



LUCAS MOURA PIMENTA SILVA CAVALCANTI

**ANÁLISE DO FATOR TOPOGRÁFICO EM AMBIENTE SIG NA ÁREA
DA FAZENDA-ESCOLA DO IFSULDEMINAS – *CAMPUS*
INCONFIDENTES**

**INCONFIDENTES – MG
2016**

LUCAS MOURA PIMENTA SILVA CAVALCANTI

**ANÁLISE DO FATOR TOPOGRÁFICO EM AMBIENTE SIG NA
ÁREA DA FAZENDA-ESCOLA DO IFSULDEMINAS – *CAMPUS*
INCONFIDENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: DSc. Cleber Kouri de Souza

Coorientador: DSc. Angelo Marcos Santos Oliveira

**INCONFIDENTES – MG
2016**

LUCAS MOURA PIMENTA SILVA CAVALCANTI

**ANÁLISE DO FATOR TOPOGRÁFICO EM AMBIENTE SIG NA
ÁREA DA FAZENDA-ESCOLA DO IFSULDEMINAS – *CAMPUS*
INCONFIDENTES**

Data de aprovação: ____ de _____ de 2016.

DSc. Cleber Kouri de Souza

IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

DSc. Angelo Marcos Santos Oliveira

IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

DSc. Lúcia Ferreira

IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Edmilson da Silva Cavalcanti e Sandra Moura Pimenta Silva Cavalcanti, que são minha base, me apoiam e me inspiram a sempre fazer o meu melhor.

As minhas avós Severina Cavalcanti e Antônia Pimenta, que foram uns dos pilares da minha vida (in memoriam).

Dedico!

AGRADECIMENTOS

ACIMA DE TUDO A DEUS, QUE ME DEU FORÇAS PARA CHEGAR ATÉ AQUI E A QUEM CONFIO MEU CAMINHO.

AGRADEÇO PRIMEIRAMENTE A DEUS QUE ME DEU A VIDA E A OPORTUNIDADE DE VIVER TODOS ESSES MOMENTOS AQUI NO IFSULDEMINAS,

AGRADEÇO AOS MEUS ORIENTADOR E COORIENTADOR, PELA ATENÇÃO PACIÊNCIA E DEDICAÇÃO AO TRABALHO DESENVOLVIDO.

AGRADEÇO PRINCIPALMENTE Á AMIGOS COLABORADORES DE ALGUMA FORMA DO PROJETO DESENVOLVIDO, CAMILA SANCHES, ELISANDRA MARIANO, FABIANA MOURA E VINÍCIUS SERAFIM.

AGRADEÇO A MINHA NAMORADA NICOLE BRENDO LAN PELO APOIO, CARINHO E PACIÊNCIA COMIGO DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.

AGRADEÇO A TODOS OS AMIGOS QUE FIZERAM PARTE DESTA PÁGINA DA MINHA VIDA, QUE COM CERTEZA ME ENSINARAM MUITO AO LONGO DESSES ANOS EM INCONFIDENTES.

UM ETERNO OBRIGADO PELA TRAJETÓRIA AQUI TRILHADA E PELOS ENSINAMENTOS QUE LEVAREI PARA O PRÓXIMO PERCURSO.

LM23.

EPÍGRAFE

"O que sabemos é uma gota, já o que não sabemos é um oceano"
(Edward Elric - FullMetal Alchemist)

RESUMO

Conhecer o espaço geográfico tem grande importância, pois é através dele que é feito o ordenamento das atividades antrópicas. A erosão pode ser definida como um processo geológico de desgaste da superfície terrestre. Ocorre em função da interação entre solo, água, clima e características topográficas. A aplicação do mapeamento geotécnico visa ainda auxiliar na resolução de problemas, principalmente àqueles causados por interferência antrópica, além de realizar previsão de problemas futuros. Com isso o presente trabalho objetivou quantificar, em ambiente SIG, o fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo e associá-lo as classes de declive possibilitando a identificação de locais susceptíveis à erosão na Fazenda-Escola do IFSULMINAS – Campus Inconfidentes em Minas Gerais. Por meio de um sistema de informações geográficas foi gerado um mapa de classes de declividade a partir de um modelo numérico de elevação. O mapa de classes de declividade foi associado com o grau de suscetibilidade à erosão. A classe de relevo de maior predominância na área de estudo é a classe ondulada. O mapa gerado pode servir de base para o planejamento de futuras atividades de conservação do solo.

Palavras-chaves: Declividade; Topografia; Erosão

ABSTRACT

Knowing the geographic space has great importance, because it is through him that the planning of the anthropic activities is done. Erosion can be defined as a geological process of thinning the earth's surface. It occurs due to the interaction between soil, water, climate and topographic characteristics. The application of the geotechnical mapping also aims to help solve problems, especially those caused by anthropic interference, in addition to predicting future problems. The objective of this work was to quantify the topographic factor (LS) of the Universal Soil Loss Equation in the GIS and to associate it with the slope classes, allowing the identification of areas susceptible to erosion in the IFSULMINAS Campus - Campus Inconfidentes in Minas Gerais. By means of a geographic information system a slope class map was generated from a numerical model of elevation. The declivity class map was associated with the degree of susceptibility to erosion. The most prevalent relief class in the study area is the wavy class. The map generated can serve as a basis for the planning of future soil conservation activities.

Keywords: Declivity; Topography; Erosion

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. EROSÃO	4
2.2. MODELOS DE PREDIÇÃO DE EROSÃO	5
2.3. FATOR TOPOGRÁFICO	6
2.4. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. CONCLUSÃO	18
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa da área de estudo. IFSULDEMINAS – <i>Campus</i> Inconfidentes.....	11
Figura 2. Mapa altimétrico da área de estudo.....	12
Figura 3. Mapa da classe de declive da área de estudo.....	13
Figura 4. Mapa do Fator Topográfico (LS) da área de estudo.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de declividade e o grau de suscetibilidade à erosão segundo Silva (2015).....	15
Tabela 2. Distribuição absoluta e relativa das classes de relevo da Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.....	15
Tabela 3. Distribuição relativa do Fator Topográfico (LS) da Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS – <i>Campus</i> Inconfidentes.....	17

1. INTRODUÇÃO

O Brasil sempre busca avanços tecnológicos para o seu progresso. O desenvolvimento agrário é de extrema importância para o avanço do país como um todo, uma vez que a economia brasileira recebe um apoio muito significativo da agricultura.

