



Análise multicritério na definição de áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais

Franciane Carla de ALMEIDA^{1*}, Eduarda Martiniano de Oliveira SILVEIRA¹,
Fausto Weimar ACERBÍ JUNIOR¹, Luciano Cavalcante de Jesus FRANÇA¹,
Inácio Thomaz BUENO¹, Breno José Oliveira TERRA¹

¹Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

(ORCID: *; 0000-0002-1015-4973; 0000-0002-9553-0148; 0000-0002-8885-972X; 0000-0002-6662-3396; 0000-0003-0929-073X)

*E-mail: almeidafeng@gmail.com (ORCID: 0000-0003-1100-2135)

Recebido em: 02/04/2019; Aceito em: 28/07/2019; Publicado em: 04/02/2020.

RESUMO: A Floresta Atlântica é um dos ecossistemas mais fragmentado e explorado. Como atividades de restauração florestal são dispendiosas, a Análise de Decisão Multicritério (ADMC) integrada ao SIG (Sistema de Informações Geográficas) fornece um satisfatório suporte de decisão espacial para produção de mapas de forma eficiente. O colapso de uma barragem de mineração em áreas de floresta Atlântica, resultou na destruição de comunidades por rejeitos de mineração na bacia hidrográfica do Rio Doce. Assim, o objetivo deste estudo foi mapear áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia do Rio Doce, Minas Gerais. Utilizou-se a ADMC baseada em SIG, e associada ao método do Processo Analítico Hierárquico (AHP) e Combinação Linear Ponderada (CLP). Cinco fatores foram utilizados com distintos pesos: distância da rede de drenagem, distância do fragmento de vegetação nativa, declividade, classe de solo e precipitação. De acordo com o mapa de áreas prioritárias produzido, 92,69% da área foi classificado como área de importância baixa ou muito baixa para recuperação florestal e, 7,31% como área de média, alta e muito alta prioridade. A ADMC é de fácil implementação, produzindo mapas que podem prever as soluções adequadas para conduzir ações de recuperação, desde que a base de dados seja fidedigna para obter resultados satisfatórios.

Palavras-chave: manejo de ecossistemas; combinação linear ponderada; processo analítico hierárquico.

Multicriteria analysis to define priority areas for forest recovery in the Rio Doce basin, Minas Gerais

ABSTRACT: The Brazilian Atlantic forest is one of the most fragmented ecosystems and exploited Brazilian biome. As restoration activities are expensive, multicriteria decision analysis (MCDA) integrated with GIS (geographic information system) provide a satisfactory spatial decision support system to efficiently produce maps. The collapse of a mining dam in a region of Brazilian Atlantic forest, resulted in the destruction of communities by a river of mud and mining waste. Thus, the objective of this study was to map and identify priority areas for forest recover in the Rio Doce Basin, Minas Gerais. We used GIS-based multicriteria decision analysis associated with the analytic hierarchy process (AHP) and weighted linear combination (WLC) method in the aggregation of criteria. Five factors were used, receiving different weights: distance from the drainage network, distance from the native vegetation patches, slope, soil class and precipitation. According to the priority areas map, 92.69% of the area was classified as an area of low or very low importance for forest recovery and the remained (7.31%) of the Rio Doce basin was mapped as an area with high and very high priority for forest recovery. The ADMC is easy to implement, producing maps that can predict the right solutions to conduct recovery actions, provided the database is trusted for satisfactory results.

Keywords: ecosystem management; linear weighted combination; analytical hierarchical process.

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação de ecossistemas naturais é definida como um processo de escala de paisagem que envolve a perda da cobertura florestal, ocasionando mudanças na estrutura e configuração dos recursos naturais (LONG et al., 2010; SANTOS et al., 2018) e, consequentemente, perda de biodiversidade (PARDINI et al. 2017).

No Brasil, nas últimas décadas, políticas públicas incentivaram o crescimento agropecuário e a implantação de cultivos monoculturais exóticos, aumentando o processo de fragmentação com a substituição de extensas áreas naturais

(OLIVEIRA et al., 2017). Além disso, desordenadas formas de uso e ocupação da terra e o crescimento populacional impulsionam os problemas de fragmentação e degradação ambiental (TABARELLI et al., 2010; SANTOS; SANTOS, 2013).

O domínio da Mata Atlântica brasileira é considerado um *hotspot* ecológico globalmente importante (JOLY et al., 2014; ARAÚJO et al., 2015), além disso, abriga mais de 100 milhões de brasileiros e é o motor econômico do país (SCARANO; CEOTTO, 2015). No entanto, a Mata Atlântica é também um dos ecossistemas mais fragmentado e historicamente

explorado no país, sofrendo pressões da exploração madeireira, expansão agropecuária, monoculturas agrícolas e florestais, além da caça (METZGER, 2009; SANTOS et al., 2018). Atualmente restam apenas 12,4% de sua cobertura florestal original (SOS MATA ATLÂNTICA, 2018).

A restauração florestal tem como finalidade o reestabelecimento da estrutura vegetal e da ecologia destas comunidades, facilitando a recuperação natural do ecossistema (TRETIN et al., 2018), de forma técnica e operacional (FRAGOSO et al., 2017). Além disso, é uma das metas e objetivos assumidos pelo Brasil durante a 11ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCCC), realizada em 2015 em Paris (SCARAMUZZA et al., 2016), propondo-se o reflorestamento de 12 milhões de hectares de florestas nativas até 2030, integrando os principais compromissos assumidos na INDC (*Intended Nationally Determined Contribution*) (INDC, 2015; COP21, 2015).

Desta forma, este estudo baseia-se no pressuposto de que as atividades de restauração florestal estão, atualmente, entre as estratégias de conservação mais dispendiosas (HOLL et al. 2003). Estima-se que será necessário um investimento na ordem de R\$ 31 bilhões a R\$ 52 bilhões, o que equivale a investimentos anuais entre R\$ 2,2 bilhões e R\$ 3,7 bilhões durante 14 anos, a partir de 2016 até o ano meta de 2030 (AZEVEDO et al., 2016). Esses números demonstram a necessidade de desenvolvimento de metodologias e técnicas de restauração florestal que auxiliem à tomada de decisões, visando a otimização de operações e redução de custos. Dentre essas metodologias, destaca-se a definição de áreas prioritárias para a restauração florestal utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) (FERNÁNDEZ; MORALES, 2016; VALENTE et al., 2017).

