Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

MODELAGEM DA FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL DE ALMENARA, MINAS GERAIS

Potential Environmental Fragility Modeling of Almenara, Minas Gerais

Luciano Cavalcante de Jesus FRANÇA
Universidade Federal de Lavras
lucianocjfranca@gmail.com

Eduarda Soares MENEZES
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
eduarda_menezs@hotmail.com

Sandra Titon CUSTÓDIO
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
sandratiton70@hotmail.com

Marcelino Santos de MORAIS
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
morais.marcelino@gmail.com

Danielle Piuzana MUCIDA
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
danielle.piuzana@ufvjm.edu.br

Resumo

Problemas relacionados a fragilidade de ecossistemas naturais à degradação ambiental têm sido motivo de discussões de ordem global entre cientistas e formuladores de políticas públicas. Neste sentido, esse estudo teve como objetivo modelar a Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) do município de Almenara, Minas Gerais, visando o reconhecimento de potencialidades do meio biofísico susceptíveis à instabilidade ambiental natural e identificação de áreas para priorização à conservação. Utilizou-se a modelagem espacial a partir de uma análise de multicritério. Considerou-se 5 critérios para a avaliação: declividade do terreno, classes de solos, hierarquia fluvial, domínios geológicos e pluviosidade. Foram atribuídos pesos de fragilidade ambiental para as respectivas sub-classes de acordo com metodologia clássica: (I) Baixa, (II) Levemente Baixa, (III) Média, (IV) Alta e (V) Extremamente Alta. Por combinação linear ponderada gerou-se o mapa final de FAP. Aplicou-se o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a determinação da hierarquia de importância dos critérios avaliados e cálculo do índice e razão de consistência da matriz AHP.

Os resultados demonstraram que 29,72% da área de estudo apresenta alta fragilidade ambiental. O mapa de FAP poderá apoiar estratégias de ordenamento territorial e planejamento ambiental.

Palavras-Chave: AHP; Manejo de Ecossistemas; Ordenamento Territorial; Planejamento Ambiental; SIG.

Abstract

Problems related to the fragility of natural ecosystems and to environmental degradation have been the subject of global discussions between scientists and public policy makers. In this sense, this study aimed to model the Potential Environmental Fragility (in Portuguese "Fragilidade Ambiental Potencial" or FAP) of the municipality of Almenara, in the state of Minas Gerais, aiming at the recognition of potentialities of the biophysical environment susceptible to natural environmental instability and identification of areas for prioritizing conservation. Spatial modeling was used from a multicriteria analysis. Five criteria were considered for the evaluation: slope of the land, soil classes, fluvial hierarchy, geological domains and rainfall. Environmental fragility weights were assigned to the respective sub-classes according to the classic methodology: (I) Low, (II) Slightly Low, (III) Medium, (IV) High and (V) Extremely High. The final FAP map was generated by Weighted Linear Combination (WLC). The Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied to determine the importance hierarchy of the evaluated criteria and to calculate the index and consistency ratio of the AHP matrix. The results showed that 29.72% of the study area has high environmental fragility. The FAP map may support strategies for land use planning and environmental planning.

Keywords: AHP; Ecosystem Management; Land use planning; Environmental planning; GIS.

INTRODUÇÃO

A fragilidade de ecossistemas está diretamente associada à degradação do solos, e resulta em uma capacidade reduzida do ecossistema de fornecer bens e serviços (FAO, 2018). Um quinto dos solos do mundo estão atualmente degradados e continuam a serem degradados a uma taxa de 5 a 10 bilhões de hectares por ano (BATEMAN e MUÑOZ-ROJAS, 2019). A crescente pressão exercida sobre os solos para fins de obtenção de serviços e recursosjá está resultando em sua degradação insustentável (KOPITTKE *et al.*, 2019). O processo de degradação associa-se à perda de vários aspectos da qualidade e função do solo, abarcando parâmetros físicos, químicos e biológicos. Estes geralmente estão inter-relacionados e a diminuição ou mudança em alguma função geralmente afeta outras características do solo (SKLENICKA *et al.*, 2004; 2019).

Análises de fragilidade ambiental contribuem para tomadas de decisões estratégicas, visando à diminuição dos impactos potenciais existentes, além de subsidiar o planejamento e a gestão ambiental de áreas (FOLLMANN *et al.*, 2018). A fragilidade dos ambientes naturais, associada às intervenções humanas, é maior ou menor em função da heterogeneidade da paisagem natural, tornando fundamental a identificação dos aspectos associados ao

levantamento dos tipos de solo, clima, geomorfologia e demais componentes da área em que se deseja estudar sua suscetibilidade natural (ROSS, 1994). A paisagem natural requer ser vista a partir de uma noção integradora, formada por unidades interativas dos elementos da paisagem (METZER, 2001).

Frente ao avanço da exploração dos recursos naturais e do desenvolvimento tecnológico, científico e econômico da sociedade, a adoção de ferramentas de planejamento ambiental e territorial tornam-se importantes e cada vez mais necessárias. Entre tais mecanismos, destaca-se o modelo de fragilidade ambiental natural (Fragilidade Potencial) e antropizada (Fragilidade Emergente) (ROSS, 1994). A metodologia para determinação da fragilidade com base na classe de declividade é a mais utilizada no meio científico, uma vez que declive do terreno é um importante condicionador de processos erosivos no solo (ROSS, 1994). Todavia, estudos com adaptações e novas variáveis,voltados à tomada de decisões, têm sido realizados, visando resultados mais precisos (SPORL; ROSS, 2004; SANTOS; SOBREIRA, 2008; MASSA; ROSS, 2012; SCHIAVO *et al.*, 2016; FRANÇA *et al.*, 2017; 2019).

Além disso, as análises de múltiplos critérios têm fundamentado investigações multidisciplinares, que envolvem seleção de áreas para conservação e definição de áreas prioritárias para recuperação ambiental (FRANCISCO *et al.*, 2008; PINTO *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2018). Nesses trabalhos, a modelagem por meio de análises de mulitcritérios em ambiente de SIG tem sido grande aliada na redução de custos e rapidez no processamento de dados. A metodologia de Fragilidade Ambiental com múltiplos critérios tem sido amplamente utilizada em estudos ambientais voltados à análise e ordenamento físico-territorial, tanto no meio acadêmico, quanto por órgãos públicos, estando inclusive integrando os conteúdos básicos para a elaboração de Zoneamentos Ecológicos-Econômicos (ZEE), instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (GOUVEIA; ROSS, 2019).

Este estudo parte do pressuposto de que a modelagem multicritério em ambiente SIG, alinhada com uma abordagem de Processo Analítico Hierárquico (AHP), ao integrar os elementos biofísicos da paisagem, define a Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) na escala do município analisado. Para isso, foi aplicada a metodologia para determinação da FAP, sob a ótica de susceptibilidade à degradação ambiental de ecossistemas.

Este estudo teve como objetivo modelar, por meio de análise multicritério em ambiente SIG, a Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) do município de Almenara, baixo curso rio Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil.