De acordo com a visão contemporânea, a inclusão da observação de diferentes componentes do ambiente, tanto no meio físico quanto no biótico, a interação antrópica e o seu inter-relacionamento, deve fazer parte da gestão territorial e planejamento do manejo do espaço de uma área. (MEDEIROS e CÂMARA, 2001).

De acordo com Zampieri *et al.* (2000) conhecer o espaço geográfico tem grande importância, dado que é por meio dele que é feito o ordenamento das atividades antrópicas. Medeiros e Câmara (2001) falam que para entender e caracterizar o espaço é necessário que sejam feitos os estudos de mapeamento temático, de forma que estes servirão como base para o planejamento das ações e estudos futuros.

Para que seja realizada ações antrópicas nas paisagens é necessário entender a paisagem que é constituída de um conjunto de características dos diferentes elementos. O Ecossistema é frágil, qualquer mudança ou interferência em um de seus componentes, como solo, clima, topografia, e principalmente a ação antrópica, pode causar distúrbio neste ecossistema. É necessário um equilíbrio morfológico e pedogenico entre os elementos da paisagem, e dessa forma, qualquer alteração neste equilíbrio é capaz de iniciar processos erosivos, que podem ser intensificados pela ação antrópica como remoção da cobertura vegetal e no uso indiscriminado da terra. (ROSSI e PFEIFER, 1999)

De acordo com Souza *et al.* (2014) a erosão pode ser definida como um processo geológico de desgaste da superfície terrestre. Ocorre em função da interação entre solo, água, clima e características topográficas, em que ocorre a retirada e o transporte do material na forma de fragmentos, soluções e coloides.

O mapeamento geotécnico consiste no recolhimento de informações referentes às características ambientais, particularmente do meio físico, servindo para orientar o planejamento, ocupação, manejo e conservação de áreas de interesse. A utilização desse método visa ainda auxiliar na resolução de problemas, principalmente àqueles causados por interferência antrópica, além de auxiliar na previsão de futuros problemas, possibilitando a economia de recursos, e também a preservação de áreas ambientalmente protegidas (SILVA *et al.*, 2007).

Dada a importância do mapeamento geotécnico para ações no meio físico, um conjunto de novos métodos e técnicas suportados em ambiente computacional têm sido utilizado atualmente na modelagem do relevo. A parametrização do relevo refere-se à representação quantitativa das características morfológicas da paisagem descritas de forma contínua (WOOD, 2009). O processo consiste na retirada de atributos quantitativos adquiridos através de equações praticadas para um modelo digital de terreno (MDT), realizado por intermédio de técnicas de modelagem digital, muito utilizadas em sistemas de informações geográficas (SIG), para a descrição quantitativa das formas de relevo (HENGL, 2003)

A utilização de MDTs permite o cálculo de variáveis associadas ao relevo com rapidez e precisão (GROHMANN *et al.*, 2008), compreendidas como atributos topográficos (MOORE *et al.*, 1991; MOORE *et al.*, 1993; WILSON e GALLANT, 2000).

Ruggiero *et al.* (2006) conta que o desenvolvimento dos sistemas de informações geográficas fez com que o uso de informações remotamente obtidas fosse cada vez mais difundido. Tais sistemas gerenciam a informação espacial e permitem sobrepor mapas de diferentes temas, relacionando e integrando as informações e, assim, facilitando a percepção de padrões e relações entre eles. Ao se utilizar os SIGs, porém, é necessário ter ciência de como os mapas iniciais foram gerados.

A distribuição espacial dos principais fatores que acarretam a erosão, pode ser avaliada de acordo com a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), em um ambiente SIG. A intenção deste método é realizar a previsão a médio e longo prazo da erosão do solo, levando em consideração um gama de dados coletados, e assim iniciar o planejamento de práticas conservacionistas. (FORNELOS e NEVES, 2007)

Com a iniciativa de estimar a erosão do solo, a EUPS de Wischmeier e Smith (1978) que mais tarde foi revisada por Renard e colaboradores (1997), se baseia nas variáveis climáticas (fator R), pedológicas (fator K), topográficas (fator LS) e também nas condições de

manejo e conservação de solo (fator CP). A aplicação da EUPS se faz mais efetiva em encostas curtas, porém também há algumas variações que propiciam a utilização em áreas de maior proporção como bacias hidrográficas (MERRITT *et al.*, 2003).

O fator topográfico, também chamado de fator LS, é a junção dos fatores comprimento de rampa (L) e declividade (S), as determinações desses fatores são melhores expressados em áreas curtas, pois a equação apresenta limitações para grandes extensões. Sendo assim, o comprimento da rampa representa uma dimensão em linha correspondente à ligação entre o começo e o final do escoamento hídrico. (RENARD *et al.*, 1997).

Em ambiente real, não é fácil identificar o ponto exato de começo e fim de escoamento. Portanto se torna impraticável a realização em grandes extensões, e assim o modelo EUPS fundamenta o fator topográfico. (MINELLA, 2010).

Assim, o presente trabalho objetivou quantificar, em ambiente SIG, o fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo e associá-lo as classes de declive possibilitando a identificação de locais susceptíveis à erosão na escola fazenda do IFSULMINAS – Campus Inconfidentes em Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. EROSÃO

Tanto no mundo como no Brasil, a erosão sempre causa grande preocupação, uma vez que a rapidez com que seus processos ocorrem e trazem diversos prejuízos tanto em âmbito ambiental como econômico. Essa maior agilidade do processo se dá pela junção da intensificação agrícola e de fortes ações pluviais, que é praticamente responsável por 85% da erosão do solo. Aproximadamente 1,5 Bilhão de ha no planeta já sofreram ação da erosão, a qual é intensificada pelo mal-uso e manejo do solo. (AMORIM *et al.*, 2010).