O estado de Minas Gerais, reconhecido pela sua ampla participação na produção mineral do país, tem sofrido problemas associados a estrutura e riscos sociais, ambientais e econômicos. Um exemplo foi a ruptura em 2015 da barragem de Fundão, pertencente ao complexo de mineração Germano no município de Mariana (MG), na bacia hidrográfica do Rio Doce (MMA, 2016) e localizada em área de Mata Atlântica, considerado o maior desastre ambiental no Brasil (AIRES et al., 2018). O rompimento dessa barragem afetou diretamente 600 km do leito do rio por inundação. A geografia local foi modificada a partir das mudanças de cobertura do solo, tais como classes de campos, áreas urbanas e florestas, incluindo áreas de preservação permanente, além de vidas ceifadas. (SILVEIRA et al., 2017).

A região da bacia hidrográfica do Rio Doce tem sido explorada desde o século XVII, com a colonização portuguesa em Minas Gerais e a busca por minerais preciosos (HORA et al., 2012). Dessa maneira, a região tem sido expressivamente alterada em função do processo histórico de retirada progressiva da cobertura florestal original, sendo a Floresta Estacional Semidecidual a principal formação vegetacional do domínio da Mata Atlântica. Está problemática foi acelerada a partir do início do século XX, com a implantação da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) (FELIPPE et al., 2016). Atualmente, na porção leste da bacia, refletem-se os efeitos do processo de desmatamento e, a oeste, os riscos inerentes às atividades minerárias. Dessa forma, como síntese dessas atividades emergem-se os

problemas de degradação ambiental e rarefação hídrica (FELIPPE et al., 2016).

A Análise de Decisão Multicritério (ADMC) destaca-se como uma técnica de auxílio ao planejamento ambiental e tomada de decisão para estratégias de priorização de áreas à restauração florestal, uma vez que permite a análise de diferentes planos de informação que caracterizam a estrutura biofísica da paisagem (VALENTE et al., 2017). O método é baseado na contextualização e estruturação de um problema, seguido de análise em ambiente SIG e formulação da decisão mais adequada à realidade da área em estudo (ESMAIL; GENELETTI, 2018). No Brasil, alguns estudos têm sido realizados utilizando a ADCM para priorização de áreas para conservação e restauração florestal (SARTORI et al., 2012; PINTO et al., 2014; VALENTE et al., 2017; MELLO et al., 2018).

A modelagem de dados geográficos cada vez mais se transforma em um recurso de suma importância para o planejamento territorial em múltiplas escalas espaciais e temporais, possibilitando o manuseio, análise, edição, interpolação e confecção de produtos cartográficos, que ponderam as singularidades teóricas e metodológicas do fenômeno estudado (MELO et al., 2018), estes avanços tecnológicos geoespaciais constituem uma revolução nas ciências ecológicas (Yu et al., 2019), sobretudo no apoio a restauração ambiental. Qu et al., (2019) identificaram, via mapeamento, áreas prioritárias a restauração de áreas úmidas no nordeste da China, e apresentaram resultados que corroboram a importância do uso da geotecnologia no apoio a maximização de ganhos para a biodiversidade.

Devido às suas funções de agregação espacial, os métodos de ADCM podem facilitar a tomada de decisões em situações em que várias soluções estão disponíveis, e onde múltiplos critérios devem ser levados em consideração (MENG; MALCZEWSKI, 2015; CABRERA-BARONA et al., 2015).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi mapear e identificar áreas prioritárias para restauração florestal em áreas do domínio Mata Atlântica na bacia hidrográfica do Rio Doce em Minas Gerais (MG), Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Doce localiza-se na região Sudeste do Brasil, com uma área de drenagem de aproximadamente 86.715km², em que 86% encontra-se no leste do estado de MG e 14% no nordeste do estado do Espírito Santo (ES). Suas nascentes estão em MG, nas serras do Espinhaço e da Mantiqueira. Possui predominância do clima tropical de altitude, com precipitação anual variando de 900 mm a 1.500 mm, e presença de relevo ondulado, montanhoso e acidentado (CBH RIO DOCE, 2018).

A atividade econômica é diversificada, com culturas de café, cana de açúcar, pecuária, dentre outras. Possui grande relevância na geração de energia, possuindo 10 usinas hidrelétricas em operação e sendo o maior complexo siderúrgico da América Latina, onde estão associadas empresas de mineração e reflorestamento (AGENDA RIO DOCE, 2003; ENCARTE ESPECIAL SOBRE A BACIA DO RIO DOCE, 2016). Neste estudo as análises foram realizadas abrangendo a extensão da bacia hidrográfica do Rio Doce na porção do estado de Minas Gerais (Figura 1).