1 MATERIAIS E MÉTODOS

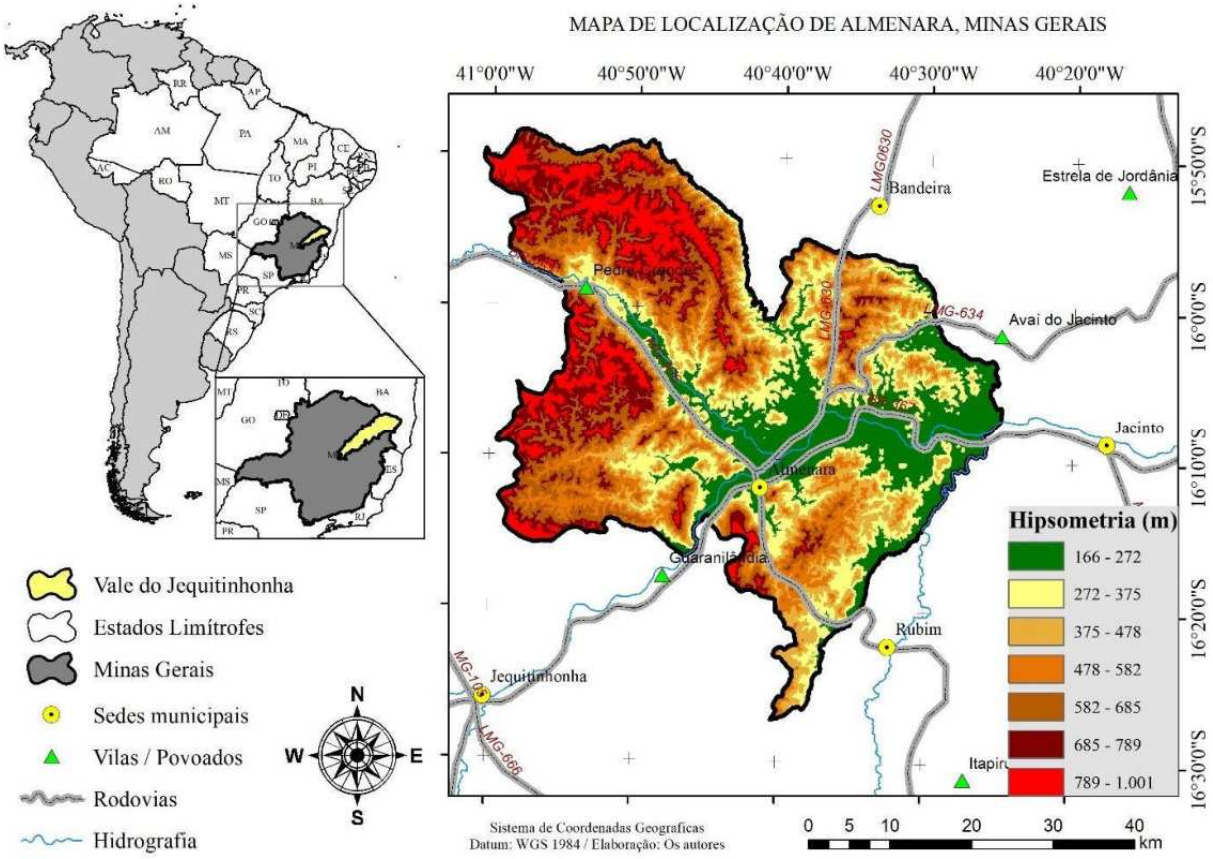
1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo correspondeu ao município de Almenara, localizado na região nordeste do estado de Minas Gerais, mesorregião do rio Jequitinhonha (Figura 1). Sua área total ocupa 2.308 km² e está contida nas folhas topográficas Almenara (SE-24-V-A-III), Jacinto (SE-24-V-B-I), Encruzilhada (SD-24-Y-C-VI), Itarantim (SD-24-Y-D-IV) e Cândido Sales (SD-24-Y-C-V). Limita-se ao norte pelos municípios de Divisópolis, Mata Verde e Bandeira, a leste por Jacinto, ao sul por Rubim e Jequitinhonha e a oeste por Pedra Azul (CPRM, 2005). Possui

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

população de 38.775 habitantes, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0.642, considerado médio (PNUD, 2013) com atividade econômica vinculada a pecuária extensiva para corte, leiteira, culturas temporárias e atividade minerária potencial vinculada à grafita (IBGE, 1997).

Figura 1 – Localização da área de estudo no contexto de Minas Gerais e do Vale do Jequitinhonha, com respectiva altimetria do relevo.



Fonte: Os autores (2020).

1.2 COLETA DE DADOS

Foi realizada uma avaliação de campo para caracterização fisiográfica, levantamento de dados (pontos de posicionamento geográfico), reconhecimento geográfico e validação dos padrões em escala de paisagem observados no mapeamento da fragilidade ambiental. Os trabalhos *in loco* na região de Almenara (MG) foram realizados em setembro de 2017, formados por equipe de especialistas das áreas de Geografia, Geologia e Engenharia Florestal. Neste levantamento, foram percorridos pontos previamente estabelecidos nos limites do município. Para essa etapa do estudo, muniu-se de equipamento fotográfico digital, cadernetas de campo para o registro sistemático da leitura da paisagem, mapas temáticos e cartas topográficas para auxiliar as análises nos pontos de observação, bem como de um aparelho de Sistema de Posicionamento Global (GPS).

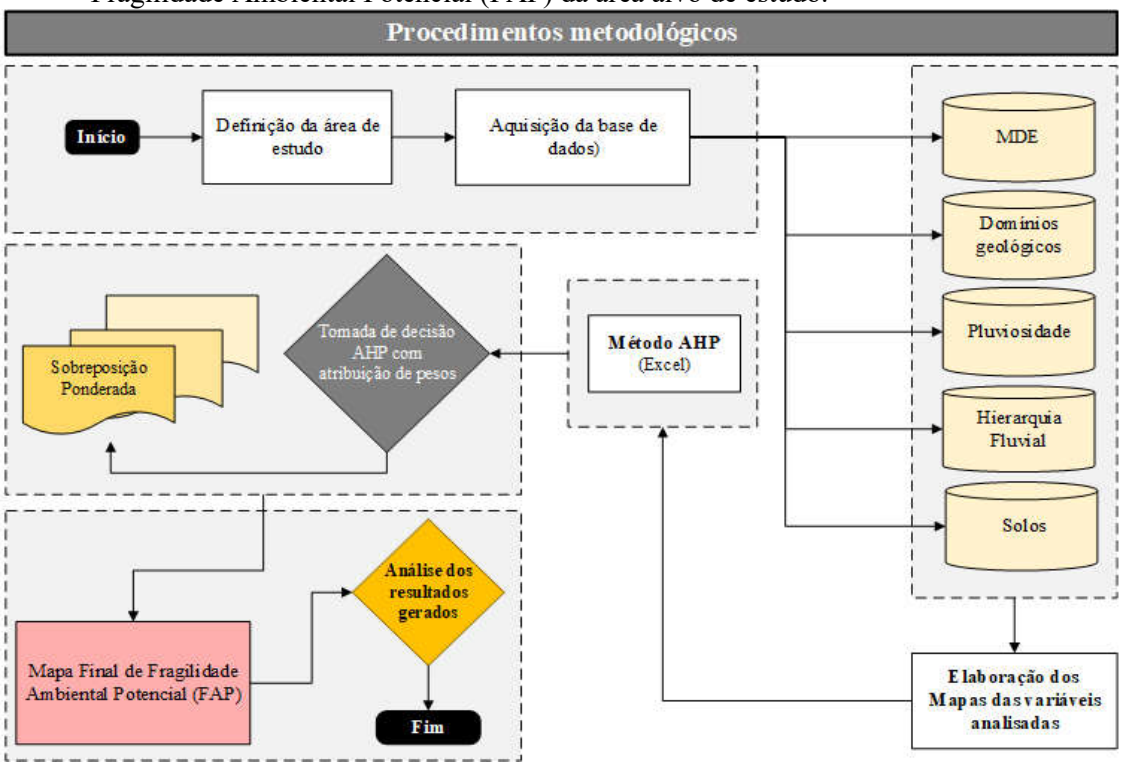
Utilizou-se para a análise de FAP os critérios ou variáveis biofísicas: (i) Declividade do Terreno, (ii) Classes de Solos, (iii) Pluviosidade, (iv) Domínios Geológicos e (v) Hierarquia

