SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva dos solos do município de Santa Helena de Goiás

Gabriela de Camargo[1](IC)*, Jaqueline Aparecida Batista Soares[1](IC), Pedro Rogerio Giongo[2] (PQ)

[1] Discente do curso de Engenharia Agrícola da UEG / Iniciação Científica UEG, Campus Santa Helena de Goiás, Goiás. E-mail: gabrieladecamargo_@outlook.com

[2] Professor Dr. do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Santa Helena de Goiás, Goiás.

Resumo: O uso e ocupação do solo e as atividades econômicas representam grandes fatores de exploração do solo, podendo preservar ou comprometer a qualidade do mesmo e dos recursos hídricos. O mau uso dessas práticas pode acarretar danos irreparáveis. Os principais problemas associados à degradação do solo e do ambiente estão relacionados ao aumento da compactação dos solos, redução da infiltração da água e favorecimento do escoamento superficial. As origens do processo erosivo podem ser agravadas por esses elementos, sendo desencadeadas por meio da ação antrópica, tornando os solos suscetíveis à erosão. O objetivo do trabalho concentrou-se em elaborar mapas de suscetibilidade erosiva antrópica e natural, através de banco de dados espaciais, tratamento de bases existentes e confecção de mapas temáticos, trabalhadas a partir da metodologia de análise de multicritério, cruzando as informações referentes aos componentes geomorfológicos da área de estudo. Através dos resultados foi possível concluir que apesar de ter apresentado suscetibilidade natural média na maior parte da área causada pela declividade e vegetação, a suscetibilidade à erosão por ação antrópica também remete a fatores de degradação, provocada pela urbanização e pastagem.

Palavras-chave: SIG. Erosão do solo. Aptidão ao uso do solo.

Introdução

O uso e ocupação do solo caracterizam-se pelo crescimento das fronteiras agrícolas para a transformação do capital. Neste viés, o cenário rural reflete em problemas ambientais, principalmente relacionados à qualidade hídrica dos mananciais. As práticas de manejo do solo, a utilização de insumos, tráfego de máquinas e implementos, irrigação, são todas atividades operacionais que sustentam a produção agrícola e que remetem a exploração do solo, da água, do clima, mas que podem provocar grandes impactos aos solos e a água.

Para Vanzela et al (2010), o resultado destas práticas sem planejamento e uso adequado dos recursos naturais, causam consequências como escoamento

superficial, que provoca o carreamento de sedimentos, particulados de solo em excesso, matéria orgânica e insumos, como agroquímicos para o leito dos mananciais, favorecendo o aumento da presença de sólidos e nutrientes nas águas. Elencado a estes problemas estão, a presença de coliformes totais e *E. coli*, oriundos desse processo transportado para os cursos d'água. O estudo de grandes áreas só é possível com uso de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica – SIG, e imagens de satélite, que processadas compõem diferentes produtos e mapas temáticos. Dentre os procedimentos metodológicos aplicáveis em ambiente de SIG, é utilizada a análise de multicritério que permite a investigação combinada de diferentes variáveis para gerar um mapa síntese. Esse procedimento é realizado a partir do:

> *Mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas (MOURA, p.2901, 2007).*

A susceptibilidade erosiva de uma área depende de uma série de variáveis condicionantes, dentre elas, destacam-se vegetação, solo, declividade, pluviosidade, uso do solo e litologia. São fatores que, dependendo de sua situação atual, podem influenciar mais ou menos na susceptibilidade.

Considerando a análise de multicritério, são definidos pesos (0 – 100%) para cada variável de modo a diferenciar o grau de importância e correlação com o fenômeno em questão (susceptibilidade erosiva), e notas (1 a 5) para cada componente de legenda, de maneira que quanto maior a nota, maior a susceptibilidade erosiva (1: muito baixa; 2: baixa; 3: média; 4: alta; 5: muito alta). Os mapas finais são elaborados a partir do cruzamento dos parâmetros estabelecidos para as variáveis. Apesar da importância e necessidade de analisar os fatores de uma maneira integrada, para a aplicação da metodologia de análise de multicritério deve ser pensada de modo isolado a cada item. A relação entre as variáveis resulta da aplicação do modelo, que necessariamente cruza todos os componentes (MOURA, 2007).