Os processos erosivos podem ser modelados através da matemática pela desagregação, transporte e deposição do material do solo envolvido no processo. Os motivos da realização dessas modelagens podem ser fundados pela utilização desses modelos como instrumento de predição da erosão para eventos de conservação da área ou ferramenta para análise dos próximos passos para erosões já ocorridas. Outro motivo seria para entendimento dos fatores e processos da erosão para que se possa direcionar futuras pesquisas. (NEARING *et al.*, 1994)

Há uma associação entre os padrões de relevo e os processos geomorfológicos, em relação a erosão e o início da apresentação das paisagens na superfície terrestre. Para a formação da paisagem, originadas das formas e tipos de materiais superficiais, tem-se como base a evolução formas topográficas da área em questão, em junção com os processos de erosão, que depositam materiais na paisagem. (RAY, 1963)

Existe a necessidade de se conhecer profundamente cada um dos fatores que afetam os processos erosivos de forma isolada, para que se possa entender também a interação que ocorre entre cada um desses fatores. Os fatores topográficos que ocasionam a erosão,

como declividade e comprimento da vertente, são considerados controladores da distribuição desses processos. Isso de dá por conta do relevo em questão regulamentar a intensidade e caminho dos canais hídricos, que são um dos principais responsáveis pela deposição de material do solo. (SOUZA *et al.*, 2014).

2.2. MODELOS DE PREDIÇÃO DE EROSÃO

Há literatura diversos métodos para que se possa analisar os eventos e consequências dos processos erosivos causados pela água no solo. Diante os métodos possíveis, os modelos capaz de prever os eventos erosivos são de suma importância, uma vez que determinada a sua confiabilidade, podem analisar diversos contextos sem a necessidade de uma pesquisa na área em questão, o que geralmente torna o projeto mais oneroso, demorado e ineficiente. (AKSOY e KAVVAS, 2005).

A partir dos anos 50, com o desejo de prever a intensidade da deposição de material do solo por conta da erosão, para utilizar nas práticas conservacionistas e no planejamento agrícola, pesquisadores tem criado modelos matemáticos para que se possa utilizar como instrumento para essas previsões. A partir de modelos baseados em boas experiências como é o caso da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e a Equação Universal Revisada de Perda de Solo, os modelos evoluíram para modelos de fundamentação teórica como o Projeto de Predição de Erosão Hídrica. (AMORIM, 2003)

Para que se possa entender melhor os fatores que influenciam esses modelos de predição à erosão, alguns pesquisadores promovem projetos que analisam esses fatores de forma isolada, como fica evidenciado nos trabalhos de Vidal-Torrado *et al.* (2005), Shixian Gu (2011). Segundo Panquestor *et al.* (2002) o ambiente computacional serve de instrumento para a análise de possíveis prejuízos ambientais e planejamento de adequação das ações antrópicas. Esses estudos têm como objetivo servir para o planejamento de práticas conservacionistas e reduzir o dano ambiental e econômico causado por mal-uso e manejo do terreno.

Uma vez que os modelos de predição de erosão de maior influência no cenário acadêmico, foram elaborados e planejados para as circunstâncias do clima temperado, que por sua vez são bem divergentes do clima tropical do Brasil, é de suma importância que sejam feitos teste e projetos para que se possa avaliar a confiabilidade destes modelos em terrenos e condições brasileiras, antes de serem difundidos. São escassos os estudos realizados para validação dos modelos no Brasil. (AMORIM, 2003).

2.3 FATOR TOPOGRÁFICO

De acordo com Wischmeier e Smith (1965) a intensidade da erosão hídrica sofre influência tanto da distância percorrida no processo erosivo, como pela intensidade da declividade do terreno. Pela USLE/RUSLE são representados respectivamente pelos fatores distância e declividade. Na realidade esses dois efeitos agem de forma conjunta, assim formando o Fator Topográfico ou Fator LS. Esse fator representa a interação entre as perdas de solo em uma determinada área com declividade e comprimento de encosta e as perdas padronizadas com 22,1 m de comprimento e 9% de declividade (OLIVEIRA, 2010).

Há dificuldades em se obter os fatores L e S em virtude do declive do terreno, por conta de sua variação, dado que ele pode ser reto, côncavo, convexo ou os três formatos juntos. Alguns pesquisadores que, através de equações matemáticas, propuseram descrever essa distinção ocorrida no comportamento dos fatores L e S. Wischmeier e Smith (1978) desenvolveram trabalhos para declives irregulares, alterando a atribuição de pesos de acordo com as características do declive (GALDINO, 2011)

O fator LS ou Fator Topográfico, um dos componentes da EUPS, causa interferência na dinâmica erosiva por conta do comprimento da rampa e da inclinação do relevo, estes são fatores importantes para o entendimento do processo de escoamento superficial (PINHEIRO e CUNHA, 2011).

2.4. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Para o processamento das imagens utiliza-se geralmente um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A partir do início dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados dentro de sistemas informatizados, por meio de instrumentos denominados Sistemas de Informações Geográficas - SIG, nasceu a terminologia geoprocessamento (CÂMARA *et al.*, 1996).

Um Sistema de Informações Geográficas é constituído por um conjunto de "ferramentas" aptas a adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos representam objetos do mundo real em termos de posicionamento, em associação topológicas, com relação a um sistema de coordenadas e suas particularidades não aparentes (como o pH, custo, coloração, incidência de doenças, entre outras). Desse modo, um SIG tem diversas aplicabilidades como na pesquisa da previsão de determinados fenômenos, em estudos relacionados aos recursos naturais e meio ambiente ou

suportando decisões de planejamento, dado que os dados representados no SIG são um modelo do mundo real, (PIZOR, 1986).

Outra definição de um SIG pode ser como um sistema composto de quatro grupos de funções para manusear os dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. Os dados são georreferenciados a partir de duas características básicas necessárias: dimensão física e localização espacial (ARONOFF, 1989).

Um SIG tem como uma de suas características básicas a capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos designados. A topologia são estruturas de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem ocorrer entre objetos geográficos. O armazenamento da topologia de um mapa é uma das funcionalidades básicas de um SIG para que ele possa se distinguir de um sistema CAD. A capacidade de tratar inúmeras projeções cartográficas, é outra diferença fundamental. Com objetivo de utilizar para análise geográfica e redes, o acúmulo da topologia concede o desenvolvimento de consultas a um banco de dados espacial, que, de outra forma, não seriam possíveis (CÂMARA *et al.*, 1996).