de Drenagens. As informações vetoriais referentes às classes de solos foram adquiridas junto ao sítio eletrônico da Embrapa Solos (EMBRAPA, 2011) e os dados dados geológicos adquiridos junto ao Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2016). Para a variável de pluviosidade, utilizou-se a base de dados extraída do Atlas Pluviométrico do Brasil, gerado a partir dos dados de estações pluviométricas do entorno da zona de estudo, produzido no Programa de Levantamentos da Geodiversidade (CPRM, 2016), apresentados na forma de Isoietas de Precipitações Médias Anuais de aproximadamente 30 anos, entre 1977 e 2006. Para a geração do mapa de declividade do terreno, utilizou-se a base de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtidas a partir da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) junto ao sítio da EMBRAPA (MIRANDA, 2005). O MDE foi finalizado com um pós-processamento para geração do MDEHC (Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente). Com esta mesma base, foi gerado o mapeamento da hierarquia de drenagens.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Após a geração dos mapas referentes a cada um dos critérios analisados, foi utilizado o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a determinação da hierarquia de importância dos critérios avaliados e cálculo do índice e razão de consistência da matriz AHP, como forma de validação do processo de ponderação e operação matemática. Os valores importância gerados no método foram utilizados na equação de sobreposição das *layers* em ambiente SIG para geração do mapa final. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos no estudo são representados no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Procedimentos metodológicos das etapas percorridas para elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) da área alvo de estudo.



Fonte: Os autores (2020).

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Para a hierarquização da importância quantitativa dos critérios de análise do estudo com o uso do método AHP, elaborou-se uma matriz matemática de comparação pareada desses critérios. Foram atribuídos os pesos relativos de importância segundo a "Escala Fundamental de Saaty" (SAATY, 1980) a cada uma das comparações pareadas (Anexo A). Os valores finais de importância resultantes da ponderação AHP foram utilizados na equação final de sobreposição multicritério para geração do mapa de FAP.

Averigou-se a consistência da análise AHP calculando-se o Índice de Consistência (IC) e Razão de Consistência (RC), conforme estabelecido por Saaty (2005) e apresentados nas equações 1 e 2:

$$I.C = \frac{\lambda Max - n}{n-1} \qquad \text{(Equação 1)}$$

Em que: IC = Índice de Consistência; ***n*** = Número de critérios avaliados; **λMax** = Número principal de Eigen.

$$R.C = \frac{IC}{IR} \qquad \text{(Equação 2)}$$

O valor do IR é dado de acordo com o tamanho da matriz de análise AHP (Saaty, 1991) (Anexo B). A matriz será considerada consistente se a RC for ≤ 0,10 ou 10% (Saaty, 2005; 1991). Maiores detalhes sobre a aplicação do AHP em modelos de fragilidade ambiental podem ser verificados em França (2018) e França *et al.* (2019).

O processo de determinação da ponderação dos critérios considerados no estudo e sua respectiva hierarquização de importância seguiram as respectivas etapas: (1ª) Construção da matriz de comparação par a par; (2ª) Julgamento técnico-científico da matriz matemática (*n* x *n*); (3ª) Cálculo do vetor de peso principal; (4ª) Cálculo do Índice de Consistência (IC); (5ª) Cálculo da Razão de Consistência (RC); (6ª) Eventual reavaliação da matriz de comparação, caso necessário e (7ª) Averiguação da hierarquia de importância dos critérios ou variáveis do estudo.

De acordo com a metodologia AHP, os fatores são confrontados par-a-par para a determinação da importância relativa entre eles, a partir da ponderação na matriz quadrada de ordem *n*, em que *n* representa o número de fatores. Essa fase consiste do julgamento dos especialistas na referida temática do estudo. Mais detalhes da operação matemática do modelo AHP podem ser encontrados nas obras de Saaty (1980, 1991, 2005). Após a geração do mapa final de FAP, calculou-se a área em km² para cada classe de fragilidade da área de estudo, bem como os mapas foram interpretados individualmente e em conjunto, de modo a auxiliar nas discussões e conclusões do estudo.

Procedeu-se com a média ponderada de todas as camadas com base nos resultados da matriz que apresentou os fatores por grau de importância, adaptado de Saaty (2008) e França *et al.* (2019). A resolução da matriz tomou como base uma escala de comparação de critérios, conforme apresentado no Quadro 1.

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Quadro 1 – Classes de fragilidade Ambiental e seus respectivos pesos e descrições.

Classes	Peso	Descrição
Baixa	I	Áreas caracterizadas pela condição de equilíbrio e estabilidade com características físico-naturais de um ecossistema natural.
Levemente Baixa	II	Ambientes em condições físicas de estabilidade do ambiente, com ao menos uma característica que não a inclui na classe anterior.
Média	III	Ambientes com fragilidade potencial em transição das classes mais baixas para as classes altas. É uma categoria de alerta para os riscos ambientais naturais sob a qual determinado sítio está sujeito. Estas áreas requerem maior atenção para conservação, proteção e técnicas de manejo mais adequadas dos recursos naturais locais.
Alta	IV	Ambientes com elevada susceptibilidade a processos de degradação ambiental (física, química e/ou biológica), devido a maior acentuação de parâmetros e critérios analisados. Merecem muita atenção do ponto de vista ambiental. São as áreas com restrições a atividades antrópicas de ocupação e uso, devido à elevada instabilidade das características naturais do ambiente.
Extremamente Alta	V	Áreas com intensa sensibilidade ambiental, inaptas a qualquer tipo de atividade antrópica. Reúnem as mais frágeis combinações de características físicas-naturais favoráveis a tornarem-nas áreas degradadas. Recomenda-se destinação à unidades de conservação.

Fonte: Adaptado de Ross, 1994, 2012; França, 2018.

A partir do processamento e geração dos mapas referentes a cada critério avaliado e seus pesos de importância gerado de acordo com o método AHP, executou-se a álgebra de mapas, através da análise multicritério em ambiente SIG. Para geração do mapa final de FAP, implementou-se a seguinte equação para cálculo de soma algébrica (∑ F.) dos multicritérios:

$$FAP = \sum \left(F_n * X_n\right) \qquad \text{(Equação 3)}$$

Em que: **FAP =** Fragilidade Ambiental Potencial; $\mathbf{F_n}$ = Fragilidade dos *n* parâmetros; $\mathbf{X_n}$ = Pesos estatísticos de importância dos *n* parâmetros.

Os mapas intermediários referentes a cada uma dos critérios/camadas para sobreposição, foram reclassificados por meio da discretização de cada variável, em que considerou-se uma mesma escala de valor. Isso propiciou a sobreposição entre as variáveis e os cálculos das

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

classes de fragilidade ambiental. Cada classe de FAP foi estabelecida com base nos pesos atribuídos aos cinco critérios, conforme são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Pesos e classes de fragilidade atribuídos a cada critério considerado no estudo: Declividade do Terreno; Classe de Solo; Domínio Geológico; Pluviosidade e Hierarquia Fluvial.

