**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Avaliação multicriterial na implantação de reservas legais

Danilo Ribeiro da Costa

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2015**

Danilo Ribeiro da Costa
Engenheiro Florestal

Avaliação multicriterial na implantação de reservas legais

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO VETTORAZZI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Costa, Danilo Ribeiro da

Avaliação multicriterial na implantação de reservas legais / Danilo Ribeiro da Costa. - -
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015
88 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Restauração da Paisagem 2. Espaço decisório e compensação 3. Parâmetros
Legais I. Título

CDD 333.75
C837a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Ao meu senhor Jesus Cristo, que em todos os momentos me lembrou de quem eu era e para onde poderia ir e pelo seu amor incondicional.

Ofereço

Aos meus pais Joel e Maria Lúcia e à minha irmã Tainah por todo carinho e amor. E à minha noiva Natália, que sempre me manteve forte, e pelo seu carinho, atenção e amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus Pai, Filho e Espírito Santo que me amou e ama incondicionalmente, por sempre estar perto me ajudando e dando forças nas horas mais difíceis, sempre com sua palavra que trazem vida ao meu espírito e alma. Sei que por ele e para ele são todas as coisas e esse título seja para que seu nome seja glorificado a todo o momento. Por isso louvo ao seu nome e como sua própria palavra diz no Salmo 103:2 "Bendize, ó minha alma, ao SENHOR, e não te esqueças de nenhum de seus benefícios".

Ao Prof Dr. Carlos Alberto Vettorazzi por sua dedicada orientação e incontestável contribuição que não seria capaz de realizar nenhuma das minhas atividades e propostas, agradeço o voto de confiança posto em todo o trabalho.

À Prof Dra. Roberta Avena Valente por sua total contribuição e apostar em todo o trabalho. Sem sua contribuição não teria chegado aonde cheguei, por isso sei que você é uma pessoa colocada por Deus na minha vida pessoal e profissional. Por isso lhe agradeço por todas as críticas boas e as que contribuíram para a minha formação.

Aos professores Dr. Rubens Angulo Filho e Peterson Ricardo Fiorio por todas as suas ideias e contribuição no exame de qualificação que vieram a contribuir para o bom desempenho e resultado do objetivo proposto. E todos os especialistas que contribuíram para a formatação da dissertação, pois sem eles não seria possível chegar aonde cheguei.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela minha bolsa de estudos, permitindo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Laboratório da GEOPLAN na UFSCar que possibilitou o desenvolvimento do trabalho e contribuiu para meu desenvolvimento técnico científico. A todos os alunos desde a graduação, Vitor e Eduardo, e pós-graduação, Tatiana e Veridiana, Kaline, Erika, e todos os outros que contribuíram para o trabalho. E amigos pelo esforço e sempre nos manter com foco e esperança, Daniel (Nulo), Thiago, José Carlos, Felipe Coelho entre outros.

EPÍGRAFE

"Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça." Isaías 40:10

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVO.....	23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 Legislação Ambiental e Reservas Legais.....	25
3.2 Restauração da Paisagem	28
3.3 Avaliação Multicriterial.....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Área de Estudo.....	35
4.2 Material.....	36
4.2.1 Sistema computacional	36
4.2.2 Imagem orbital.....	36
4.2.3 Banco de dados cartográfico digital	37
4.3 Métodos.....	38
4.3.1 Processamento digital da imagem orbital	38
4.3.2 Avaliação Multicriterial.....	41
4.3.3 Agregação dos valores.....	53
4.3.4 Análise de Sensibilidade	53
4.3.5 Análise de correlação entre os mapas	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
5.1 Mapeamento de uso e cobertura do solo	55
5.2 Soluções à restauração florestal, para definição de RL	57
5.3 Análise de correlação entre os fatores	61
5.4 Análise de sensibilidade	64
5.5 Mapa de áreas adequadas para alocação de Reservas Legais.....	73
CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS	79

RESUMO

AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL NA IMPLANTAÇÃO DE RESERVAS LEGAIS