A partir do exposto, o presente trabalho tem como objetivo obter o mapa de suscetibilidade erosiva natural e antrópica de bacias hidrográficas no município de Santa Helena de Goiás.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em bacias hidrográficas localizadas no Sudoeste do Estado de Goiás inserido no bioma Cerrado. Foram analisadas 4 bacias hidrográficas sobre a extensão do município de Santa Helena de Goiás, Rio Verde e Santo Antônio da Barra, com localização da área apresentada na Figura 1.

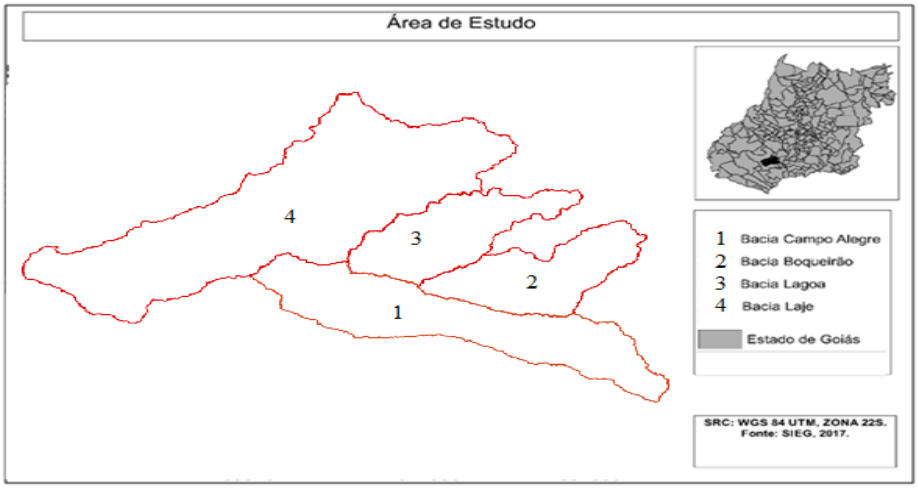

Figura 1 – Localização da área de estudo nas bacias hidrográficas.

Fonte: Municípios - SIEG; bacias hidrográficas – Delimitação realizada a partir de dados SRTM.

Delimitações das microbacias e declividade

Para as delimitações das microbacias foi utilizado os produtos matriciais 17S51 e 18S51 da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) realizada pela NASA, os dados foram adquiridos junto ao Banco de Dados Geomorfométrico do Brasil (INPE, 2017). A delimitação foi realizada no *software* GRASS GIS 7.2.1 (OSGEo Project, 2017) através da ferramenta *modeles* > *Raster* > Modelo Hidrológico > *Watershed analysis*. Após a delimitação das microbacias os dados foram exportados para o *software* QGIS versão 2.18.9 (QGIS Development Team, 2017) no formato matricial e convertidos para o formato vetorial, a conversão para esse formato permitiu calcular as áreas das microbacias. As microbacias selecionadas para estudo foram: Campo Alegre, Boqueirão, Lagoa e Laje. Com os dados de altimetria foram utilizados as ferramentas de MDE do software QGIS, para elaboração dos mapas de declividade.

Uso e cobertura do solo e Índice de vegetação

Para caracterização do uso e cobertura do solo foi utilizada imagem do satélite CBERS 4, sensor MUX, órbita/ponto 160/120 com passagem em 17/07/2017 com resolução espacial de 20 metros e faixas espectrais do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo. As imagens foram obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017) e para classificação foi utilizado o software SPRING versão 5.3 (INPE, 2014). Os procedimentos foram recorte, segmentação e classificação pelo método supervisionado utilizando o algoritmo Bhattacharya. Após a classificação a imagem foi exportada para o software QGIS e convertido em arquivo vetorial para cálculos das áreas de cada e classe e elaboração do mapa final.

Para confecção do mapa do Índice de vegetação (NDVI), foi utilizado a imagem do CBERS 4, por meio da diferença entre as reflectâncias das bandas infravermelho próximo e vermelho, dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas. Obtendo como resultado valores compreendidos entre -1 a 1, sendo maior índice de vegetação indicando a presença de vegetação os valores próximos de 1 e presença de solos descobertos, e os valores próximos de -1 como coberturas de água. Todos os mapas foram gerados na escala 1:50.000, compatíveis aos bancos de dados utilizados.

