Estimativa de perda de solo em função da declividade do terreno

Classe de Declive %	Área %	Perda de Solo (ton/ha/ano)
0 - 15	56	0 – 50
15 – 25	32	50 – 100
25 – 40	10	100 – 150
> 40	2	80 - 100

Nota: Os dados apresentados acima referem-se a média de perda de solo baseado nos estudos do Instituto Agronômico de Campinas - IAC, através de escala universal de perda de solo com periodicidade de chuva no ano, de 550 a 1.200 lm/ha x mm/ha/ano. Fonte: Zoccal (2007).

Tabela 2 - Perdas de solo e água no processo de escoamento superficial provocadas pelas águas pluviais, em razão do comprimento de rampa

Comprimento de Rampa (metros)	Perdas de Solo (t/ha)	Perdas de Água (%Chuva)
25	13,90	13,60
50	19,90	10,70
100	32,50	2,60

Fonte: Zoccal (2007) e Controle de Erosão em Estradas Rurais; Boletim Técnico 207 (1992).

Viviani (1998) afirma que os municípios ao realizarem intervenções, sejam adequações ou manutenções periódicas, nas estradas não pavimentadas, fazem sem planejamento, em parte devido a situação precária financeira e técnica.

Quando se pretende organizar e executar um trabalho em uma estrada, necessita-se de um conhecimento dos aspectos de topografia, profundidade, permeabilidade, textura, estrutura e de fertilidade do solo, pois podem contribuir com o controle da erosão, especialmente no meio rural onde a agregação de valores conservacionistas também pode potencializar as ações de conservação.

Importante levar em consideração os parâmetros técnicos, socioeconômicos, e suas implicações com os aspectos ambientais, prevendo sua integração com práticas de manejo e uso dos solos das áreas marginais (DEMARCHI, 2003)

Conforme proposto por Lobão et al. (2005), em estudos ambientais é primordial a integração de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), pois possibilita a múltipla análise da biodiversidade, dados sociais, econômicos, políticos e culturais.

Com o Sensoriamento Remoto é possível tornar visual certas feições estruturais, com produtos que poderão ser submetidos a novos processamentos (FONSECA et al., 2000 apud ALVES, C.M.D.; MELO, L.F.S, 2009).

O processamento digital pode fornecer ferramentas que facilitam a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação (CROSTA, 1992 apud MOTA; FONTANA; WEBER, 2001).

Conforme Florenzano (2002) podemos utilizar as imagens obtidas por sensores remotos como dados brutos que, para serem transformados em informação, passem primariamente por uma análise e interpretação, tornando-se mais confiável.

Este trabalho, almejou discutir a partir do modelo proposto, em estudos e pesquisas, o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento através de arquivos digitais em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com informações que podem auxiliar a tomada de decisões na priorização das estradas rurais a serem readequadas.

Os planos de informações, após serem abastecidos com todas as informações iniciais, como a malha viária, construções, cruzamento com hidrografia, drenagem natural, tipo de solo, uso e ocupação do solo, poderão ser atualizados periodicamente com as intercorrências que houver nas estradas rurais.

Desta forma, este trabalho no município de Ouro Verde, por meio do uso de informações provenientes de levantamento geológico, geomorfológico, pedológico e hidrográfico poderá servir como uma ferramenta fundamental à gestão pelo Poder Público.

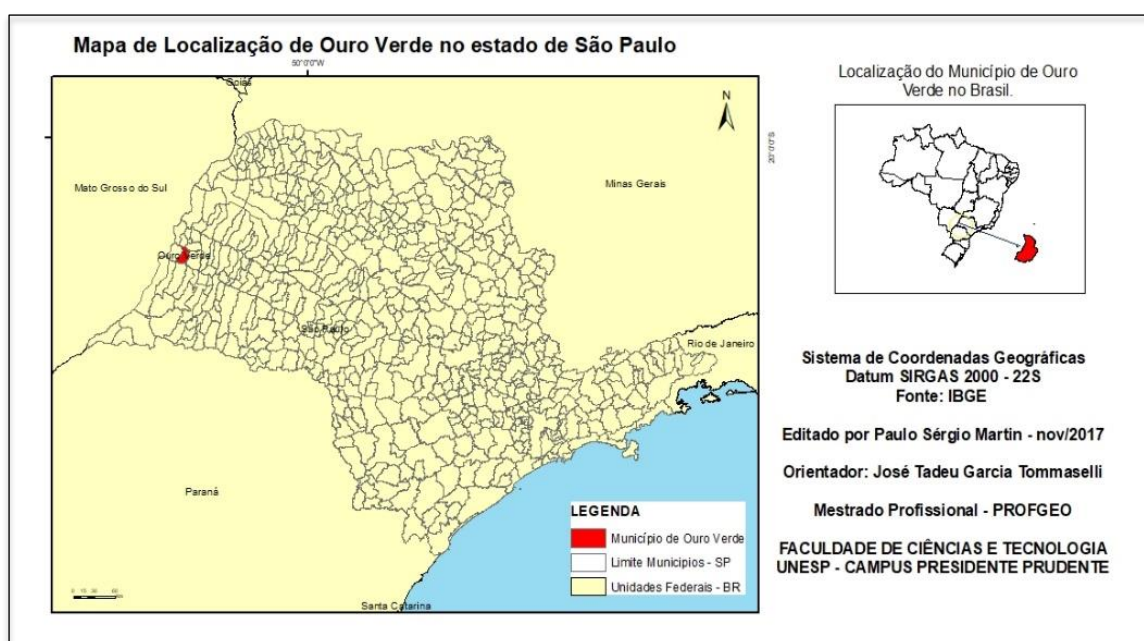
Assim como, o conhecimento do uso e ocupação atual do solo e o diagnóstico ambiental podem providenciar subsídios para tomada de decisão no tocante a priorização de trechos de estradas rurais a serem readequadas e sua manutenção, bem como elementos para futuros estudos que poderão fomentar recursos junto ao Governo Federal e Estadual.

3 Área de Estudo: município de Ouro Verde/SP

O município de Ouro Verde está localizado na região administrativa de Presidente Prudente e na microrregião de Dracena, no estado de São Paulo, Região Sudeste do Brasil, distante 650 km de São Paulo, e 950 km de Brasília, capital federal. Sua área territorial é de 297 km², limitando-se com os municípios de Santa Mercedes e Tupi Paulista (norte); Dracena (leste); Panorama (oeste) e Presidente Venceslau (sul).

Na Figura 1 temos a localização do município de Ouro Verde, em relação a sua posição no estado de São Paulo e no Brasil.