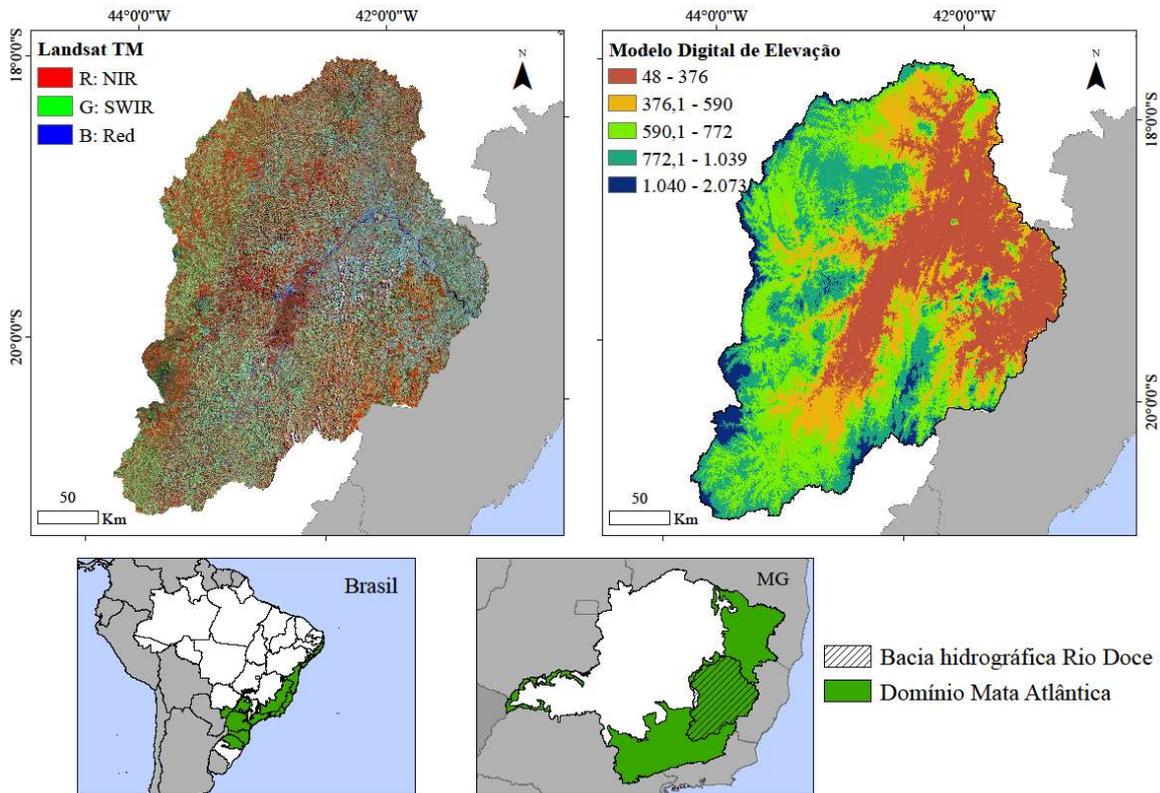


Figura 1. Localização da área de estudo no estado de Minas, Brasil. Landsat TM composição colorida falsa cor (R4 G5 B3) e Modelo Digital de Elevação da Bacia do Rio Doce.
 Figure 1. Location of the study area in Minas Gerais state, Brazil. Landsat TM false colour composite (R4 G5 B3) and Digital Elevation Model of the Rio Doce basin.

2.2. Definição e classificação dos critérios

Para a definição das áreas prioritárias para a recuperação florestal da bacia hidrográfica do Rio Doce, 4 etapas foram realizadas (Figura 2): (I) coleta de dados, (II) definição e classificação dos critérios, (II) processo analítico hierárquico e (IV) combinação linear ponderada.

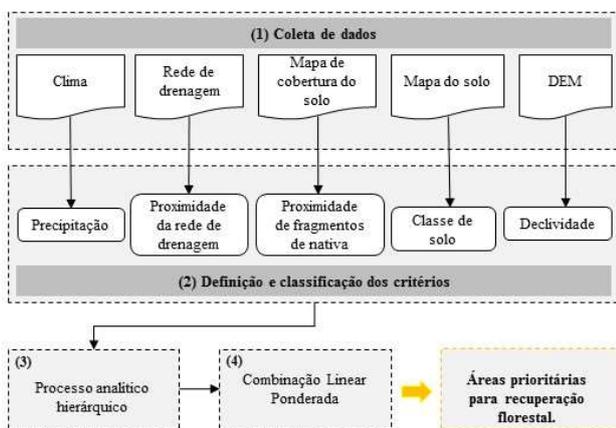


Figura 2. Fluxograma detalhando os quatro principais passos para a identificação das áreas prioritárias para recuperação florestal na Bacia do Rio Doce, MG.

Figure 2. Methods flowchart detailing the four main steps to identify priority areas for forest recovery in Rio Doce basin, MG.

Foi utilizada a ADMC considerando fatores e restrições pré-selecionados (critérios). A seleção dos critérios baseou-se nas características de interesse da paisagem que auxiliam na

definição dos locais aptos e prioritários para a recuperação florestal, bem como em estudos anteriores (FERNANDEZ; MORALES, 2016; HOLL et al., 2003; KIKER et al., 2005; MENG; MALCZEWSKI, 2015; RAMÍREZ-TORO et al., 2017; SARTORI, 2010; SILVA et al., 2017; VETTORAZZI, 2006, YANG et al., 2016).

Os critérios selecionados foram: precipitação, proximidade da rede de drenagem, distância de fragmentos florestais, classe de solo e declividade. Com relação a precipitação, a intensidade, duração e frequência das chuvas influenciam diretamente na erosão do solo (SANTOS et al., 2010), e por esta razão foi considerada um fator na ADMC. Utilizou-se os dados de precipitação média mensal adquiridos do WorldClim – Global Climate Data (HIJMANS et al., 2005) com resolução espacial de 1 km.

A proximidade da rede de drenagem é um fator importante, visto a grande relevância das matas ciliares para conservação do solo e da água, pois reduzem a erosão e assoreamento dos rios. Além disso, a vegetação no entorno da hidrografia atua como filtro de substâncias tóxicas e poluentes (ANDRADE et al., 2005; VALENTE et.al, 2017). Para a obtenção deste fator, zonas de amortecimento de 100, 200, 300 e 400 metros de distância da rede de drenagem foram geradas. Quanto mais próximo da rede de drenagem, maior a prioridade para recuperação florestal. A base de dados foi adquirida junto ao site da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018).

A proximidade de fragmentos de vegetação nativa foi considerada um fator de relevância na análise, pois é importante não apenas recuperar a vegetação nativa, mas

também permitir que fragmentos possam se conectar (VALENTE et al., 2017). A partir dos fragmentos florestais, foi calculada a distância euclidiana. Quanto mais próximo do fragmento, maior a prioridade para recuperação da vegetação nativa. O mapeamento dos fragmentos florestais utilizado foi realizado pelo Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras (LEMAF-UFLA).

Os diversos tipos de solos estão associados diretamente aos deslizamentos. Alguns solos são mais susceptíveis do que outros, dependendo das suas características físicas e químicas (SILVEIRA et al., 2014). O mapa de solos utilizado foi desenvolvido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2010), produzido na escala de 1:600.000.

A declividade é considerada um fator de grande influência nos deslizamentos e erosão do solo, aumentando a produção de sedimentos que prejudicam a qualidade e quantidade de água. Quanto maior a inclinação do terreno, maior é a importância de recuperar a área, uma vez que esta estará mais propícia à erosão (VALLADARES et al., 2012; SILVA et al., 2017). A declividade foi gerada com base nas imagens do modelo digital de elevação do sensor ALOS PALSAR, que possui uma resolução espacial de 12,5 metros.

As restrições são os locais limitados e que não estão aptos à recuperação florestal, sendo elas: corpos d'água, áreas urbanas e áreas remanescentes de vegetação nativa.