Classes/Pesos		Declividade do Terreno[1]	*Classe de Solo[2]	Domínio Geológico[3]	Pluviosidade[4]	Hierarquia Fluvial[5]
1	**Baixa**	Plano (0-6%)	Latossolo Amarelo; Latossolo Vermelho Amarelo	Granitos não deformados; Granitos deformados	872,9 – 883,5	5ª Ordem 6ª Ordem
2	**Lev. Baixa**	Suave ondulado (6-12%)	---	Sedimentos Inconsolidados	883,5 – 890,6	4ª Ordem
3	**Média**	Ondulado (12-20%)	---	Quartzitos Paragnaisses	890,6 – 898,4	3ª Ordem
4	**Alta**	Forte Ondulado (20-30%)	Argissolo Vermelho-Amarelo; Argissolo Vermelho Escuro.	Coberturas detrito-lateríticas	898,4 – 905,8	2ª Ordem
5	**Extr. Alta**	Montanhoso (30-86,8%)	Afloramento de Rochas; Neossolo Litólico.	---	905,8 – 915,1	1ª Ordem

Fonte: Os autores (2020).

(*) A classe *Águas Internas* recebeu peso 0 (zero); **(---)** Para os atributos cuja informação é desconhecida ou não existe, nenhuma atribuição de pesos é estabelecida, logo não são considerados em determinadas classes de fragilidade na sobreposição das camadas. **[1]**Classes de fragilidade da declividade foram determinadas de acordo com as recomendações de Ross (1994); **[2]**Os pesos de fragilidade para as Classes de Solos foram atribuídos conforme Crepani *et al.* (2001) e Lepsch (2002); **[3]**Os pesos de fragilidade referentes aos domínios geológicos foram baseados nas recomendações de Quartaroli *et al*. (2013); **[4]**Os níveis das variações pluviométricas foram baseados em Ross (2012), e; **[5]**Os pesos de fragilidade para a hierarquia de drenagens da área de estudo foram pautados nas concepções apresentadas em Vitte e Villela Filho (2006).

Para as diferentes classes de solos foram atribuídos pesos conforme a vulnerabilidade a movimentação de massas ou desagregação, baseados na classificação recomendada por Ross (1994), que hierarquizou em cinco categorias o fator pedologia/solos: textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Estas características estão diretamente relacionadas com o relevo, litologia e clima, elementos motores da pedogênese e fatores determinantes das características físicas e químicas dos solos.

Já em relação a variável Declividade do Terreno, utilizou-se coeficientes em ordem crescente relacionados à variação da declividade da área em estudo, entre plano e montanhoso,

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

conforme especificações técnicas de Ross (1994, 2012). Isso reforça a declividade como importante indicador do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes.

As isoietas de precipitação média anual, relacionadas aos dados pluviométricos do município de Almenara, variaram entre 872,9 a 915,1 mm, observando-se pouca variação entre os valores mínimo e máximo. Para a atribuição da fragilidade quanto aos índices de pluviosidade, utilizou-se como critério os níveis de interferência na estabilidade do ambiente a partir das pressuposições de Ross (2012), em relação a distribuição e intensidade das chuvas. Estas têm ação direta sobre a dinâmica de superfície principalmente no que diz respeito ao intemperismo de rochas e solos (VALLE *et al.*, 2016).

Para a caracterização da Hierarquia Fluvial, verificou-se que os cursos d'água até a 6ª ordem[1], de acordo com a classificação de Strahler (1952). A ocorrência de drenagens de 1ª ordem, caracterizadas por cursos d'água que percorrem das nascentes às confluências, destaca-se como fator fortemente relacionado à fragilidade do ambiente, ou seja, quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois indica maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos (CHRISTOFOLETTI, 1980; VITTE; VILLELA FILHO, 2006).

Em relação à classe dos Domínios Geológicos, os pesos foram atribuídos segundo informações obtidas nos valores de vulnerabilidade recomendados por Crepani *et al.*, (2001) e Quartaroli *et al.* (2013).

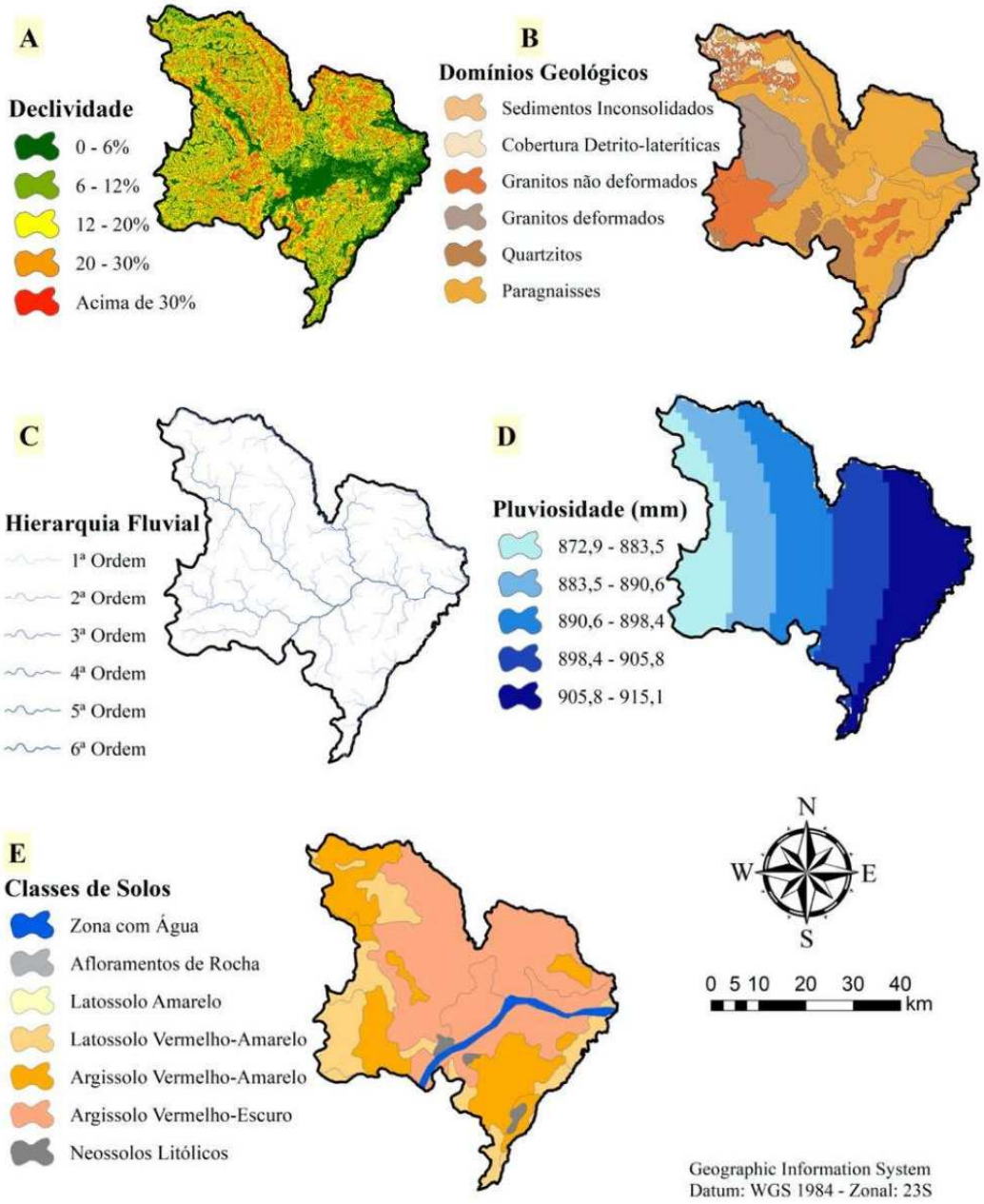
2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de hierarquização da importância dos critérios avaliados via matriz AHP, verificou-se um Índice de Consistência (IC) igual a 0,0875 e Razão de Consistência (RC) de 0,0781, valores dentro dos limites de coerência e confiabilidade aceitáveis (≤0,10) (Saaty, 1980) para a metodologia AHP. Logo, os valores finais da ponderação foram utilizados na etapa de análise de sobreposição e geração do mapa final de FAP, os respectivos pesos, em ordem de importância, sendo ele: (I) Declividade = 0,458; Pluviosidade = 0,278; (III) Hierarquia Fluvial = 0,158; (IV) Classes de Solos = 0,077 e; (V) Domínios Geológicos = 0,029. Para a modelagem em SIG da FAP, foram elaborados os mapas referentes a cada um dos critérios considerados no estudo (Figura 3) dos referidos critérios ambientais.

