

DETERMINAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DA PERDA DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CASCAVEL, GOIÁS

DETERMINATION AND SPATIALIZATION IN SOIL LOSS WATERSHED STREAM CASCAVEL, GOIÁS

DETERMINACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE LA PIERDAS DE SUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA ARROYO CASCAVEL, GOIÁS

Tatiane Souza Rodrigues Pereira

Universidade Federal de Goiás - Mestre em Engenharia do Meio Ambiente
Escola de Engenharia Civil - EEC, Praça Universitária, s/n , Setor Leste Universitário, CEP: 74605-220, Goiânia – GO
tatiane.srp@hotmail.com

Kamila Almeida dos Santos

Universidade Federal de Goiás - Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente
Escola de Engenharia Civil - EEC, Praça Universitária, s/n , Setor Leste Universitário, CEP: 74605-220, Goiânia - GO
kamilas.geo@gmail.com

Bruna Ferreira da Silva

Universidade Federal de Goiás - Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente
Escola de Engenharia Civil - EEC, Praça Universitária, s/n , Setor Leste Universitário, CEP: 74605-220, Goiânia - GO
brunafferreiraciamb@hotmail.com

Klebber Teodomiro Martins Formiga

Universidade Federal de Goiás - Professor Adjunto
Escola de Engenharia Civil - EEC, Praça Universitária, s/n , Setor Leste Universitário, CEP: 74605-220, Goiânia - GO
klebber.formiga@gmail.com

RESUMO

O modelo de predição de erosão hídrica baseado na Equação Universal de Perda de Solo (USLE), bem como suas variações, tem sido amplamente empregado no Brasil e no mundo devido sua robustez e eficiência. Assim, este estudo tem por objetivo, identificar as áreas mais susceptíveis à erosão hídrica laminar e quantificar os processos erosivos na bacia hidrográfica do córrego Cascavel, tributário do ribeirão Anicuns. Foram identificadas as pedologias existentes, necessárias para a definição do Fator de Erodibilidade (k), realizado cálculo das precipitações para obtenção do Fator de Erosividade (R), classificação supervisionada de imagem satélite do Landsat 8 OLI composição 453 (RGB), por meio do programa ArcGis, para compor uma correlação entre os fatores Uso e Manejo do Solo (C) e Práticas Conservacionistas (P) e, por fim, o Fator Topográfico (LS) foi obtido por meio do programa SAGA, que realiza um cruzamento entre o comprimento da rampa e a declividade da região. Dessa forma, foi realizada a interpolação de todos os fatores que compõem a USLE em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Este estudo consiste no primeiro trabalho dessa natureza realizado para a área com tais ferramentas. Os resultados obtidos mostraram-se coerentes em relação aos dados de entrada. O produto final, Mapa de Estimativa de Perda Anual de Solo, demonstrou taxas que variam de 0 - 10 t/ha.a, divididos em seis classes de perdas de solo. As classes predominantes de perdas foram de 0 - 3,2 t/ha.a, sendo o valor máximo de 10 t/ha.a considerado normal para essa região.

Palavras-chave: Geoprocessamento; USLE; Erosão hídrica, córrego Cascavel.

ABSTRACT

The water erosion prediction model based on Equation Universal Soil Loss (USLE) and its variations, has been widely used in Brazil and in the world because of its robustness and efficiency. This study aims to identify the areas most likely to laminar erosion and quantify the erosion in the Basin Rattlesnake Creek, a tributary of Ribeirão Anicuns. To this end, existing pedologies necessary to define the Erodibility factor have been identified (k) performed calculation of rainfall for obtaining Erosividade Factor (R), supervised classification of satellite image of Landsat 8 OLI composition 453 (RGB), by means of software ArcGis, to make a correlation between factors Use and Soil (C) and conservational practices (P) and, finally, slope factor (LS) was obtained using the SAGA software that performs a cross between the length of the ramp and the slope of the region. Thus, the interpolation of all the factors that make up the USLE in a Geographic Information System (GIS) was performed. This study is the first such work carried out to the area with such tools. The results obtained were consistent with respect to the input data. The final product, Map loss Solo Annual estimate showed rates ranging from 0 to 10 t/ha.year divided into six classes of soil loss. The predominant classes losses were 0 to 3.2 t/ha.year, the maximum value of 10 t/ha.year considered normal for that region.

Keywords: Geoprocessing; USLE; Hydric erosion, stream Cascavel.

RESUMEN

El modelo de predicción de la erosión del agua basado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) y sus variaciones, ha sido ampliamente utilizado en Brasil y en el mundo debido a su robustez y eficiencia. Este estudio tiene como objetivo identificar las áreas más susceptibles a la erosión laminar y cuantificar la erosión en la cuenca cascabel Creek, un afluente del Ribeirão Anicuns. Con este fin, pedologías necesario definir el factor de erosionabilidad existentes han sido identificados (k) realizó el cálculo de la precipitación para la obtención del factor Erosividade (R), supervisado clasificación de imágenes de satélite de Landsat 8 OLI composición de 453 (RGB), por medio de ArcGis de software, para hacer una correlación entre los factores de uso y del suelo (C) y las prácticas conservacionistas (P) y, finalmente, se obtuvo factor de pendiente (LS) utilizando el software que SAGA realiza un cruce entre la longitud de la rampa y la pendiente de la región. Por lo tanto, se llevó a cabo la interpolación de todos los factores que componen el USLE en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este estudio es el primer trabajo realizado a la zona con este tipo de herramientas. Los resultados obtenidos fueron consistentes con respecto a los datos de entrada. El producto final, la pérdida Mapa estimación Solo anual mostró tasas que van desde 0 hasta 10 t/ha.a dividido en seis clases de pérdida de suelo. Las pérdidas clases predominantes fueron 0 a 3,2 t/ha.a, el valor máximo de t/ha.a considera normal para esa región.

Palabras clave: Geoprocetamiento; USLE; Erosión hídrica, arroyo Cascavel.

1. INTRODUÇÃO

A intensa utilização dos solos e dos recursos hídricos para os mais variados fins, tem posto em evidência a importância da quantificação, no tempo e no espaço, da produção, transporte e deposição de sedimentos nas bacias hidrográficas (BRANCO, 1998).

Muitas bacias hidrográficas brasileiras vêm sofrendo múltiplas pressões, devido à expansão urbana e agrícola. A constante modificação da superfície nas bacias hidrográficas tem degradado o solo, pelo seu uso e ocupação, que associados ao regime hidrológico e sedimentológico destas, têm ocasionado no aceleramento do processo de erosão hídrica.

Embora a erosão hídrica seja um processo natural e de essencial importância para manter os sistemas fluviais, quando agravada pelas alterações antrópicas da superfície, é considerada como a principal causadora da degradação física, química e biológica do solo. Dessa forma, a erosão hídrica tem se tornado cada vez mais presente no meio urbano, e como usualmente não são realizadas manutenções nos sistemas hidráulicos fluviais, surgem por vezes, consequências negativas para o meio ambiente, para a população e para a economia.

Em Goiânia, a bacia hidrográfica do córrego Cascavel é uma das regiões que mais tem sofrido com as múltiplas pressões de usos, por compor a malha urbana do município, apresentando mais de 170 mil habitantes (SEPLAN, 2012). Essa região tem exibido tendência notável de expansão, e como consequências, vieram acompanhadas diversas alterações ambientais, inclusive mudanças no ciclo hidrológico, conforme estudos realizados por Pereira (2015). Junto dessas novas áreas urbanizadas, a impermeabilização é apresentada em grande escala, diminuindo a infiltração de água no solo.

Dessa forma, o volume e a velocidade do escoamento da água na superfície aumentam e muitos outros problemas surgem, como por exemplo, a lavagem das ruas, que levam consigo sedimentos para dentro das redes de drenagem e dos cursos de água. Assim, os condutos e canais estão sendo assoreados, reduzindo a capacidade de escoamento, que por sua vez, tem promovido o aumento das enchentes oriundas não somente pelo aumento da vazão nos cursos d'água (TUCCI; COLLISCHONN, 1998).