2.3. Processo Analítico Hierárquico (AHP)

Existem vários métodos para determinar os pesos dos critérios. O processo analítico hierárquico é uma técnica eficaz para decisões complexas. Os critérios desenvolvem pesos relativos, chamados prioridades, para diferenciar a importância de cada um, sendo a escala recomendada por Saaty (1991) de 1 a 9 (Tabela 1). A suposição é que se o atributo F1 é absolutamente mais importante que o atributo F2 e é classificado como 9, então F2 deve ser absolutamente menos importante que F1 e é avaliado em 1/9. Desta forma é construída uma matriz quadrada com os fatores e seus respectivos valores. Uma das vantagens associadas ao método é a capacidade de associar pesos aos critérios, considerando a importância relativa que existe entre eles no processo de tomada de decisão (VALENTE et al., 2017).

Os pesos dos critérios foram definidos com base na literatura científica e na experiência de pesquisadores da área.

A partir da matriz gerada, foram calculados o Índice de Consistência (IC) e a Taxa de Consistência (TC) em quatro etapas: I) cálculo do somatório dos valores de cada fator nas colunas e criação de uma nova matriz; II) cálculo, nas linhas, da média geométrica de cada fator e criação do vetor V; III) criação de uma nova matriz com V normalizado, sendo esse obtido através da divisão de cada valor do vetor V pelo seu somatório; IV) multiplicação das matrizes obtidas nas etapas I e III e cálculo do maior autovalor (λ_{max}).

Os valores de IC e TC foram calculados de acordo com as Equações 1 e 2, respectivamente. A taxa de consistência deve ser menor que 10%, indicando consistência nos valores da matriz e não havendo necessidade de reavaliar as comparações (SAATY, 1991).

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (Eq. 1)$$

$$TC = \frac{IC}{IR} \quad (Eq. 2)$$

em que: n = número de fatores; λ_{max} = maior autovalor da matriz de julgamento; IR = índice randômico.

Tabela 1. Intensidade da escala de classificação de Saaty.
Table 1. The Saaty rating scale intensity.

Valor	Recíproco	Definição
1	1	Igual importância: os dois critérios contribuem de forma idêntica.
3	1/3	Pouco mais importante: um critério é um pouco mais importante do que o outro.
5	1/5	Muito mais importante: um dos critérios é claramente mais importante do que o outro.
7	1/7	Fortemente mais importante: um dos critérios é predominantemente mais importante do que o outro.
9	1/9	Extremamente mais importante: um dos critérios, sem dúvidas, é absolutamente predominante para o objetivo.
2,4,6 e 8	*	Valores intermediários de Julgamento.

O índice randômico também foi proposto por Saaty (1991) e varia de acordo com o número de fatores analisados (Tabela 2).

Tabela 2. Índice randômico de acordo com o número de fatores estudados.

n	2	3	4	5	6	7	8
IR	0,00	0,52	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

Fonte: Saaty (1991)

2.4. Combinação Linear Ponderada (CLP)

A combinação linear ponderada é um dos métodos mais utilizados na análise multicritério, por ser considerado um método prático e eficiente (MALCZEWSKI, 2004), e possibilitar que os fatores recebam pesos de acordo com sua importância para o objetivo do estudo. Sua característica principal é a compensação dos pesos dos fatores por meio da ponderação, ou seja, um valor muito baixo atribuído a um fator pode ser compensado por um valor mais alto aplicado a outros fatores.

Para geração do mapa final, foi utilizada a CLP. Assim, os fatores foram multiplicados pelos respectivos pesos, somados e multiplicados pela restrição de acordo com a Equação 3. Os cálculos foram realizados pixel a pixel. O mapa final foi classificado em cinco níveis de prioridade para recuperação florestal: (I) muito baixo, (II) baixo, (III) médio, (IV) alto e (V) muito alto.

$$s = \sum_{i=1}^n w_i \times x_i \times \prod_{j=1}^k C_j \quad (Eq. 3)$$

em que: w_i = peso do fator i; x_i = fator padronizado; k = número de restrições; C_j = restrição.

3. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta a matriz pareada obtida para a bacia do Rio doce. A TC foi de 0,06, indicando que a matriz possui um nível razoável de consistência sendo possível a utilização

dos pesos atribuídos aos critérios. O maior peso foi atribuído ao fator proximidade da rede de drenagem (0,51), seguido do fator proximidade de fragmentos de vegetação nativa, revelando que as áreas de preservação permanente próximas a outros fragmentos florestais devem ser prioridades para a recuperação florestal da bacia do Rio Doce em MG.

Tabela 3. Matriz pareada para a Bacia do Rio Doce. CR = 0,06.

Table 3. Pairwise matrix for the Rio Doce Basin. CR=0.06.

	F1	F2	F3	F4	F5	V	P
F1	1	3	5	1/3	3	1,72	0,24
F2	1/3	1	5	1/5	1	0,80	0,11
F3	1/5	1/5	1	1/7	1/5	0,26	0,04
F4	3	5	7	1	7	3,74	0,51
F5	1/3	1	5	1/7	1	0,75	0,10
T	4,87	10,20	23,00	1,82	12,2	7,27	1,00

F1= Proximidade de fragmentos de vegetação nativa (m); F2= Declividade (°); F3= Precipitação (mm/mês); F4= Proximidade da rede de drenagem (m); F5= Classe do solo; T= Total; V= Auto Vetor V; P= Peso dos fatores.

Os critérios avaliados foram padronizados em uma escala de 1 a 3 (Figura 3) (Crepani et al., 2001). Quanto mais próximo de 1, mais estável é a variável em estudo e menor é o risco de ocorrer ou aumentar uma degradação, como solos menos erosivos, regiões menos declivosas e baixas precipitações. A recíproca é verdadeira, ou seja, solos mais susceptíveis a erosões, com maiores declives e próximos as redes de drenagem foram padronizadas com um valor próximo de 3, ou seja, maior a prioridade para recuperação. Na Tabela 4 é possível observar os valores padronizados de cada variável de acordo com sua característica quantitativa ou qualitativa.

O mapa de áreas prioritárias produzido a partir da CLP dos critérios (Figura 4), apontou que 92,69% da área foi classificado como área de importância baixa ou muito baixa para recuperação florestal. Apenas 2,92% da bacia, aproximadamente 132.960 ha, foi considerado área com alta e muito alta prioridade para recuperação florestal. A Tabela 5 apresenta os níveis de prioridade e suas respectivas áreas.

