

MAPEAMENTO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE DE ACORDO COM A CAPACIDADE DE USO DO SOLO: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ

Renata Cristina Araújo Costa¹, Teresa Cristina Tarlé Pissarra², Diego Silva Siqueira³
Gener Tadeu Pereira⁴

¹ Mestre em Agronomia, Doutoranda em Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCVA, Univ. Estadual Paulista – UNESP, *Câmpus* Jaboticabal, +55163209-7287, renata.criscosta@gmail.com

² Professora Adjunto I, Departamento de Engenharia rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCVA, Univ. Estadual Paulista – UNESP, *Câmpus* Jaboticabal, +55163209-7284, teresap@fcav.unesp.br

³ Pós Doutorando em Agronomia (Ciências do Solo), Departamento de Solos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCVA, Univ. Estadual Paulista – UNESP, *Câmpus* Jaboticabal, +55163209-2601, diego_silvasiqueira@yahoo.com.br

⁴ Professor Ajunto, Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCVA, Univ. Estadual Paulista – UNESP, *Câmpus* Jaboticabal, +55163209-7215, genertp@fcav.unesp.br

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

RESUMO: O monitoramento da capacidade de suporte do uso do solo vem sendo desenvolvida e testada de forma a proteger os solos da erosão causada pelo conflito de uso. O estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, sobre a porção do Planalto Ocidental Paulista, buscou dimensionar os intervalos de declividade para classe de capacidade de uso do solo, utilizando o parâmetro morfométrico, coeficiente de rugosidade e Modelo Digital de Elevação. Após os mapeamentos das subbacias que deságuam no rio Tietê, foi calculado o coeficiente de rugosidade (RN: $Dd \times D$). A agricultura deve se expandir em 7% da área de estudo, principalmente em locais com média inferiores a 4,07 % e amplitude de 0 - 44,32%. As regiões com pastagem extensiva podem ocupar 22 % da área de estudo, com declividade média de 4,85%, amplitude de 0 - 73,83%. A área de transição pastagem/floresta ocupa a maior extensão territorial com 36%, com declividade média de 5,14% e amplitude de 0 - 82,27%. As áreas de floresta devem ser protegidas em 35% da área e se concentradas em declividade média superior a 6,54 %, onde se localizam os maiores intervalos de declividade 0 - 89,12%, sendo mais suscetível a erosão natural.

PALAVRAS-CHAVE: uso do solo, bacia hidrográfica, declividade

MAPPING OF THE SLOPE CLASS IN ACCORDANCE WITH THE CAPACITY OF USE OF THE SOIL: CASE STUDY OF THE TIETÊ WATERSHED

ABSTRACT: Monitoring of soil support capacity has been developed and tested to protect soils from erosion caused by land use conflict. The study carried out in the Tietê River Basin, on the portion of the Occidental Plateau of São Paulo State, by investigating the slope classes for the land use capacity class, using the morphometric parameter, roughness coefficient and Digital Model of Elevation. After the mapping of the sub-basins that drain into the Tietê river, the roughness coefficient (RN: $Dd \times D$) was calculated. Agriculture should expand by 7% of the study area, especially in locations with on slope areas less than 4.07%. The regions with extensive pasture can occupy 22% of the study area, with an average slope of 4.85%. The pasture / forest transition area occupies the largest land area with 36%, with an average slope of 5.14% and a range of 0 - 82.27%. Forest areas should be protected in 35% of the area and

concentrated in a mean slope of more than 6.54%, where the greatest slope ranges 0 - 89.12% are located, being more susceptible to natural erosion.

KEYWORDS: land use, watershed, slope

INTRODUÇÃO

A declividade do terreno é uma variável da paisagem importante para a gestão e o planejamento territorial. O mapeamento territorial e sua posterior classificação gera dados para orientar a tomada de decisão sobre limites para parcelamento e uso do solo e demais aplicações destinadas ao planejamento urbano e ambiental.