Partindo do pressuposto, verifica-se que o rápido desenvolvimento sócio-econômico da bacia hidrográfica do córrego Cascavel, trouxe como resultado, interferências significativas à cobertura do solo que associadas às condições hidrológicas da região, contribuíram com o aparecimento de erosões dando início ao transporte de solo para dentro dos corpos d'água.

Dessa forma, faz-se necessário prever a potencialidade da ocorrência de erosões por meio da confecção de Mapa de Riscos, evidenciando as áreas que apresentam maior susceptibilidade a erosão hídrica laminar. Segundo Salomão (2007), o Mapa de Risco (ou potencial) à erosão hídrica laminar pode ser obtido e/ou definido como o resultado da interação entre a suscetibilidade de uma área e o seu uso e ocupação atual, pois áreas com um mesmo nível de suscetibilidade, mas com diferentes ocupações, apresentam potenciais variados ao desenvolvimento da erosão hídrica laminar.

Para estudar esses fenômenos, faz-se uso da Sistemática de integração dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), por meio da interpolação dos dados de erosividade, declividade, comprimento de vertente, erodibilidade uso e manejo/ocupação do solo (WISCHMEIER; SMITH, 1965).

Ainda para o presente estudo, com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), busca-se especializar as áreas que apresentam susceptibilidade de perda de solo, qualificando as fragilidades em classes que servirá de suporte ao ordenamento a cerca dos usos e ocupação do solo, essa importante ferramenta para gestão do espaço urbano-ambiental.

Segundo Chaves et al. (1996), a principal vantagem das avaliações qualitativas é a facilidade de manipulação dos fatores selecionados em termos de grau de risco à erosão e sua posterior combinação para a obtenção dos graus de severidade erosiva. E a principal vantagem das avaliações quantitativas da erosão é a obtenção de valores numéricos, importantes para estimativas da degradação do solo e do potencial de sedimentação. Quando comparados, ambos os modelos apresentam concordância.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego Cascavel, que integra a bacia hidrográfica do ribeirão Anicuns (Figura 1), afluente do rio Meia Ponte, e situa-se nas porções das regiões sul e central do município de Goiânia.

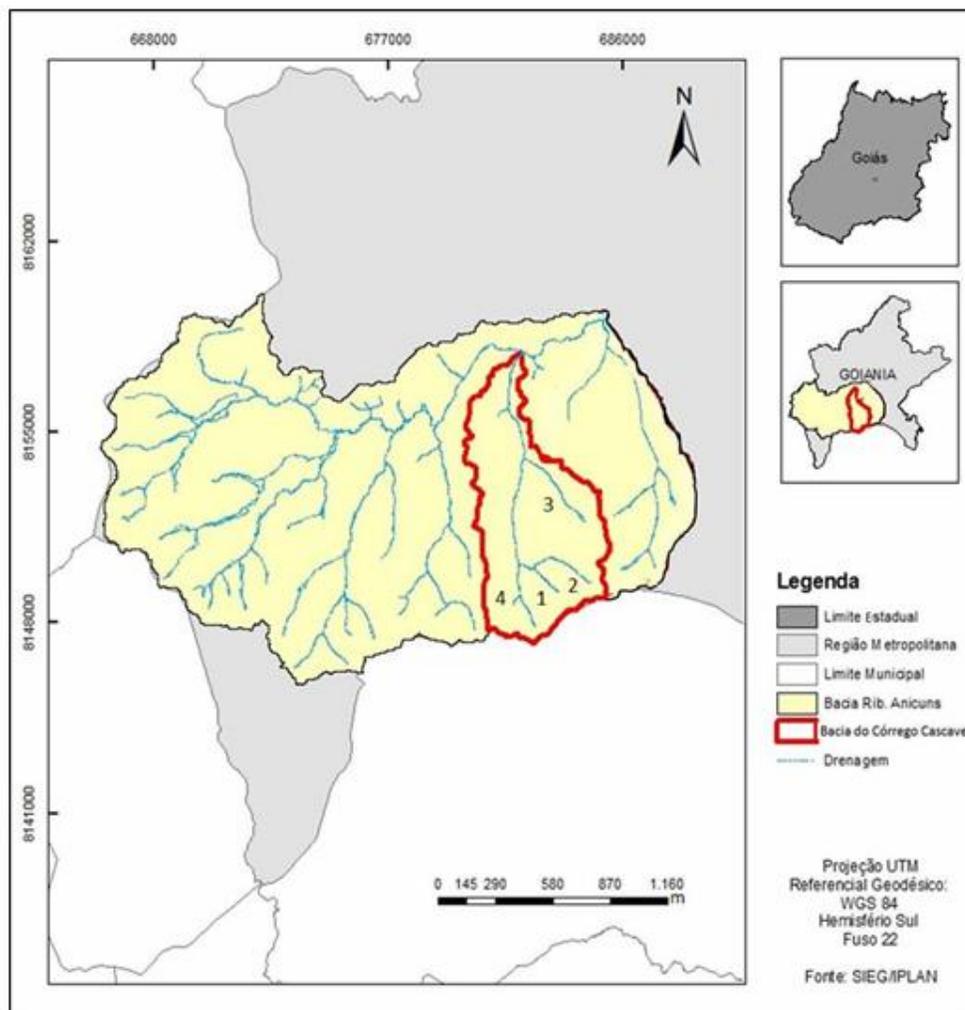


Figura 1 - Localização e delimitação da bacia hidrográfica do córrego Cascavel, Goiânia - GO.

A bacia hidrográfica do córrego Cascavel possui área de 34,27 km², com comprimento do córrego principal de aproximadamente 20,16 km até o exutório no Ribeirão Anicuns Lat 8157899.56; Long 682117.43 (SIEG, 2014). A nascente desta bacia, localiza-se na Parte I do Parque Cascavel, região sul de Goiânia, sob coordenadas Lat 8147825.57; Long 682573.87 (SIEG, 2014).

Fazem parte desta bacia os córregos (1) Mingau, (2) Serrinha e (3) Vaca Brava pela margem direita e pela margem esquerda, o (4) Córrego D'Água A área encontra-se quase que totalmente antropizada, com a presença de edificações urbanas, comerciais e industriais, além da presença de ruas e avenidas pavimentadas. Poucas áreas ainda apresentam alguma forma vegetação, como é o caso dos parques e dos remanescentes isolados de mata ciliar, pois parte está desmatada e/ou construída além de um trecho do córrego estar canalizado por estruturas de concreto e gabião.

2.1.1 Caracterização da Área de Estudo

De acordo com o Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia – MUBDG, em escala 1:100000, a pedologia da região é representada por duas classes de solos distintas (Figura 2).