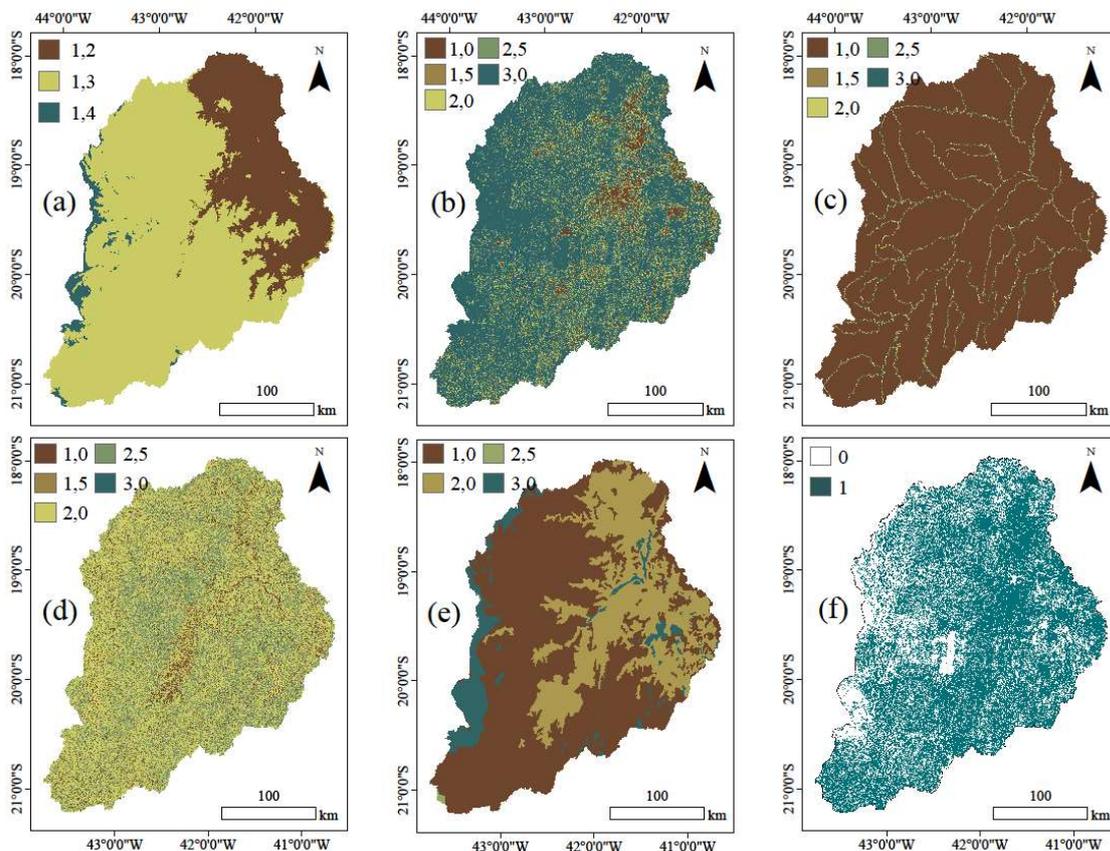


Figura 3. Classificação dos critérios variando de 1 a 3: (a) Precipitação (mm/mensal); (b) Proximidade de fragmento de vegetação nativa (m); (c) Proximidade da rede de drenagem (m); (d) Declividade (°); (e) Classe de solo; (f) Restrições.

Figure 3. Criteria classification ranging from 1 to 3: (a) Precipitation (mm/monthly); (b) Proximity to native fragments (m); (c) Proximity to drainage network (m); (d) Slope (°); (e) Soil class; (f) Restrictions.

4. DISCUSSÃO

Os critérios que receberam maiores pesos a partir da aplicação do método AHP para a definição das áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia hidrográfica do Rio Doce em MG foram proximidade da rede de drenagem e de fragmentos de vegetação nativa, também considerados de grande importância em outros estudos (SARTORI et al., 2012; SILVA et al., 2017). A proximidade da rede de drenagem foi o fator com maior peso, dando

grande importância a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP), que são imprescindíveis para a quantidade e qualidade das águas (VETTORAZZI, 2006). Em seguida foi a proximidade de fragmentos florestais, relevante para a conexão dos remanescentes de vegetação nativa e formação de corredores ecológicos, essenciais para toda a biodiversidade (SARTORI, 2010). Estudos destacam a conectividade florestal como a única maneira de obter restauração no nível da paisagem (VALENTE et al., 2017).

Tabela 4. Valores padronizados de todas variáveis estudadas.
Table 4. Standardized values of all studied variables.

A	B	C	D	E	Classificação
<50	>	>	< 2	Latossolo	1
50-75	-	-	-	-	1.1
75-100	-	-	-	-	1.2
100-125	-	-	-	-	1.3
125-150	-	-	-	-	1.4
150-175	400	400	2-6	-	1.5
175-200	-	-	-	-	1.6
200-225	-	-	-	-	1.7
225-250	-	-	-	-	1.8
250-275	-	-	-	-	1.9
275-300	300	300	6-20	Argissolo	2
300-325	-	-	-	-	2.1
325-350	-	-	-	-	2.2
350-375	-	-	-	-	2.3
375-400	-	-	-	-	2.4
400-425	200	200	20-	Cambissolo	2.5
425-450	-	-	-	-	2.6
450-475	-	-	-	-	2.7
475-500	-	-	-	-	2.8
500-525	-	-	-	-	2.9
>525	100	100	>50	Neossolo	3

Classificação dos critérios variando de 1 a 3: (A) Precipitação (mm/mensal); (B) Proximidade de fragmento de vegetação nativa (m); (C) Proximidade da rede de drenagem (m); (D) Declividade (°); (E) Classe de solo

Tabela 5. Valores das áreas para serem recuperadas em cada nível de prioridade.

Nível de prioridade	Área (ha)	Área (%)
Muito Baixo	812.328,39	17,83
Baixo	3.411.728,31	74,86
Médio	200.165,69	4,39
Alto	99.584,16	2,19
Muito Alto	33.375,41	0,73
Total (Σ)	4.557.181,95	100,00

A declividade foi o terceiro fator com maior peso. Esse fator tem relação direta com a velocidade de transformação de energia potencial. Áreas com declives acentuados transformam a energia potencial em cinética mais rapidamente, aumentando a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, levando a uma maior susceptibilidade dessas áreas à erosão (CREPANI et al., 2001). E quando associada ao tipo de solo essa vulnerabilidade pode ser ainda maior, uma vez que as características físicas e químicas do solo também influenciam na erosão.

Na bacia do Rio Doce pode-se encontrar 4 grandes classes de solo: Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Neossolos.