O objetivo principal dos métodos de conservação do solo e da água está na seleção de medidas que reduzem e minimizam os processos de erosão, principalmente relacionadas a ocupação antrópicas, como é o caso da agricultura intensiva (GIBOSHI, RODRIGUES, LOMBARDI NETO, 2006).

A capacidade de uso da terra define como a adaptabilidade da terra às usos e ocupações agrícolas, sem que ocorra os impactos negativos do solo, como desgaste e empobrecimento, através do seu uso (LEPSCH et al., 1991).

A definição matemática das classes de capacidade de uso possibilita identificar um agrupamento de terras com o mesmo grau de limitação e definindo condições de aproveitamento e riscos de degradação semelhantes.

A degradação ambiental dos solos está frequentemente relacionada as alterações não planejadas de uso e ocupação (VALLE JUNIOR, 2008). A bacia hidrográfica é considerada unidade básica de gestão ambiental e proteção dos recursos naturais (PISSARRA et al., 2004). A análise dos parâmetros morfométricos são importantes instrumentos para avaliação das bacias hidrográficas.

O coeficiente de rugosidade (RN) é um parâmetro morfométrico que descreve a interação entre dois fatores importantes sobre a conformação da paisagem de uma bacia hidrográfica, são estas a densidade de drenagem e a declividade. A interação entre estes dois fatores pode mostrar a suscetibilidade a erosão natural do terreno. As limitações quanto ao uso potencial do solo estão diretamente relacionadas aos valores altos de RN.

Já a declividade é definida para diversas aplicações e adotadas no sistema brasileira de classificação do solo, classificação de capacidade de uso do solo, ocupação das áreas de preservação permanente, áreas sujeitas à inundação, áreas com possibilidades de mecanização da agricultura, além de definir os limites para parcelamento e uso do solo SANTOS, MELO, ROVANI, 2017).

A declividade consiste na inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, este desnível topográfico é mostrado entre dois pontos junto a distância horizontal (GRANELL-PÉREZ, 2004; IBGE, 1999). Devido a associação da declividade com processos de transporte gravitacional das partículas de solo, ela corresponde de forma direta aos processos de escoamento superficial e os processos de erosão.

Os conflitos ambientais por uso do solo é um processo antrópico que causa todos os anos grande perda de solo. No cenário sem conflito as perdas de solo chegam a ser 54% a 86% menores comparados aos usos diferentes da sua capacidade (PACHECO et al. 2014).

Pesquisas relacionadas a conservação do solo buscam definir as classes de utilização da terra e desta forma avaliar a capacidade e a aplicação de práticas de conservação, sendo possível assim a utilização dos solos de forma intensiva e permanente sem provar degradação (GIBOSHI, RODRIGUES, LOMBARDI NETO, 2006).

O objetivo foi dimensionar os intervalos de declividade para classe de capacidade de uso do solo, utilizando o parâmetro morfométrico, coeficiente de rugosidade e Modelo Digital de Elevação, visando discutir a importância da declividade na capacidade natural de uso dos solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O objeto deste documento de trabalho corresponde à parte de cobertura (metade) da porção de 37.180,9 km², 51,3% da Bacia do Rio Tietê, correspondente aos afluentes das 97 sub-bacias dos rios Tietê / Jacaré, Tietê / Batalha e Comitês do Baixo Tietê localizados no Planalto Ocidental do Estado de São Paulo, em uma drenagem linear que se estende por cerca de 458.314 km do principal curso de água do rio Tietê (FIGURA 1).