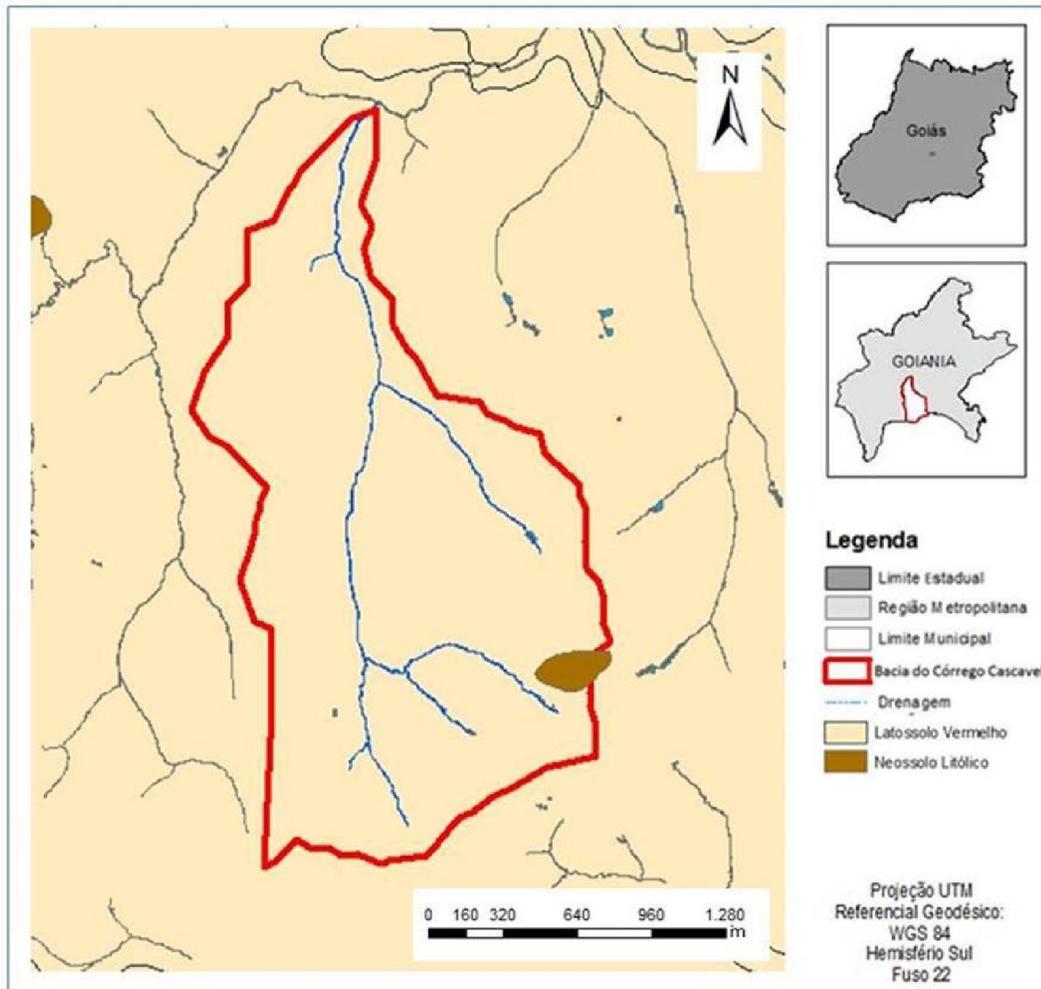


Figura 2 - Mapa pedológico da bacia hidrográfica do córrego Cascavel.

Essas duas classes de solos são denominadas de Latossolo Vermelho Distrófico (LVd₁) e o Neossolo Litólico Distrófico (RLd₂), conforme nomenclatura utilizada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SisBCS (GOIÂNIA, 2013a; EMBRAPA, 2006).

Os LVd₁ são solos de textura argilosa em fase cerrado tropical subcaducifólio e apresentam cores vermelhas acentuadas devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário, ocorrem predominantemente em áreas de relevos planos ou suavemente ondulados, mas podem ocorrer também em áreas de relevo ondulado (SILVA et al., 1997; EMBRAPA, 2015a). De acordo com Monteiro et al. (2007) e Sartori (2004), os LVd₁ também são caracterizados por serem solos profundos, chegando a atingir profundidades maiores que 200 cm, são porosos, com boa permeabilidade e bem drenados. Dessa forma, os LVd₁ propiciam alta taxa de infiltração, alto grau de resistência, tolerância à erosão e baixo potencial de geração de escoamento, características que auxiliam na capacidade de armazenamento de água.

Os RLd₂ presentes em apenas um ponto da bacia, Morro do Serrinha, são de cor acinzentada e compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassam 50 cm. Apresentam textura arenosa cascalhenta em fase cerrado, e suas ocorrências estão associadas, normalmente, a relevos mais declivosos (ondulados ou fortemente ondulados), além de serem solos com drenagem boa a moderada, que favorecem o escoamento superficial (SILVA, 2007; EMBRAPA 2015b). Os RLd₂ são normalmente indicados para preservação da fauna e flora, pois a utilização desses solos para diversos fins

tendem a elevar muito o risco de erosões (EMBRAPA 2015b).

Quanto à geomorfologia, a microbacia apresenta-se inseridas na categoria Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA), que são as grandes unidades denudacionais mais representativas da geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. A aplicação dessa categoria permite inferir que se trata de uma unidade gerada pelo arrasamento/aplainamento de uma superfície de terreno dentro de determinado intervalo de cotas e relativamente independente de controles geológicos regionais (LATRUBESSE; CARVALHO, 2006).

Assim, mais especificamente, a área se inserem na sub-categoria SRAIIIA, que é uma das quatro superfícies escalonadas em distintas cotas. Dessa forma, esse tipo de superfície é desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas, com cotas entre 550 e 850 metros e relevo com dissecação média, de topos tabulares e/ou planos rampeados (SIEG, 2006).

As SRA compõem as principais áreas de recarga regional, no entanto, a SRAIIIA possui recarga caracterizada por fluxos locais em ambiente de *rift* continental, onde a recarga é pouco eficiente (LATRUBESSE; CARVALHO, 2006). Isso ocorre devido as característica do relevo, dissecação média, que apresentam más condições de infiltração e recarga. De acordo com Silva (2006), o estudo das características geomorfológicas é de extrema importância para o entendimento da distribuição pluviométrica, desenvolvimento do manto intempérico e comportamento das zonas de recarga dos aquíferos (freáticos e profundos), fatores estes que, regional e localmente, são controlados pelo relevo.

Assim, com base na análise do mapa Geomorfologico proposto por Caseti (1992), foram observadas as seguintes morfologias de relevo: Fundos de vale, Planalto Embutido Convexado, Planalto Embutido Tabular, Chapadas Rampeadas e Chapadas Aplainadas.

Em relação ao clima, de acordo com o Goiás (2015), este é predominantemente tropical com temperatura média variando entre 18° e 26°C. Nos meses de setembro a novembro, primavera, as chuvas passam a ser mais intensas e frequentes, podendo ou não haver raios, ventos fortes e queda de granizo. De dezembro a março, verão, o clima é úmido, com chuvas de curta duração e forte intensidade, acompanhadas de trovoadas e rajadas de vento. Há registro de veranicos com períodos de estiagem com duração de 7 a 15 dias e registros do índice pluviométrico oscilando entre 1.200 e 2.500 mm entre os meses de setembro a abril. Em abril e maio, outono, ocorre redução do período chuvoso. As temperaturas tornam-se mais amenas devido à entrada de massas de ar frio e a umidade relativa do ar é alta com valores alcançando até 98%. Logo, nos meses de junho a agosto, inverno, o clima é seco, com baixos teores de umidade, chegando a valores extremos e níveis de alerta em algumas partes do Estado.

Quanto a vegetação, as áreas de maior representatividade estão situadas no Parque Cascavel – parte I e II, RPPN Mangueiras - Reserva do Perseu e Parque Sullivan Silvestre - Vaca Brava, que apresentam ainda algum tipo de adensamento. No restante desses tipos de áreas de preservação, tem-se os parques Amazônia e Cidade Jardim. No entanto, esses dois últimos parques acabaram por se tornar áreas urbanas, sendo que o primeiro apresenta mata ciliar totalmente descaracterizada (AMMA, 2013) com várias habitações residenciais e o segundo, que teria como função a proteção da nascente do córrego, apresenta-se totalmente impermeabilizado pela construção de prédios comerciais e industriais, além da presença de algumas habitações residências.