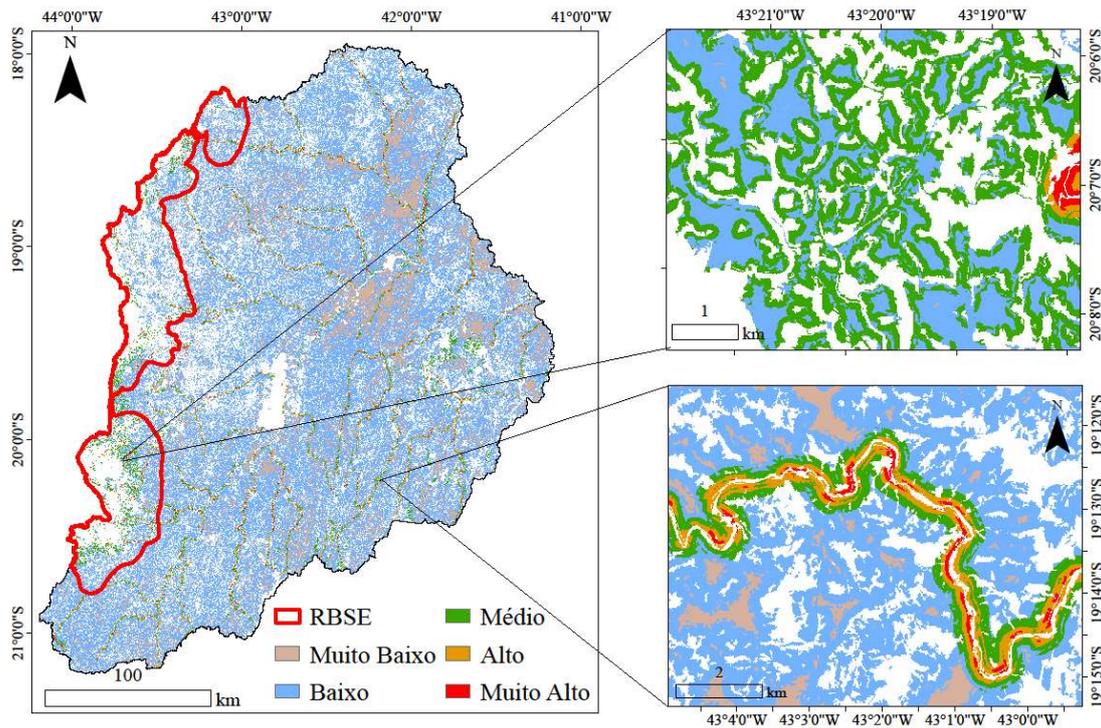


Figura 4. Áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia hidrográfica do Rio Doce e uma porção da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE) presente na bacia.

Figure 4. Priority areas for forest recovery in the Rio Doce basin and a portion of the Serra do Espinhaço Biosphere Reserve present in the basin.

Os Latossolos são solos mais desenvolvidos, profundos e com grande porosidade. Ocorrem em sua maioria em relevo plano, sendo assim, são menos susceptíveis a erosão (SILVA; MACHADO, 2014). Argissolos, assim como os Latossolos, são maduros, mas com diferentes drenagens, podendo ter algumas limitações para retenção da água, sendo susceptível

a erosão. Já os Neossolos são considerados solos rasos, jovens, com baixa drenagem (SANTOS et al., 2013) e por consequência são solos mais propícios ao movimento de massas. Os Cambissolos também são solos jovens, porém mais desenvolvidos que os Neossolos, frequentemente

encontrados em terrenos declivosos, são normalmente de baixa permeabilidade e propícios a erosão.

Por último, com menor peso, porém não menos importante, foi o critério precipitação, responsável pela erosão pluvial. Quando os solos estão expostos, sem nenhuma vegetação, e em áreas declivosas, podem ocorrer erosões graves. Contudo, os cinco critérios atuam em conjunto no processo de erosão do solo, sendo essenciais na determinação das áreas prioritárias para recuperação.

O método AHP, tem se mostrado bastante eficiente em estudos ambientais com tomadas de decisões complexas, tal como encontrados por Güngör; Sem (2018) em tomada de decisão sobre priorização de áreas florestais para produção de mel, e por França (2018) na definição da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, Minas Gerais.

O mapa final gerado (Figura 4) com as prioridades de recuperação florestal permitiu observar que as áreas de *alta* e *muito alta* prioridade estão em sua maioria nas margens dos cursos d'água, evidenciando a necessidade de recuperar as APP. Além disso, destaque deve ser dado às áreas consideradas de *média* prioridade que, além de estarem em torno das redes de drenagem, concentraram-se na região oeste da bacia, onde está presente a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE), região com sítios de elevada fragilidade ambiental.

A serra do espinhaço é uma cadeia de montanhas que possui mais de 1.000 km de extensão entre os estados de Minas Gerais e Bahia. Apresenta a fitofisionomia de campos rupestres, com grande número de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da flora e da fauna brasileira, tornando-a uma área relevante para a recuperação e conservação (PEREIRA et al., 2015), além de ser uma região ameaçada pelas intensas atividades de mineração de ferro.

Valente et al. (2017) utilizaram a ADMC para mapear as áreas prioritárias para recuperação na bacia do rio Quilombo, estado de São Paulo (SP), Brasil, utilizando dois fatores: proximidade da rede de drenagem e proximidade de fragmentos florestais. O mapa final de prioridades indicou que 5,06 % da bacia do rio Quilombo se encontram em nível de prioridade muito alta para restauração florestal, 5,22% alta, 5,76% média, 5,42% baixa e 78,53% muito baixa. Estes resultados corroboram com os encontrados neste estudo, indicando baixa percentagem de área nas classes mais altas de prioridade.

Logo, os resultados aqui apresentados, a partir do mapa final de áreas prioritárias à recuperação florestal, são estritamente correlacionados aos critérios biofísicos e climáticos utilizados, podendo apresentar variações a partir de avaliações com outros fatores, especialmente com informação do uso e ocupação do solo atual. Contudo, as informações aqui geradas são fundamentais e subsidiárias para tomadas de decisões sobre os locais prioritários para intervenções de conservação e restauração, bem como auxiliares para geração de outros estudos geoespaciais para a bacia hidrográfica do Rio Doce.