Segundo Câmara e seus colaboradores (1996), existem quatro formas principais de entrada de dados. Pode ser feita por meio da digitalização ótica, digitalização de mesa entrada de dados via anotações feitas em campo e também através de leitura de dados na forma digital, que pode ser importada pelo sistema.

No início, os SIG's reuniam os dados geográficos e seus atributos em arquivos internos. Esta forma de armazenamento vem sendo substituída pelo uso crescente de sistemas de gerência de banco de dados (SGBD), afim de satisfazer à demanda do tratamento eficiente de bases de dados espaciais cada vez maiores (CÂMARA *et al.*, 1996).

O SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) que tem como principais funções o processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. (CAMARA *et al.*, 1996).

O SPRING é um projeto do INPE / DPI (Divisão de Processamento de Imagens), e seus principais objetivos são:

- Construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional.
- Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado.
- Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais.
- Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no sul de Minas Gerais na fazenda-escola do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes (Figura 1) no município de Inconfidentes/MG. Localizada entre as coordenadas geográficas Latitude: 22° 19' 01" S e Longitude: 46° 19' 40" W. A sua área é de 220,0590 ha com altitude média de 869 metros e declividades que variam de 12 a 50%. Por se tratar de uma fazenda-escola a cobertura vegetal é diversificada apresentando culturas anuais, culturas perenes, pastagem, olerícolas, reflorestamento e fragmento de mata nativa.

Para o estudo do Fator Topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo a fazenda foi levantada com a utilização de um GNSS Geodésico, Modelo GPS900 da Leika, para geração de pontos cotados com o objetivo da elaboração das curvas de níveis (Figura 2) com equidistância vertical de 2 metros, as quais foram utilizadas para elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 5 metros.

De posse do MDE foram utilizadas as classes de declive segundo Embrapa (1979), dividida e classificada da seguinte forma: 0-3% plano, 3-8% suave ondulado, 8-20% ondulado, 20-45% forte ondulado, 45-75% montanhoso e maior 75% escarpado. O mapa de declividade foi feito a partir da grade retangular, que é resultado dos valores de altitude da superfície, sendo medido em porcentagem e posteriormente em graus.

Para o cálculo do fator topográfico foram utilizados os seguintes procedimentos em ambiente SIG Utilizando a programação Legal do Spring:

1. Obtenção do Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 5 metros;
2. Cálculo das depressões espúrias;
3. Cálculo da direção do fluxo;
4. Cálculo do fluxo acumulado.

O fluxo acumulado é obtido em função da direção do fluxo, que, por sua vez, é obtido do MDE. A direção do fluxo de uma célula central é assim escolhida de oito direções

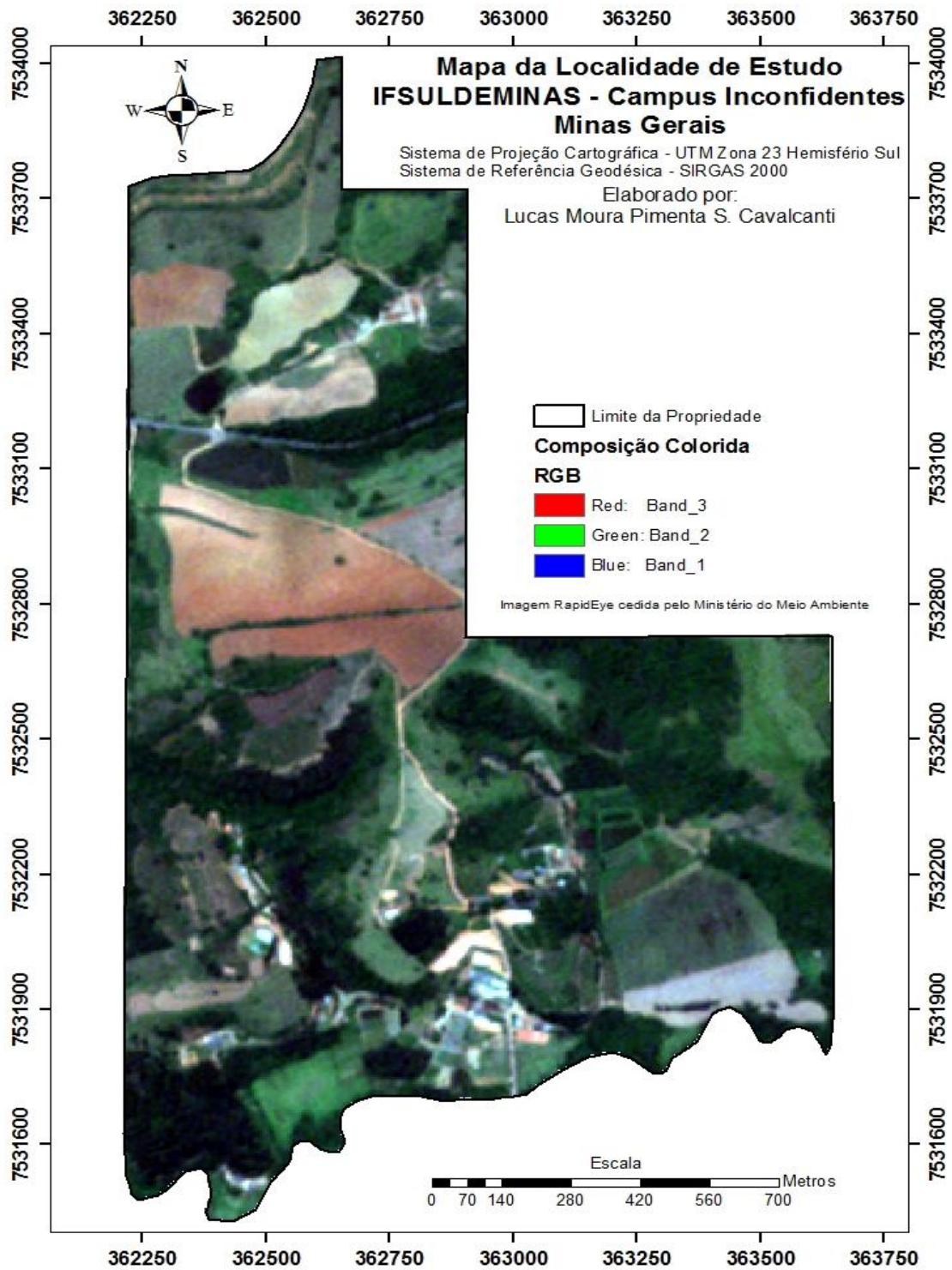
distintas. A direção se dá para a célula de maior gradiente, em relação à célula central. Se vários vizinhos têm os mesmos menores valores, o software define a melhor direção. Uma vez determinada a direção do fluxo, calculou-se o fluxo acumulado nas vertentes. Este define o número de células à montante que contribuem para uma determinada célula à jusante.