Figura 1 - Mapa de Localização do município de Ouro Verde/SP



Fonte: IBGE, 2017. Editado pelo autor.

Clima:

Segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen o clima de Ouro Verde pertence ao tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco. No período de inverno entre os meses de junho a agosto existem algumas correntes frias vindas do sul que costumam baixar às temperaturas variando entre a mínima 7°C e máxima 38°C. Nas regiões mais baixas existem ainda possibilidades de geadas em invernos mais rigorosos. A temperatura média anual é de 23°C.

O município apresenta regime pluviométrico distribuído de forma desigual, atingindo média de 1.320,5 mm de chuva ao longo do ano.

Foram coletados dados de precipitação pluvial mensal referente ao período de 1953 e 2016. As informações estão disponibilizadas pelo Escritório de Desenvolvimento Rural de Dracena (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI).

Relevo:

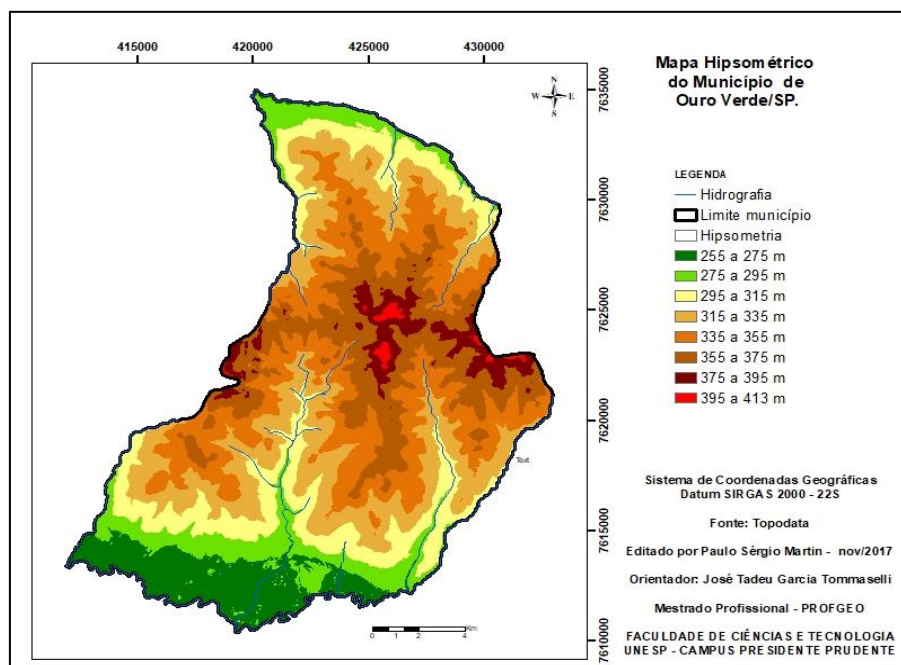
Com base na proposta de Ross (1994) e em mapeamento elaborado por Ross e Moroz (1996), ao se realizar um corte Leste-Oeste no Estado de São Paulo (da Baixada Santista ao Rio Paraná, por exemplo), têm-se, respectivamente, as Planícies Litorâneas, o Planalto Atlântico, a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Ocidental Paulista.

O município de Ouro Verde situa-se no Planalto Ocidental Paulista, sub-unidade do Planalto Centro Ocidental, composto de relevos aplainados e colinas suaves, gerados por processos erosivos, com topografia suave ondulada a ondulada.

A superfície do território do município de Ouro Verde apresenta altitudes que variam de 256 a 413 metros e declividades entre 3 e 20%.

Na figura 2 tem-se a representação do mapa hipsométrico do município de Ouro Verde.

Figura 2 - Mapa Hipsométrico do município de Ouro Verde-SP



Fonte: Adaptado pelo autor da fonte Topodata, 2017.

Tipos de solos:

O Instituto Florestal (IF) em 2017, lançou o “Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: Revisado e Ampliado”. Este trabalho trata-se de um mapa com a classificação da Embrapa e representa todas as tipologias de solo existentes no Estado, editado por Marcio Rossi, pesquisador científico do IF e autor do trabalho.

Os solos predominantes no município são classificados como Latossolos, solo LV 21 latossolo vermelho, e Argissolos, PVA 01 e o PVA 04. Ainda são encontrados os solos do grupo dos Gleissolos - GX 9 e Planossolos SX 4 nas áreas mais úmidas.

Hidrografia:

Com relação a hidrografia, o município tem nos seus limites territoriais, o Rio do Peixe, de maior volume d’água, que se encontra nos limites do município de Presidente Venceslau e, o Ribeirão das Marrecas, dividindo o município de Ouro Verde com Santa Mercedes e Tupi Paulista.

Dentre os córregos existentes, destaca-se os Córregos São Bento, Itambi, Aparecida, Capivara, Vista Alegre, Água Branca e Apiaí.

O município está inserido nas sub-bacias dos rios Aguapeí e do Peixe, pertencentes a bacia do rio Paraná. No limite ao sul é cortado pelo Rio do Peixe, que nasce no município de Garça e desemboca no Rio Paraná, divisa do Estado de São Paulo com o Estado do Mato Grosso do Sul. Também está localizado no Aquífero Guarani, uma das maiores reservas de água doce subterrâneas do planeta.

Seu território é subdividido em seis microbacias hidrográficas, conforme ilustrado na figura 5, assim denominadas: MH do Córrego Alto Alegre, MH do Córrego da Água Branca, MH do Córrego do São Bento e Apiaí, MH do Córrego da Capivara, MH do Córrego do Itambi e MH do Córrego Aparecida.

Malha viária municipal:

A malha viária municipal apresenta 70% de trechos com condições regulares de trânsito e 30% necessitam de alguma forma de adequação, inclusive com problemas em várias pontes existentes.