Litologia, solos e rodovias

A base cartográfica, litologia e classe de solo na escala de 1:50.000 foram disponibilizadas pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG, 2016). As informações foram recortadas para a área estudo. O *Layer* de proximidade de vias foi criado pela ferramenta de *buffer,* com distâncias de 5, 10, 25 e 50 metros, como referência os dados de rodovias do Estado de Goiás (SIEG, 2016). A análise multicritério foi baseada na metodologia de Silva e Machado, (2014), que consideram pesos e percentuais para cada variável de entrada. Foram estabelecidos pesos de acordo com suscetibilidade erosiva por meio natural e outra antrópica, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos e variáveis representadas pelos mapas temáticos, para identificação de áreas suscetíveis a erosão.

Mapas	Suscetibilidade erosiva por meios naturais	Suscetibilidade erosiva por atividades antrópicas
	Peso (0 a 100%)	Pesos (0 a 100%)
Litologia	10	6
Classes do solo	25	13
Declividade	25	13
Intensidade de chuva	15	8
Índice de vegetação	25	13
Proximidade de vias	-	12
Uso do solo	-	35
Total	100	100

Fonte: Adaptado de Silva e Machado, (2014)

Para os componentes de cada mapa, foram atribuídas notas de 1 a 5, conforme características que tendem a favorecer a formação de processos erosivos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Notas estabelecidas para os componentes das variáveis a susceptibilidade à erosão.

VARIÁVEL	COMPONENTE DE LEGENDA	NOTA (1 - 5)
Litologia	Canga, Concentrações de óxidos de ferro, Corpos de minério de hematita, Diabásio, Formação ferrífera, Itabirito, Lentes de hematita, Quartzito, Quartzo	1
	Metabasalto, Sericita, Serpentinito	2
	Filito, Xisto, Cobertura detrito-laterítica	3
	Conglomerado polimítico, Talco	4
	Aluvião, Coluvião, Dolomito	5
Classe de solo	Latossolo	1
	Área sem classificação	2
	Exposição de Canga	3
	Cambissolo	4
	Neossolo / Área degradada	5
Declividade (%)	0 – 2	1
	2 - 6	2
	6 - 20	3
	20 - 50	4
	>50	5
Intensidade das chuvas	Baixa	2
	Alta	4

Vigor de vegetação (NDVI)	Alto Vigor (0,490 – 1)	1
	Médio Vigor (0,341 - 0,490)	2
	Baixo Vigor (0,215 - 0,34)	3
	Baixíssimo Vigor/Ausência (0,066 - 0,215)	4
	Ausência Vegetação (-1 - 0,066)	5
Proximidade de vias	Buffer acima de 50 metros	1
	Buffer de 50 metros	2
	Buffer de 25 metros	3
	Buffer de 10 metros	4
	Buffer de 5 metros	5
Uso do solo	Mata/Natural	1
	Culturas	2
	Campo graminoso (pastagem)	3
	Solo exposto	4
	Área urbanizada	5

Fonte: Adaptado de Silva e Machado (2014).

As notas das variáveis foram adotadas a partir da metodologia de Silva e Machado (2014). Foi necessário fazer adaptações na variável de uso do solo para se adequar a área de estudo e os usos do solo identificados.

Resultados e Discussão

Os problemas de origem antrópica podem ser gerados pela deposição de despejos domésticos e industriais, processos de irrigação, aplicação de defensivos agrícolas e outros. Os problemas ocorrem a partir da forma em que a exploração da terra acontece na micro bacia, onde o ambiente natural sofre consequências das ações antrópicas, as quais desencadeiam processos de erosão e assoreamento nos mananciais (BOTELHO, 2005).

O conhecimento da geologia ajuda na compreensão das características do terreno, como a declividade e relevo (SANTOS, 2004). O mapeamento permitiu a caracterização região com relação a fatores geomorfológicos. As feições analisadas propiciaram o entendimento dos aspectos da região, como aptidão agrícola, áreas susceptíveis a processos erosivos com ação antrópica e natural. A Formação Litológica confere a micro bacia aspectos de pouca influência para a degradação, considerada como suscetibilidade muito baixa (Figura 2A).