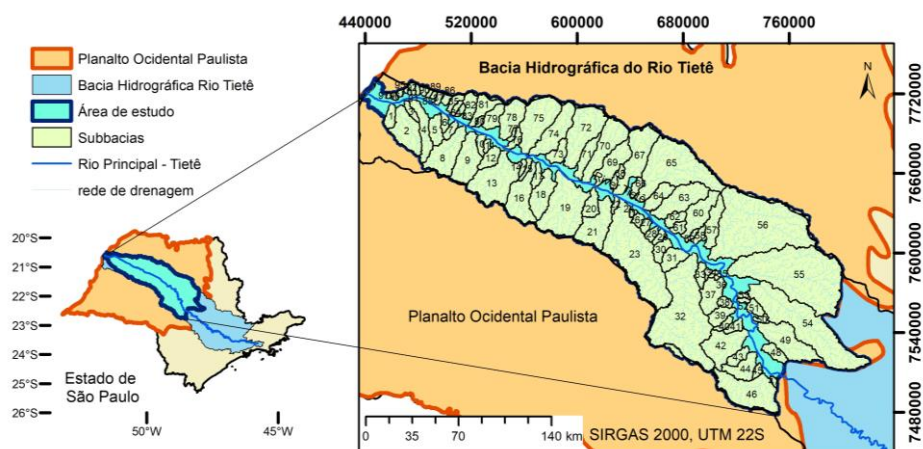


FIGURA 1. Localização da área de estudo.

A área (ca. metade) está localizada entre as latitudes sul $-20^{\circ} 30'49.78''$ e $-22^{\circ} 47'12.42''$ e as longitudes oeste de $-51^{\circ} 36'11.35''$ e $-47^{\circ} 53'7.48''$ Datum SIRGAS 2000, e é de importância histórica no auxílio à colonização e desenvolvimento econômico do Estado de São Paulo, bem como a importância ambiental devido ao grave problema de poluição de suas águas (BRANNSTROM; OLIVEIRA, 2000).

Definição das classes de capacidade de uso do solo

A metodologia utilizada para definição das classes de capacidade de uso nas bacias hidrográficas foi realizada seguindo os seguintes procedimentos e banco de dados:

- Etapa 1: Definição e processamento do modelo digital de elevação

Toda a modelagem da capacidade de uso do solo foi feita a partir da imagem orbital do projeto SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*, onde foi modelado o banco de dados topográfico de altitude mundial. A imagem raster do MDE – Modelo Digital de Elevação de resolução espacial ~ 90 m, foi processada pelo INPE, pelo Projeto TOPODATA, Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, para resolução de ~ 30 m (BRASIL, 2008), facilmente acessado pelo link <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>.

Após a definição das quadriculas de interesse, as quadriculas foram exportadas para o sistema de informação geográfica – SIG, software ArcGIS 10.1, para o processamento e padronização. Foram então definidos o sistema de coordenadas geográficas, *datum* SIRGAS 2000, e o sistema de projeção linear UTM – Universal Transversa de Mercator, Fuso 22s, no qual todos os pixels forma padronizados para 30 metros.

- Etapa 2: Processamento da rede de drenagem

O MDE foi utilizado para a geração das redes de drenagem da área de estudo. Este processamento foi realizado na extensão *ArcHydro* (ESRI, 2011) do software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2010). As ferramentas utilizadas são encontradas no menu *Terrain Preprocessing*. O processamento das linhas da drenagem foi modelado utilizando as ferramentas *Fill Sinks*, *Flow Direction*, *Flow Accumulation*, *Stream Definition*, *Stream segmentation* e *Drainage processing*. O limiar utilizado para interpolação das linhas de drenagem foi de 500, para toda área de estudo.

- Etapa 3: Delimitação das bacias hidrográficas

A metodologia aplicada para a definição das classes de capacidade de uso do solo leva em conta o limite topográfico das bacias hidrográficas, definidos pelos divisores de água. O processamento das linhas limítrofes foi gerado de modo automatizado utilizados as ferramentas *Catchment Grid Delineation* e *Catchment Polygon Processing*. Depois do processamento, foram utilizadas as linhas que demarcaram as superfícies que drenam água para o rio principal, rio Tietê. Ao final da seleção das regiões em ambas vertentes do rio Tietê, foi encontrado um total de 97 regiões, denominadas então de subbacias hidrográficas.

Todos os tributários foram processados a partir do canal principal, considerando as características do fluxo de corrente.