A seguir, a descrição das estradas municipais, de acordo com o mapeamento da Prefeitura Municipal de Ouro Verde (OVD):

1. OVD 040 – Estrada da CAIC, com 13,89 km, sendo 9,64 km de estrada asfaltada, e o restante com 4,25 km sem pavimentação, já foi adequada pelo Programa Melhor Caminho, liga o município de Ouro Verde a Panorama e Santa Mercedes;
2. OVD 446 – Estrada da Igrejinha, com 0,84 km, estrada sem adequação, com graves problemas de erosão e acesso interrompido. Localizada no bairro Caic.
3. OVD 436 – Estrada do Bertolim, com 1,22 km, estrada de terra adequada através do Programa de Microbacias Hidrográficas, revestida com material primário, servindo de acesso aos moradores do bairro Caic.
4. OVD 432 – Estrada da Faz. São Domingos, com 1,52 km estrada de terra adequada através do Programa de Microbacias Hidrográficas, revestida com material primário, servindo de acesso aos moradores do bairro Caic.
5. OVD 426 – Estrada do Porcino, com 1,21 km estrada de terra adequada através do Programa de Microbacias Hidrográficas, revestida com material primário, servindo de acesso aos moradores do bairro Caic.
6. OVD 400 – Estrada da Cachoeira, com 1,64 km, estrada com trechos adequados pelo Consórcio Patrulha Rodoviária. Localizada no bairro Caic.
7. OVD 217 – Estrada do Pagnozzi, com 8,41 km, estrada de terra, com alguns trechos adequados pelo Programa Melhor Caminho e Consórcio Patrulha Rodoviária, fazendo divisa com o município de Dracena.
8. OVD 152 – Estrada da Água Branca, com 6,39 km, estrada com trechos adequados pelo Programa de Microbacias Hidrográficas e pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, com revestimento primário em alguns trechos, servindo de acesso aos produtores do bairro Água Branca e Caic.
9. OVD 30 – Vicinal com 7,57 km, asfaltada, que liga o município de Ouro Verde ao município de Panorama.
10. OVD 158 – Estrada da Capivara, com 15,58 km, estrada de terra com trechos adequados pelo Programa Melhor Caminho e Consórcio Patrulha Rodoviária, com revestimento primário em alguns trechos, servindo de acesso aos moradores do bairro Capivara. Segue por mais 6,43 km, sem pavimentação, com extensão de 6,43 km, até a divisa do município de Panorama. Total de 22,01 km de extensão.
11. OVD 461 – Estrada da Boa Sorte, com 5,8 km, estrada adequada pelo Programa Melhor Caminho e pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos produtores do bairro Boa Sorte, Maracanã e Santo Antônio.

12. OVD 450 – Estrada do Maracanã, com 2,63 km, estrada com trechos adequados pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos produtores do bairro Maracanã e Santo Antônio. Possui um trecho secundário de 0,88 km, sem pavimentação. Total de 3,51 km de extensão.
13. OVD 174 – Estrada do Santo Antônio, com 6,58 km, estrada com trechos adequados pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos produtores dos bairros Maracanã, Santo Antônio, Boa Sorte e Capivara.
14. OVD 466 – Estrada da Fazenda Arizona, com 4,53 km, estrada sem adequação, servindo de acesso a Fazenda Arizona. Localizada no Bairro Capivara.
15. OVD 476 – Estrada do Fugino, com 6,83 km, estrada adequada pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso ao bairro Capivara.
16. OVD 372 – Estrada da Faz. Paulista, com 7,29 km, estrada de terra sem adequação, com manutenção pela Usina de Açúcar e Álcool Dracena. Liga a Rodovia Euclides Figueiredo, ao bairro Capivara.
17. OVD 246 – Estrada do Cemitério, com 2,41 km, estrada com trechos adequados pelo Programa Melhor Caminho, com revestimento primário em alguns trechos, servindo de acesso aos produtores do bairro Natal.
18. OVD 20 – Estrada do São Bento, com 8,32 km, estrada de terra com trechos adequados pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos moradores do bairro São Bento e Apiaí. Apresenta alguns trechos com revestimento primário.
19. OVD 360 – Estrada do Apiaí, com 6,27 km, estrada com trechos adequados pelo Programa Melhor Caminho e pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, com revestimento primário em alguns trechos, servindo de acesso aos produtores do bairro Apiaí, São Bento e Paranaí.
20. OVD 456 – Estrada do Paranaí - Acesso, com 1,41 km, estrada de terra adequada pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos moradores do bairro São Bento, Paranaí e Apiaí.
21. OVD 470 – Estrada da Mariona, com 3,38 km, estrada com trechos adequados pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos produtores do bairro Apiaí e São Bento.
22. OVD 453 – Estrada do Paranaí, com 4,48 km, estrada de terra totalmente adequada pelo Consórcio Patrulha Rodoviária, servindo de acesso aos moradores do bairro São Bento, Paranaí e Apiaí. Apresenta trechos necessitando de readequações e revestimentos primários.

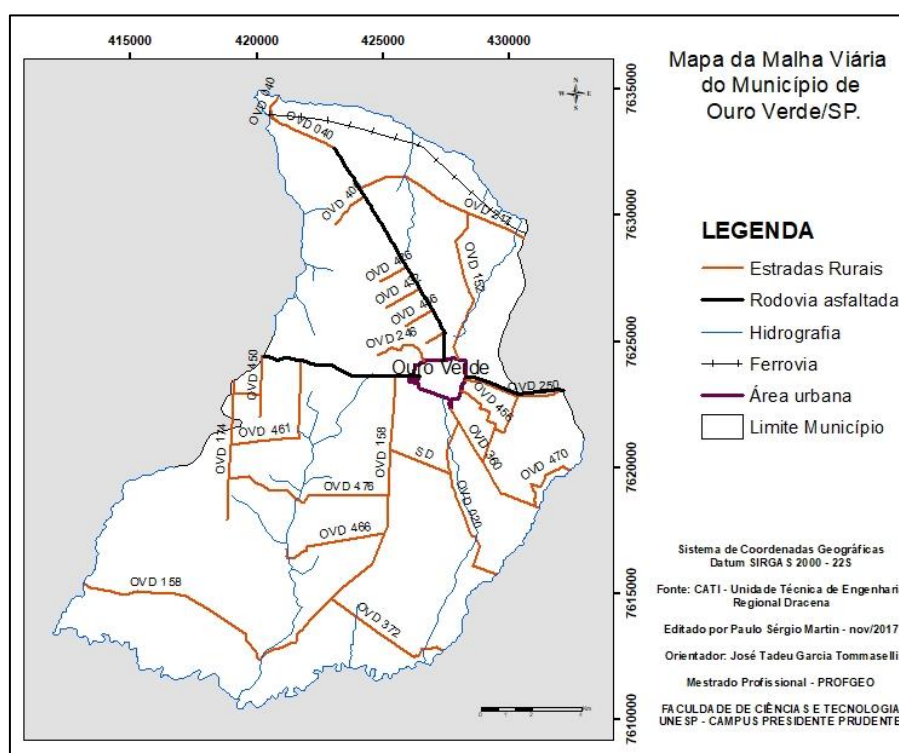
23. OVD 250 – Estrada do Constituinte, de terra sem adequação, marginal a Rodovia da Integração, que liga o município a rodovia Euclides Figueiredo. Apresenta trechos críticos ao longo da estrada. Possui 6,07 km de extensão.