A Reserva Legal (RL) é uma modalidade de área natural protegida, que deve considerar diferentes critérios, definidos pela legislação, para seu estabelecimento. A implantação das RL e a restauração de paisagens são objetivos convergentes, os quais envolvem diversas áreas do conhecimento. A principal questão, no entanto, está relacionada a melhor maneira de alocação de RL, a qual sintetize as principais necessidades da sociedade (econômicas, ecológicas e sociais) e, também, e dos ecossistemas. A Avaliação Multicriterial (AMC), que é uma das técnicas de tomada de decisão, permite a integração de diferentes critérios para a tomada de decisão e, assim, pode auxiliar na alocação de RL. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo identificar áreas adequadas à restauração florestal visando à definição de reservas legais, com o método da Média Ponderada Ordenada (MPO), de AMC. Os critérios, citados a seguir, foram selecionados por meio da consulta a especialistas, que atuam em áreas relacionadas ao objetivo do estudo: proximidade à rede hidrográfica, proximidade aos fragmentos florestais, declividade, vizinhança aos fragmentos florestais e distância à malha viária. Os especialistas também auxiliaram na definição dos pesos de fator, que são um conjunto de pesos que expressam a importância relativa dos critérios. Avaliou-se, em seguida a influência dos critérios no processo de decisão, o que permitiu ranqueá-los. Para a agregação dos critérios por meio de MPO, estabeleceu-se os níveis de compensação (C): baixo ($C=0,3618$), médio ($C=0,5570$) e alto ($C=0,7879$). Isto foi possível por meio dos pesos de ordenação, os quais controlam o nível de compensação entre critérios e, que para sua definição, consideram a importância e influência dos critérios, no processo decisório. O resultado foi a produção de seis cenários (MPO1 a MPO6), com diferentes espacializações quanto à indicação de áreas adequadas à restauração florestal, visando implantar RL. A análise de correlação indicou similaridade entre MPO1 e MPO3. Já MPO4 e MPO5 foram as soluções com menor valor de correlação entre si, por possuírem diferentes valores de C e risco (R) de tomada de decisão. A solução MPO3 ($C=0,5570$; $R=0,2503$), que apresentou R médio-baixo para a tomada de decisão, foi a indicada como a mais adequada à locação de RL. Realizou, para esta solução, a análise de sensibilidade, a qual indicou que os critérios selecionados são importantes e influenciam de maneira adequada na definição de áreas adequadas à restauração florestal. MPO3 prioriza os locais adequados à RL, na área de estudo, de modo que se tenha a conexão entre fragmentos florestais e em áreas potencialmente susceptíveis à erosão, como pré-definido pela legislação. Conclui-se, assim, que o método da MPO permite a definição de áreas adequadas à implantação de Reservas Legais, considerando a restauração da paisagem e, que a análise de sensibilidade, subsidiada por uma análise estatística de correlação, constitui-se em metodologia apropriada para avaliação dos critérios, em relação influência que exercem no processo decisório.

Palavras-chave: Restauração da Paisagem; Espaço decisório e compensação; Parâmetros Legais

