

ANÁLISE TEMPORAL DA SUSCETIBILIDADE DO ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEADEIROS – GOIÁS

Ana Clara Alves e **Silva**, Gustavo Rodrigues dos **Santos**, Hugo José **Ribeiro**, Kátia Alcione
Kopp

(Universidade Federal de Goiás – UFG, e-mail: a.claraalves@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-6004-6014>, e-mail: gustavorodrigues0910@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-3870-5690>, e-mail: hgribeirogeo@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-4650-1623>, e-mail: kakopp@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9569-9309>)

Resumo: O Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV), considerado uma das unidades mais importantes do mundo, está localizado no Cerrado brasileiro, o segundo bioma que mais sofre alterações devido à ocupação humana. A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) permite estimar a perda média anual de solo por erosão laminar, levando-se em conta fatores naturais e antrópicos, tornando possível identificar áreas suscetíveis. Para este estudo, verificou-se o nível de suscetibilidade ambiental no PNCV através de análises do uso e ocupação do solo e da perda de solos, aplicando-se a EUPS via Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Por meio da álgebra de mapas, utilizando-se softwares de geoprocessamento, obtiveram-se os resultados da EUPS cujos valores médios de perda de solo, para os anos de 2000 a 2017, correspondem a uma diminuição de aproximadamente uma tonelada para o interior do parque, enquanto, na região do entorno da unidade, tais perdas evoluíram cerca de 0,3 toneladas. Realizaram-se análises temporais de uso e cobertura do solo por meio de dados do MapBiomas. Os resultados apontam um aumento das áreas destinadas à agropecuária e ao espaço urbano consolidado de 3%, ao passo que, para o interior do parque, as áreas para os mesmos usos diminuiriam aproximadamente 4%.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Equação Universal de Perda do Solo (EUPS); Erosão;

TEMPORAL ANALYSIS OF THE SUSCEPTIBILITY SURROUNDING THE NATIONAL PARK OF CHAPADA DOS VEADAIROS – GOIÁS

Abstract: The Chapada dos Veadeiros National Park (PNCV), considered one of the most important units in the world, is located in Brazilian cerrado, the second biome that suffers the most changes due to human occupation. The Universal Soil Loss Equation (EUPS) allows estimating the average annual soil loss due to laminar erosion, taking into account natural and anthropic factors, making it possible to identify susceptible areas. For this study, the level of environmental susceptibility in the PNCV was verified through analyzes of land use and occupation and soil loss, applying the EUPS via Geographic Information Systems (GIS). Through map algebra, using geoprocessing software, EUPS results were obtained whose average values of soil loss, for the years 2000 to 2017, correspond to a decrease of approximately one ton for the interior of the park, while, in the region surrounding the unit, such losses evolved by about 0.3 tonnes. Temporal analyzes of land use and cover were accomplished through data from MapBiomass. The results point to an increase of the areas destined to agriculture and urban space, consolidated 3%, whereas, for the interior of the park, the areas for the same uses decreased approximately 4%.

Keywords: Susceptibility; Universal Soil Loss Equation – USLE; Erosion;

ANÁLISIS TEMPORAL DE LA SUSCEPTIBILIDAD QUE RODEA AL PARQUE NACIONAL CHAPADA DOS VEADAIROS - GOIÁS

Resumen: El Parque Nacional Chapada dos Veadeiros (PNCV), considerado una de las unidades más importantes del mundo, se encuentra en el cerrado brasileño, el segundo bioma que sufre más cambios debido a la ocupación humana. La ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) permite estimar la pérdida anual promedio de suelo debido a la erosión laminar, teniendo en cuenta factores naturales y provocados por el hombre, lo que permite identificar áreas susceptibles. Para este estudio, el nivel de susceptibilidad ambiental en el PNCV se verificó a través de análisis de uso y ocupación del suelo y pérdida de suelo, aplicando el EUPS a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A través del álgebra de mapas, usando el software de geoprocésamiento, se obtuvieron resultados de EUPS cuyos valores promedio de pérdida de suelo, para los años 2000 a 2017, corresponden a una disminución de aproximadamente una tonelada para el interior del parque, mientras que en la región que rodea

la unidad, tales pérdidas evolucionaron en aproximadamente 0.3 toneladas. Los análisis temporales del uso de la tierra y la cobertura se realizaron utilizando datos de MapBiomass. Los resultados apuntan a un aumento del 3% en las áreas destinadas a la agricultura y al espacio urbano consolidado, mientras que, para el interior del parque, las áreas para los mismos usos disminuyeron aproximadamente un 4%.

Palabras clave: Ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS); Erosión; Susceptibilidad;

Introdução

A crescente modificação antrópica provinda das pressões do uso e exploração excessivos e desordenados dos recursos naturais, abriu espaço para uma maior preocupação com as questões ambientais tornando necessária a proteção ambiental. Surgiu então, como uma das principais estratégias para preservação da natureza e da biodiversidade (tanto de ecossistemas, como espécies e genes), o termo “Unidade de Conservação”, instituído no Brasil por meio de um instrumento legal para conservação da natureza denominado Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Lei Federal 9.985 de 18 de julho de 2000, que define as unidades de conservação como todo espaço territorial e seus recursos ambientais ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (COSTA et al. 2007; MMA, 2010; BRASIL, 2000).

Segundo o art. 25 do SNUC, além da área propriamente dita destinada à preservação, as unidades de conservação, exceto as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), devem possuir uma zona de amortecimento (ZA), ou zona tampão, que corresponda ao entorno da unidade. Estas zonas têm como propósito minimizar os impactos negativos sobre a unidade, garantindo a integridade dos objetivos de conservação da área protegida, visto que as atividades implantadas em seus limites estão sujeitas a normas e restrições (BRASIL, 2000).