24. OVD 10 – Denominada Rodovia da Integração, com 4,5 km, estrada asfaltada que liga o município até a rodovia Euclides Figueiredo, a cidade de Dracena e ao distrito de Jamaica.

25. Estrada Boiadeira Capivara – São Bento, com 2,57 km.

Na Figura 3 tem-se a identificação da malha viária, com identificação das estradas com pavimentação (asfaltadas) e sem pavimentação (terra).

Figura 3 - Mapa da Malha Viária do município de Ouro Verde/SP



Fonte: Adaptado pelo autor de CATI. Unidade de Engenharia de Dracena. Casa da Agricultura de Ouro Verde, 2017.

4 Material e Método

Foi realizada uma revisão bibliográfica referente aos tópicos abordados neste trabalho, como assuntos relacionados ao sistema de informações geográficas, bacia hidrográfica, legislação ambiental e de conservação de solos, recursos hídricos, susceptibilidade do solo e cartografia temática.

Para elaboração dos mapas temáticos foi realizado um levantamento bibliográfico e documental, possibilitando obter uma base teórica e banco de dados referente as características físicas do município de Ouro Verde.

Para isso, foram consultados sites na internet, manuais, livros, artigos científicos, teses e dissertações, além de troca de experiência com técnicos da CATI, responsáveis pela elaboração e avaliação de projetos de recuperação de estradas rurais.

Duas importantes ferramentas usadas para obtenção dos resultados foram a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e o InVEST®.

A USLE é um modelo de previsão, projetado para medir a erosão laminar do solo, diante das diferentes variáveis, geologia, relevo, solo, precipitação pluvial, uso e ocupação do solo e as práticas conservacionistas numa determinada localidade.

Vários autores desenvolveram equações buscando determinar a perda de solo, avaliando o potencial de erodibilidade de determinada área. Entre os vários métodos apresentados, aquele desenvolvido por dois cientistas do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), W. H. Wischmeier e D. D. Smith (1978), chamada de Equação Universal de Perdas de Solo (USLE - Universal Soil Loss Equation), sendo provavelmente uma das mais aceitas e utilizadas para o cálculo de perdas de solo.

É definida por:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

onde:

A = perda de solo, em t.ha-1.ano-1;

R = fator erosividade da chuva, em MJ.mm.ha-1.h-1.ano-1;

K = fator erodibilidade do solo, em t.h.MJ-1.mm-1;

L = fator comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional);

S = fator declividade, baseado nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional);

C = fator uso e manejo (adimensional); e

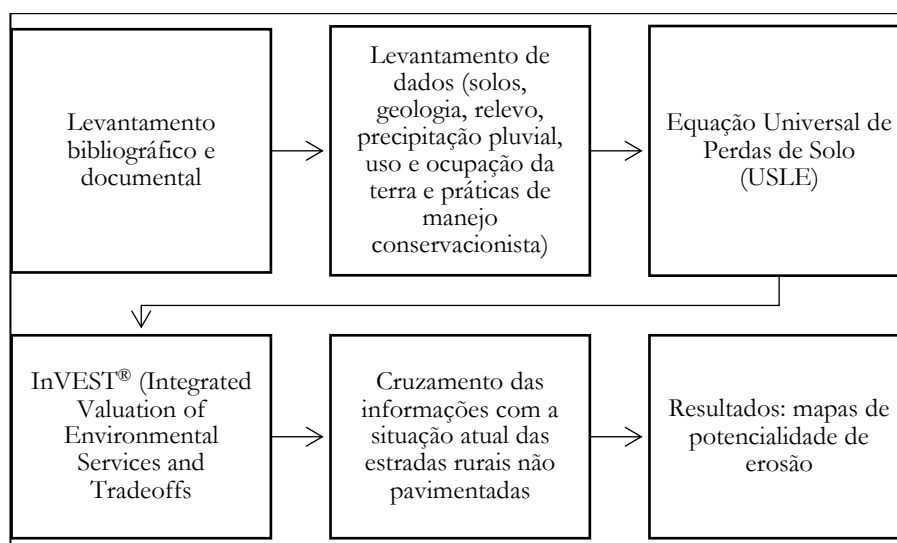
P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

A outra ferramenta InVEST® (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs), traduzindo para o português: Avaliação Integrada de Serviços Ambientais e Compensações desenvolvida pelo Natural Capital Project, um programa da Universidade de Stanford (Califórnia/EUA), possibilitou fazer uma análise multiserviço dos diversos fatores

que podem alterar o equilíbrio do local ou situação, refletindo diretamente no gerenciamento dos recursos naturais, fornecendo informações sobre os fluxos de retenção e exportação de sedimentos, ligados a priorização das estradas rurais.

Na figura 4 a seguir é possível observar um fluxograma que detalha melhor como a metodologia foi aplicada.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia empregada



Fonte: Editado pelo autor, 2017.

Trechos-Tipo

O conhecimento das estradas não pavimentadas e sua classificação em trechos-tipo, podem auxiliar na gestão pública e favorecer a priorização dos trechos que necessitem de uma intervenção.

As estradas classificadas em Trechos-Tipo destacam algumas características importantes, como altura de barranco, se está “encaixada”, permitindo o uso de tecnologias pré-determinadas no processo de readequação.

Com o uso de alguns indicadores, os gestores poderão tomar uma decisão segura na manutenção das estradas rurais, usando de suporte os dados levantados, sem a necessidade de grandes investimentos na aquisição de dados, insumos ou serviços.

Através do levantamento das estradas rurais e, posterior alimentação do shapefile, é possível utilizar as tecnologias necessárias e com recursos físicos adequados para realização da manutenção das estradas.

Para determinação de qual intervenção será utilizada na readequação das estradas rurais, inicialmente, foram divididas em TRECHOS-TIPO, pois uma mesma estrada pode apresentar várias características diferentes. Demarchi et al. (2003) definiram a caracterização das estradas, de acordo com os tipos de classificação: Tipo A, Tipo B, Tipo C e Tipo D, identificados na tabela 3.

Tabela 3 - Classificação de TRECHOS-TIPOS.