Considerando que o fluxo do escoamento superficial em determinada célula do MDE possui direção e sentido equivalentes ao ângulo de orientação de vertentes, pode-se determinar o fator topográfico, fator LS, utilizou-se a equação proposta por Wischmeier & Smith (1978) do seguinte modo:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m (65,41 \sin^2 \theta + 4,56 \sin \theta + 0,065)$$

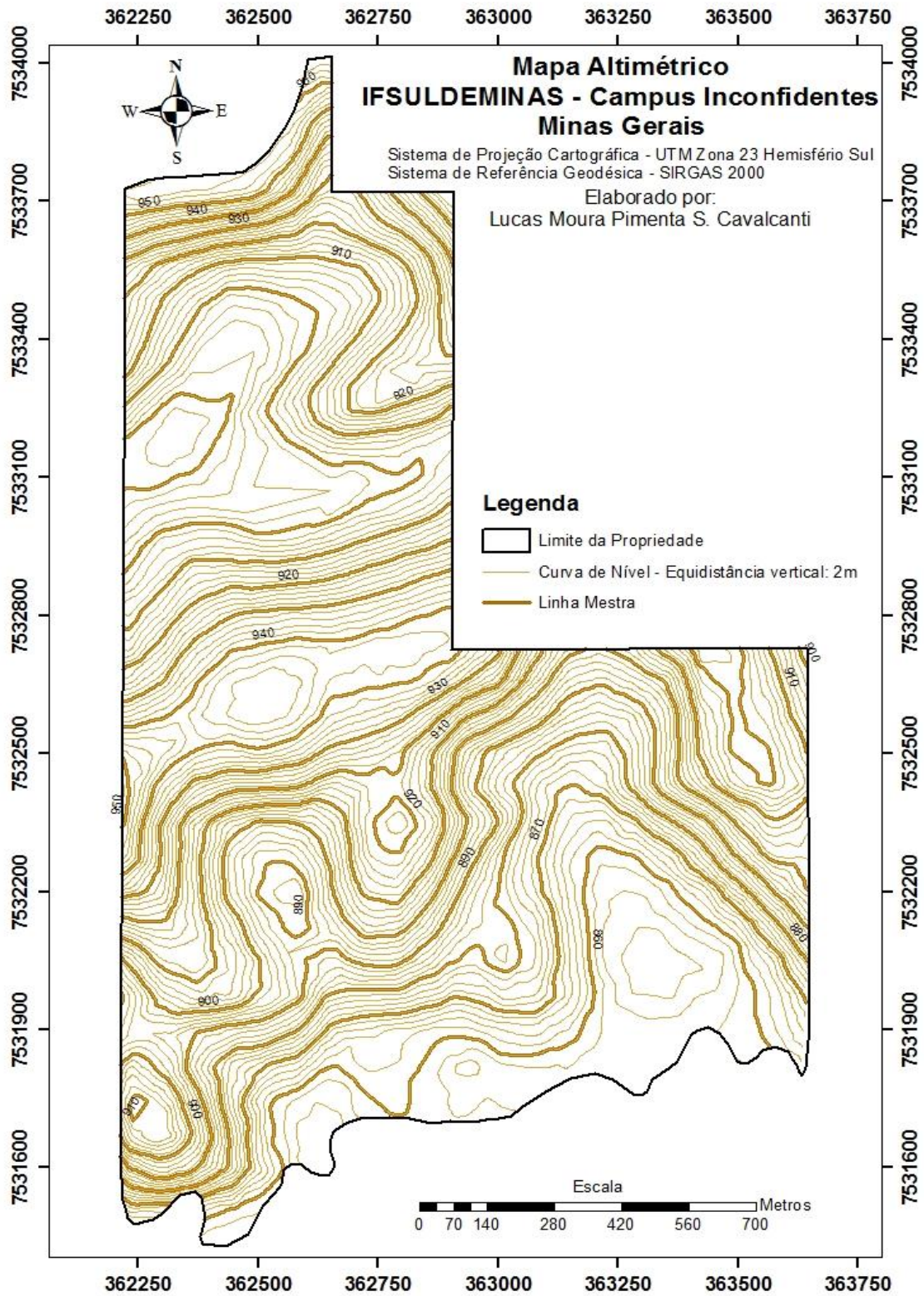
em que λ é o comprimento de rampa, sendo, para o presente estudo, o resultado da imagem raster da acumulação do fluxo, a variável m é a constante dependente da declividade da encosta, admitindo-se valor de 0,5 para declividade maior ou igual a 5%, de 0,4 para declividade de 3 a 5%, de 0,3 para uma declividade de 1 a 3% e de 0,2 para declividade menor que 1%, θ é a declividade em grau. O resultado foi a geração do Mapa do Fator Topográfico que aponta as áreas mais susceptíveis à dinâmica erosiva.

Figura 1. Mapa da área de estudo. IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