[1] A proposta de hierarquização de uma rede de drenagem feita por Arthur N. Strahler (1952) consiste basicamente em: canais menores que não recebem tributários são considerados de 1ª ordem; a confluência de dois canais de 1ª ordem configura um canal de 2ª ordem, a confluência de dois canais de 2ª ordem configura um canal de 3ª ordem que pode receber afluentes de 1ª e 2ª ordens; a confluência de dois canais de 3ª ordem configura um canal de 4ª ordem que pode receber tributários das três ordens inferiores a ele e, assim, sucessivamente, até alcançar a ordem do canal principal da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 3 – Mapas dos múltiplos critérios considerados na avaliação da FAP. Em **(A)** Declividade do terreno; **(B)** Domínios Geológicos; **(C)** Hierarquia Fluvial; **(D)** Pluviosidade e **(E)** Classes de Solos.



Fonte: Os autores (2020)

Após a análise de sobreposição ponderada dos múltiplos critérios, foi gerado o mapa final de FAP, em que as áreas foram quantificadas em km² (Tabela 1) e suas respectivas porcentagens são apresentadas na Figura 4.

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Tabela 1 – Áreas quantificadas quanto a condição de fragilidade ambiental potencial do município de Almenara, Minas Gerais.

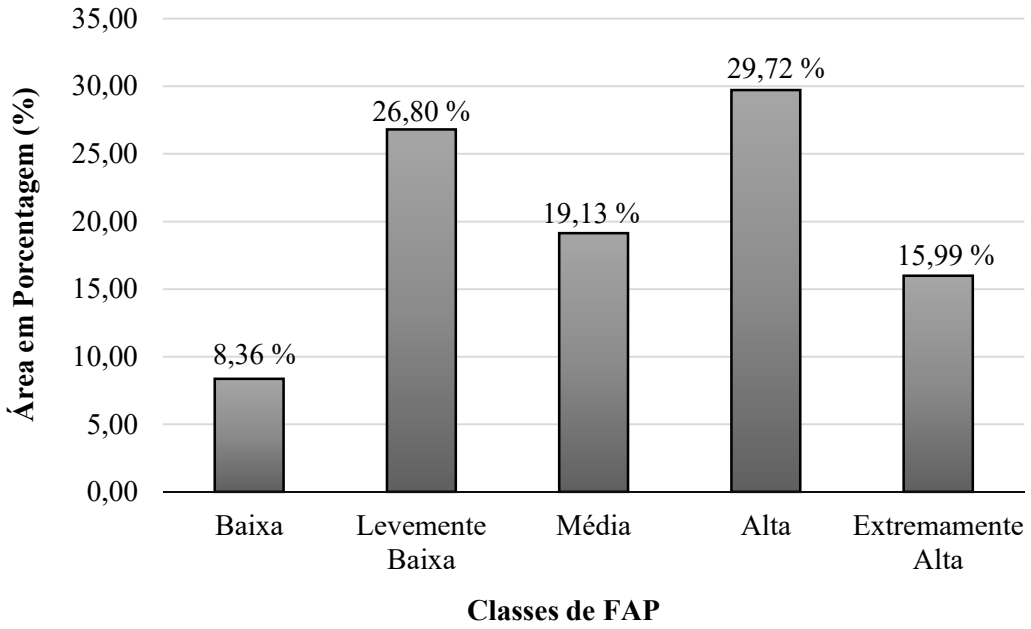
Pesos	FAP	Área (km²)
I	Baixa	192,70
II	Levemente Baixa	617,58
III	Média	440,76
IV	Alta	684,73
V	Extremamente Alta	368,48
	Total (∑)	**2.304,24**

Fonte: Os autores (2020).

Avaliando-se a distribuição das diferentes classes de FAP, verifica-se que a fragilidade ambiental potencial predominante no município de Almenara (MG) é a do tipo Alta (Tipo IV), que representa cerca de 684, 73 Km^2 ou 29,72% da área total. Em contraposição, há também importante cobertura em extensão areal de FAP Levemente Baixa (Tipo II), com 617,58 Km^2 ou 26,80% da área. A classe de menor representatividade foi a Baixa (Tipo I), correspondendo a apenas 192, 70 Km^2 ou 8,36% do município (Tab. 1; Fig. 4).

No entanto, ao se considerar as classes de FAP do tipo Alta (Tipo IV) e Extremamente Alta (Tipo V), estas representam juntas aproximadamente 45,71% da área total do município, indicando que quase metade do território avaliado tem elevada vulnerabilidade ambiental quanto ao risco de ocorrer problemas de degradação ambiental, caso estas áreas sejam ou estejam submetidas a atividades antrópicas.

Figura 4 – Gráfico de quantificação (%) das áreas por classes de FAP para Almenara (MG).