Classificação	Levantamento de Campo requeridos em Projeto (Apoio Topográfico)	Tecnologia de Adequação para Adoção em Projeto
TRECHO-TIPO A	<ul style="list-style-type: none"> • Locação e Nivelamento do Eixo da Diretriz de Projeto 	<p>Tecnologia Alternativa, prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A manutenção do greide da pista de rolamento nas mesmas condições planialtimétricas encontradas; • Execução de pequenos alargamentos.
TRECHO-TIPO B	<ul style="list-style-type: none"> • Locação e Nivelamento do Eixo da Diretriz de Projeto; • Seções transversais. 	<p>Tecnologia Convencional, prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevação radical do leito da pista de rolamento.
TRECHO-TIPO C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Locação e Nivelamento do Eixo da Diretriz de Projeto; 2. Locação e Nivelamento do Eixo da Diretriz de Projeto; <ul style="list-style-type: none"> • Seções transversais. 	<p>Tecnologia Alternativa, prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A manutenção do greide da pista de rolamento nas mesmas condições planialtimétricas encontradas; • Taludes estáveis ou vegetados. <p>Tecnologia Convencional, prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intervenção moderada.
TRECHO-TIPO D	<ul style="list-style-type: none"> • Locação e Nivelamento do Eixo da Diretriz de Projeto 	<p>Tecnologia Alternativa, prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A manutenção do greide da pista de rolamento nas mesmas condições planialtimétricas encontradas; • Execução de pequenos alargamentos.

Fonte: Demarchi (2003) e Manual Técnico, 77 – CATI.

Toda intervenção a ser realizada numa estrada rural, deverá estar em conformidade com a classificação de TRECHOS-TIPOS.

MDE - Topodata

Um MDE (Modelo Digital de Elevação) ou DEM (sigla em inglês) é um modelo de representação do relevo da superfície terrestre.

Inicialmente foram baixados os dados vetoriais do município de Ouro Verde, através do site do IBGE. A seguir, fez-se o download da imagem SRTM (Shuttle Radar Topographic

Mission) através do site do INPE. Os dados estão todos estruturados em quadrículas compatíveis com a articulação 1:100.000 e resolução espacial de 30 m.

Utilizando o ArcGIS® 10.3 realizou-se sua reprojeção para Universal Transversa de Mercator (UTM): SIRGAS 2000 – UTM, zona 22 S.

Imagem Satélite

Para interpretação visual da área de estudo, foram adquiridas imagens do satélite Sentinel-2 com download gratuito direto pelo site Earth Explorer.

O Satélite Sentinel-2: Sentinel é um satélite de observação da União Européia, que entrou em operação no ano de 2014, e que registra imagens da superfície terrestre, com resolução espacial entre 2,5 e 10 m.

Uso e ocupação da terra

Com as informações das bacias hidrográficas do município de Ouro Verde/SP, fez-se uma interpretação visual por meio dos recursos do software ArcGis® 10.3.

As categorias de uso e ocupação da terra compreenderam: Pastagem, Cana de açúcar, Cultura permanente, Cultura temporária, Área urbana, Vegetação Nativa, Construções, Silvicultura, Corpo d'água, Solo exposto, Área úmida, Outros usos.

Para realizar a caracterização da área de estudo, realizou-se várias visitas a campo, para determinação de informações como, construções, uso e ocupação da terra, práticas conservacionistas as margens das estradas e fotografar as estradas, identificando seu início, final e intercorrências ao longo do seu traçado.

Fator R

Para determinação do Fator R para o município de Ouro Verde, a precipitação pluvial foi analisada através das informações fornecidas pelo Escritório de Desenvolvimento Rural de Dracena, média mensal da série histórica de 64 anos (1953 a 2016).

Para determinar os valores do fator R para os demais municípios que compõem as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos 20 e 21, utilizou-se o software livre netErosividade SP.

O mapa de fator R foi gerado no ArcGis®, a partir da inserção da tabela com distribuição espacial dos municípios (coordenadas UTM) e seus respectivos valores de erosividade.

Fator K

Para o cálculo dos valores de K de cada solo foi realizada a média dos trabalhos desenvolvidos por Mannigel (2002), Bertoni e Lombardi Neto (2005), Farinasso et al. (2006), Helm (2008), e Demarchi (2012), que possuíssem os mesmos tipos de solo que os encontrados no município de Ouro Verde (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de Erodibilidade das classes de solo do município de Ouro Verde

Sigla	FATOR K (t.h/MJ.mm)
LV21	0,0162
PVA1	0,0425
PVA4	0,0425
GX9	0,0361
SX4	0,0134

Fonte: Silva & Alvares, 2005.

Fator LS

O fator topográfico é obtido através dos mapas de isodeclividades e comprimento de rampa. Quanto maior o valor do fator topográfico, maior a energia potencial do relevo e, conseqüentemente, maior a contribuição da topografia para a suscetibilidade à erosão laminar. Na tabela 5, temos as classes de declividade, segundo Ross (1994).

Tabela 5 - Fator S – classes de declividade (%).

Declividade	Classe
0 – 6%	Muito Fraca
6 – 12%	Fraca
12 – 20%	Média
20 – 30%	Forte
Acima de 30%	Muito Forte

Fonte: Ross (1994).

Priorização dos Trechos críticos

Para realizar a priorização dos trechos, utilizou-se parâmetros (estruturas e situações), e de acordo com o total de pontos obtidos, com o parâmetro analisado, podem variar de 4 até o máximo de 57 pontos.

De acordo com os Parâmetros para priorização das estradas rurais, na tabela 6 tem-se o enquadramento das Classes de priorização.

Tabela 6 - Classes de priorização das estradas rurais

Valor	Classes de Priorização	
5	Muito alta	acima de 40 pontos
4	Alta	de 31 a 40
3	Média	de 21 e 30
2	Baixa	de 11 a 20
1	Muito baixa	até 10 pontos

Fonte: Adaptado Projeto de Desenvolvimento Rural Sustentável – Microbacias Hidrográficas II – Acesso ao mercado (CATI, 2017).

5 Resultados e Discussão

Caracterização Geológica

A estrutura geológica do estado de São Paulo, divide-se em duas unidades distintas: o embasamento cristalino e a Bacia Sedimentar do Paraná. A primeira encontra-se na região costeira do estado, que se estende da Serra de Paranapiacaba (sul) até a Serra da Mantiqueira (leste), enquanto que a segunda cobre a outra parte do estado, a Bacia Sedimentar do Paraná (IPT, 1981).

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1988), o município de Ouro Verde localiza-se no grupo Bauru, pertencendo a Formação Adamantina e Santo Anastácio.

No contexto geomorfológico, de acordo com o mapeamento realizado por Ross e Moroz (1996), têm-se, do litoral sentido extremo Oeste do estado, as Planícies Litorâneas (presentes na Morfoestrutura das Bacias Sedimentares Cenozoicas), o Planalto Atlântico (Morfoestrutura do Cinturão Orogênico do Atlântico), a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Ocidental Paulista (ambos na Morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná). Ouro Verde encontra-se nesta última, na sub-unidade do Planalto Centro Ocidental.