As Unidades de Conservação têm a finalidade de tornar possível a conservação da biodiversidade, para o benefício de atuais e futuras gerações, permitindo preservar habitats e espécies valiosas, raras e/ou ameaçadas de extinção, além de formações geológicas, recursos hídricos e terras férteis e/ou frágeis. Sendo assim, para garantir a integridade das UCs, principalmente para aquelas que sofrem intervenções antrópicas, faz-se necessário a realização de estudos, planejamento e adequação para que as atividades a serem implantadas dentro e/ou no entorno destas unidades sejam compatíveis com a potencialidade dos recursos bem como as

vulnerabilidades dos ecossistemas ou ambientes naturais. Logo a compreensão destas informações pode subsidiar um melhor planejamento, gestão e manejo dessas unidades de conservação de forma a alcançar seu objetivo principal de garantir a manutenção de seus recursos (SOUSA, TEZA & GONÇALVES, 2017).

A suscetibilidade ambiental pode ser compreendida como o risco de degradação do ambiente natural, como a perda da biodiversidade, poluição do ar, água e solo, degradação da cobertura vegetal, perda da biodiversidade, obstrução e alteração da rede de drenagem, perda de terras produtivas, desencadeamento de processos erosivos, entre tantos outros causados pela ação humana na ocupação do espaço (SANTOS, 2007). As análises das suscetibilidades de uma área permitem identificar e priorizar os pontos que necessitam de maiores cuidados na preservação sendo essencial para o monitoramento, e fiscalização, como subsídio à gestão das mesmas (CARRIJO, 2005).

Muitas unidades de conservação brasileiras têm sofrido com o desmatamento em seu entorno. De acordo com Pereira & Pereira (2012) a alteração da paisagem e a modificação da capacidade do meio em responder aos processos naturais são resultados das pressões causadas pelas diversas alternativas de uso e ocupação do solo. Os danos ambientais causados pelo desenvolvimento das atividades antrópicas provocam a fragmentação dos ambientes naturais promovendo o isolamento de habitats e conseqüentemente a ruptura da conectividade entre áreas protegidas (NARS, 2017). Partindo deste contexto, o emprego de métodos de monitoramento e análise do uso do solo são essenciais como subsídio ao planejamento ambiental com o objetivo de manter a conectividade de habitats e a conservação dos recursos naturais presentes.

Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana. Nele se encontra o Parque Nacional da Chapada dos veadeiros (PNCV), considerado uma das áreas de conservação ambiental mais importantes, não só do Cerrado como do mundo, devido ao seu elevado grau de endemismo, sua riqueza singular e espécies ameaçadas de extinção. Foi criado na década de 60, através do Decreto nº 49.875, de 11 de Janeiro de 1961 e faz parte da categoria de unidade de proteção integral e declarado Patrimônio Mundial Natural pela UNESCO em 2001 (MMA & ICMBio, 2019). O segundo Barbosa (2008) a principal causa de perda de habitat se dá pelo avanço desenfreado da produção agropecuária, associado com a exploração predatória da vegetação e dos solos nativos e à expansão urbana.

O presente trabalho tem por objetivo verificar o nível de suscetibilidade ambiental em uma área de 5 e 10 km de buffer do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros através de análises do uso e ocupação do solo e da perda de solos, de forma a propor estratégias para melhor proteger as riquezas desta importante unidade de conservação contra as atividades potencialmente degradadoras.

Fundamentação teórica

Suscetibilidade

A suscetibilidade ambiental está ligada a tendência de determinado ambiente sofrer influências externas, e causando, por exemplo, erosão. A indicação de áreas susceptíveis à erosão é fundamental para auxiliar no gerenciamento e manejo de uma bacia hidrográfica e seu entorno (BLOISE et al., 2001). No que se refere as geociências aplicadas, a aceção do termo suscetibilidade pode ser sintetizada como a predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (BITAIR, 2014).

Determinando o grau de suscetibilidade de determinado processo do meio físico em uma área específica, de modo a evitar a formação de novas áreas de risco, bem como induzir o desenvolvimento de normas técnicas e práticas que possam assegurar o uso adequado do solo nessas áreas (BITAR, 2014).

De acordo com Brizzi et al. (2017), que avaliou a suscetibilidade à erosão na sub-bacia hidrográfica do rio São Romão, considerando o manejo agrícola, a densidade e acidez do solo, apresentou maior suscetibilidade para cada uso de solo, na seguinte ordem: pastagem, cultivo e floresta.

Santos (2015) elaborou uma análise de suscetibilidade e potencial à erosão laminar, levando em conta aspectos como declividade e uso do solo, da APA das nascentes do Rio Vermelho. Utilizando o cruzamento entre declividade e erodibilidade dos solos, obteve-se um resultado de alta suscetibilidade à degradação do solo, devido as suas características geológicas e pedológicas, além do uso e ocupação do solo de determinados locais da área de estudo.

Área de Estudo

A chapada dos veadeiros, localizada no nordeste do Estado de Goiás, está inserida no bioma Cerrado, composto por formações florestais, savânicas e campestres. Considerado

segundo maior bioma brasileiro, engloba os estados de Goiás, Tocantins e Distrito Federal, e parte da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí Rondônia e São Paulo. Tido como a savana de maior biodiversidade do mundo e possui mais de 30% da biodiversidade brasileira (AGUIAR e CAMARGO, 2004).

A ocupação da Chapada dos Veadeiros dispõe de registros desde seus primórdios com a exploração aurífera. Entretanto a melhor atividade que caracteriza processo foi a pecuária, principalmente após a decadência da mineração de ouro e cultivo de trigo (SILVA, 2014). Mais tarde, uma forte intensificação desta ocupação ocorreu com a criação e desenvolvimento de Brasília, quando houve um incentivo para o fortalecimento da região do entorno (RIBEIRO, 2018).