2.2 O Modelo USLE

A USLE foi desenvolvida pelo Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e proposta por Wischmeier e Smith em 1965 como um modelo para a predição da média anual de perda de solo causada por erosão hídrica laminar. Nesta equação, as perdas de solo médias anuais por área unitária são dadas pelo produto dos fatores (WISCHMEIER; SMITH, 1978):

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

Onde:

A= estimativa de perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

R= erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

K= erodibilidade do solo ($t \text{ ha h há}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$);

L= comprimento de rampa da área em estudo (m);

S= declividade da área em estudo (%);

C= uso e manejo do solo (adimensional); e

P= práticas conservacionistas de solo (adimensional).

A perda de solo ocorre de forma natural, devido aos fatores de erodibilidade (K), de erosividade (R) e de topografia (LS), e é agravado pelas interferências antrópicas, como são os casos dos fatores de uso e manejo do solo (C) e de prática conservacionista (P).

Dessa forma, para o cálculo do fator R, que segundo Bertoni e Lombardi (1999), é o índice numérico que expressa a capacidade da chuva, em uma dada localidade, causar erosão em uma área sem proteção, foram utilizadas séries pluviométricas da estação nº 83423 do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. A série histórica de precipitação considerada foi de vinte anos (1993 a 2012), pois de acordo com Wischmeier e Smith (1978), para se ter uma boa precisão da erosividade da chuva, os dados devem decorrer de uma estação meteorológica com uma série de no mínimo vinte anos.

Assim, os cálculos para definição do potencial erosivo da chuva (R) foram fundamentados na equação (2), adaptada para o Estado de Goiás por Nascimento (1998), onde R é a soma das médias mensais dos índices de erosividade (EI). Os EI's são obtidos por meio da relação entre das médias mensais de precipitação para cada mês de todos os anos e o total anual de precipitação média.

$$EI = 89,823 (p^2/P)^{0,759} \quad (2)$$

Onde:

EI = média mensal do índice de erosividade ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

p = média do total mensal de precipitação (mm); e

P = total anual de precipitação média (mm).

Os valores de erodibilidade, Fator K, foram obtidos com base nos trabalhos de Silva et al. (1997) e Scopel e Silva (2001), que para Goiânia por método direto, obtiveram o valores de erodibilidade do solo iguais a $0,009 t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para o Latossolo Vermelho Escuro (LED1) e $0,014 t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para os Latossolos Vermelho Amarelo (LVD1 e LVD2), sendo que para este ultimo, as unidades foram adaptadas para o desenvolvimento do estudo.

Já os fatores L e S são utilizados em conjuntos, formando assim o fator topográfico LS, que é considerado um dos mais importantes da USLE, pois indica o efeito da declividade e do comprimento de rampa na erosão do solo. O Fator LS está diretamente ligado à incidência de erosões por apresentar expressivo aumento destas devido à declividade e aos padrões de drenagens que são interrompidos, assim como o volume da enxurrada ao longo da rampa (GRACE III, 2000).

Dessa forma, os estudos a cerca desse fator na predição de perda de solo, podem ser utilizados como guia no planejamento do uso do solo e nas práticas conservacionistas. Assim, para determina-lo, é utilizada a equação (3) citada por Bertoni e Neto (2005):

$$LS = 0,00984 * L^{0,63} * S^{1,18} \quad (3)$$

Onde:

LS = fator de declividade e comprimento de rampa (adimensional);

L= comprimento da rampa (m); e

S= declive (%).

Para obtenção do fator topográfico ou fator LS, foi gerado a partir de imagem TOPODATA, em ambiente GIS, mais especificamente, por meio da utilização do programa SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*), os mapas de declividade (S) e de direção de fluxo, que combinados, deram origem ao mapa de comprimento de rampa (L). Por meio desse último mapa, extraiu-se a declividade e a altura das rampas, e a partir de então, foi possível gerar o mapa do fator topográfico (LS), onde se pode observar às áreas suscetíveis a erosão.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), o fator uso e manejo do solo ou fator C, é a relação aguardada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em uma determinada condição e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado. Já o fator práticas conservacionistas ou fator P, é a relação entre a intensidade de perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive.

Para observar as alterações realizadas pelo homem no meio, é importante que o uso e manejo do solo sejam analisados e quando preciso, sejam aplicadas práticas de conservação destes. Assim, o fator C é aplicado aos municípios pela ponderação da probabilidade de ocorrência de cada uma das classes de uso da terra. Ou seja, esse fator, mensura o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo utilizadas na região e o fator P é a intensidade esperada de perdas de solo em uma prática específica. Assim, como a ocupação da bacia hidrográfica do córrego Cascavel caracteriza-se principalmente por áreas impermeabilizadas e por remanescentes da vegetação ciliar, os fatores cobertura de solo e práticas conservacionistas foram considerados em conjunto (CP).

Dessa forma, por meio de imagem satélite Landsat 8, foram encontrados os fatores de uso e manejo de solo e o de práticas conservacionistas. Para o estudo foram utilizadas as bandas espectrais 3, 4 e 5 e realizada composição colorida RGB 453, para identificação visual dos temas alvo, como vegetação e área urbana (construções e pavimentos). Após obtenção da imagem, realizou-se a classificação automática por meio da ferramenta de classificadores não supervisionados (Cluster) do programa ArcGis, em que as classes consideradas foram vegetação, construções e pavimentos asfálticos. Assim, após a imagem estar classificada, pode-se realizar a correlação com os fatores C e P.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fator Erosividade das Chuvas – R

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), a erosão é ocasionada por forças ativas e passivas. As forças ativas são relacionadas às características da chuva, declividade, comprimento do declive do terreno e a capacidade que o solo tem de absorver água, enquanto que as forças passivas, com a resistência que exerce o solo à ação da água e a densidade da cobertura vegetal. Assim, esses fatores foram avaliados na bacia hidrográfica do córrego Cascavel sob a ótica da USLE, com o intuito de identificar as áreas mais susceptíveis à erosão laminar hídrica e a influência das características da bacia sobre a qualidade de suas águas superficiais.

Para cálculo do fator R da bacia hidrográfica (Tabela 1), fez-se uso dos dados pluviométricos da estação meteorológica nº 83423 do INMET e encontrou-se um valor de 8626,9 MJ. mm há⁻¹.h⁻¹. ano⁻¹, podendo o mesmo ser classificado como localidade de erosividade muito alta, segundo classificação proposta por Foster et al. (1981), conforme Tabela 1. No entanto, esse valor está dentro da faixa estabelecida para o

Brasil, que é de 5.000 a 12.000 MJ. mm há⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, de acordo com Cogo (1988). Assim, esse fator foi calculado para cada ano de registro pluviométrico, compreendido entre 1993 e 2012, conforme Tabelas 2 e 3.

Tabela 1 - Classificação da erosividade da chuva. **Fonte:** (FOSTER et al.,1981) adaptado.

Erosividade	Classificação
-----MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹ -----	
< 300	Muito Baixa
300 – 2.000	Baixa
2.000 – 4.000	Moderada
4.000 – 8.000	Alta
> 8.000	Muito Alta

Tabela 2 - Dados de precipitação pluviométrica da Estação nº 83423 - INMET e valores calculados do fator R para os anos de 1993 a 2002.

mês	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
jan	132,4	337,7	278,0	213,6	268,5	245,9	196,5	385,7	209,0	253,7
Fev	249,7	184,9	207,6	174,4	186,9	326,3	188,2	319,8	226,9	398,0
Mar	201,2	304,3	398,9	320,4	425,2	264,2	119,2	207,4	181,6	300,3
Abr	42,8	67,7	173,8	239,1	122,9	69,6	27,6	44,6	172,0	27,5
Mai	17,0	17,7	81,6	21,0	54,8	20,5	66,7	9,4	72,1	12,0
Jun	38,0	28,7	3,6	0,5	76,4	0,4	7,0	0,0	2,0	0,0
Jul	0,0	8,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2
Ago	58,9	0,0	0,0	43,5	6,6	3,6	0,0	31,5	51,5	6,3
Set	44,2	5,1	12,4	54,5	33,1	41,3	70,9	106,0	124,5	69,5
Out	178,1	112,0	104,1	308,8	63,6	145,6	175,0	84,3	185,0	34,4
Nov	219,6	296,7	185,3	214,8	211,6	256,0	200,8	327,8	314,7	149,7
Dez	316,2	247,0	249,0	172,4	146,5	201,0	295,6	316,4	227,6	284,8
Média Mensal	124,8	134,2	141,2	146,9	133,0	131,2	112,3	152,8	147,2	128,0
Total Anual	1498,1	1610,4	1694,3	1763,1	1596,1	1574,4	1347,5	1833,5	1766,9	1536,4
Fator R	7969,9	9012,4	8672,4	8184,5	8390,3	8654,2	7528,2	9960,8	7992,4	9371,7