ABSTRACT

Multicriteria evaluation in the implementation of legal reserves

Legal Reserve (LR) is a form of protected natural area, which consider different criteria, defined by the law for its establishment. The LR implementation has common objectives with landscape restoration, which involve different areas of knowledge. The main issue, however, is related with the best location of LR, which summarizes the main needs of society (economic, ecological and social) as well, and of ecosystems. The Multicriteria Evaluation (MCE), that is one of the decision-making techniques, permits the integration of criteria for decision-making and, so, can support the LR allocation. Thus, the main objective of this study was the identification of areas suitable for forest restoration, aiming at the definition of area for LR implantation, through one MCE method, named Ordered Weighted Average (OWA). The following criteria set were selected, consulting the experts in areas related with the study: proximity to surface water, proximity to forest patches, slope, neighbors to forest patches and distance to roads. The experts also helped to define the “factor weight” (set of weights that express the relative importance of the criteria). As the next step, we evaluated the influence of criteria in decision-making that supported the criteria ranking. For apply OWA method, we pre-defined the tradeoffs levels (T): low ($T=0.3618$), medium ($T=0.5570$) and high (0.7879). The order weights supported this process. They control the level of tradeoff between weights of factor, considering the importance and influence of factor in the decision-making process. We obtained, as result, six scenarios (OWA1 to OWA6), indicating suitable areas for forest restoration, aiming at the definition of area for LR implementation. OWA1 and OWA3 have high correlation between areas suitable. For the other side, OWA4 and OWA5 present low correlation, as consequence of its values of T and risk (R) values, for decision-making. The scenario OWA3, with medium-low risk for decision-making ($T=0.5570$ and $R=0.2503$), proposed the best identification of areas suitable for forest restoration, aiming at the definition of area for LR implantation. The sensibility analysis of OWA3 indicated that the select criteria were important for its production, as the influence of criteria (controlled by order weights). According OWA3, the implementation of LR should begin by areas susceptible to erosion, which supports the connectivity among forest patches, as pre-defined by the law. We concluded that OWA method permits the definition of priority areas for LR implantation, considering the landscape restoration and; the sensitivity analysis, supported by statistical analysis of correlation, is a suitable methodology for evaluation of criteria, in terms of its influence on the decision-making process.

Keywords: Landscape Restoration; Decision space and compensation; Legal parameters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espaço de estratégia de tomada de decisão	33
Figura 2 - Localização do município de Piedade no estado de São Paulo, Brasil....	35
Figura 3 - Distribuição dos pontos da verificação de campo, para o município de Piedade, SP.....	41
Figura 4 - Fator proximidade a rede hidrográfica e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)	43
Figura 5 - Fator proximidade aos fragmentos florestais e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes).....	45
Figura 6 - Fator de declividade e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes).....	46
Figura 7 - Fator distância à Malha Viária e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)	47
Figura 8 - Fator de Vizinhança aos Fragmentos Florestais e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes).....	49
Figura 9 - Escala contínua para elaboração da matriz de comparação pareada	50
Figura 10 - Espaço de decisão em relação à compensação entre fatores.....	52
Figura 11 - Uso e Cobertura do Solo para o Município de Piedade, SP, para o ano de 2015.....	55
Figura 12 - Áreas adequadas à restauração florestal, para a definição de reserva legal com os seguintes níveis de C: alto (MPO1 e MPO2); médio (MPO3 e MPO4) e baixo (MPO5 e MPO6)	58
Figura 13 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP.....	63
Figura 14 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de proximidade à rede hidrográfica	65
Figura 15 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de proximidade aos fragmentos florestais	67
Figura 16 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de declividade ...	69
Figura 17 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de vizinhança aos fragmentos florestais.....	70
Figura 18 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de distância da malha viária.....	72
Figura 19 - Mapa de áreas adequadas a reservas legais e conectividade estrutural dos fragmentos florestais	73
Figura 20 - Relação entre as classes de declividade em relação às classes de prioridade: (a) “alto” e (b) “muito alto”	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do sensor HRG, satélite SPOT 5.	37
Tabela 2 - Valores de pesos associados ao mapa de uso e cobertura do solo.	50
Tabela 3 - Pesos de ordenação relacionados aos valores de compensação estabelecidos.	52
Tabela 4 - Matriz de confusão produzida para o mapa de uso e cobertura do solo do município de Piedade, SP.	56
Tabela 5 - Área (ha e %) ocupada pelas classes de uso e cobertura do solo, do município de Piedade, SP.	57
Tabela 6 - Áreas ocupadas por níveis de prioridades nos mapas MPO1 a MPO6, para o município de Piedade, SP.	60
Tabela 7 - Correlações entre os mapas MPO1 a MPO6.	61
Tabela 8 - Pesos de fator, empregados na análise de sensibilidade.	64
Tabela 9 - Pesos de ordenação, risco (R) e compensação (C), empregados na análise de sensibilidade.	64
Tabela 10 - Matriz de comparação pareada: sem o mapa de proximidade à rede hidrográfica.	65
Tabela 11 - Matriz de comparação pareada: sem a proximidade aos fragmentos florestais.	66
Tabela 12 - Matriz de comparação pareada: sem a declividade.	68
Tabela 13 - Matriz de comparação pareada: sem a Vizinhança aos fragmentos florestais.	70
Tabela 14 - Matriz de comparação pareada: sem a Distância da Malha Viária.	71
Tabela 15 - Relação entre as classes de declividade e as classes de prioridade	74