Imagem de Satélite (Sentinel-2)

Após o download gratuito direto pelo site Earth Explorer: <http://earthexplorer.usgs.gov/>, da imagem Sentinel-2, da quadrícula 22/K/DB onde localiza-se o município de Ouro Verde/SP, realizou-se a vetorização para definir o uso e ocupação da terra.

Uso e cobertura da terra.

As classes de feição estabelecidas para o uso e ocupação da terra no município de Ouro Verde/SP, com base nas imagens do satélite SENTINEL-2 e do Google Earth Pro, foram assim definidas: 1) Área urbana, 260,23 ha; 2) Cultura Perene, 362,16 ha; 3) Cana de açúcar, 7.529,91 ha; 4) Pastagem, 9.995,96 ha; 5) Cultura Anual, 230,21 ha; 6) Silvicultura, 82,76 ha; 7) Vegetação Nativa, 3.468,76 ha; 8) Área úmida, 1.745,91 ha; 9) Solo exposto, 3.282,21 ha; 10) Construções, 144,64 ha; 11) Corpo d'água, 32,61 ha. Total de 27.135,37, somados a Outros usos (estradas, córregos, rios entre outros), 764,63 ha, tem-se a área do município de 27.900 ha.

Destaca-se os dados de área com culturas temporárias, de 230,21 ha, em relação a área urbana, de 260, 23 ha. Um dos motivos para este valor menor da área com culturas temporárias, deve-se a data da análise, primeira quinzena de outubro, pois é um período não apropriado para o plantio de culturas anuais, por exemplo, o milho.

Fator R

Através da série histórica de precipitação pluvial, obteve-se o fator erosividade da chuva, fator R, expresso em MJ.mm.h⁻¹.ha⁻¹.ano⁻¹ utilizando-se a equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999):

$$EI_{\text{mensal}} = 89,823(r^2/P)^{0,759}$$

Sendo:

EI = média mensal do índice de erosão (MJ.mm.h⁻¹.ha⁻¹); r = precipitação pluvial média mensal (mm);

P = precipitação pluvial média anual (mm).

Na tabela 7 estão representados os valores de precipitação pluvial média mensal, da série histórica de 64 anos, e o valor do Fator R mensal, calculado para o município de Ouro Verde/SP.

Tabela 7 - Precipitação pluvial média mensal e Fator R

Mês	Precipitação pluvial - Média Mensal de 64 anos (mm)	Fator R (MJ.mm.h ⁻¹ .ha ⁻¹)
Janeiro	229,1	1.470
Fevereiro	177,8	1.000
Março	133,8	650
Abril	75,3	271
Maio	80,2	298
Junho	50,3	147
Julho	33,8	80
Agosto	34,2	82
Setembro	77,6	284
Outubro	123,7	577
Novembro	133,1	644
Dezembro	171,7	948
Total acumulado	1.320,5	6.451

Fonte: CATI Dracena (2017).

Fator K

Com relação ao solo, a pedologia do município de Ouro Verde é predominante por latossolos e argissolos, além de gleissolos e planossolos. Os latossolos e argissolos (ambos vermelhos e vermelho/amarelos), possuem maior aptidão agrícola.

Na tabela 8, de acordo com Silva e Alvarez (2005), encontra-se a definição das classes de valores e suas respectivas interpretações.

Tabela 8 - Classes de valores de erodibilidade do solo e suas interpretações

Limites de valores (t.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	Classe de interpretação
< 0,01529	Erodibilidade baixa
0,01529 – 0,03058	Erodibilidade média
> 0,03058	Erodibilidade alta

Fonte: Silva e Alvarez (2005).

Fator LS

O programa InVEST[®] calcula diretamente, não necessitando a elaboração dos mapas respectivos de Comprimento de Rampa e Declividade.

Ross (1994) fez um arranjo em categorias considerando que a declividade até 6% é Muito Baixa. Os intervalos estão expressos na Tabela 9.

Tabela 9 - Classes de declive e relevo correspondentes do Fator S

Declividade	Classe
0 – 6%	Muito Fraca
6 – 12%	Fraca
12 – 20%	Média
20 – 30%	Forte
Acima de 30%	Muito Forte

Fonte: Ross (1994)

A declividade do município de Ouro Verde apresenta-se plana a suave ondulada, corroborando para um baixo potencial erosivo do solo.

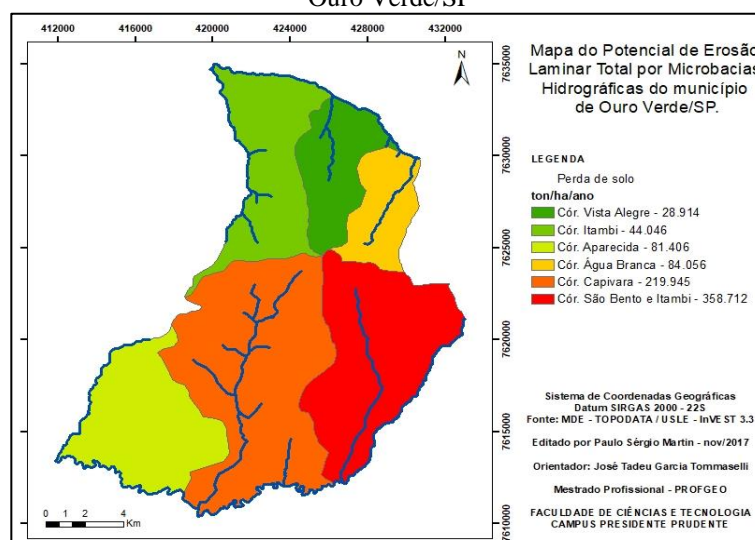
Aplicação da USLE através do programa InVEST®.

O programa InVEST® explora cenários com resultados futuros prováveis, favorecendo o gerenciamento dos recursos naturais, pois permite ao gestor público, tomar a decisão, antevendo a probabilidade de acontecer o risco ambiental.

Neste ambiente de probabilidades, foram extraídos os diversos mapas de potencialidade de erosão para o município de Ouro Verde.

Para análise e priorização das estradas rurais não pavimentadas, determinou-se o enquadramento das microbacias hidrográficas do município, classificadas de acordo com o Potencial à Erosão Laminar, utilizando o programa InVEST® e assim foi gerado o Mapa do Potencial de Erosão Laminar em Microbacias Hidrográficas do município de Ouro Verde/SP de acordo com a perda de solo em ton/ha/ano, expressa na figura 5.