Tabela 3 - Dados de precipitação pluviométrica da Estação nº 83423 - INMET e valores calculados do fator R para os anos de 2003 a 2012.

mês	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Jan	314,9	282,3	237,5	137,9	200,1	280,8	178,6	98,3	287,8	467,4
Fev	267,5	310,2	176,4	217,4	267,4	294,4	148,2	208,0	240,4	358,0
Mar	202,3	264,2	526,0	319,1	87,3	373,8	185,6	190,4	367,1	268,0
Abr	107,9	120,3	50,4	206,2	59,6	202,2	258,0	188,4	62,3	176,2
Mai	0,2	18,0	34,2	20,1	9,2	53,2	41,2	0,0	0,0	40,0
Jun	0,0	1,0	2,6	0,0	5,1	0,0	31,3	14,3	15,3	18,3
Jul	0,0	5,8	0,0	0,0	6,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0
Ago	12,9	0,0	3,2	10,6	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0
Set	35,3	6,2	55,8	84,1	1,8	51,8	71,0	16,9	1,2	57,3
Out	110,5	168,1	90,9	283,4	55,9	109,4	196,4	107,9	300,3	92,8
Nov	265,2	128,6	269,7	188,2	223,1	197,5	194,9	281,9	245,4	224,5
Dez	224,3	251,2	460,2	238,1	179,7	246,2	443,9	449,8	292,8	188,6
Média Mensal	128,4	129,7	158,9	142,1	91,3	150,8	147,3	129,7	151,1	157,8
Total Anual	1541,0	1555,9	1906,9	1705,1	1095,2	1809,3	1767,9	1555,9	1812,6	1894,1
Fator R	8413,5	8495,6	10986,6	8138,8	7011,3	8865,8	8183,0	8635,6	10017,9	9612,9

Como a bacia possui distribuição de precipitação média anual relativamente homogênea, devido ao tamanho considerado pequeno de sua área, aproximadamente 34,28 km², estima-se que chova de 1000 à 1900 milímetros, coerente com o que chove anualmente em Goiânia, cerca de 1487,2mm (GOIANIA, 2013b).

O maior índice de erosividade 10986,6 MJ. mm há⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ foi encontrado na faixa com precipitações superiores a 1550mm, enquanto que para precipitações inferiores, o menor índice foi 7011,3 MJ. mm há⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (Tabela 3), nesse caso o fator R tendeu a ser maior nas áreas com maiores pluviosidades. No entanto, verifica-se que no ano de 2002 houve uma precipitação de 1536,4mm com índice de erosividade igual a, aproximadamente, 9371,7 MJ. mm há⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, sendo que para outros anos existentes nas faixas de precipitação superiores a 1550mm obtiveram índices de erosividade menores quando comparadas com essa data, como por exemplo os anos de 1994/95, 97, 98 e 2004/06, 08 e 10, bem como ocorreu também, para os anos de 1996, 2001 e 2009 precipitações na faixa de 1700mm com menor erodibilidade (Gráfico1). Isso ocorre devido a capacidade que a chuva possui em provocar a erosão e está relacionada a energia cinética da chuva e intensidade máxima de 30 minutos (Bertoni e Lombardi Neto, 1990). Segundo Resende e Almeida (1985), esse efeito representa a interação que mede como a erosão por impacto, o salpico e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas. Assim, ressalta-se que o fator R (Tabela 4) não necessariamente será maior nas áreas com maiores pluviosidades médias anuais, mas dependerá de como essa precipitação se distribui ao longo do ano.

Tabela 4 - Valores calculados para a média de precipitação mensal da série de 20 anos, médias mensais dos índices de erosividade El e fator R.

Mês	Media Meses	El
Jan	250,3	1424,3
Fev	247,5	1400,2
Mar	275,3	1645,7
Abr	121,0	472,2
Mai	29,4	55,3
Jun	12,2	14,6
Jul	1,3	0,5
Ago	12,3	14,6
Set	47,1	113,0
Out	145,3	623,9
Nov	229,8	1250,8
Dez	271,6	1611,7
Média Mensal	136,9	
Total Anual	1643,2	
Fator R		8626,9

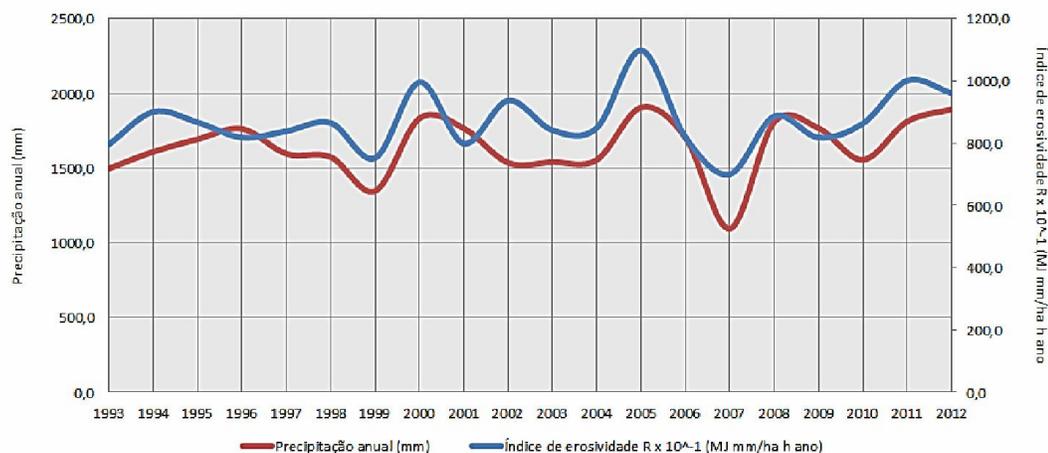


Gráfico 1 - Dinâmica da precipitação e erosividade em Goiânia entre os anos de 1993 e 2012 – INMET.

3.2 Fator Erodibilidade do solo – K

Com relação ao índice de erodibilidade do solo ou fator K, foram encontrados na literatura os valores de $0,009 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ e $0,014 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Sendo estes, determinados por método direto pelos autores Silva et al. (1997) para a cidade de Goiânia e por Scopel e Silva (2001) para o estado de Goiás, respectivamente. Esses dados foram utilizados devido à carência de estudos a cerca da determinação direta dos índices de erodibilidade dos solos goianos e ausência de mapas pedológicos com maior nível de detalhamento, que para a escala utilizada, não permite uma classificação ideal das tipologias de solo da bacia hidrográfica do córrego Cascavel, podendo interferir nos resultados das estimativas de perdas de solo.

3.3 Fator Topográfico – LS

O mapa de declividade (Figura 3) evidencia que na região não se encontram grandes depressões, e que a área possui poucas elevações, sendo esta quase homogênea.