O solo é caracterizado como Latossolo (Figura 2B), classe esta que apresenta elevada concentração de argila. Nas ocorrências são solos desenvolvidos, com

grandes profundidades, bem estruturados e com alta permeabilidade de água (CREPANI *et al*, 2001). Esses solos em geral apresentam suscetibilidade muito baixa, salvo em situações de altas declividades e intenso uso agrícola.

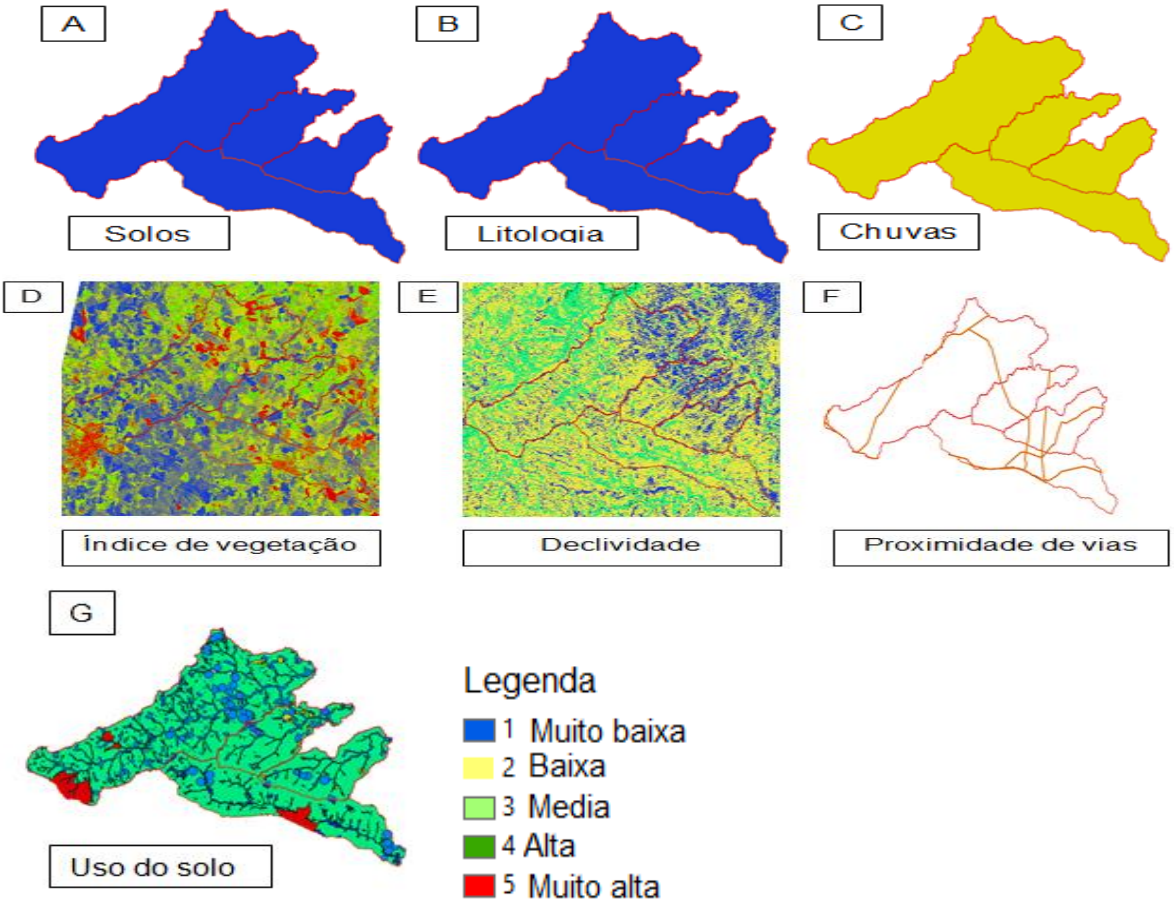

Figura 2 – Reclassificação das variáveis para a suscetibilidade para Classe de Solos (A), Litologia (B), Intensidade das chuvas (C), Índice de vegetação (D), Declividade (E), Proximidade de vias (F) e Uso do solo (G).