O PNCV está localizado na mesorregião do norte goiano e microrregião da Chapada dos Veadeiros, no planalto central brasileiro. Atualmente protege uma área de 240.611ha ocupando 0,70% do território do estado e, abrange cinco municípios do Estado de Goiás, são eles: Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Teresina de Goiás, Nova Roma, São João d'Aliança e está bem próximo do município de Colinas do Sul (RIBEIRO, 2018).

O cenário paisagístico do local representa a geodiversidade do Brasil central, ou seja, expressa as particularidades do meio físico, compreendendo as rochas, o relevo, a vegetação, o clima, os solos e as águas, subterrâneas e superficiais desta região. Tais atributos são decorrência da atuação cumulativa de processos geológicos que, por sua vez, originou um espaço onde propiciou o desenvolvimento da diversidade biológica e cultural ao longo do tempo (SILVA, 2014).

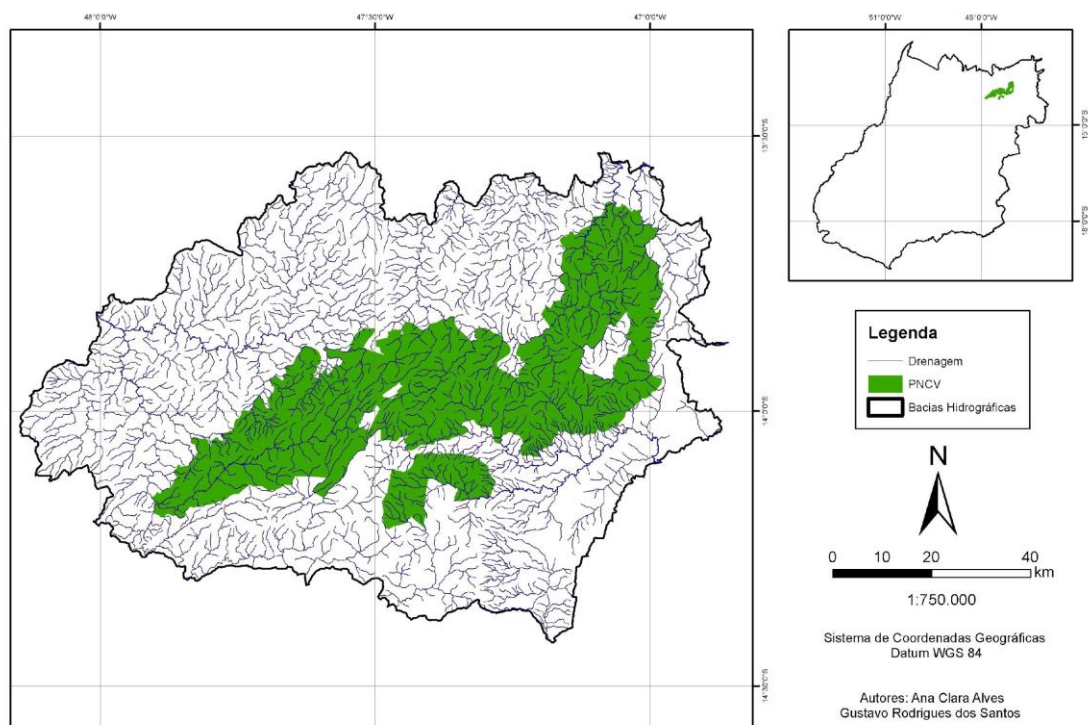
A hidrografia do parque abriga nascentes de rios afluentes das bacias hidrográficas do Paraná, Maranhão e Amazônica, conferindo assim grande importância ecológica. O clima é o tropical de altitude caracterizado por apresentar uma estação seca, que geralmente se estende por três meses, e outra chuvosa (ALMEIDA et al., 2007).

Além da importância hidrológica do local, o PNCV possui alto grau de endemismo na flora e na fauna, o pato mergulhão (*Mergus octosetaceus*) e o Socó-boi (*Tigrisoma fasciatum*), aves extremamente ameaçadas de extinção, são visíveis no parque, além de outras espécies mais recentes, tais como o novo gênero catalogado de gramínea *Altoparadisium*, cuja espécie foi denominado *Altoparadisium chapadense* e a nova espécie *Triraphis devia*, ambos da Família *Poaceae*. Muitas espécies típicas do Cerrado como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a

ema (*Rhea americana*) e o veado-campeiro (*Ozotocerus bezoarticus*) são também vistas regularmente nos limites do Parque (ICMBio, 2009)

No que se refere a obtenção de resultados mais abrangentes, além das análises para a área do Parque, é necessário que o estudo aborde toda a bacia hidrográfica no qual se insere a unidade de conservação (Figura 1). Portanto, se torna necessário a delimitação da bacia hidrográfica em questão. Assim sendo, para este estudo foram realizadas análises para o período de 2000 a 2017 estabelecidas com intervalos de 10 anos, abrangendo a área total da bacia hidrográfica em que está inserido o Parque. Foram também realizadas análises para a área do parque acrescida de zonas de amortecimento de raios iguais a 5 e 10 km a partir do limite da unidade de forma observar os possíveis danos na região do entorno.

Figura 1 - Bacia Hidrográfica onde o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros está Inserida.