- Etapa 4: Cálculo das variáveis morfométricas

Os parâmetros morfométricos dimensionais utilizados para a modelagem da capacidade do uso do solo foram: área (A) em km², perímetro (P) em km, comprimento da rede de drenagem (Cr) em km, declividade média (D) em %. Os parâmetros morfométricos derivados foram: densidade de drenagem (Dd) em km/km² e coeficiente de rugosidade/*Ruggedness number (RN)* com unidade adimensional.

Área (A): foi delimitada por subbacia foi gerado pela tabela dos atributos do *shapefile* gerado no *ArcHydro*, após a criação da coluna do tipo *float*, foi realizada a ferramenta *Calculate geometry* com a unidade *Square kilometers*.

Perímetro (P): foi utilizado o mesmo procedimento da área, porém na aba da ferramenta *Calculate geometry* foi selecionada a opção *Perimeter* com a unidade *Kilometers*.

Comprimento da rede de drenagem (Cr): Os vetores do *layer* da drenagem após serem gerados no *Archydro*, foram calculados os comprimentos de cada segmento de rio. O procedimento foi realizado na tabela de atributo do *shapefile*, após a geração da coluna *Cr_km* na categoria *float*, foi selecionada a ferramenta *Calculate geometry* e na opção *Lenght* a opção *Kilometers*. Após o cálculo de cada segmento, foi sobreposto o *shapefile* das subbacias hidrográficas. Com a ferramenta *Select features* foi selecionado manualmente os segmentos de rios pertencentes em cada bacia hidrográfica. Com os segmentos de rios correspondentes a subbacia de interesse selecionados, foi utilizada a ferramenta *Statistics* na tabela de atributos do *layer* da drenagem, e selecionado o dado da opção *Sum*. O valor correspondente foi colado sobre a coluna *Cr_km* do *layer* da subbacias, para ser utilizado posteriormente no cálculo da densidade de drenagem.

Densidade de drenagem (Dd): é a razão entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) em quilometro e a área da bacia hidrográfica (A) em quilometro quadrado, sendo a expressão $Dd = Cr/A$.

Coefficiente de Rugosidade - *Ruggedness number* (RN): é o parâmetro morfométrico adimensional utilizado para definição da capacidade de uso do solo. O parâmetro é calculado pela combinação entre o fator relevo da bacia hidrográfica, utilizando a declividade média em porcentagem e a densidade de drenagem em quilometro por quilometro quadrado, sendo a expressão $RN = Dd/D$.

- Etapa 5. Definição das classes de capacidade de uso do solo

A classificação da distribuição dos valores de RN foi realizada em 4 classes, utilizando o método *Natural Breaks (Jenks)* para classificar dados univariados. As classes de intervalos naturais são baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados. Quebras de classe são identificadas que melhor agrupam valores semelhantes e que maximizam as diferenças entre as classes. Os recursos são divididos em classes cujos limites são definidos onde há diferenças relativamente grandes nos valores de dados.

O conjunto de valores aleatórios ou uniformes k-1 é gerado no intervalo $[\min \{x\}, \max \{x\}]$. Os valores médios para cada classe inicial são calculados e a soma dos desvios quadrados dos membros da classe dos valores médios é computada, seguido pela soma total quadrados dos desvios (STQD). Os valores individuais em cada classe são sistematicamente atribuídos a classes adjacentes, ajustando os limites da classe para ver se o STQD pode ser reduzido. Este processo iterativo, que termina quando a melhoria no STQD cai abaixo de um nível limiar, ou seja, quando a variação dentro da classe é tão pequena quanto possível e entre a variação da classe é tão grande quanto possível.

Os limites de cada classe RN são configurados como função da RN mais alta e mais baixa, onde as classes RN, n é o número de classes RN (quatro) e RNmin e RNmax são os valores mínimos e máximos de RN calculados na região estudada. Os valores do Código N, são descritos na Tabela 1, abaixo.