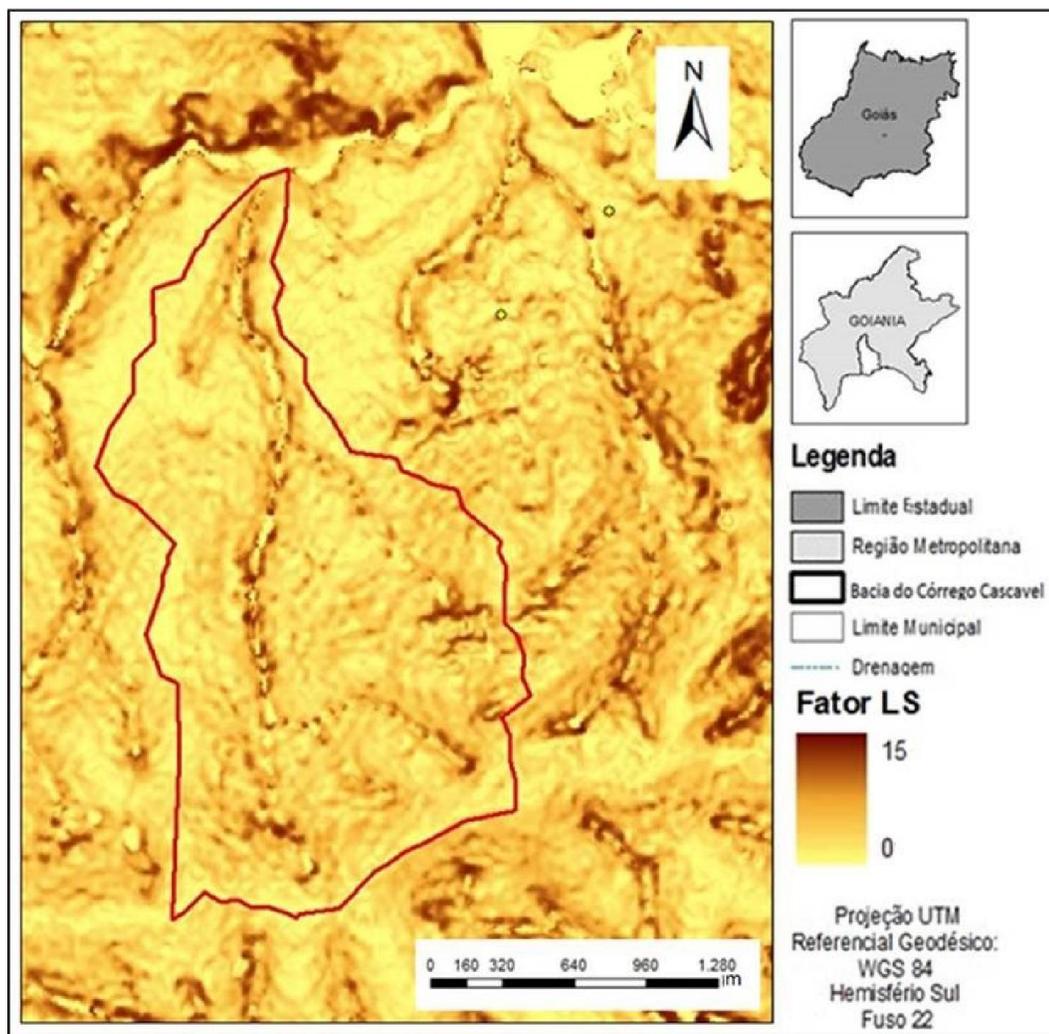


Figura 3 - Mapa do Fator Topográfico (LS).

O resultado é referente à taxa de perda de solo por unidade área de uma parcela de 9% de declive e 22,13m de comprimento. Observam-se no mapa, que as áreas propensas à erosão são as apresentadas com cores mais escuras, e que de maneira geral, a suscetibilidade erosiva na Bacia do Córrego Cascavel é baixa, variando de 0 a 15.

3.5 Fator Uso, Manejo e Práticas Conservacionistas do Solo – CP

O fator CP representa as características do uso e ocupação do solo dentro do perímetro da bacia hidrográfica. Assim, para o fator C, foi elaborado o mapa de uso e ocupação do solo, conforme Figura 4. Já o valor considerado para o fator P, foi igual a um. De acordo com Costa et al. (2007), esse é o valor máximo que indica que não há práticas conservacionistas locais, indica também, que a situação tende a se tornar mais

crítica na questão dos processos erosivos.

A adoção desse alto valor é referente ao fato de que a área estudada encontra-se em perímetro urbano de alta densidade, com a presença de remanescentes da vegetação somente próximo aos cursos d'água.

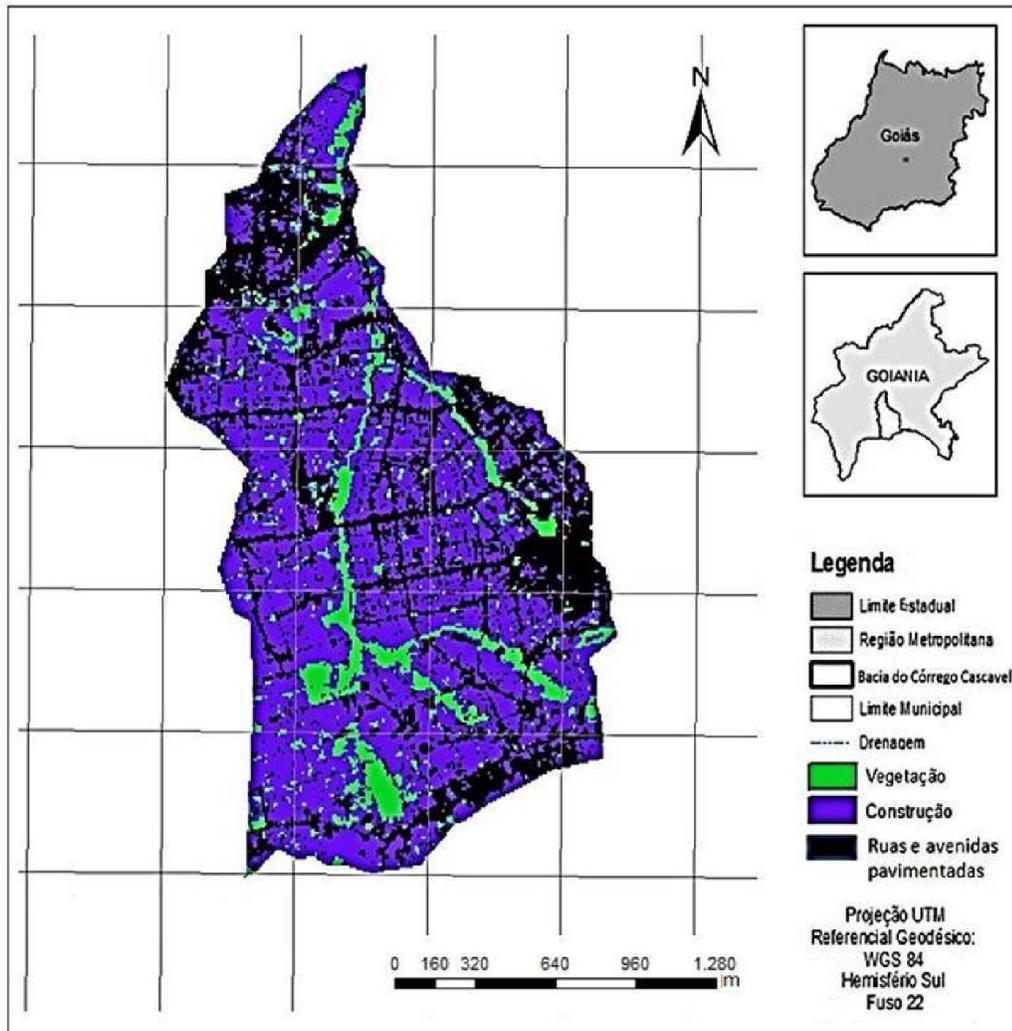


Figura 4 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo.

3.6 Estimativa de Perda de Solo – Fator A

Os resultados obtidos para a região da bacia hidrográfica do córrego Cascavel pelo produto dos termos R, K, L,S, C e P da USLE, podem ser visualizados no mapa de estimativa de perda de solo por erosão hídrica laminar em toneladas por hectare ano, denominado de Mapa da estimativa de perda de solo (Figura 5).