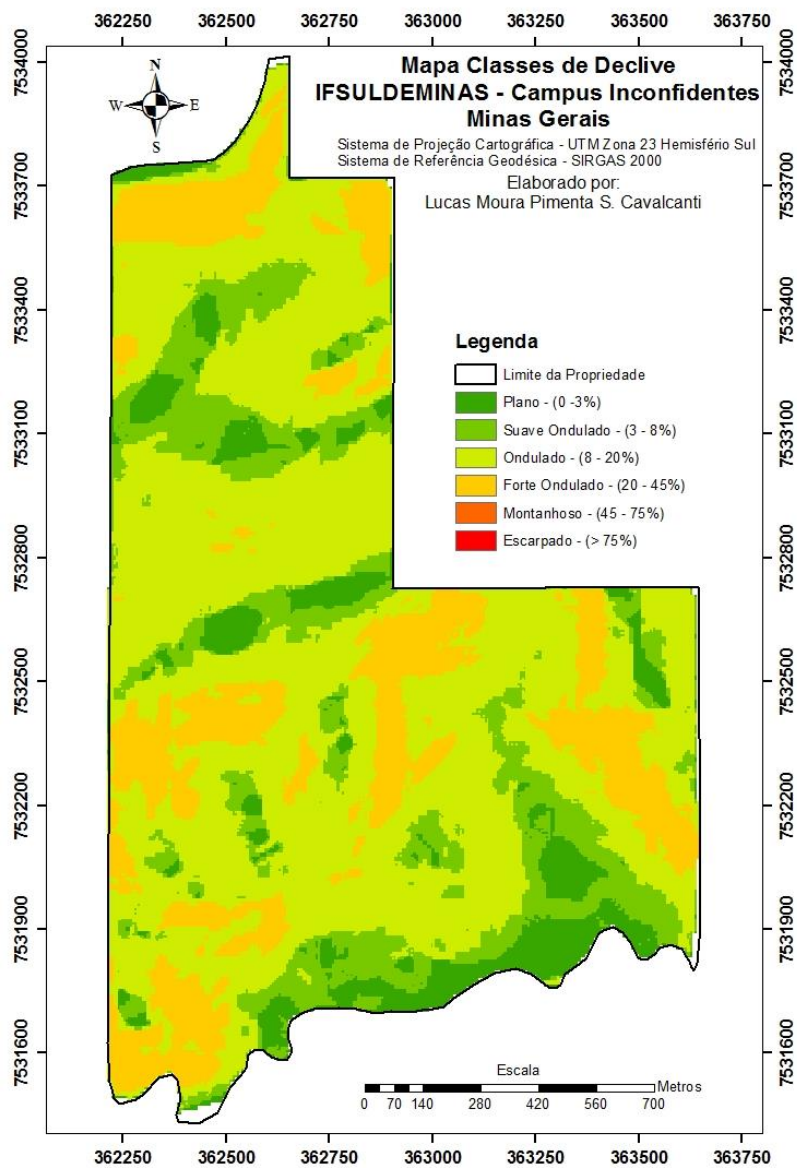
Figura 2. Mapa altimétrico da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 3. Mapa da classe de declive da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode-se observar na Figura 3, foi gerado o mapa das classes de declividade da área em estudo, mostrando a distribuição das classes por toda a área. O método não constatou as classes montanhoso e escarpado.

Segundo Silva e Oliveira (2015), existe uma relação entre as classes de relevo e o grau de suscetibilidade a erosão de um terreno. A relação é representada na Tabela 1. Verifica-se que na área de estudo (Figura 1) existem, na sua maioria, regiões com média e forte grau de susceptibilidade à erosão. Portanto, é necessária uma adequação das práticas de manejo na área para uma redução do risco.

Tabela 1. Classes de declividade e o grau de suscetibilidade à erosão segundo Silva (2015)

Declividade (%)	Classe de Relevo	Grau de Suscetibilidade
0 – 3	Plano	I – Muito Fraca
3 – 8	Suave Ondulado	II - Fraca
8 – 20	Ondulado	III - Média
20 – 45	Forte Ondulado	IV - Forte
45– 75	Montanhoso	V – Muito Forte

A Tabela 2 nos mostra a distribuição total e relativa das classes de relevo. A classe de relevo ondulado se destaca com a maior predominância dentre as classes, com 124,9500 ha e mais de 50% da área de estudo, seguida pelas classes de relevo forte ondulado com 43,7530 ha, suave ondulado com 32,4050 ha, plano com 18,9230 ha. As classes de maior declividade não foram identificadas a partir dos modelos gerados. A área total de estudo foi de 220,0590 ha

Tabela 2. Distribuição absoluta e relativa das classes de relevo da Fazenda Escola do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

Classe de Relevo	Declividade (%)	Área (ha)	%
Plano	0 – 3	18,9230	8,60
Suave ondulado	3 – 8	32,4050	14,72
Ondulado	8 – 20	124,9500	56,78
Forte ondulado	20 – 45	43,7530	19,88
Montanhoso	45– 75	0,0280	0,02
Escarpado	>75	0,0000	0,00
Área Total		220,0590	100,00

De acordo com Araújo *et al.* (2015), a erosão é o principal fenômeno de degradação do solo. O objetivo dos mapas de risco de erosão do solo é demonstrar as expectativas de perda de solo, servindo de base para seleção das áreas prioritárias para conservação do solo.

Correlacionando as duas tabelas apresentadas, a classe de maior área apresenta grau de suscetibilidade médio, e a segunda maior classe grau de suscetibilidade forte. Com o auxílio do mapa da Figura 3 foi possível identificar essas áreas de maior suscetibilidade, e assim dando possibilidade para um planejamentos de conservação do solo, afim de intervir possíveis erosões existentes e prevenir em áreas de maior risco.

O Fator Topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo, calculado para a área de estudo, é apresentado na Figura 4. O mapa apresenta os valores agrupados em classes de modo a facilitar sua visualização. A variação do Fator Topográfico foi de 0 a 14,25 com média de 2,47. Os menores valores foram observados nas áreas com relevo plano nos vales, topos de morros e interflúvios¹. Já os maiores valores na meia encosta e em alguns trechos próximos aos canais de drenagem, onde o fluxo superficial atinge maior energia em função do declive acentuado.

Embora o valor máximo do fator LS seja 14,25, em área de 20-45% de declividade, a maioria da área (175 ha aproximadamente) apresenta fator LS inferior a 8. As classes de valor 0 a 8 representam, aproximadamente, 79 % da área (Tabela 3). Os valores superiores a 8 distribuem-se em pontos isolados e pequenos agrupamentos de “*pixels*” (Figura 4).