TABELA 1. Códigos de classificação da capacidade de terra (Código N).

Classification of the Land capability uses codes (N)

Classes de capacidade de uso do solo	Código (N)
Agricultura (RN baixos)	1
Pastagem	2
Pastagem/ Floresta	3
Floresta (RN altos)	4

Declividade

O mapa de declividade foi gerado no software *ArcGIS*, utilizando a base de dados do Modelo Digital de Elevação – MDE.

A ferramenta utilizada pode ser encontrada no *ArcToolbox* com o caminho *Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*. O estudo foi gerado utilizando o padrão porcentagem (*percent_rise*), para isto o arquivo matricial de entrada, MDE, foi processado para o sistema de coordenadas planas. O MDE foi reprojetoado para Sistema de Coordenadas UTM, *datum* SIRGAS 2000 zona 23S.

O algoritmo da declividade utilizado para extrair a declividade de uma imagem matricial no SIG utilizou os valores de altitude de cada pixel do MDE. O cálculo da declividade no SIG foi realizado com base nos valores altimétricos dos pixels adjacentes, perfazendo um total de 8 pixels (DUNN; HICKEY, 1998). A equação para o valor de declividade (relação base/altura) do pixel central foi:

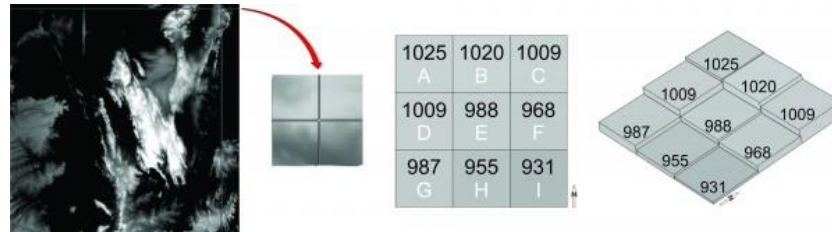


FIGURA 2. Valores do pixel de uma imagem. Fonte: SANTOS, MELO, ROVANI (2017)

O cálculo em porcentagem:

$$D = \left(\sqrt{D_{e-o}^2 + D_{n-s}^2} \right) * 100$$

O valor de D_{e-o} corresponde a distância horizontal e calculado pela seguinte equação:

$$D_{e-o} = \frac{((C + 2F + I) - (A + 2D + G))}{(8 * \text{resolução espacial em } x)}$$

O valor de D_{n-s} reporta a altura, e calcula-se da seguinte forma:

$$D_{n-s} = \frac{((G + 2H + I) - (A + 2B + C))}{(8 * \text{resolução espacial em } y)}$$

A inclinação da declividade é emitida como valores percentuais. Os valores variam de 0 a essencialmente infinito. Uma superfície plana é de 0 por cento e uma superfície de 45 graus é de 100 por cento, e como a superfície se torna mais vertical, o aumento percentual torna-se cada vez maior (SANTOS, MELO, ROVANI, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo são apresentados os dados relativos a definição das capacidades de suporte ao uso do solo seguidos pela variabilidade real da declividade do solo sobre as subbacias que desaguam suas águas sobre o rio Tietê. A porção estudada faz parte da área do planalto ocidental paulista, unidade morfoesculturais do relevo, representativa para cerca de metade do estado. O estudo buscou entender e dimensionar a variabilidade da declividade sobre as classes de capacidade de uso do solo definida pelo parâmetro morfométricos RN.

A FIGURA 2, é possível definir e localizar as classes de capacidade de uso do solo na área de estudo. Os intervalos com a distribuição dos menores valores de RN são alocados os sistemas produtivos intensivos, neste caso a agricultura, já nas subbacias com maiores expressões de RN são definidas as zonas de florestas.

A distribuição da frequência espacial das classes de capacidade de uso na área de estudo pode ser visualizada na TABELA 2. As classes de proteção ambiental foram alocadas em apenas 18 subbacias que representa 35 % da área de estudo. As zonas com predomínio agrícola em 21 subbacias com 6,8 %.