Fonte – Próprios autores

Equação Universal de Perda de Solo – EUPS

A Equação Universal de Perdas de Solo - EUPS (Equação 1), desenvolvida por Wischneier e Smith (1978), é um modelo empírico para estimar a perda média anual de solo por erosão laminar e considera fatores naturais e antrópicos. Considerada uma das principais

ferramentas para análise da perda de solo por processos erosivos, os componentes da equação são agrupados em sete fatores.

$$A = R \times K \times (LS) \times (CP) \quad \text{Eq. [1]}$$

Onde:

A = Estimativa de perda média anual de solo em determinada área, em condições específicas de uso e ocupação do solo (t/ha.ano);

R = Erosividade da chuva Mj.mm/ha.h.ano);

K = Erodibilidade do solo (t.h/Mj.mm);

L = comprimento de rampa;

S = Declividade da vertente;

C = Uso e manejo do solo (0 a 1);

P = Práticas conservacionistas (0 a 1).

Metodologia

A metodologia utilizada foi dividida em 5 etapas: (I) obtenção do mapa do fator topográfico através do SRTM; (II) aquisição do mapa de uso da terra e cobertura vegetal da região de análise através do site do Mapbiomas (<http://mapbiomas.org/>) para extração dos valores correspondentes às variáveis C e P; (III) aquisição das imagens de precipitação média mensal para cada ano analisado (2000, 2010 e 2017) para a obtenção do fator R por meio da equação 2; (IV) pesquisa literária dos fatores erodibilidade do solo (K) e uso e manejo e práticas conservacionistas (CP); e (V) álgebra de mapas com as variáveis da EUPS, utilizando Sistema de Informação Geográfica – SIG.

Inicialmente, delimitou-se a bacia hidrográfica de estudo através do Modelo Digital de Elevação Topodata, obtido no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. A sequência de processos para delimitação pode ser encontrada em Leal et al., 2017. Em suma, foram utilizados os algoritmos implementados da ferramenta Taudem do software livre Qgis. Os processamentos utilizados foram o preenchimento de falhas ou lacunas do MDE, cálculo da direção de fluxo, cálculo do fluxo acumulado e da área de contribuição, geração da rede de drenagem no formato raster e no formato vetorial e cálculo da área da bacia hidrográfica.

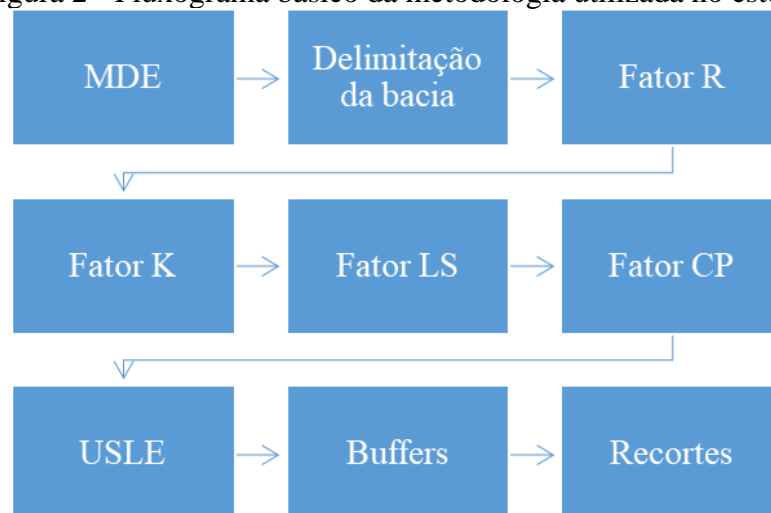
Deste modo foi possível delimitar o conjunto de bacias que interceptam o PNCV. Além da bacia hidrográfica mencionada, outras três áreas são objetos de estudo: o limite atual do

PNCV, e dois buffers (5km e 10km) feitos a partir do limite citado, utilizando o arquivo shapefile do PNCV.

Os fatores CP e K foram obtidos através da manipulação de valores da tabela de atributos dos arquivos shapefiles, obtendo-se os valores para os anos de análise. Enquanto os fatores R e LS foram obtidos através do processamento dos arquivos Raster em questão.

Finalmente, os fatores representados por dados vetoriais, são convertidos para dados matriciais, para que se obtenha os resultados da EUPS, utilizando a calculadora raster. Os três resultados (2000, 2010 e 2017) de estimativa de perda de solo obtidos para uma área maior genérica, são recortados para as 4 áreas de estudos. O Fluxograma que resume as etapas do processo é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma básico da metodologia utilizada no estudo



Fonte - Os autores (2019)

Modelo Digital de Elevação (MDE), Imagens de Satélite e Dados Vetoriais

Os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) são fontes para a análise da superfície do relevo, permitindo a obtenção de informações sobre a declividade, exposição solar e mapeamento da rede de drenagem de áreas extensas (GUIMARÃES & LANDAU, 2011). O MDE utilizado para a elaboração dos planos de informação a estimativa da erosão hídrica laminar, adquirido através do projeto Topodata do *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*, e foi elaborado a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo *United States Geological Survey (USGS)* com resolução espacial de 30 metros.

Foram utilizados também arquivos vetoriais do limite natural do PNCV (disponibilizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio). Os arquivos vetoriais são dados espaciais os quais utilizam um ou mais pares de coordenadas para representar pontos, linhas e polígonos e a relação dessas feições com seus diferentes atributos.

Erosividade da Chuva - R

O fator R é um índice numérico que representa o potencial da chuva de provocar erosão em uma área desprotegida. A erosividade depende não somente da precipitação como também da intensidade das chuvas bem como a cobertura vegetal que protege o solo. O fator de erosividade da chuva (R) é a capacidade de a chuva erodir um solo desprotegido. A informação de chuva foi obtida por meio de dados da série histórica *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*. Adquiridas as imagens de precipitação média mensal para cada série histórica, através do site NASA Giovanni (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>), realizou-se os cálculos através da equação a seguir:

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_{30i} \quad ; \quad E_{30i} = 67,3555 \left(\frac{r^2}{p} \right)^{0,85} \quad \text{Eq.}$$

[2]

Onde:

EI₃₀ = média mensal do índice de erosividade;

r = Precipitação média mensal;

i = Índice de meses;

R = Erosividade;

Erodibilidade do Solo - K

No que se refere ao fator de erodibilidade do solo (K), é determinado de acordo com o tipo de solo do local (SILVA & ALVARES, 2005). Para a região do Parque, utilizou-se como base o Mapa de Solos do Brasil, na escala de 1:5.000.000 disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual foi transformado em vetor e recortado de acordo com o limite da área de estudo. No Quadro 1 apresenta-se os valores de acordo com o tipo de solo aplicados nesta análise.