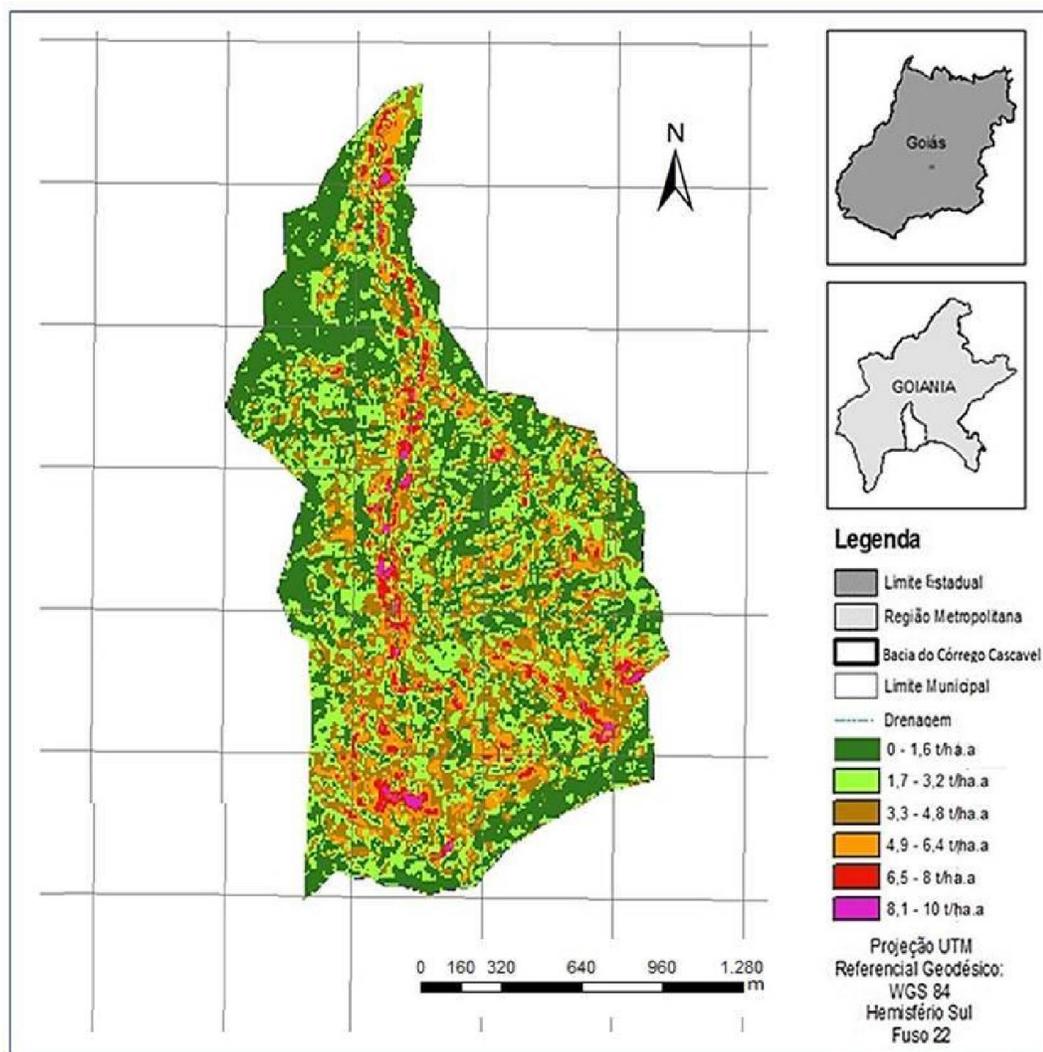


Figura 5 - Mapa de Estimativa de Perda de Solo.

Verifica-se que as perdas de solo ocorrem distribuídas espacialmente por vários pontos da bacia, sendo as perdas mais perceptíveis na região sudoeste, onde estas se concentraram.

Analisando e correlacionando os resultados do Mapa de Estimativa de Perda de Solo com os fatores da USLE gerados, é possível observar uma forte influência dos fatores LS e CP, uma vez que, grande parte da área de estudo apresentou valores baixos para erosão e valores altos para as regiões de fundo de vale.

Esses resultados baixos para a erosão estão associados à baixa declividade do município, cuja localização é no planalto central e por grande parte da bacia encontrar-se impermeabilizada. Já o resultados altos, estão associados a declividades maiores, característicos dos fundos de vale, associados a alta taxa de impermeabilização das regiões mais altas e a pouca densidade vegetal.

Assim, os menores índices de perda de solo encontrados foram de 0 – 3,2 t/ha.a, ocorrendo nas áreas onde as declividades são menos acentuadas. No entanto, a alta taxa de impermeabilização do solo nessas áreas, frente à ocorrência das chuvas, principalmente em relação a eventos extremos, causam impactos sob as áreas mais baixas, onde as declividades são mais acentuadas.

Isso porque, toda e qualquer alteração realizada na bacia hidrográfica tende a alterar o ciclo hidrológico, que refletirá nos valores de perdas de solo, pois com a expansão urbana, a impermeabilização é apresentada em grande escala, e assim, ocorre menos infiltração e, conseqüentemente, maior volume e velocidade do escoamento superficial.

Dessa forma, a água da lavagem dos pavimentos ao chegar nas áreas mais baixas levam consigo sedimentos, principalmente, para dentro os cursos d'água, onde a vegetação das Áreas de Preservação Permanente (APP) são pouco preservadas. Assim, a tendência é que os condutos das galerias de drenagem pluviais e canais dos cursos d'água sejam assoreados, reduzindo a capacidade de escoamento, que irão promover o aumento das erosões e das enchentes.

Dessa forma, para as áreas onde as declividades são mais acentuadas, encontraram-se os maiores índices de perdas de solo, 3,3 – 10 t/ha.a. No entanto, cabe salientar que, o valor máximo de perda de solo de 10 t/ha.a pode ser considerado baixo para a região, já que para os tipos de solos em questão, os limites de tolerância para a perda de solo variam de 4,5 – 15 t/ha.a (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1995).

De forma geral, a bacia hidrográfica do córrego Cascavel pode ser considerada de pequena fragilidade apesar dos fatores que favorecem a drenagem e a erosão. No entanto, de forma localizada, destacam-se como áreas de grande fragilidade decorrentes da inclinação, as cabeceiras de drenagem e as encostas. Nesse caso, a fragilidade para estas regiões poderia ser diminuída, pois o escoamento superficial pode ser compensado caso haja uma boa cobertura vegetal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou que modelo da USLE se mostrou viável para a bacia hidrográfica do córrego Cascavel, pois apesar de este ter enfrentado algumas limitações a cerca de dados e materiais em escalas adequadas, ainda sim foi possível realizar a avaliação da vulnerabilidade da perda de solo na região. Em ambientes em que as informações são restritas, é importante considerar a metodologia sob a ótica de uma abordagem qualitativa, em que apesar de não fornecer informações absolutas, permitem uma análise comparativa.

O ambiente SIG mostrou ser uma importante ferramenta para estimar a perda de solo por meio da USLE, como evidenciado neste estudo, no qual se permitiu especializar e quantificar as perdas de solo.

Levando em consideração o pressuposto, verifica-se que o modelo da USLE associado a um ambiente SIG, configura-se em excelente ferramenta, com custo econômico baixo e fácil manuseio, que poderia ser mais bem explorado e incorporado aos estudos de composição de projetos urbanísticos pelos órgãos gestores municipais, para que no futuro, a ausência de um estudo mais cuidadoso não venha a fazer falta, trazendo prejuízos ao meio ambiente, à população, à economia e ao município. Assim, muitos recursos financeiros poderão ser poupados com a aplicação desse modelo levando em consideração os altos valores para obras de reestruturação e/ou requalificação.