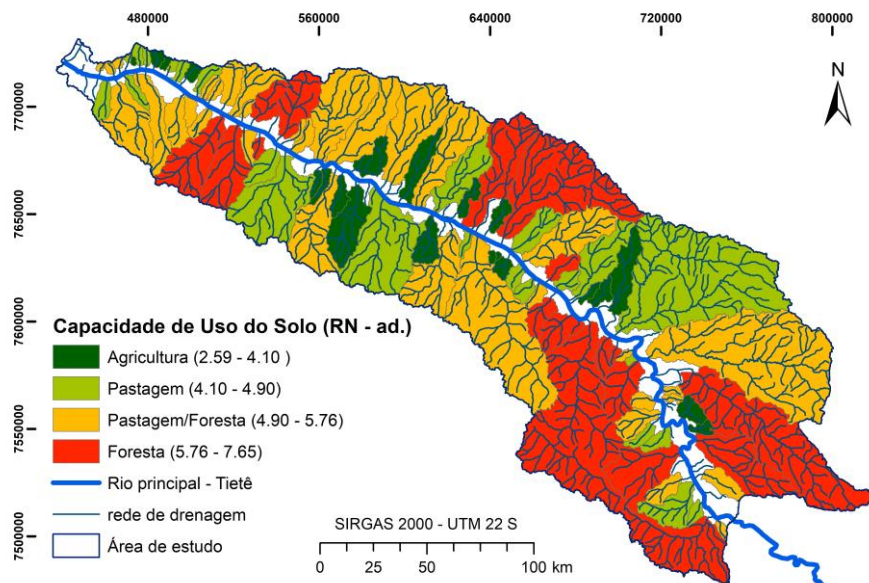


FIGURA 3. Mapa Capacidade de Uso do Solo.

TABELA 2. Classes de capacidade de uso do solo e distribuição na área de estudo.

Classes of land use capability and distribution in the study area.

Classes de Capacidade de uso do solo	Area (km ²)	Area (%)	Número de subbasins
Agricultura	2267,71	6,8	21
Pastagem	7424,02	22,1	24
Pastagem /floresta	12097	36,1	34
Floresta	11766,9	35,1	18

Desta forma, podemos concluir que a área de estudo pode ser preferencialmente ocupada por um mosaico de pastagens e manchas de floresta (34 subbasins, 36,1 % da área) (18 subbasins, 35,1%), áreas de pastagem (24 subbasins, 22,1%). A identificação e seleção destas áreas auxiliam a detecção e diferenciação a capacidade natural do uso do solo, auxiliando na minimização dos impactos gerados pelas ações antrópicas gerados pela erosão provocados principalmente do escoamento superficial (GIBOSHI, RODRIGUES, LOMBARDI NETO, 2006).

A variação da declividade tem influencia direta sobre os processos de erosão natural dos solos. O padrão do relevo e sua variação sobre cada classe de capacidade de uso pode ter um papel predominante nas formas de gestão destas bacias hidrográficas. A variação espacial das classes de declividade é espacialmente visualizada na FIGURA 4.

A área de estudo foi classificada segundo as classes definidas pela Embrapa (1979), os padrões definem o comportamento do relevo em determinada área. Como podemos visualizar na TABELA 3, a região tem predomínio nas primeira três classes de relevo (plano, suave ondulado e ondulado), sendo predomínio do relevo sobre a classe suave ondulado em cerca de 56,7 %, ocupando o intervalo de 2 a 8 %.

O desgaste natural dos solos nas áreas declivosas causa diversos impactos, a agricultura intensiva e mal manejadas em áreas com capacidade de uso da terra limitada causa

empobrecimento do solo (LEPSCH et al., 1991). O empobrecimento do solo está muito relacionado a perda de matéria orgânica, avaliada por Valera et al. (2016) avaliadas em zonas de conflito. A perda de matéria orgânica tem impacto direto sobre as funções estruturais do solo, como a capacidade de formular agregados e reter nutrientes e indiretos na qualidade da água e ecossistemas ribeirinhos pelos processos de lixiviação e eutrofização.