Quadro 1: Fator K para cada classe de solo

Tipo de Solo	K (ton.h/ MJ.mm)
Argissolos	0,01990
Cambissolos	0,0182
Chernossolos	0,0104
Espodossolos	0,0248
Gleissolo	0,0279
Latossolo	0,0043
Neossolos	0,0127
Nitossolos	0,0091
Organossolos	0,0124
Planossolos	0,0134

Fonte: Fujihara (2002)

Comprimento de Rampa - R

O fator LS foi obtido a partir do MDE adquirido através do projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o algoritmo LS Factor implementado no software livre SAGA GIS.

Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas - CP

A equipe do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura do Solo no Brasil (MapBiomias <http://mapbiomas.org/>), desenvolve uma série de metodologias para o monitoramento do uso e cobertura das terras, através das técnicas de sensoriamento remoto, com mapeamentos de baixo custo e alta qualidade, além de informações de acesso livre, tornando possível coletar dados das classes analisadas (COSTA et al, 2018). Sendo assim, os mapas de uso e cobertura vegetal da região para os anos 2000, 2010 e 2017, foram recortados para as áreas de análise. Foram estabelecidas 6 classes de uso da terra e cobertura vegetal: espaço urbano consolidado, agricultura, pastagem, cerrado, floresta estacionária e banco de areia.

Os valores de uso e cobertura vegetal (C) e práticas conservacionistas (P) podem variar ao longo dos anos como consequência das mudanças na forma e intensidade de cada uso

(Borges, 2009). Como o enfoque é a perda de solo por erosão, para este estudo, os fatores antrópicos da USLE (C e P), estão de tal forma inter-relacionadas que devem ser analisadas em conjunto. Com base nas classes obtidas através dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal, os valores de CP adotados para o trabalho estão dispostos no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Valores de CP utilizados

Uso e Cobertura Vegetal	CP
Espaço Urbano Consolidado	0
Agricultura	0,12
Pastagem	0,055
Cerrado	0,0007
Floresta Estacionária	0,00004
Banco de Areia	1

Fonte: Baptista (2003)

Resultados e Discussões

Obtidos todas as variáveis associadas a Equação EUPS, realizou-se a álgebra de mapas, utilizando a calculadora *raster* do software de SIG Qgis. O resultado da integração dos fatores na equação é composto por mapas da estimativa de perda de solo (fator A), apontando os pontos mais propícios à ocorrência de erosão hídrica laminar. Alcançados os produtos para os três anos de estudo, foram realizados recortes para cada área (bacia hidrográfica e buffers do parque). Os dados foram tabelados para posterior análise.

Fator R

Analisando-se a erosividade das chuvas, para as 3 séries históricas, tem-se que os valores de erosividade encontrados para a área de estudo variam de 68,29 a 384,47 MJ.mm/ha, 82,05 a 387,91 MJ.mm/ha e 41,25 a 407,687 MJ.mm/ha.h para os anos de 2000, 2010 e 2017 respectivamente.

Fator K

Os tipos de solos encontrados com maior frequência na área de análise, de acordo com o proposto por Fujihara (2002), correspondem aos Latossolos com 51,39% da superfície da

região da Bacia Hidrográfica do Parque, seguidos dos Neossolos com 42,25% e em menores quantidades os Argissolos com 6,36%.

Segundo o manual técnico de pedologia (IBGE, 2015), os Latossolos são solos fortemente intemperizados, apresentam uma morfologia muito uniforme ao longo do perfil, são solos muito profundos, friáveis, porosos, de textura variável, com argila de atividade baixa e possuem boa estrutura, por esta razão, apresentam baixo valor de erodibilidade. Já os Neossolos possuem maior propensão à erodibilidade pois compreendem solos geralmente rasos, pouco desenvolvidos, com baixa capacidade de coesão entre as partículas do solo devido a rica fração de areia em sua textura. Os Argissolos, por sua vez, são solos bem desenvolvidos, apresentam um gradiente de textura em profundidade, como consequência de acúmulo de argila dos horizontes superiores, este tipo de solo possui maior impedimento à infiltração sendo favorável aos processos erosivos causados pelo escoamento superficial.

Fator LS

O Fator LS expressa as relações do relevo no processo de perdas de solos. Os valores de comprimento de rampa obtidos para a bacia hidrográfica variaram de 0 a 49,95, sendo que a média foi de 7,92. Para avaliação dos valores, foi utilizado a classificação da EMBRAPA (1999), citado por Coutinho et al. (2014), cujas classes e classificações encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3: Classificação para cada comprimento de rampa

Classificação	Classe (%)
Plano	0 – 3
Suave	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: Embrapa (1999)

Portanto, com base na classificação acima, para o valor médio encontrado para a bacia hidrográfica, cuja área corresponde ao maior limite de análise abrangendo tanto a área do

parque quanto os buffers, pode-se considerar comprimento de rampa de suave a ondulado, sendo estes favoráveis para a conservação do solo contra os processos erosivos, visto que pouca inclinação do terreno diminui o escoamento das águas e de materiais sedimentados, aumentando a infiltração da água no solo.