Figura 5 - Mapa do Potencial de Erosão Laminar Total por Microbacias Hidrográficas do município de Ouro Verde/SP



Fonte: Editado pelo autor do Invest® - Equação Universal de Perda de Solo (2017).

A Microbacia Hidrográfica do Córrego Vista Alegre apresenta a menor perda de solo, em torno de 29 ton/ha/ano e a Microbacia Hidrográfica dos Córregos São Bento e Itambi os maiores índices de perda de solo, em torno de 358 ton/ha/ano.

Priorização dos trechos críticos.

De acordo com a tabela de Parâmetros para priorização das estradas rurais, adaptado do PDRS – MH II – Acesso ao mercado (CATI), 2017, na tabela 10 tem-se o enquadramento das Classes de priorização.

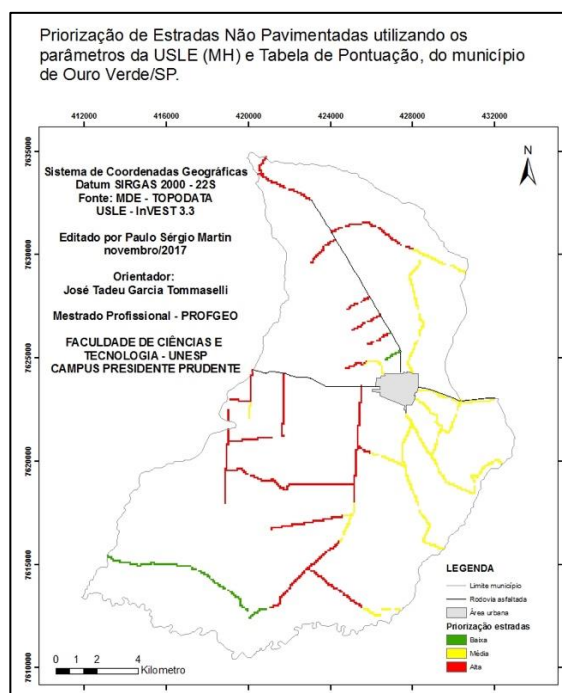
Tabela 10 - Classes de priorização das estradas rurais

Valor	Classes de Priorização	
5	Muito alta	acima de 40 pontos
4	Alta	de 31 a 40
3	Média	de 21 e 30
2	Baixa	de 11 a 20
1	Muito baixa	até 10

Fonte: CATI (2017) adaptado do PDRS – MH II.

Na figura 6 tem-se a priorização dos trechos críticos, de acordo com o potencial à Erosão Laminar, calculado pelo InVEST[®] e com a pontuação definida pela Tabela de Parâmetros.

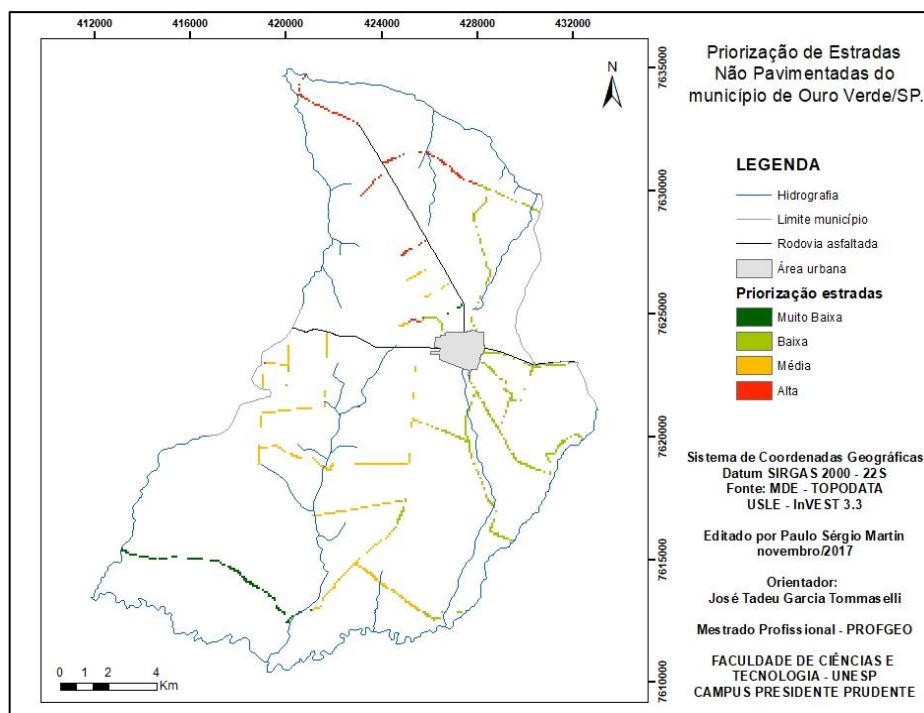
Figura 6 - Mapa de priorização utilizando os parâmetros Potencial à Erosão Laminar e Pontuação



Fonte: Editado pelo autor do Invest[®] - Equação Universal de Perda de Solo (2017).

Na figura 7 tem-se o mapa que foi gerado com a priorização dos trechos críticos, de acordo com o potencial à Erosão Laminar, calculado pelo InVEST[®] e com a pontuação definida pela Tabela de Parâmetros.

Figura 7 - Mapa final de Priorização das Estradas Não Pavimentadas



Fonte: Editado pelo autor do Invest[®] - Equação Universal de Perda de Solo (2017).

O resultado da priorização das estradas não pavimentadas, identificou aquelas que em sua extensão total ou em trechos, necessitam de uma intervenção imediata (priorização alta), a médio prazo (priorização média) e a longo prazo (priorização baixa e muito baixa).

Um estudo realizado por Thompson e Fidalgo (2003), utilizou a ferramenta InVest e a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) para estimar a perda de solos na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu – RJ. Os resultados alcançados permitiram concluir que embora haja limitações no uso da Equação Universal de Perda de Solo, o modelo permitiu a espacialização de classes de perdas de solos com recomendações de áreas consideradas mais ou menos vulneráveis aos processos erosivos, analisando os dados disponíveis e suas escalas. A principal vantagem com o uso do InVEST[®] para calcular a USLE foi a possibilidade de integrar os dados necessários em um único ambiente, reduzindo assim a possibilidade de erros na conversão de dados.

6 Considerações finais

O modelo de predição a erosão, utilizando a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) tem sido possível pelo uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG), tornando-se uma importante ferramenta no planejamento e gestão de bacias hidrográficas.