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental está atrelada ao processo de desenvolvimento da sociedade. Historicamente observa-se que a sociedade era guiada pela falsa sensação que o fornecimento dos recursos naturais eram inesgotáveis e, sobretudo, estavam ao alcance de todos, sendo de consenso popular que as questões ambientais, como abastecimento de água ou alterações climáticas, eram de simples resolução (PELLEGRINO, 2014). A mudança do uso da terra, isto é, a conversão de florestas naturais por áreas agrícolas ou por cidades vem, no entanto, incidindo de forma negativa no equilíbrio sistêmico do ambiente (BRANCALION et al., 2009). Observa-se que a ação do homem guiada pelo desenvolvimento urbano gerou, e está gerando, mudanças nos padrões dos ciclos biogeoquímicos e no funcionamento dos ecossistemas, em diferentes escalas. Neste contexto, existe a busca por mecanismos de conservação e recuperação de áreas degradadas em dois âmbitos: o legal, seguindo a legislação vigente e, também, o ecológico, subsidiado por métodos científicos.

No âmbito legal, se tem registros de discussões por volta de 1817, as quais acarretaram nas primeiras alterações do Código Florestal Brasileiro. Essas discussões ressaltavam a necessidade da Lei ser embasada por questões ambientais porque, até então, os mecanismos legais relacionados às ações de conservação baseavam-se em questões econômicas.

Na atualidade tem-se, como principais definições legais, relacionadas à preservação ambiental a Área de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL).

A APP foi instituída com o primeiro Código Florestal Brasileiro, que foi posteriormente modificado e substituído pela Lei n. 4771/65. A APP, nesta última lei, apresentou-se como uma nova perspectiva da conservação, sendo definida como uma área delimitada, a partir de uma percentagem da área total do imóvel, dentro da propriedade rural. A APP pode submeter-se a determinados tipos de manejo, desde que se considere a preservação da biodiversidade.

A RL, segundo a Lei n. 12.651/12 é de caráter obrigatório, sendo uma modalidade de área natural protegida. Para seu estabelecimento devem-se considerar os critérios estabelecidos legalmente, que são: estar em área de plano de bacia hidrográfica; dentro do zoneamento ecológico-econômico; formar corredores

ecológicos entre outras reservas legais, APPs e unidades de conservação; estar em áreas com importância para a biodiversidade e em área com maior fragilidade ambiental (BRASIL, 2012).

No âmbito da restauração ecológica, as questões das áreas à serem restauradas ou preservadas devem levar em consideração a efetiva conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (BRANCALION et al., 2009). Desta forma, seus fundamentos têm por base o entendimento das relações entre as espécies e, ainda, da possibilidade de relacionar a ecologia com o desenvolvimento humano (BULLOCK et al., 2011).

Neste sentido, a restauração ecológica passou, nas últimas décadas, a considerar que o processo de restauração deve pautar-se nas relações que ocorrem nos ecossistemas, considerando-o como um todo e, não apenas em partes isoladas desses ecossistemas e/ou algumas de suas funções (McKEE & FAULKNER, 2000; METZGER & BRANCALION, 2013).

As ações de restauração ecológica devem, desta forma, ter em vista o reestabelecimento de comunidades autossustentáveis com alta diversidade biológica e, ainda, a reestruturação dos processos ecológicos. Desta forma, elas serão baseadas em uma visão ecossistêmica, onde a ação realizada pontualmente contribui para que diferentes processos ecossistêmicos ocorram (METZGER & BRANCALION, 2013; BRANCALION et al., 2009).