Uso do Solo e Cobertura Vegetal

Na Tabela 1 apresenta-se os tipos de uso do solo e cobertura vegetal, classificados para a região de acordo com Baptista (2003), acompanhados de suas respectivas áreas, em quilômetros quadrados e as porcentagens de ocupação, para os limites definidos para análise.

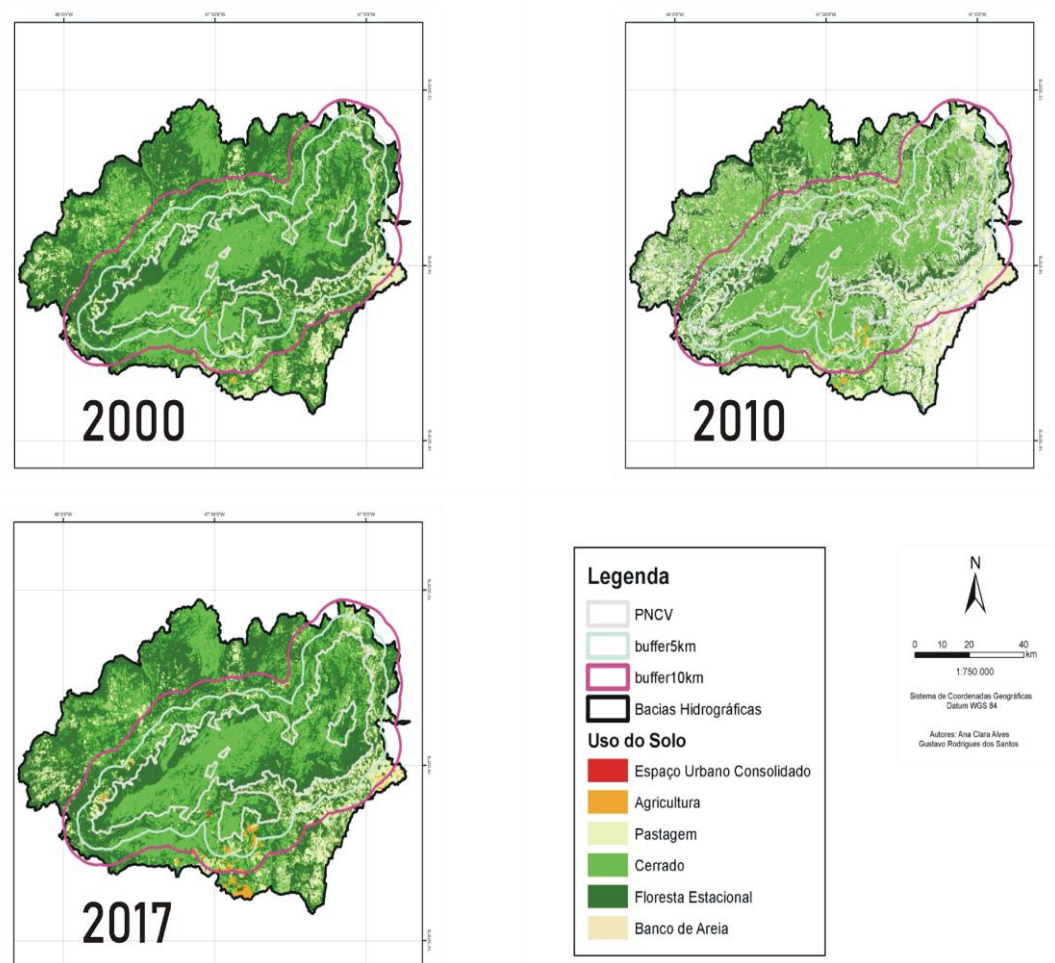
Tabela 1: Tipos de uso do solo e cobertura vegetal em porcentagem de área para as séries históricas

Classe de uso e cobertura do solo (km ²)	Bacia Hidrográfica			Buffer - 5 km + área do Parque		
	2000	2010	2017	2000	2010	2017
Espaço urbano consolidado	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07
Agricultura	0,09	0,44	1,11	0,02	0,36	0,60
Pastagem	13,95	14,74	14,93	10,99	11,76	12,59
Cerrado	33,61	32,01	31,25	38,74	36,62	35,67
Floresta estacional	52,30	52,73	52,62	50,18	51,19	51,05
Banco de areia	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02
Classe de uso e cobertura do solo (km ²)	Área atual do Parque			Buffer - 10 km + área do Parque		
	2000	2010	2017	2000	2010	2017
Espaço urbano consolidado	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,07
Agricultura	0,00	0,00	0,00	0,07	0,30	0,89
Pastagem	7,27	4,69	3,41	12,69	13,02	13,92
Cerrado	45,65	46,31	45,95	35,92	35,90	33,46
Floresta estacional	47,04	48,96	50,60	51,24	50,69	51,63
Banco de areia	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02

Observa-se, conforme a Figura 3 que, para a série histórica 2000 - 2017, todas as áreas analisadas apresentam predominância de floresta estacional, seguidas de Cerrado, o que caracteriza grande nível de preservação das mesmas. Segundo Oliveira & Marquis (2002), o bioma Cerrado possui alta heterogeneidade ambiental devido a sua posição geográfica e

extensão. Sua vegetação é predominante do tipo savana intercalado por campos e florestas. As Florestas estacionais no Brasil são classificadas por decíduais ou semidecíduais. No Cerrado são encontradas as florestas estacionais decíduais, caracterizadas principalmente pelo clima com duas estações bem definidas (uma seca e outra chuvosa) e apresentam alta densidade de árvores predominantemente caducifólias (Veloso et al. 1991).