A precipitação na região é em média de 1300 mm anual, com boa distribuição temporal o que caracterizada como susceptibilidade baixa a processos erosivos (Figura 2C). Cita-se ainda que a ocorrência das chuvas na região é de baixa intensidade, raramente é maior que a capacidade de infiltração de água no solo.

O NDVI é um indicativo da presença e atividade fotossintética de cobertura vegetal no solo e a mesma ajuda na interceptação das gotas de chuva, reduzindo o impacto e desestruturação do solo, que ocasiona principalmente selamento superficial pela argila. A vegetação também auxilia na redução da velocidade do

fluxo de água na superfície do solo, principalmente próximos aos canais de drenagem onde a declividade é acentuada.

A declividade do terreno na bacia é identificada como muito baixa, baixa e média aos processos de suscetibilidade erosiva (Figura 2E). As maiores declividades apresentam ocorrências próximas aos canais de drenagem, destacando a importância da vegetação nativa próximo aos recursos hídricos. O uso do solo apresenta maior influência à suscetibilidade erosiva, principalmente nas áreas ocupadas por atividades industriais, área urbana e as atividades agrícolas (Figura 2G).

Para a suscetibilidade erosiva natural, pequenas regiões apresentam classe erosiva baixa, como exemplo a parte norte (Figura 3A). A área com suscetibilidade erosiva de média a alta ocorre em quase todas as bacias, influenciada principalmente por solos do tipo Latossolo, e os usos intensos do mesmo. Esses solos apresentam alta permeabilidade às águas da chuva e agregação entre as partículas, contribuindo para a resistência do arraste de particulados do solo, causados pela ação de agentes erosivos (SALOMÃO, 2005; CREPANI, *et al,* 2001).

A declividade e o NDVI têm maior impacto sobre a erosão, quando de forma associada influenciam a ocorrência de fragmentos de suscetibilidade muito alta, distribuídas no centro e seguindo para o sul da micro bacia. As áreas encontradas com muita cobertura vegetal (Alto NDVI), campo graminoso podem reduzir a intensidade dos processos de erosão. Os parâmetros que mais contribuíram para a elevação da suscetibilidade erosiva nesta área é o NDVI e a declividade. Pode-se analisar por meio da Figura 3 representando os mapas de susceptibilidade natural (A) e antrópica(B) das bacias Campo Alegre, Boqueirão, Lagoa e Lage.

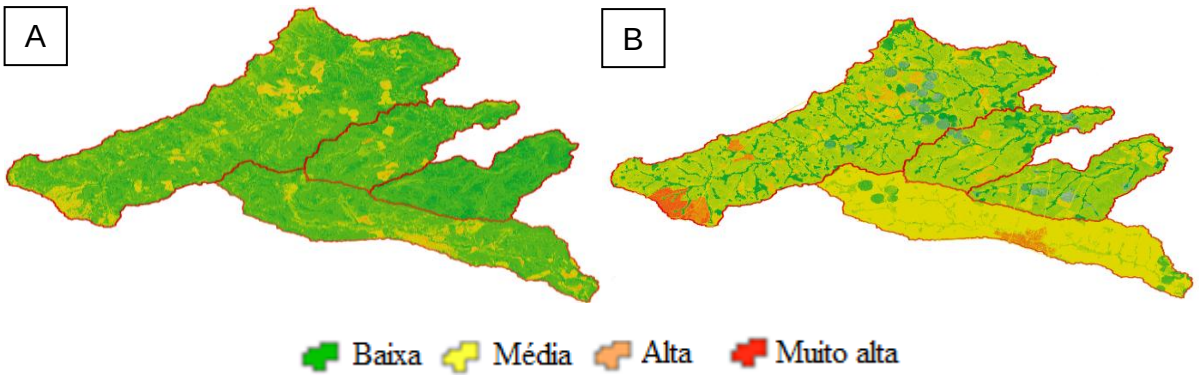

Figura 3 – Mapas de suscetibilidade erosiva natural (A) e antrópica (B) das bacias Campo Alegre, Boqueirão, Lagoa e Lage.

No mapa de suscetibilidade erosiva antrópica, são apresentadas as transformações na paisagem natural. As bacias Campo Alegre, Boqueirão, Lagoa e Lage são representadas em sua maior parte por influência antrópica, por se tratar de área potencialmente agricultável.