Garcia et al. (2013) ressaltam que muitas ações de restauração são, no entanto, direcionadas em função da legislação vigente, visto que a definição dos locais de RL, por exemplo, apresenta uma série de diretivas a serem seguidas legalmente. Assim, encontrar mecanismos que possibilitem integralizar diferentes conhecimentos é fundamental para o avanço da ciência como um todo.

A alocação de RL pode, ainda, ser realizada tendo diferentes objetivos, como no planejamento e gestão do ambiente, onde se avaliam principalmente as alocações de recursos; na adequação e uso da terra; e na avaliação de impactos ambientais.

A priorização de áreas é, assim, uma das formas de se ter a indicação de locais que levem à restauração proporcionando diferentes objetivos. Franco et al. (2013) obtiveram áreas prioritárias a restaurar áreas de matas ciliares. Izquierdo & Clark (2012) estudaram a priorização de áreas florestais visando à obtenção de serviços ecossistêmicos, como produção de água, conservação de carbono e

conservação de habitats. Convertino et al. (2013) analisaram a relação de algumas métricas (critérios) para realizar o planejamento e monitoramento de ecossistemas em restauração. Os autores utilizaram a Avaliação Multicriterial (AMC) e observaram que ao se entender os critérios e pesos, as incertezas do processo de restauração diminuem. Franco et al. (2013) também utilizaram a AMC, por meio da Programação por Compromisso, para identificar áreas prioritárias à restauração em APPs no noroeste paulista.

Os estudos relacionados a alocação de RL são, na maior parte dos casos, impulsionados por uma necessidade de tomada de decisão, com diferentes critérios. Neste contexto, a AMC é um das técnicas de tomada de decisão mais utilizadas na resolução de problemas espaciais, sendo que as primeiras análises foram realizadas na década de 1960 (CHAKHAR & MOUSSEAU, 2008). Os trabalhos, que utilizaram AMC para alocação de RL, demonstram a possibilidade de realizar um planejamento considerando não apenas um princípio legal, mas que a priorização de áreas está intrinsicamente relacionada à manutenção ou restauração de um processo ecológico e, assim, com a restauração da paisagem com um todo.

A implantação das RL e a restauração de paisagens são objetivos convergentes e de interesse social, os quais envolvem diversas áreas do conhecimento. A principal questão, no entanto, está relacionada à melhor maneira de alocação de RL, a qual sintetize as principais necessidades da sociedade (econômicas, ecológicas e sociais) e, também, e dos ecossistemas.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo identificar áreas adequadas à restauração florestal visando à definição de reservas legais, com o método da Média Ponderada Ordenada (MPO), de Avaliação Multicriterial (AMC). São objetivos específicos:

- 1) Verificar se o Método da Média Ponderada Ordenada (MPO), no âmbito, da avaliação multicriterial, contribui para a identificação de áreas adequadas à restauração da paisagem visando à definição de reservas legais;
- 2) Identificar os critérios importantes à restauração florestal da paisagem visando à definição de reservas legais, para as condições da área de estudo;
- 3) Verificar se a utilização de valores de compensação, dentro do espaço decisório, resulta em mapa final adequado de tomada de decisão;
- 4) Averiguar se a análise de correlação permite diferenciar entre os diferentes mapas de MPO (cenários propostos);
- 5) Averiguar se a análise de sensibilidade identificar a influência dos fatores na tomada de decisão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Legislação Ambiental e Reservas Legais

Atualmente, cerca de 70% da vegetação natural remanescentes está distribuída em terras privadas (SPAROVEK *et al.*, 2012), sendo essas as que mais contribuem para a questão da conservação, uma vez que a quantidade de áreas públicas voltadas para a proteção, em um nível nacional, é considerada insuficiente tanto em quantidade como em distribuição (GOTTFRIED *et al.*, 1996). Assim, a conservação e recuperação de áreas localizadas em terras privadas torna-se um ponto essencial para a conservação da natureza (ELI, 2003; HAUFLE & KERNOHAN, 2009; METZGER, 2002).