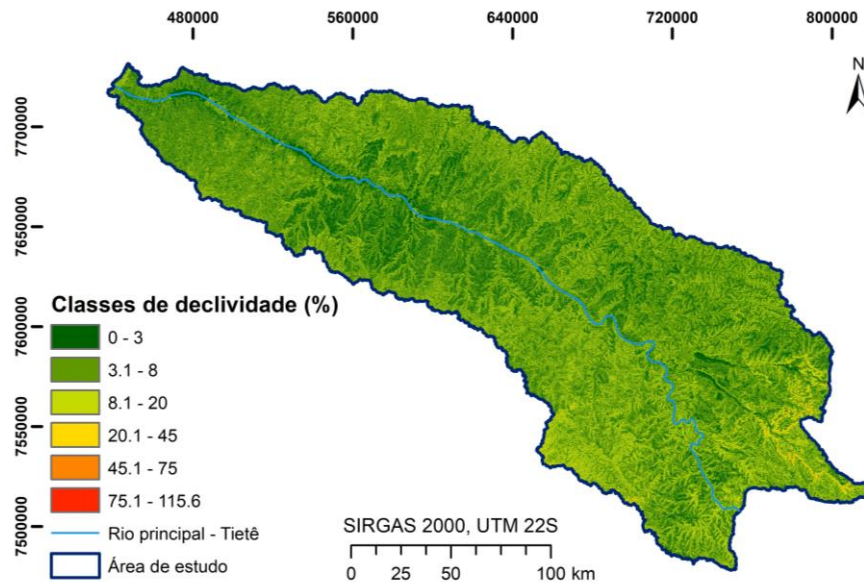


FIGURA 4. Distribuição das classes de declividade, porcentagem.

TABELA 3. Classes de declividade na área estudada.

Slope classes of the studied area.

Classes de declividade (%)	Discriminação	Area (km ²)	Area (%)
0 - 3	Plano	8284,9	22,3
3 - 8	Suave ondulado	21094,4	56,7
8 - 20	Ondulado	7539,3	20,3
20 - 45	Forte ondulado	239,7	0,64
45 - 75	Montanhoso	21,2	0,06
> 75	Escarpado	0,32	0,0008

Fonte: Embrapa (1979).

A intersecção das classes de capacidade de uso do solo sobre o mapa de declividade foi possível determinar a variação existente em cada classe (FIGURA 5). Podemos visualizar que existe um crescimento da declividade máxima de cada classe com o aumento da restrição das classes de capacidade de uso do solo. As subbacias com zonas onde o padrão foi definido para uso agrícola apresentou valor médio e desvio ($4,07 \pm 0,34$ %) e menor amplitude (0 - 44,32%).

As regiões com pastagem extensiva se distribuíram em terrenos com valores médios de declividade em $4,85 \pm 1,22$ %, valores médios e de intervalo maiores (0 - 73,83%). A área de transição pastagem/floresta ocupa a maior extensão territorial com 36%, com declividade média de 5,14% e amplitude de 0 - 82,27%. As áreas destinadas a preservação, foi destinada nas subbacias com relevos mais declivosos, chegando a declividade média de 6,54 %, o intervalo fica entre 0 - 89,12%, apresentando áreas mais suscetível a erosão natural.