Diante do desastre ambiental ocorrido na referida bacia hidrográfica, é fundamental que as organizações públicas se mobilizem no uso de estudos como este aqui apresentado, bem como das investigações científicas relacionadas aos aspectos de fauna, flora, sociedade e aspectos econômicos, como apoio as estratégias de minimização dos impactos causados com o rompimento da barragem de rejeitos na

região de Mariana (MG). Scemama; Level (2019) destacam que o foco na organização de múltiplos atores da sociedade, em projetos de restauração, fornece novos *insights* para promover o investimento na restauração da biodiversidade.

É de fundamental importância a recuperação de todas as áreas degradadas nesta bacia hidrográfica, porém o número de áreas prioritárias deve ser baixo, uma vez que operacionalmente e economicamente seria inviável a recuperação florestal de todas as áreas ao mesmo tempo.

5. CONCLUSÕES

Constatou-se que, em relação ao fator proximidade da rede de drenagem dos cursos d'água da bacia do Rio Doce, foi o critério mais importante na definição de áreas prioritárias para recuperação, seguido dos critérios proximidade de fragmentos de vegetação nativa, declividade, tipo de solo e precipitação.

O mapa de áreas prioritárias apontou que 7,31% da bacia do Rio Doce são áreas com prioridade *média*, *alta* e *muito alta* para recuperação florestal, número satisfatório e condizente com o estudo.

O estudo demonstrou que a ADMC é um método flexível, de fácil implementação produzindo mapas contendo soluções adequadas para conduzir ações de recuperação, desde que as análises sejam realizadas com uma base de dados fidedigna para que a determinação dos critérios e seus respectivos pesos sejam realizados de forma correta.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro para elaboração deste estudo.

7. REFERÊNCIAS

- ANA_AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: < <http://www3.ana.gov.br/>>. Acesso em: 2 nov 2018.
- AGENDA RIO DOCE. **PROPOSTA PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE GT CBH-DOCE 1ª FASE**. 2003. 2. v. Disponível em: <http://www.cbhdoce.org.br/wpcontent/uploads/2015/02/AgendaCBH-Doce.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.
- AIRES, U. R. V.; SANTOS, B. S. M.; COELHO, C. D.; SILVA, D. D. da; CALIJURI, M. L. Changes in land use and land cover as a result of the failure of a mining tailings dam in Mariana, MG, Brazil. **Land Use Policy**, Guilford, v. 70, p. 63-70, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.026>
- ANDRADE, J.; SANQUETTA, C. R.; UGAYA, C. Identificação de áreas prioritárias para recuperação da mata ciliar na UHE Salto Caxias. **Espaço Energia**, n. 3, não paginado, 2005.
- ARAUJO, L. S.; KOMONEN, A.; LOPES-ANDRADE, C. Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v. 191, p. 659–666, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.08.026>

- AZEVEDO, A.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P.; RIBEIRO, V.; REIS, T.; STABILEE, M.; GUIMARÃES, A. Panorama sobre o desmatamento na Amazônia em 2016. IPAM Amazonia, 2016. 11 p. Disponível em: <<http://www.observatorioflorestal.org.br/sites/default/files/panorama-desmatamento-amazonia-2016.pdf>>. Acesso em: 29 out 2018.
- CABRERA-BARONA, P.; MURPHY, T.; KIENBERGER, S.; BLASCHEKE, T. A multi-criteria spatial deprivation index to support health inequality analyses. **International Journal of Health Geography**, v. 1, n. 1, p. 2-14, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12942-015-0004-x>
- CBH-DOCE_COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE. Disponível em: <<http://www.cbhdoce.org.br/institucional/abacia>>. Acesso em: 29 out 2018.
- COP21_21st CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Brazil at COP21/CMP11. **Federative Republic of Brazil**, 2015. Disponível em: <<http://redd.mma.gov.br/images/central-de-midia/pdf/artigos/factsheet-cop21.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. D.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001. 124 p.
- ENCARTE ESPECIAL SOBRE A BACIA DO RIO DOCE. **Rompimento da Barragem em Mariana – MG**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR. Brasília – DF. 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoc_e_22_03_2016v2.pdf>. Acesso em: 24 out. 2018.
- ESMAIL, B. A.; GENELETTI, D. Multi-criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 1, p. 42-53, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.12899>
- FEAM_FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida**. Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Belo Horizonte: 2010. 49 p.
- FELIPPE, D. M. F.; JUNIOR, A. P. M.; MENDES, L. C.; COTA, G. E. M.; CARNEIRO, P. S.; GONTIJO, B. M. Conexões geo-históricas e contemporâneas entre ocupação territorial, degradação ambiental e rarefação hídrica na Bacia do Rio Doce. **Geografias**, Edição Especial, p. 203-222, 2016. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/742>>. Acesso em: 24 out. 2018.
- FERNÁNDEZ, I. C.; MORALRES, N. S. A spatial multicriteria decision analysis for selecting priority sites for plant species restoration: a case study from the Chilean biodiversity hotspot. **Restoration Ecology**, Malden, v. 24, n. 5, p.1-10, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/rec.12354>
- FRAGOSO, R. O.; CARPANEZZI, A. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Restauração florestal em pastagem abandonada de herócho por meio de diferentes tamanhos de galharia. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, não paginado, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201723012276>
- FRANÇA, L. C. J. **Fragilidade Ambiental Potencial da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil**. 2018. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.
- GUNGOR, E.; SEN, G. Selecting Suitable forest areas for honey production using the AHP: A case study in Turkey. **Cerne**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 67-79, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201824012511>
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; Jones PG, JARVIS, A. Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatololy**, v. 25, p. 1965–1978, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/joc.1276>
- HOLL, K. D.; CRONE, E. E.; SCHULTZ, C. B. Landscape Restoration: Moving from Generalities to Methodologies. **BioScience**, Washington, v. 53, n. 5, p. 491-502, 2003. DOI: [https://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0491:lrmfgr\]2.0.co;2](https://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0491:lrmfgr]2.0.co;2)
- HORA, A. M.; DIAS, C. A.; GUEDES, G. R.; COSTA, A. S. V.; JUNIOR, M. J. F. Da exploração econômica da bacia hidrográfica do Rio Doce ao atual processo de degradação de seus recursos. In: RICARDO, G. R. G. **Território, mobilidade populacional e ambiente**. Editora Univale, Belo Horizonte, 2012. p. 201-234.
- INDC - INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION. 2015. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRAZIL-iNDC-english.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.
- JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, Cambridge, v. 204, n. 3, p. 1-14, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/nph.12989>
- KIKER, G. A.; BRIDGES, T. S.; VARGHESE, A.; SEAGER, T. P.; LINKOV, I. Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, Pensacola, v. 1, n. 2, p. 95-108, 2005. DOI: https://dx.doi.org/10.1897/IEAM_2004a-015.1
- LONG, J. A.; NELSON, T. A.; WULDER, M. A. Characterizing forest fragmentation: Distinguishing change in composition from configuration. **Applied Geography**, Oxford, v. 30, n. 3, p. 426-435, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.12.002>
- MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, New York, v. 62, n. 1, p. 3-65, 2004. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2003.09.002>
- MELLO, K.; COSTA, D. R.; VALENTE, R. A.; VETTORAZZI, C. A. Multicriteria Evaluation for protected area definition aiming at water quality improvement. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 3, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.013416>