Figura 3 – Mapas de Uso do solo para os limites propostos e anos de 2000, 2010 e 2017



Para a área do Parque, é possível constatar que as práticas de conservação da fauna e flora são realizadas de forma eficiente, visto que ocorre muito pouca ou nenhuma presença de espaço urbano consolidado e agricultura bem como uma notável diminuição de área ocupada por pastagens (de 7,27 para 3,41 %). Em contrapartida, percebe-se que ocorre um aumento das mesmas classes de uso na região do entorno da Unidade Conservação, podendo comprometer a sua bacia e também o seu interior, reforçando assim a necessidade de se estabelecer zonas de amortecimento, de forma a minimizar os impactos sob a área de preservação.

Segundo Cunha et al. (2008) a forma de produção não sustentável relacionada às práticas agropecuárias tem como consequência a degradação ambiental por meio do excesso de desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação das águas subterrâneas, e perda de biodiversidade, caracterizando esta como uma atividade de elevado potencial de degradação.

Estimativas de Perda de Solo

Os resultados finais obtidos a partir da álgebra de mapas com a aplicação da EUPS podem ser visualizados na tabela 2 que apresenta os valores médios de perda de solo – fator A, em toneladas por hectare ao ano correspondente a cada área ano analisado. Alguns autores estabelecem limites de tolerância de perdas de solos em uma determinada área, tornando a análise mais simplificada. Carvalho (2008) apresenta alguns limites de perdas de solo os quais foram utilizados como base para este estudo.

Sendo assim, os resultados finais 97 % da área total analisada apresenta perda de solo variando de 0 a 15 toneladas por hectare ao ano, sendo classificada nula a moderada e, para os 3% restantes uma variação de perda de 15 a 120 toneladas por hectare ao ano, classificadas com intensidade de média a forte. Contudo, a tabela 2, apresenta os valores médios de perda de solo – fator A, em toneladas por hectare ao ano correspondente a cada área e séries históricas possibilitando uma melhor visualização e análise para as séries históricas.

Tabela 2: Valores médios de perda de solo

Média de perda de solo (ton/ha.ano)			
Área	2000	2010	2017
Bacia Hidrográfica	2,705	2,815	2,926
PNCV	3,942	3,213	2,974
Buffer 5km + área do parque	2,710	2,796	2,872
Buffer 10km + área do parque	2,546	2,786	2,973

Explorando os resultados é possível notar que de 2000 a 2017 no interior do parque ocorreu uma queda na perda de solo de quase 1 tonelada enquanto no seu entorno houve aumento. Logo, se observados de forma conjunta, os resultados mostram que existe uma relação direta entre todos os fatores da equação Universal de Perda de solo, as perdas de solo e os usos e coberturas do mesmo, ou seja, a intensidade das chuvas associados ao tipo e exposição do

solo desprotegido e às atividades exercidas na região do parque e entorno, em especial às atividades agropecuárias, podem provocar a sua degradação tornando-a mais vulnerável. Tais afirmações podem ser confirmadas através do estudo de Freitas et al. (2007) para a Bacia Hidrográfica do Rio Preto onde os resultados apontam, através da contraposição das áreas potenciais de erosão com imagens de satélite, que os locais com alto potencial de erosão estão ocupados por atividades agropecuárias.

Conclusões

- A equação universal da perda de solo (EUPS) se mostrou uma importante ferramenta no diagnóstico das condições da unidade de conservação. De mesmo modo o uso de SIG se mostrou uma alternativa prática e viável minimizando os custos de trabalho e tempo de execução, permitindo concluir que os métodos empregados nesta pesquisa são de grande eficiência para caracterização de áreas vulneráveis através da aquisição, manipulação e integração de dados provindos de diversas fontes.
- No período analisado, no que se refere ao limite do PNCV, houve uma redução quanto a estimativa de perda de solo, que acompanha a redução de pastagem e aumento de floresta estacional na análise de uso de solo do mesmo limite. Mostrando a relação direta entre esses fatores e demonstrando a importância do funcionamento correto das unidades de conservação. No que se refere ao entorno do Parque, crescente perda de solo, diretamente relacionada a ocorrência de agricultura, pastagem e espaço urbano nesses locais.
- Com base nos dados obtidos e no que se refere a perda de solo, é válido constatar que a unidade colabora com o objetivo de proteger a integridade da fauna e flora, minimizando a cada ano os impactos de atividades degradadoras nos seus limites. Contudo a necessidade de se estabelecer zonas de amortecimento é inquestionável uma vez que as alterações causadas no entorno de uma UC podem gerar consequências em seu interior comprometendo sua integridade, já que as ocorrências dentro da bacia podem trazer diversos prejuízos para a conservação do PNCV.
- Neste contexto, quantificar a perda de solo se torna extremamente importante para o planejamento ambiental das unidades de conservação, sendo uma excelente ferramenta que subsidia o manejo sobre o uso do solo e a gestão dos recursos ambientais. Assim a EUPS possibilitou identificar áreas com perda de solo, com base em dados reais,

determinando os locais de maior suscetibilidade onde se deve reforçar as práticas conservacionistas, afim de aumentar o poder de conservação dessas unidades.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (editores técnicos) – Cerrado: Ecologia e caracterização. Embrapa. Brasília, 2004.
- ALMEIDA, M. G.; MARQUES, C. C. F.; SOARES, E. N.; TAVARES, R. R.; XAVIER, M. J.; Vila de São Jorge e Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros: os caminhos da geografia passam por lá. *Ateliê Geográfico: revista eletrônica do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 106-117, set. 2007.*
<https://doi.org/10.5216/ag.v1i1.25a>
- ALVES, A.; SOUZA, F.; MARQUES, M.; Avaliação do potencial à erosão dos solos: uma análise comparativa entre Lógica Fuzzy e o Método USLE. Rio de Janeiro – RJ. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia - GO.
- BAPTISTA, G. M. M.; Diagnóstico ambiental de erosão laminar: Modelo Geotecnológico e aplicação. Editora Universa. Brasília, DF. 2003, 140p.
- BARBOSA, A. G.; As estratégias de conservação da biodiversidade na Chapada dos Veadeiros: Conflitos e Oportunidades. Brasília, 2008.
- BITAR, O. Y.; Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- BLOISE, G. L. F.; Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da bacia do Olaria – DF, 2001. Planaltina – DF.
- BRASIL. Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- BRIZZI, R. R.; DE SOUZA, A. P.; DA COSTA, A. J.S.T.; Influência do manejo agrícola na suscetibilidade dos solos à erosão na sub-bacia hidrográfica do rio São Romão, 2017. Nova Friburgo – RJ.
- BORGES, K. M. R. 2009. Avaliação de susceptibilidade erosiva da Bacia do Rio Carinhonha (MG/BA) por meio da EUPS – Equação Universal de Perda dos Solos. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 68p.