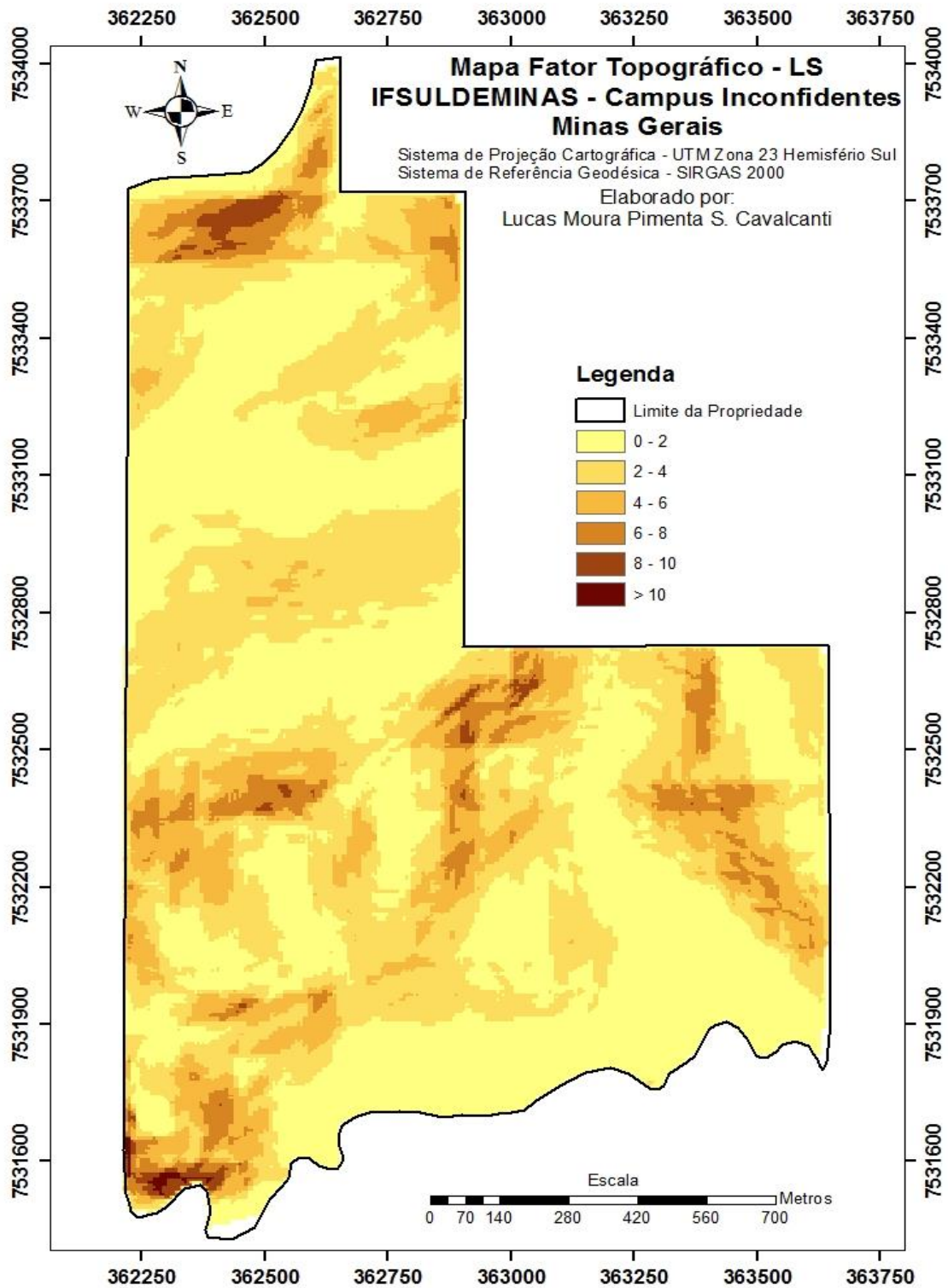
Tabela 3. Distribuição relativa do Fator Topográfico (LS) da Fazenda-Escola do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*

Fator LS	Área (ha)	%
0 – 2	51,328	23,32
2 – 4	47,724	21,69
4 – 6	42,723	19,41
6 – 8	32,987	14,99
8 – 10	28,271	12,85
> 10	17,026	7,74
Área Total	220,059	100,00

1 Interflúvio: Área elevada entre 2 vales, caracteriza-se mais por ser toda área entre 2 talvegues ou entre 2 cursos de maior importância de uma mesma bacia hidrográfica ou distintas. As vezes usada como sinônimo de divisor de água, linha de cumeada.

Dicionário Geográfico

Figura 4. Mapa do Fator Topográfico (LS) da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A distribuição espacial do fator LS segue as classes de declividade da área de estudo, ou seja, os valores LS entre 0 a 2 são aproximadamente coincidentes com as classes de

declividade de 0 a 8 %, indicando que para essas áreas a declividade é o fator que mais influência no fator topográfico.

Para os valores de LS entre 2 a 6 há sobreposição, em grande parte, nas áreas de declividade de 8 a 45%, indicando neste caso que há influência dos fatores combinados entre classes de declive e comprimento de encosta no LS.

Esses resultados estão de acordo com Stein *et al.* (1987), esses autores afirmam que, valores elevados de LS correspondem a relevos mais energéticos. Em contrapartida, esses mesmos autores afirmam que em relevos suaves, os valores mais altos do Fator Topográfico correspondem ao comprimento de rampa e em relevos mais acentuados, os valores do LS são influenciados quase que exclusivamente pela declividade.

Neste mesmo sentido, Costa (2005) classificou os valores de LS em baixo, médio e alto, sendo acima de 8 como altos, correlacionando com declividades superiores a 15%. Semelhantemente, McCool *et al.* (1987) afirmaram que a perda de solo por erosão é mais sensível às mudanças de declividade do que à mudança de comprimento da rampa.

5. CONCLUSÃO

A classe de declive de maior predominância na Escola Fazenda do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes* é a classe ondulada.

O mapa de classes de declive gerado pode servir de base para o planejamento de futuras atividades de conservação do solo.

A integração dos fatores LS possibilitaram conhecer a influência da topografia na perda de solos, pois quanto mais íngreme a área e com grandes comprimentos de rampa, maior o escoamento superficial, que gera maior carga de sedimentos transportados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSOY, H.; KAVVAS, M. L. **A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models.** Catena, Amsterdam v.64, n.1, p.247-271, 2005

AMORIM, R. S. S. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras.** 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2003.

AMORIM, R. S.S.; DA SILVA, DEMETRIUS D.; PRUSKI, F. F. **Avaliação Do Desempenho Dos Modelos De Predição Da Erosão Hídrica Usle, Rusle E Wepp Para Diferentes Condições Edafoclimáticas Do Brasil.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.6, p.1046-1049, nov./dez. 2010.