Desta forma, a estimativa de perda de solo por meio da aplicação da USLE, em ambiente SIG, forneceu subsídios ao planejamento de ações, priorizando os trechos para serviços de adequação de estradas rurais não pavimentadas

O programa InVEST[®] possibilitou o cruzamento de informações geográficas, auxiliando na observação dos vários fatores e suas interações, permitindo obter o mapa de Potencial à Erosão Laminar e assim, realizando o cruzamento com outras informações subjetivas, sendo que estas são das observações do técnico responsável, e técnicas, geradas através do ArcGIS[®].

Os resultados obtidos poderão auxiliar novas pesquisas, ampliando o acesso aos diversos gestores, a metodologias compatíveis técnicas e economicamente.

As estradas não pavimentadas são muito importantes no desempenho do papel socioeconômico, haja vista que os gestores públicos não conseguem executar eficientemente os serviços desejáveis, seja por ineficiência do sistema ou, o que normalmente ocorre, por orçamentos deficitários ou por desconhecimento do corpo técnico.

Uma manutenção inadequada da malha viária pode gerar grandes prejuízos econômicos, além de danos sociais e acarretar graves problemas ambientais.

A priorização dos trechos de acordo com características específicas faz-se necessária para auxiliar na solução dos problemas existentes em uma estrada não pavimentada, permitindo a elaboração de projeto técnico adequado, resultando no tratamento mais eficiente, sob a ótica ambiental, social e econômica, otimizando os recursos financeiros para investimento nas intervenções indicadas.

O estudo da pluviometria permitiu definir, que historicamente, nos meses de outubro a março, as estradas não deveriam receber obras de readequação, pois trata-se do período em que ocorrem maiores precipitações pluviais.

O uso do Sistema de Informações Geográficas – SIG para geração de dados em formato shapefile e raster, aplicados nas ferramentas USLE e InVEST, proporcionaram a geração final dos mapas de priorização de estradas rurais não pavimentadas.

7 Agradecimentos

A Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, UNESP Campus de Presidente Prudente e aos Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe e do Pontal do Paranapanema, que através do FEHIDRO proporcionaram o programa de Mestrado Profissional.

Referências

ALVES, C.M.D., MELO, L.F.S. **Processamento digital de imagens de satélite aplicado à identificação de focos de degradação – Lagoa do Moçambinho, Teresina/PI.** MundoGeo. Disponível em: <https://mundogeo.com/2009/01/01/processamento-digital-de-imagens-de-satelite-aplicado-a-identificacao-de-focos-de-degradacao/>. Acesso em: 21 jan. 2015.

BAPTISTA, G.M.M; **Diagnóstico Ambiental de Erosão Laminar:** Universa, Brasília, 2003.

BERTOLINI, D. **Levantamento do meio físico para determinação da capacidade de uso das terras.** CATI, 1994. 29 p. ilus. 22cm. 2ª ed. (Boletim Técnico 175).

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1993). **Conservação do Solo.** Piracicaba, SP: Ícone, 1993. 3ª ed.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone Editora, 5a Ed., 2005. 355p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Morfologia do relevo na média Bacia do rio Corumbataí.** In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. São Paulo: Anais..., 1993.

DEMARCHI, Luis Cesar et.al. **Adequação de Estradas Rurais.** CATI, 2003. 64 p. ilus. 28cm (Manual Técnico 77).

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. 167f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista FCA/UNESP, Botucatu, 2012.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. **Malha rodoviária do estado de São Paulo.** Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/MALHARODOVIARIA/PlanilhaMalha.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2017.

DRUGOWICH, M. I. coord. **Plano Diretor de Controle de Erosão Rural para o Município de Tatui-SP.** Campinas: CIAGRO-CATI-SAA, 2011.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Divisão de Minas e Geologia Aplicada**. IPT/DMGA. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo, 1981.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Estradas Vicinais de Terra – Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. São Paulo, 2ª Ed, 1988.

LEAL, A.C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca** - Campinas/SP. Dissertação (Mestrado em Geociências), UNESP/IGCE. Rio Claro, 1995.

LOBÃO, Jocimara Souza Britto; LOBÃO, José Antonio Lacerda; FRANÇA-ROCHA, Washington de Jesus Santanna da. **Banco de Dados Biorregional para o Semi-Árido no Estado da Bahia**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005.

MAGALHÃES, R. A. **Processos Erosivos e Métodos de Contenção Ouro Preto**: CEEB, 1995.

MANNIGEL, A. R. CARVALHO, M. P., MORETI, D. & MEDEIROS, L.R. **Fator erodibilidade e tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo**. Acta Scientiarum, Maringá v.24, n-1990, p. 1335-1340, 2002.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C.; WEBER, E. (2001): “**Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat**”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10 (SBSR) Anais X SBSR, 21-26 abril 2001, Foz do Iguaçu INPE, p. 123- 129.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da evolução do uso da terra e seus impactos sobre a infiltração de água em microbacias hidrográficas**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 43. (CONBEA), 2014, Campo Grande. *Anais...* Jaboticabal: SBEA, 2014.

_____. - **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural de Ouro Verde/SP**, período 2010 a 2013. CATI – Casa da Agricultura de Ouro Verde, 2009. 46 p. Arquivo pessoal.

ROCHA, Cezar H. B., **Geoprocessamento**: Teconologia transdisciplinar – Juiz de Fora, MG: Ed do Autor, 2000.

ROCHA. P.C.; TOMMASELLI, José Tadeu Garcia. **Variabilidade hidrológica nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe, Região Oeste Paulista**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 10, p. 2237, 2012.

RODRIGUEZ, J.M.M, SILVA, E.V da, CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p. 24 - 30, 1994.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 1990. 88 p.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1996.

SÃO PAULO. **Lei Estadual nº 6171, de 04 de julho de 1988.** Dispõe sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1988/lei-6171-04.07.1988.html>.

SILVA, A.M. da & ALVARES, C.A. Levantamento de Informações e Estruturação de um Banco Dados sobre a Erodibilidade de Classes de Solos no Estado de São Paulo. **Revista Geociências.** V.24, n.1, p. 33-41, 2005.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E.C.C. Estimativa da perda de solos por meio da equação Universal de perdas de solos (USLE) com uso do Invest Para a bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu – RJ. **Anais...** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 7p., 2003.

VIVIANI, Eliane. **A utilização de um Sistema de Informação Geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas.** 1998, 292 p. Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington, D.C.: USDA, 1978. 57 p. (USDA. Agricultural Handbook.

ZOCAL, José Cezar. **Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água.** Presidente Prudente: CODASP, 2007. v.1, n.1