- CARRIJO, M. G.; Gutiérrez. 2005. Vulnerabilidade ambiental: O Caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari – MS.
- CARVALHO, N. O.; 2008. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 600 p.
- COSTA, N. M.; COSTA, V. C.; SALES, C. G.; SOUZA, A. C. C.; VALIM, C. B.; Significado e importância da zona de amortecimento de unidades de conservação urbanas: o exemplo do entorno das áreas legalmente protegidas da cidade do Rio de Janeiro. *Geo UERJ*, v.1, n.17, p. 95-104. 2007. <https://doi.org/10.12957/geouerj>
- COSTA, D. P.; SANTOS, J. J.; CHAVES, J. M.; ROCHA, W. J. S. F; VASCONCELOS, R. N.; Novas tecnologias e sensoriamento remoto: aplicação de uma oficina didática para a disseminação das potencialidades dos produtos e ferramentas do mapbiomas. Brasil, 2018.
- COUTINHO, L. M.; CECILIO, R. A.; GARCIA, G. O.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; MOREIRA, M. C.; Cálculo do fator LS da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) para a bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. Boa Vista - RR: Universidade Federal de Roraima, 2014. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i1.1454>
- CUNHA, N. R. S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J.; A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. *RER*, Piracicaba – SP, vol 46, nº 02, p. 291-323, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000200002>
- FERREIRA, A. S.; Determinação da erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal. Planaltina – DF, 2017.
- FREITAS, L. F.; JÚNIOR, O. A. C.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S. & LOEBMANN, D. G.; Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na Bacia do Rio Preto, 2007. Brasília - DF
- FUJIHARA, A. K.; Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento. Piracicaba, 2002. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio) – plano de manejo do PARNA da chapada dos veadeiros, 2009. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/parna-da-chapada-dos-veadeiros>>.

- LEAL, E. R.; MEDEIROS, B. T. L.; QUEIROZ, S. D. J.; BRITO, L. G.; COIADO, L. L. Utilização das extensões TauDEM e ArcHydro: um estudo comparativo aplicado à delimitação automática de bacias hidrográficas no Estado do Pará. *Revista SEAF*, v. 1, p. 204-218, 2017. <https://www.semas.pa.gov.br/revistaseaf/edicoes/17/16.%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DAS%20EXTENS%C3%95ES%20TAUDEM%20E%20ARCHYDRO%20UM%20ESTUDO%20COMPARATIVO%20APLICADO%20C3%80%20DELIMITA%C3%87%C3%83O%20AUTOM%C3%81TICA%20DE%20BACIAS%20HIDROGR%C3%81FICAS%20NO%20ESTADO%20DO%20PAR.pdf>
- Manual técnico de pedologia / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430 p. - il. - (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n. 4).
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Cobertura vegetal dos biomas brasileiros, 2002.
- MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, Pilares para sustentabilidade financeira do sistema nacional de unidades de conservação. Brasília. 2010.
- NARS, L.; Saberes ambientais de agricultores assentados no entorno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. 2017. 135 f., il. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Planaltina, 2017.
- OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.
- PEREIRA, L. E.; PEREIRA, J. G.; 2012. Identificação e análise das áreas de vulnerabilidade ambiental da cidade de Corumbá (MS). *Revista Geográfica (Londrina)*, v. 21, n. 1, p. 085-101, jan/abr. 2012. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2012v21n1p085>
- Pilares para a Sustentabilidade Financeira do Sistema Nacional de Unidades de Conservação/ Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Áreas Protegidas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 72p. (Áreas Protegidas do Brasil, 7).
- RIBEIRO, L. S.; A relevância dos Patrimônios Naturais da Humanidade e das Reservas da Biosfera para a Conservação da Biodiversidade – O caso do Parque Nacional Da Chapada Dos Veadeiros (PNCV). Brasília: UnB, 2018.
- SANTOS, R. F. Vulnerabilidade Ambiental / Rozely Ferreira dos Santos, organizadora. – Brasília: MMA, 2007. 196p.
- SANTOS, S. A.; Análise de suscetibilidade e potencial à erosão laminar da Área de Preservação Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho, 2015. Goiânia – GO.

SILVA, A. M.; ALVAREZ, C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco de dados sobre a erodibilidade de classes de solos no Estado de São Paulo. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9738>

SILVA, R. G. P. Paisagens e trilhas: uma abordagem sustentável para o turismo de visitação na chapada dos veadeiros – Goiás. Brasília: UNB, 2014.

SOUSA, I. S.; TEZA, C. T. V.; GONÇALVES, R. A.; Análise da fragilidade ambiental da Floresta Nacional de Brasília (DF) como subsídio para seu plano de manejo. In: Anais Do Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 2017, Anais eletrônicos. Campinas, GALOÁ, 2018.

VELOSO, H. P.; R. F., A. L. R. & Lima, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.

WISCHMEIER, W. H; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, Washington, 1978.