Como área da bacia hidrográfica do córrego Cascavel encontra-se predominantemente urbanizada e envolta por construções de todos os portes, pôde-se notar que as intensas atividades antrópicas mostram-se diretamente ligadas às erosões que ocorrem na bacia e no leito dos cursos d'água que a integram, devido à supressão da vegetação, as áreas de solos expostos, as construções irregulares próximos ao leito do córrego, as grandes áreas impermeabilizadas e a ineficiência do sistema de drenagem urbana. Todos esses são fatores que, associados às características do relevo da região, contribuem significativamente com a perda de solo por erosão hídrica laminar na bacia.

Espera-se que, de alguma forma, este estudo venha a contribuir com órgão gestores no auxílio da proposição de medidas de ordenamento a cerca do uso e ocupação do solo, que são imprescindíveis para

compatibilizar o meio natural com o meio urbano, de forma a preservar os mananciais e evitar danos sociais e econômicos futuros. Cabe salientar que as aplicações das medidas de ordenamento tendem a funcionar muito bem, desde que sejam fundamentadas com base em estudos e avaliações coerentes, que visem, dentre outros aspectos, a compreensão dos fatores que integram o processo de erosão hídrica, para que possam ser adotadas medidas concretas, planejadas, bem definidas e socialmente justas.

Ressalta-se que este trabalho consiste em um estudo preliminar da região, em que se aconselha para estudos futuros, a utilização de mapas de solos mais detalhados e em melhores escalas. A realização de ensaios laboratoriais com solos presentes na região seria de importante valia, pois tornaria possível determinar os valores de erodibilidade para esses solos. Assim, o estudo não se basearia somente na utilização de valores de regionalização presentes na literatura. A utilização de dados de sensores como o do TRMM, por exemplo, seria interessante, já que os dados pluviométricos para pequenas bacias são escassos e trabalhar os dados de apenas uma estação pluviométrica pode não ser a melhor escolha, apesar de que, algumas vezes tem sido única.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos seguintes órgãos e seus respectivos funcionários, pelo apoio institucional, financeiro e/ou logístico: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Universidade Federal de Goiás (UFG).

REFERÊNCIAS

- AMMA. Agência Municipal do Meio Ambiente. **Parques e Bosques (2013)**. Disponível em: <<http://www.goiania.go.gov.br/shtml/amma/parquesebosques.shtml#>>. Acesso em: 28 mar. 2014.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo – SP, Editora: Icone, 1990. p. 250-335.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.(Coord.) **Conservação do solo**. Piracicaba – SP, Editora: Livrocetes, 1995, p. 368.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed., São Paulo – SP, Editora: Ícone, 1999, p. 355.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5 ed., Piracicaba – SP, Editora: Icone, 2005, p.355.
- BRANCO, N. **Avaliação da Produção de Sedimentos de Eventos Chuvosos em uma Pequena Bacia Hidrográfica Rural de Encosta**. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 1998.
- CASSETI, V. **Geomorfologia do município de Goiânia**. Boletim Goiano de Geografia, Editora: UFG, Goiânia, 12(1): 64-85, v. 12, n.1, 1992.
- CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C., SANTOS, M. V., SAMPAIO, C. M.; MOTA, I. S. A. **Evolução da erosão do solo no Distrito Federal no período de 1953 a 1991**. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Salvador, BA, p. 99-101, 1996.
- COGO, N. P. **Conceitos e princípios envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21. Campinas - SP. Anais. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, p. 251-262, 1988.
- COSTA, C. A. G., COSTA, A. C., TEIXEIRA, A. S., ALVES, N. N. L., ANDRADE, E. N., SOUSA, B. F. S., LEÃO, A. O. **Uso do SRTM para delimitação automática e caracterização fisiográfica de uma meso-bacia hidrográfica**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 36, Jaboticabal - SP. Anais. SBEA, v. 1. p. 1-4, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. 2 Edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. p. 412.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2015a. **Solos Tropicais**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a09rz3uhk.html>. Acesso em: 02 Nov. 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2015b. **Solos Tropicais**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1qxhk6vk7.html>. Acesso em: 02 Nov. 2015.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. **Conversion of the universal soil loss equation to SI units**. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

GOIÂNIA. Prefeitura de Goiânia. (2013a). **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia – MUBDG**. Disponível em: <www.goiania.go.gov.br/html/geoprocessamento/mapa.htm>. Acesso em: 05 jun. 2013.

GOIÂNIA. Prefeitura de Goiânia. (2013b). **Dados Gerais**. Disponível em: <<https://www.goiania.go.gov.br/html/principal/goiania/dadosgerais/dadosgerais.shtml>> Acesso em: 02 Nov. 2015.

GOIÁS. Governo do Estado de Goiás. (2015). **Clima**. Disponível em: <<http://www.goias.gov.br/paginas/conheca-goias/aspectos-fisicos/clima>>. Acesso em: 02 Nov. 2015.

GRACE III, J. M. **Forest road side slopes and soil conservation techniques**. Journal of soil and water conservation. v. 65, n. 1, p. 96-101, 2000.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 15 maio 2013.

IPLAN – Instituto de planejamento Municipal / IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/ UFG – Universidade Federal de Goiás. **Mapa de Solos**. Carta de Risco de Goiás. Goiânia, 1991.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Série Geologia e Mineração, n. 2, p. 21, 2006.

NASCIMENTO, M. A. L. do. **Estudo dos processos erosivos na Bacia do Ribeirão João Leite em Goiânia**. (Tese de doutorado). São Paulo: USP, 1998.

PEREIRA, T. S. R. **Modelagem e Monitoramento Hidrológico das Bacias Hidrográficas dos Córregos Botafogo e Cascavel, Goiânia – GO**. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás. Goiânia - GO, 2015.

RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. **Modelos de Predição de Perdas de Solo: Uma ferramenta para Manejo e Conservação do Solo**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 128, p.38, 1985.

SALOMÃO, F. X. T. S. **Controle e prevenção dos processos erosivos**. In: Erosão e Conservação dos solos: Conceitos, Temas e Aplicações, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro – RJ, 2007, p. 229.

SCOPEL, I.; SILVA, M. R. **Erodibilidade no Estado de Goiás**. Uniciência, Anápolis - GO, v. 8, n. 1 e 2, p. 123-132, 2001.

SEPLAN. Secretaria Municipal de Planejamento e Urbanismo. **Anuário Estatístico de Goiânia**. Demografia, Seção 3, Item 1.22, Edição 2012, Goiânia - GO, 2012.

SIEG. Sistema de Informações Geográficas do Estado de Goiás. Superintendência de Geologia e Mineração – SIC. **Shapefiles**. Mapa Geológico 1:500.000, 2006.

SIEG. Sistema de Informações Geográficas do Estado de Goiás. Superintendência de Geologia e Mineração – SIC. **Shapefiles**. Mapa da Hidrografia do Estado de Goiás 1:100.000, 2014.

SILVA, C. A. R. **Perfil Geológico-Geotécnico do Subsolo ao Longo do Traçado do Metrô de Goiânia**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Geotecnica da Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, UNB, Brasília – DF, p.27, 2007.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUAX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. **Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas - SP, v.21, n.1, p.154, 1997.

SILVA, P. L. **Análise da água de poços profundos e rasos em Goiânia e em Aparecida de Goiânia: Subsídios a Programas Ambientais e de Saúde Pública**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde da Universidade Católica de Goiás, UCG - GO, Goiânia - GO, p.26, 2006.

TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e Controle de Erosão**. In: VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão. Presidente Prudente – SP, 1998.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: from cropland east of the Rocky Mountains**. Washington, Department of Agriculture (USDA). Agriculture Handbook, 282, 1965, p.3-36.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, Department of Agriculture. DC: USDA, 1978. p.58.