- MELO, F. P.; GOIS, D. V.; SANTOS, C. A.; GUERRA, A. J. T. Estruturação de modelo de risco de degradação ambiental aplicado ao município de Pacatuba – SE. **Cadernos de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 54, p. 674-685, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n54p674-685>
- MENG, Y.; MALCZEWSKI, J. A. GIS-based multicriteria decision making approach for evaluating accessibility to public parks. **Journal of Studies and Research in Human Geography**, v. 9, n. 1, p. 29-41, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.5719/hgeo.2015.91.3>
- METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.012>
- MMA_MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Entenda o acidente de Mariana e suas consequências para o meio ambiente**. 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/12/entenda-o-acidente-de-mariana-e-suas-consequencias-para-o-meio-ambiente>>. Acesso em: 14 de março de 2019.
- OLIVEIRA, A. P. G.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C.; GAMARRA, R. M.; RIBEIRO, A. A.; MELOTTO, A. M. Uso de geotecnologias para o estabelecimento de áreas para corredores de biodiversidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, p. 595-602, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000400001>
- PARDINI, R.; NICHOLS, E.; PUTTKER, T. Biodiversity Response to Habitat Loss and Fragmentation. **Encyclopedia of the Anthropocene**, v. 1, p. 1-12, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09824-9>
- PEREIRA, E. O.; GONTIJO, B. M.; ABREU, L. G. A. As ecorregiões da reserva da biosfera da serra do espinhaço: elementos para o fortalecimento da conservação da biodiversidade. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 25, n. 43, p. 18-33, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2015v25n43p18>
- 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, C. C.; MACEDO, L. Análise multicritério para a seleção de uma área de conservação na maior savana da Amazônia. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 17, p. 50-70, 2014.
- QU, Y.; SUN, G.; LUO, C.; ZENG, X.; ZHANG, H.; MURRAY, N. J.; XU, N. Identifying restoration priorities for wetlands based on historical distributions of biodiversity features and restoration suitability. **Journal of Environmental Management**, London, v. 231, p. 1222-1231, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.057>
- RAMÍREZ-TORO, W.; TORRES-MIRANDA, A.; RUIZ-SANCHEZ, E.; LUNA-VEGA, I.; OYAMA, K. A. Multicriteria Analysis for Prioritizing Areas for Conservation of Oaks (Fagaceae: Quercus) in Oaxaca, Southern Mexico. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1-29, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1177/1940082917714227>
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Prediction. Projection and forecasting**. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA, 1991. 251 p.
- SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 14, n. 2, p. 115-123, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 356 p.
- SANTOS, J. S.; LEITE, C. C. C.; VIANA, J. C. C.; SANTOS, A. R.; FERNANDES, M. M.; ABREU, V. S.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, L. S.; FERNANDES, M. R. M.; SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 414-424, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.011>
- SANTOS, L. R.; SANTOS, J. C. A exploração do meio ambiente e o crescimento populacional: desenvolvimento sustentável como alternativa. **Nativa – Revista de Ciências Sociais do Norte de Mato Grosso**, Guarantã do Norte, v. 2, n. 1, p. 1- 7, 2013.
- SARTORI, A. A. C. **Análise multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais**. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; ZIMBACK, C. R. L. Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1079-1090, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000600009>
- SCARAMUZZA, C. A. M.; SENTA, M. FERRARINI, O. G.; STRASSBURG, B. B. N.; HANSON, C.; SIQUEIRA, L. P.; SANSEVERO, J. B. B.; CALMON, M. A. G.; MORAES, M. A.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; HOLVORCEM, C. Elaboração da proposta do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. In: SILVA, A. P. M. da; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. (Org.). **Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova Lei**. 1. ed. Rio de Janeiro: IPEA, v. 1, 2016. p. 9-366.
- SCARANO, F. R.; CEOTTI, P. Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 24, p. 2319-2331, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-015-0972-y>
- SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. de S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima, Minas Gerais. **Revista de Geografia**, Recife, v. 31, n. 2, 2014.
- SILVA, V. A. M.; MELLO, K.; VETTORAZZI, C. A.; COSTA, D. R.; VALENTE, R. A. Priority areas for forest conservation, aiming at the maintenance of water resources, through the multicriteria evaluation. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 1, e410119, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000100019>

- SILVEIRA, E. M. O.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; BUENO, I. T. Object-based change detection using semivariogram indices derived from NDVI images: The environmental disaster in Mariana, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 5, p. 554–564, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542017415009817>
- SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicritério no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000600002>
- SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica, período 2016-2017**. 2018. Disponível em: http://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf. Acesso em: 02 mar 2019.
- SCEMAMA, P.; LEVREL, H. Influence of the Organization of Actors in the Ecological Outcomes of Investment in Restoration of Biodiversity. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 157, p. 71-79, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.003>
- TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2328-2340. 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005>
- TRETIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F.S.; GORENTEIN, M.R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831647>
- VALENTE, A. R.; PETEAN, F. C. S.; VETTORAZZI, C. A. Multicriteria decision analysis for prioritizing areas for forest restoration. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 53–60, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201723012258>
- VALLADARES, G. S.; GOMES, A. S.; TORRESEAN, F. E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900023>
- VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conserva de recursos hídricos**. 2006. 151f. Tese (Livre Docência): ESALQ/USP Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, 2006.
- YANG, W.; LIU, Y.; OU, C.; GABOR, S. Examining water quality effects of riparian wetland loss and restoration scenarios in a southern ontario watershed. **Journal of Environmental Management**, London, v. 174, p. 26–34, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.001>
- YU, J.; LIU, X.; KONG, B.; LI, R.; WANG, G. Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. **Ecological Informatics**, v. 51, p. 185-192, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.03.006>