A conservação e preservação dos recursos naturais no território brasileiro vieram por meio de instrumentos normativos. Dentre esses instrumentos existe o enquadramento da Reserva Legal, sendo uma área focada na preservação e conservação de recursos presentes dentro da propriedade rural. Nos últimos anos este instrumento vem sendo discutido em diversas instancias legais, principalmente, pela alteração da lei que prevê sua regulamentação.

No âmbito legal, a Reserva Legal (RL) pode ser considerada como um mecanismo, o qual é empregado para garantir usos econômicos sustentáveis e para manutenção de serviços ambientais. Sua primeira definição legal foi apresentada na Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, a qual se constituía no então Código Florestal Brasileiro. De acordo com o a *art. 3º, parágrafo III, definiu-se RL:*

“ área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”.

A Medida Provisória (MP) 2166-67 de 2001 acrescentou, à legislação referente a RL, alguns parâmetros sobre sua alocação, os quais foram incorporados a Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012 que, por sua vez, substituiu o Código Florestal Brasileiro. São eles:

“Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei: (Redação dada pela Lei n. 12.727, de 2012).

(...)

Art. 14. A localização da área de Reserva Legal no imóvel rural deverá levar em consideração os seguintes estudos e critérios:

- I. O plano de bacia hidrográfica;*
- II. O Zoneamento Ecológico Econômico*
- III. A formação de corredores ecológicos com outra Reserva Legal, com Área de Preservação Permanente, com Unidade de Conservação ou com outra área legalmente protegida;*
- IV. As áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade; e*
- V. As áreas de maior fragilidade ambiental. ”*

No artigo 66º, também dispõe das questões relacionadas às áreas consolidadas em áreas de reserva legal, em seu inciso sete destaca, porém, que:

“§7º A definição de áreas prioritárias de que trata o § 6º buscará favorecer, entre outros, a recuperação de bacias hidrográficas excessivamente desmatadas, a criação de corredores ecológicos, a conservação de grandes áreas protegidas e a conservação ou recuperação de ecossistemas ou espécies ameaçados.”

A Lei n. 15.684 de 14 de janeiro de 2015, que “dispõe sobre o Programa de Regularização Ambiental - PRA das propriedades e imóveis rurais, criado pela Lei Federal nº 12.651, de 2012 e sobre a aplicação da Lei Complementar Federal nº 140, de 2011, no âmbito do Estado de São Paulo” cita nos artigos art. 10, art. 12, art. 21, art. 27, art. 28 que as áreas de reserva legal deverão ser utilizadas como áreas de recomposição florestal sendo reflorestadas ou conservadas.

Legalmente existe uma série de normativas e regras que a sociedade deverá seguir, para que a RL seja implantada dentro da propriedade rural. Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2008), a RL, de formação vegetal ou florestada, está relacionada ao “uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e a reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna e flora nativa”, esses aspectos mesmo que gerais indicam que as reservas legais devem se integrar as questões ambientais, uma vez que, essas áreas têm em sua constituição patrimônios ambientais como biodiversidade e serviços ecossistêmicos (METZGER, 2002).

Metzger (2010) questionou, a respeito de, quais meios seriam necessárias seguir para assegurar uma conservação da biodiversidade em áreas de reservas legais. A legislação ambiental suporta que as áreas de RL, acima de quatro módulos, devem seguir percentagens específicas (20%, 35% e 80% da área). Segundo o autor, as áreas de RL deveriam, em sua formatação, levar em consideração teorias como “populações mínimas viáveis” e o formato da paisagem. Por meio de simulações encontrou-se que, para paisagens aleatórias, deve-se conservar cerca de 59,28% de áreas de florestas (METZGER, 2002; METZGER, 2010), mantendo a paisagem de forma agrupada mantendo as condições dos serviços ambientais.