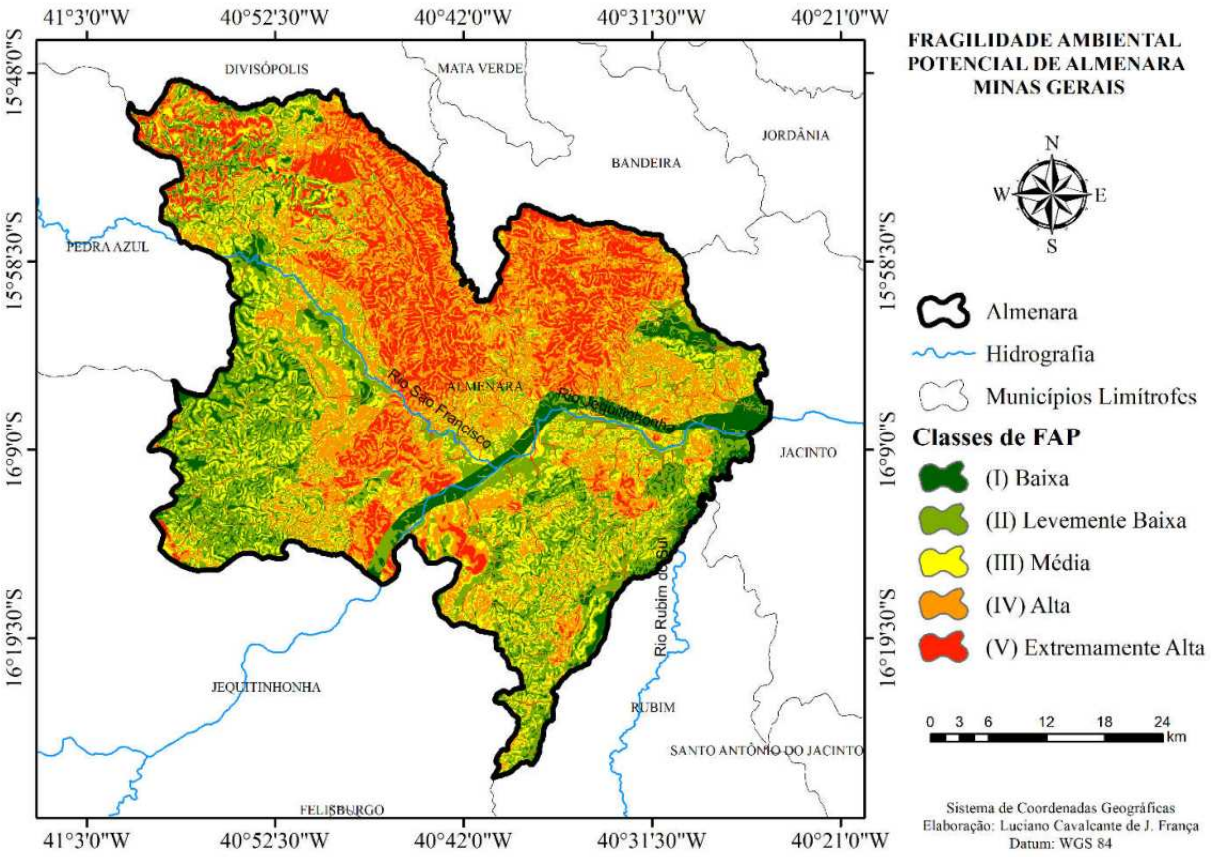


Fonte: Os autores (2020).

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

É preciso considerar que a modelagem de Fragilidade Ambiental Potencial não considera os possíveis efeitos das intervenções antrópicas nos ambientes naturais, ou seja, não inclui como critério ou variável a informação de uso e ocupação da terra. Neste sentido, não é possível descartar os riscos de degradação de áreas com menores fragilidades, uma vez que o manejo indevido do uso da terra pode comprometer a sustentabilidade desses ecossistemas e a qualidade dos recursos e serviços naturais fornecidos e elevar, consequentemente, a categoria de fragilidade. Na Figura 5 é apresentado o mapa final de FAP gerado para a área de estudo.

Figura 5 – Mapa temático final de Fragilidade Ambiental Potencial (FAP) para Almenara, Minas Gerais.



Fonte: Os autores (2020).

Pela interpretação do mapa final é possível observar que a região central e grandes extensões da região norte de Almenara foram categorizadas por FAP Alta a Extremamente Alta (Tipo IV e V). Nota-se, visualmente, que estas classes de fragilidade estão diretamente relacionadas à distribuição espacial da declividade do terreno (Figura 3-A) e ao tipo de solo (Figura 3-B). Observa-se a progressão das classes de FAP à medida que o terreno torna-se mais declivoso e os solos mais jovens, rasos ou com peculiaridades específicas que direcionam a determinadas classes de solos uma condição de frágil (Quadro 3 B, C, D).

França (2018) verificou, na porção do baixo curso do rio Jequitinhonha, uma condição geral de baixa fragilidade ambiental potencial. Entretanto, o autor identificou uma anomalia

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

espacial de alta fragilidade (entre os municípios de Almenara, Bandeira e Divisópolis) vinculado à concentração de Argissolos vermelhos (Figura 3-E) que apresentam alta fragilidade (ROSS, 1994). Entretanto, além deste atributo, é possível também associar às feições de altas declividades (Quadro 3 C, D) aos quais se associam drenagens de primeira ordem hierárquica, que também condicionam atributos de maiores fragilidades.

No Quadro 3 são apresentados, de maneira descritiva, aspectos visuais observados em campo, que conferem algumas condições de fragilidade ambiental, conforme obtido no mapeamento final. Foram descritos sítios com processos erosivos, solos expostos e atividades antrópicas, estritamente associados a vertentes declivosas. Maximiano (2004) destaca que as ações antrópicas nas paisagens, geralmente identificadas pelo uso do solo, são importantes responsáveis pela fragilização de ambientes.

Quadro 3 – Descrições das paisagens analisadas *in loco* na região de Almenara (MG).

	Registro de campo	**Descrição da Paisagem**
A		Em primeiro plano campo aberto com algumas árvores dispersas irregularmente no espaço e, em terreno declivoso, onde verifica-se problemas relacionados à erosão do solo e sua exposição decorrente do processo de supressão da vegetação nativa e movimentação de solos. Sítio possivelmente utilizado para prática do pastoreio. Em segundo plano verifica-se maiores elevações do terreno, com características semelhantes.
B		Vista para vertente dissecada com exposição de solo e características de erosão em desenvolvimento. Áreas com alta declividade e sem a presença da cobertura vegetal original. Na parte inferior, observa-se pequena atividade agrícola.
C		Vista para campo aberto (em primeiro plano) e afloramento de rochas em mosaico com solos (em segundo plano). A zona de campo representa os sítios apresentados no mapa final de FAP, na Figura 5, como de "extremamente alta" fragilidade ambiental potencial. Estas áreas do primeiro plano são classificadas como Argissolos Vermelho-Escuro (Figura 3-E)
D		Vista em segundo plano para zona com maior elevação de terreno e vertente com área desmatada possivelmente resultante de práticas antrópicas, constatando-se presença parcial de cobertura vegetal original.

Fonte: Os autores (2020).

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Desta forma, reforça-se a importância das práticas de conservação destes ecossistemas, em virtude da condição de fragilidade demonstrada. Considerando-se que o município de Almenara apresenta grandes extensões de áreas destinadas à pecuária extensiva (Quadro 3), com produtividade relativamente elevada, segundo Ferreira e Saadi (2013).

A aplicação do AHP permitiu auxiliar na hierarquização dos critérios do estudo para a análise espacial realizada. O método AHP proporciona que indicadores tenham suas influências matemáticas compatíveis com a sua importância na avaliação e hierarquização (RUSSO e CAMANHO, 2015). Contudo, é importante considerar que o referido método também apresenta algumas lacunas relacionadas a dificuldade em obter consenso durante a ponderação. Entretanto, se aplicado com rigor e objetivos claros, ou com auxílio de outros métodos ou modelos matemáticos e operacionais, atinge com eficácia sua finalidade. O AHP representa um avanço nos estudos de análises multicritério em SIG, em virtude de minimizar a subjetividade nas atribuições de pesos existentes nas avaliações multicritério, assegurando que os julgamentos realizados sejam mais coerentes e eficazes (BARROS *et al.*, 2019; LEAL, 2020).

Os resultados gerados no presente trabalho têm o potencial de auxiliar em práticas de ordenamento territorial e planejamento ambiental em nível municipal ou de bacias hidrográficas. Atualmente, há uma ação estadual em Minas Gerais em realizar o Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP), regulamentado pelo Decreto nº 46.650, de 19 de novembro de 2014. O ZAP objetiva ser contribuição essencial para as diretrizes de ordenamento e organização territorial em bacias hidrográficas, além de ser uma importante ferramenta de gestão a ser aplicada nos processos de regularização ambiental (SEAPA; SEMAD, 2014). Neste sentido, distintas metodologias de análise da paisagem e seus diferentes produtos cartográficos podem ser complementares em estratégias públicas e privadas, devido aos procedimentos realizados com diferentes finalidades (ROSA; FERREIRA, 2019).