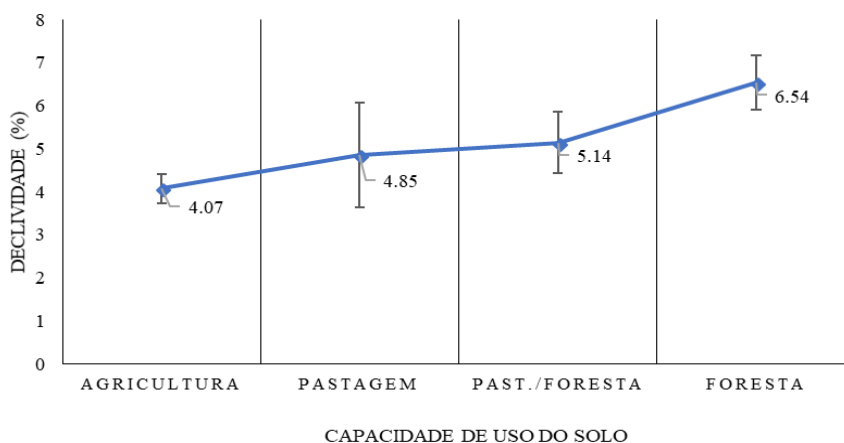


FIGURA 5. Distribuição da declividade das classes de capacidade de uso do solo.

O monitoramento da amplitude da erosão em cada área de manejo agrícola e bacia hidrográfica deve ser investigado e alvo de projetos e pesquisas que visam a ocupação mais consciente dos solos. Os sistemas de informação geográfica e o manejo de bacias hidrográficas podem auxiliar na definição de parâmetros prioritários para análise feitas no ambiente computacional e em loco (PISSARRA et al. 2013; PACHECO et al. 2014).

CONCLUSÕES

A declividade é um fator importante para a gestão dos solos, sendo um fator limitante para a ocupação e implementação de sistemas produtivos de forma sustentável. Desta forma, o modelo digital de elevação e os sistemas de informação geográfica possibilitam a dimensionar mapas de declividade de forma rápida e com resolução aceitável para a gestão de ambiental na escala de bacias hidrográficas.

A capacidade de uso do solo em bacias hidrográficas é um importante instrumento de avaliação do suporte natural do uso do solo. Na avaliação realizada neste artigo, foi possível verificar a relação direta crescente existente entre a variação da declividade na restrição ao uso do solo. Foi verificado que as bacias com maior capacidade de uso, potencial agrícola apresentaram melhores valores médios de declividade enquanto as com menor capacidade, potencial floresta, tiveram os maiores valores de declividade. As áreas com pastagem apresentaram maior desvio da declividade, sendo consideradas como usos intermediários quanto a proteção dos solos, quando bem manejadas.

Desta forma, o estudo da declividade deve ser um instrumento considerado para o monitoramento da degradação dos solos e no planejamento estratégico dos planos de política de uso do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao projeto de bolsa doutorado em Variabilidade espacial da suscetibilidade magnética na identificação da capacidade de suporte de uso do solo, processo nº 2016/19.215-5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>.

BRANNSTROM, C.; OLIVEIRA, A. M. Human modification of stream valleys in the western plateau of Sao Paulo, Brazil: implications for environmental narratives and management. **Land Degradation & Development**, v. 11, n. 6, p. 535-548, 2000.

DUNN, M.; HICKEY, R. The effect of slope Algorithms on Slope Estimates within a GIS. **Cartography**, v. 27, n. 1, pp. 9 -15.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A; NETO, F. L. A decision support system for recommending land use and soil management. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 861–866, 2006.

GRANELL-PÉREZ, M. del C. **Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas**. 2a ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004, 128p.il.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções Básicas de Cartografia**. v. 1. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1999. 130 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 8).

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4a aproximação, 2a. impressão revisada. Campinas: SBCS, 1991. 175p.

PACHECO, F. A. L. et al. Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. **Science of the Total Environment**, v. 485–486, p. 110–120, 2014.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004.

PISSARRA, T. C. T. et al. Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico stream, Monte Alto - SP, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 2, p. 303–311, 2013.

SANTOS, R. L. R.; MELO, D. H. C. T. B.; ROVANI, F. M. Decifrando a ferramenta SLOPE com arquivo raster (MDE) no no ArcGIS. **Revista MundoGEO**. Curitiba: MundoGEO, ano 19, n. 82, jul. 2017. (Conteúdo Complementar, on-line).

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 220f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.