ARAÚJO, Q. R. et al. **Determinacao do Risco de Erosao com Utilizacao de um Sistema de Informacoes Geograficas.** Ceres, v. 42, n. 243, 2015.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective.** p. 50, 1989.

CAMARA G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO J. S. **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling.** Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

COSTA, A. L. C. **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING.** Rio Claro. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2005.

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, p. 83, 1979.

FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. S. **Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 59, n. 1, p. 25-33, 2007.

GALDINO, S.; WEILL, M. A. M.; PANTANAL–CPAP, Embrapa. **Estimativa do fator topográfico (LS) da RUSLE para a bacia do alto Taquari–MS/MT, utilizando algoritmo do ângulo de inclinação limite para erosão/deposição.** XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Curitiba, 2011.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S. S. **Aplicações dos Modelos de Elevação SRTM em Geomorfologia.** Revista Geografia Acadêmica, v.2, n.2, p. 73-83, 2008.

HENGL, T. **Pedometric mapping: bridging the gaps between conventional and pedometric approaches.** Wageningen University, Enschede. PhD thesis - Wageningen University. p 233, 2003.

HERNANI, L. C. *et al.* **A erosão e seu impacto.** Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 174, 2002.

LAL, R. *et al.* **Soil erosion research methods.** CRC Press, p. 340, 1994.

MCCOOL, D.K., BROWN, L.C., FOSTER, G.R., MUTCHLER, C.K., MEYER, L.D. **Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation.** Transactions of the ASAE, n. 30, 1387–1396, 1987.

MEDEIROS, J. S.; CAMARA, G. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** Capítulo 10: Geoprocessamento para Estudos Ambientais, p 33 2001.

MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. **A review of erosion and sediment transport models.** Environmental Modelling & Software, v. 18, n. 8, p. 761-799, 2003.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; RUHOFF, A. L. **Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na equação universal de perda de solo revisada em bacias hidrográficas.** Rev. Bras. Ciênc. Solo. vol.34, n.4, pp.1455-1462, 2010.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. **Digital terrain modeling: A review of Hydrological, geomorphological an biological applications.** Hydrological Processes, v. 5, p. 3-30, 1991.

MOORE, I. D.; GESSLER, G. A.; PETERSON, G. A. **Soil attribute prediction using terrain analysis.** Soil Science Society of America Journal, v.57, p.443-452, 1993.

NEARING, M. A.; LANE, L. J.; LOPES, V. L. **Modeling soil erosion.** Soil erosion research methods, v. 2, p. 127-156, 1994.

OLIVEIRA, P. T. S. *et al.* **Estimativa do fator topográfico da USLE a partir de três algoritmos.** 2010.

PANQUESTOR, E. K; *et al.* **Associação do processamento digital de imagens ao uso de parâmetros morfométricos na definição de unidades de paisagem da bacia do rio Corrente – BA.** Espaço & Geografia, Vol.5, No1, 2002.

PINHEIRO, L. S.; DA CUNHA, C. M. L. **A Importância da Geração do Fator Topográfico (LS) da EUPS para Modelagem Erosiva de Bacia Hidrográfica.** Revista Geográfica de América Central, v. 2, n. 47E, 2011.

PIZOR, P. J. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Soil Science, v. 144, n. 4, p. 306, 1987.

RAY, R. G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico.** São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, p. 162, 1963.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; McCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water - A guide to conservation planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).** Washington, US Government Print Office, Agricultural Handbook, n. 703 1997.

ROSSI, MARCIO; PFEIFER, R. M. **Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP).** Bragantia, v. 58, n. 1, p. 141-156, 1999.

RUGGIERO, P. G. C. et al. **Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos?** Acta Bot. Bras., São Paulo, v. 2, n. 20, p.383-394, jan. 2006.

SILVA, G. G., OLIVEIRA, L. N., **Análise da suscetibilidade e potencial à erosão laminar no município de São Miguel do Araguaia – GO.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

SILVA, C. P. L. et al. **Emprego de Fotografias Aéreas e Modelo Digital de Terreno no Mapeamento Geotécnico da Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu-DF.** Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, p. 21-26, 2007.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; CURI, N.; OLIVEIRA, P. M. **Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de Latossolos no sul de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.2.125-2.134, 2008.

SHIXIAN, G. **The study on the relationship between land use and soil erosion in the Hengduan mountainous region of the Eastern Tibet.** International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, vol. 24-26, p. 902 - 905, 2011.

SOUZA, Natália Da Costa et al. **Análise Da Associação Entre Características Topográficas E Tipos De Ocorrência De Processos Erosivos Ao Longo De Linha Férrea- Estudo De Caso: Malha Paulista-All (SP).** Boletim de Ciências Geodésicas, v. 20, n. 4, p. 947, 2014.

SPÖRL, C. **Modelo de Fragilidade Ambiental Utilizando Redes Neurais Artificiais.** Tese de Doutorado. USP, p. 183, 2007

STEIN, D. P.; DONZELI, A. F.; GIMENEZ, A. F.; PONÇANO, W. L.; LOMBARDI NETO, F. **Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na bacia do Peixe Paranapanema.** In: Simpósio Nacional De Controle De Erosão, 4., São Paulo, 1987. [Anais] São Paulo: ABGE/DAEE, p. 105-136, 1987.

VIDAL-TORRADO, P. V.; LEPESCH, I. F.; CASTRO, S. S. **Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia- Geomorfologia em Regiões Tropicais Úmidas.** Tópicos Especiais em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4, p. 145-192, Viçosa, 2005.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation.** Washington, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook, n. 282, p. 47, 1965.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning.** Washington: USDA Agriculture Handbook, 1978.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. **Terrain Analysis: Principles and applications.** New York: John Wiley, p.51-85, 2000.

WOOD, J. **Visualizing Geomorphometry: Lessons from Information Visualization.** Proceedings of Geomorphometry. Zurich, Switzerland, p. 9-12, 2009.

ZAMPIERI, S. L.; ROSOT, N. C.; DUARTE, S. B.; LOCH, C. **Mapas Sugeridos para Implementar Cadastros Técnicos Multifinalitários para o Meio Rural em Apoio aos Sistemas Integrados de Gestão Ambiental.** Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, 2000.