Além disso, o mapeamento da fragilidade ambiental pode auxiliar discussões relacionadas a outros instrumentos de políticas públicas, tal como o Zoneamento Ecológico-Economico (ZEE) de Minas Gerais (SCOLFORO *et al.*, 2008). Vem ao encontro do direcionamento das formas de ocupação e ordenamento do território local de acordo com a condição de fragilidade ambiental e dos aspectos considerados no ZEE, bem como da definição de área ambientalmente sensíveis, que por algum motivo devem ser destinadas à alguma medida de proteção, de modo a evitar prejuízos socioeconômicos e ambientais.

Uma vez que o mapeamento da fragilidade ambiental potencial do município de Almenara espacializa áreas que reúnem condições de vulnerabilidade ambiental natural, este tipo de informação pode ser útil na determinação de ecossistema com maior ou menor potencial para sofrer problemas relacionados à degradação dos solos e dos serviços ecossistêmicos em geral. Nesse sentido, pode também direcionar à destinação e áreas prioritárias para conservação ou recuperação. Tais possibilidades relacionam-se diretamente aos objetivos da Lei Orgânica do Município de Almenara, que em seu Capítulo VII, (do Meio Ambiente), Artº 196, Incisos IX e X, respectivamente, destaca que cabe ao Poder Público Municipal: "definir o uso e ocupação do solo, subsolo e águas através do planejamento que englobe diagnóstico, análise técnica e definição de diretrizes de gestão dos espaços com participação popular e socialmente negociada, respeitando a conservação e qualidade ambiental" e "Estimular e promover o reflorestamento ecológico em áreas degradadas, objetivando especialmente a proteção de encostas e dos recursos hídricos, bem como a consecução de índices mínimos de cobertura vegetal." (ALMENARA, 2008).

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo forneceu uma base para definição de locais com maior e menor potencial à degradação ambiental para o município de Almenara (MG). A modelagem de dados geográficos, tecnicamente não evidencia fidedignamente ou a real condição da fragilidade ambiental potencial desta região. Entretanto, a avaliação qualitativa realizada em campo evidencou particularidades ou mesmo processos de degradação e perturbação dos solos, em áreas de elevado potencial de fragilidade. Os resultados aqui gerados podem direcionar e subsidiar a elaboração de instrumentos e ações de gestão ambiental e ordenamento territorial para o município e para as zonas adjacentes do Baixo Jequitinhonha.

Este estudo, ao indicar o grau de fragilidade natural de Almenara, dispõe de base para compreensão de novas investigações, especialmente sobre como seriam estes ambientes sob influência das atividades antrópicas, com a denominada Fragilidade Ambiental Emergente que considera, além de fatores naturais, o fator uso e ocupação do terreno.

Por fim, deve ser enfatizado com estes resultados, que a modelagem de áreas como de "baixa fragilidade" ou "alta" e "extremamente alta" não refletem, necessariamente, menor ou maior importância das referidas áreas do ponto de vista ambiental ou de uso e ocupação, mas que o território deve ser analisado por seus gestores como uma única unidade de manejo ambiental e territorial. Além disso, o quadro de fragilidade ambiental pode ser naturalmente alterado à medida que novos estudos sejam realizados, com outras variáveis, tais como o uso do solo, ou a partir da utilização de dados e informações atualizadas ou mais detalhadas do ponto de vista de escala cartográfica.

REFERÊNCIAS

ALMENARA (MG). **Lei Orgânica do Município de Almenara-MG**: Texto editado e consolidado com as alterações decorrentes de Emendas à Lei Orgânica posteriores, até julho/2015. Disponível em: http://www.almenara.mg.gov.br/files/annexs/emp_1/site/site_22/catalogo/uid_417/d2eaf21932614b7313047163c18ef5cb.pdf. Acesso em: 30 de março de 2020.

BARROS, A. C.; TAGLIARINI, F. S. N.; GARGIA, Y. M.; MINHONI, R. T. A.; BARROS, Z. X.; ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento da aptidão agrícola das terras por meio de análise multicritério. **Revista de Ciências Agrárias,** v. 42, n.2, p. 295-304, 2019. http://dx.doi.org/10.19084/rca.17293

BATEMAN, A. M.; MUÑOS-ROJAS, M. Chapter One - To whom the burden of soil degradation and management concerns. **Advances in Chemical Polluition, Environmental Management and Protection,** v. 4, p. 1-22, 2019. https://doi.org/10.1016/bs.apmp.2019.07.001

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto Cadastro de Abastecimento por Águas Subterrâneas, Vale do Jequitinhonha: Diagnóstico do município de Almenara, MG**. Belo Horizonte: 14p., il., v.71, 2005. Dsiponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16084/1/rel_cadastro_aguas_sub_almenara.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas pluviométrico do Brasil**. 2016. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html. Acesso em: 07 dez. 2019.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLOREZANO, T. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico e conômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf. Acesso em: 08 dez. 2019.

EMBRAPA. **O novo mapa de solos do Brasil**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: IBGE/ Embrapa Solos, 67p., 2011. Dsiponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/920267. Acesso em 18 dez. 2019.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS 10.0**: GIS by ESRI. ESRI, 2015.

FAO. **Soils Portal**. FAO (2018). Disponível em: http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/. Acesso em: 08 dez. 2019.

FERREIRA, V. O.; SAADI, A. Paisagens culturais da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia,** v. 5, n.14, p. 02-26, 2013. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16456 . Acesso em: 18 jan. 2020.

FOLLMANN, F.M.; MANFIO, J.C.; CRUZ, R.C.; BOHRER, R.E.G., TIECHER, T.L.; LUIZ, T.B.P. Determinação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica em relação à atividade suinícola utilizando SIG. **Ciência e Natura**, v. 40, p.1-12, 2018. http://dx.doi.org/10.5902/2179460X28758

FRANÇA, L C.J.; PIUZANA, D.; ROSS, J. L.S. Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piuaí). **Espacios**, v.38, n.31, 21p., 2017. Disponível em: https://www.revistaespacios.com/a17v38n31/a17v38n31p21.pdf . Acesso em: 18 jan. 2020.

FRANÇA, L.C.J. **Fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM. 114p., Diamantina, 2018. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1585 . Acesso em: 18 jan. 2020.

FRANÇA, L.C.J.; MUCIDA, D.P.; MORAIS, M.S.; ABEGÃO, J.L.R.; PEREIRA, I.M. Zoneamento da fragilidade ambiental de ecossistemas naturais e antropizados por meio de avaliação multicritério. **Nativa**, v.7, n.5, p. 589-599, 2019. http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7300

FRANCISCO, C.E.S.; COELHO, R.M.; TORRES, R.B.; ADAMI, S.F. Análise multicriterial na seleção de bacia hidrográfica para recuperação ambiental. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 1-13, 2008. https://doi.org/10.5902/19805098506

GOUVEIA, I. C. M.C.; ROSS, J. L. S. Fragilidade Ambiental: um Proposta de Aplicação de Geomorphons para a Variável Relevo. **Revista do Departamento de Geografia,** v. 37, p.123-136, 2019. https://doi.org/10.11606/rdg.v37i0.151030

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Jequitinhonha:** diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE, 64p. Disponível: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95902.pdf . Acesso em: 30 de março de 2020.

KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W.; WHANG, P.; MCKENNA, B. A.; LOMBI, E. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment International,** v. 132, p.1-8, 2019. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078

LEAL, J. E. AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method. **MethodsX,** v.7, p.1-11, 2020. https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.11.021

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LOPES, E.R.N.; LOURENÇO, R.W.; REUSS-STRENZEL, G. M. Análise multicriterial aplicada a elaboração de zoneamento de unidade de conservação na zona costeira da Bahia, Brasil. **RA'EGA**, v. 37, p. 65 - 90, ago. 2016.. http://dx.doi.org/10.5380/raega.v37i0.40662.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; LORENSINI, F.; CANCIAN, A.; STEFANELLO, L.; BRUNETTO, G. Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated with successive swine effluents applications. **Environmental monitoring and assessment**., v.187, n. 4, p.1-16, 2015. https://doi.org/10.1007/s10661-015-4437-2

MASSA, E.M.; ROSS, J.L.S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo - SP. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v.24, p. 57-79, 2012. https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0024.0004

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA'EGA,** n.8, p. 83-91, 2004. http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3391

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica,** v.1, n.1 e 2, p.1-9, 2001. https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006

MIRANDA, E.E. **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/. Acesso em: 07/12/2019.

OLIVEIRA, F. B.; OLIVEIRA, H. R.; LIMA, J. S. S.; MIRANDA, M. R.; FILHO, R. B. R.; TURBAY, E. R. M. G.; FERRAS, F. Definição de áreas prioritárias ao uso público no Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça – ES, utilizando Geoprocessamento. **Revista Árvore,** v. 38, n. 6, p. 1027-1036, 2014. Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48837807007. Acesso em 25 jan. 2020.

PINTO, F.; BARBOSA, R.I.; KEIZER, E.; CAMPOS, C.; LAMBERTS, A.; BRIGLIA-FERREIRA, S.R.; SOUZA, B.C.; AZEVEDO, R.B.; BORGES, O.; BRASIL, S.M.; CARDOSO, G.C.; MACEDO, L. Análise multicritério para a seleção de uma área de conservação na maior Savana da Amazônia. **ACTA Geográfica**, v.8, n.17. p. 50-70, 2014. http://dx.doi.org/10.5654/acta.v8i17.1735

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. Disponível em: http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/130729_AtlasPNUD_2013.pdf. Acesso em: 30 mar. 2020.

QUARTAROLI, C.F.; ARAÚJO, L.S.; GARÇON, E.A.M. **Carta de vulnerabilidade natural à perda de solo do Estado do Maranhão**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 44p., 2013. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/991052. Acesso em: 30 mar. 2020.

ROSA, R. M.; FERREIRA, V. O. Análise crítica da definição das unidades de paisagem do Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) de Minas Gerais. **In**: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Universidade Federal do Ceará, p. 1-12, 2019. Disponível em: http://www.editora.ufc.br/images/imagens/pdf/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/115.pdf . Acesso em: 30 de março de 2020.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizado. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 8, p. 24-30, 1994. https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006

ROSS, J.L.S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 38-51, 2012. https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0003

RUSSO, R. de F. S. M; CAMANHO, R. Criteria in AHP: a systematic review of literature**. Procedia Computer Science**, v. 55, p. 1123-1132, 2015. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.081

SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process**: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.

SAATY, T.L. An exposition of the AHP in reply to the paper 'remarks on the analytic hierarchy process'. **Management Science**, v.36, 259 - 268, 1990. https://doi.org/10.1287/mnsc.36.3.259

SAATY, T.L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991.

SANTOS, C.A.; SOBREIRA, F.G. Análise da Fragilidade e Vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do córrego carioca, córrego do bação e ribeirão carioca na região do alto Rio das Velhas-MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.1, p. 65-73, 2008. Disponível em: http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2038. Acesso em: 25 mar. 2020.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD; SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTACIMENTO – SEAPA. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental e Produtivo:** ZAP de sub-bacias hidrográficas. Governo do Estado
de Minas Gerais, 1ª, 2014. Disponível em: http://www.meioambiente.mg.gov.br/zoneamento-ambiental-produtivo. Acesso em: 27 mar. 2020.

SCHIAVO, B.N.V., HENTZ, Â.M.K., DALLA CORTE, A.P.; SANQUETTA, C.R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria - RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 20, n. 1, p. 464−474, 2016. http://dx.doi.org/10.5902/2236117019981

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, L. M. T.; MARQUES, J. J. G.; LOUZADA, J. N.; MELLO, C. R.; PEREIRA, J. R.; REZENDE, J B.; VALE, L. C. C. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais - Componentes Geofísico e Biótico In: : SCOLFORO, J.R; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. (Edit.). **Zoneamento Ecológico-Economico de Minas Gerais**. Ed. UFLA, Lavras. MG. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290394219_ZONEAMENTO_ECOLOGICO-ECONOMICO_DE_MINAS_GERAIS. Acesso em: 30 de março de 2020.

SILVA, D.C.C.; MORO, M.K.; MOYA, K.J.; PINHEIRO, M.M.; SIMONETTI, V.C. Proposta metodológica para definição de áreas prioritárias para recuperação vegetal de áreas de preservação permanente. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.7, n. 4, p. 540-562, 2018. http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018540-562

SKLENICKA P.; PRIKRYL, I.; SVOBODA, I.; LHOTA, T. Non-productive principles of landscape rehabilitation after long-term opencast mining in north-west bohemia**. The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy**, v.104, p. 83-88, 2004. https://hdl.handle.net/10520/AJA0038223X_2868

SKLENICKA, P.; ZOUHAR, J.; MOLNAROVA, K. J.; VLASAK, J.; KOTTOVA, B.; PETRZELKA, P.; GEBHART, M.; WALMSLEY, A. Trends of soil degradation: Does the socio-economic status of land owners and land users matter? **Land Use Policy**, (article in press), 2019. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.011

SPORL, C.; ROSS, J.L.S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, v. 15, p. 39-49, 2004. https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2004.123868

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude): analysis of erosional topography. **Geological Society America Bulletin**, 63(10), p. 1117-1142, 1952. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2

VALLE, I.C.; FRANCELINO, M.R.; PINHEIRO, H.S.K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, p. 295-308, 2016. https://doi.org/10.1590/2179-8087.107714

VITTE, A.C.; VILELA FILHO, L.R. A urbanização, a fragilidade potencial do relevo e a produção do risco na bacia hidrográfica do Córrego Proença, município de Campinas, Brasil. Territorium: **Revista Portuguesa de riscos, prevenção e segurança**, n. 13, p. 105-114, 2006. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5773002. Acesso em: 26 mar. 2020.

ANEXO A - ESCALA SAATY (1980) PARA A INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA, DEFINIÇÃO E EXPLICAÇÃO

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância de uma atividade em relação à outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Forte ou essencial importância de uma atividade em relação à outra	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra e sua importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos	Quando se procura o meio-termo
IMPORTANTE: **Se o critério da linha for menos importante** que o critério da coluna, deve-se utilizar o princípio da reciprocidade.		

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

ANEXO B – ÍNDICE RAMDÔMICO DE SAATY (1980)

Valores de IR (Índice Randômico) para matrizes de diferentes tamanhos										
Dimensão da matriz (n)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Valor de IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da UFVJM.

Recebido em: *12 de dezembro 2019*

Aceito em: *11 de maio 2020*