As áreas que resultaram em suscetibilidade antrópica entre alta a muito alta são representadas por áreas urbanizadas como parque industrial, aeroporto, loteamentos residenciais, entre outros. Essas áreas correspondem ao uso intenso do solo. As áreas de pastagens e áreas agrícolas também apresentam elevada suscetibilidade aos processos erosivos. Alves *et al* (2015) observaram a perda de solo em áreas cultivadas por monoculturas na bacia do Ribeirão da Picada no Sudoeste de Goiás.

Na Figura 4, observa-se que os percentuais das áreas de suscetibilidade natural e antrópica do córrego Campo Alegre, concentram-se na maioria das áreas como suscetibilidade média e alta, sendo de 56,63% (natural) e 80,15% (antrópica), no córrego Lagoa, concentram-se na maioria das áreas como suscetibilidade média, sendo de 96,45% (natural) e 87,97% (antrópica), no córrego Lage, concentram-se na maioria das áreas como suscetibilidade média, sendo de 93,94% (natural) e 82,67% (antrópica), e, no córrego Boqueirão, concentram-se na maioria das áreas como suscetibilidade média, sendo de 85% (natural) e 88,06% (antrópica).

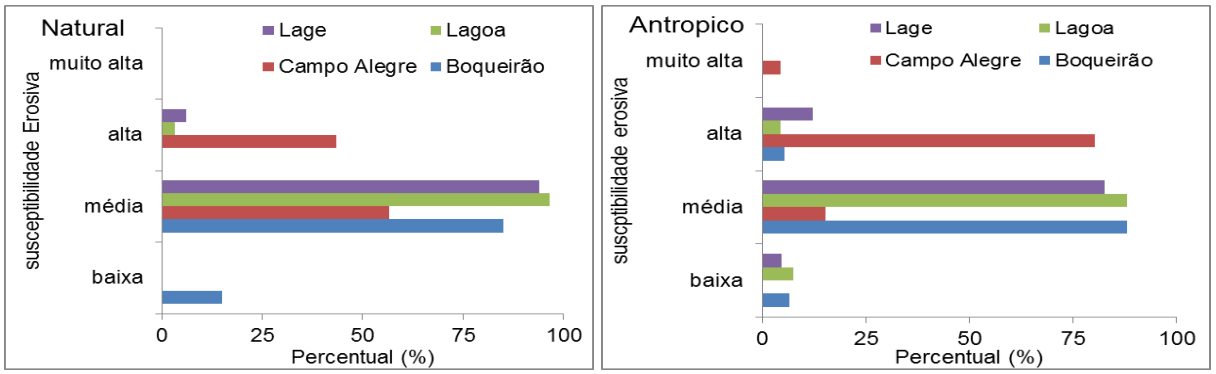

Figura 4 – Percentuais de áreas nas classes de Suscetibilidade Erosiva Natural e Antropizada das bacias Campo Alegre, Boqueirão, Lagoa e Laje.

Considerações Finais

As análises de suscetibilidade a erosão são fundamentais, pois são a base para a verificação ambiental, identificando informações relevantes para identificar a vulnerabilidades e promover a busca por formas de mitigação.

O uso da análise de multicritério é relevante, pois através destas ferramentas é possível combinar variáveis e elaborar mapas síntese, permitindo avaliar qualitativa e quantitativamente a suscetibilidade erosiva. A aplicação das ferramentas de SIG colaboram para a geração de informações, capazes de demonstrar à vulnerabilidade de áreas suscetíveis a erosão, sendo primordial para a realização deste estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PBIC/UEG (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica UEG) pela bolsa concedida as alunas e a bolsa PROBIP ao pesquisador, e a UEG/Campus Santa Helena de Goiás pelo apoio e estrutura.

Referências

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/. Acesso em: 18 Fevereiro 2016.

INPE – **INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**. Disponível em: http://www.inpe.br/. Acesso em 18 Fevereiro 2016.

MOURA, A. C. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. ***Anais...*** do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. Abril de 2007. P.2899-2906.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. "SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais". **Revista de Geografia.** Universidade Federal de Pernambuco v. 31, n°. 2, 2014.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.14, n.1, 2010. p.55–64.