Outra questão sobre as RLs é sobre a sua forma e tamanho. Esta temática está fundamentada no conceito do tamanho e forma de áreas protegidas. Existem alguns questionamentos que, fragmentos florestais extensos têm maior potencial à conservação da biodiversidade do que um conjunto de fragmentos de menor tamanho (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; METZGER, 2010). Essa discussão baseia-se, no fato, de grandes extensões de reservas abrigarem espécies por longo prazo aumentando, assim, a resiliência das espécies. Ao contrário, pequenos fragmentos podem abrigar mais espécies que um grande fragmento (METZGER, 2010). Ao trazer esse conceito para as reservas legais, deve-se tomar os benefícios estratégicos que eles trazem para estabelecer um planejamento da paisagem. Por um lado, ao estabelecer uma reserva legal em um grande fragmento assegura-se que aquela área fique protegida da mesma forma que pequenos fragmentos de reservas legais agrupados potencializa a permeabilidade entre o mosaico da paisagem.

3.2 Restauração da Paisagem

Desde o século XIX, no Brasil, evidenciaram-se os primeiros movimentos relacionados à restauração de ecossistemas. Dentre eles, o mais conhecido é aquele que visava à recomposição florestal dos morros da Tijuca, principal manancial, da época, para abastecimento público de água do Rio de Janeiro (BRANCALION et al., 2009). Em um contexto mais amplo, segundo Aronson et al. (2006), a restauração ecológica proporciona as ligações necessárias entre a conservação dos ecossistemas e da biodiversidade, por um lado, e o desenvolvimento local sustentável, segundo “*Society for Ecological Restoration International*” (Sociedade internacional para a restauração ecológica), a “restauração ecológica é a ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação de integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicas e sociais”. A restauração ecológica é, desta forma, um processo que auxilia um ecossistema degradado, danificado ou destruído a se estabelecer buscando restabelecer seus mecanismos estruturais (ciclos biogeoquímicos), a composição das espécies e estruturas de comunidade e a sua resiliência e/ou resistência a perturbações (SER, 2015).

A restauração ecológica, por consequência, apresenta uma visão ecossistêmica do ambiente buscando atingir um nível mais específico para o equilíbrio ecológico, onde busca evidenciar as relações entre a restauração e a paisagem (MELO et al., 2013; BRANCALION et al., 2009). Podemos, assim, dizer que a restauração da paisagem refere-se às iniciativas que buscam relacionar a restauração com a estrutura, dinâmica e funções da paisagem, no sentido de entender a paisagem pelo seu mosaico e suas interações e atendendo positivamente a processos ecossistêmicos (METZGER & BRACALION, 2013).

A restauração da paisagem está situada em um contexto onde o ambiente observado apresenta diferentes usos e coberturas, com diferentes interações e níveis de degradação. Essa degradação gerada pela ação antrópica no meio leva a interrupção total ou parcial das relações ecológicas existentes como: o fluxo gênico entre espécies da fauna e flora, migração e/ou emigração de comunidades, processos de polinização e dispersão de sementes (METZGER, 1999). A recomposição florestal, guiada pela restauração da paisagem, leva ao

restabelecimento dessas relações ecológicas, uma vez que leva em consideração conceitos como a redução do efeito de borda, conectividades de fragmentos e habitats isolados, restabelecimento e melhoria dos fluxos gênicos e hidrológicos (METZGER & BRACALION, 2013).

Outra questão de relevância na restauração da paisagem é fato que, suas ações podem ser estabelecidas em diferentes escalas, podendo estabelecer em escalas locais sobre alguns hectares até mesmo em apenas alguns metros quadrados (METZGER & BRACALION, 2013), também atingindo grandes escalas como a restauração sobre mosaicos de uso e cobertura da terra. Essa mobilidade em diferentes escalas permite que o conceito da restauração da paisagem seja definido, também, em conceitos como restauração de larga-escala, ou seja, deve-se pensar em ações locais que indiretamente irão gerar ações globais, as quais auxiliam no processo em larga-escala.

Ações localizadas, como o favorecimento de conectividade entre fragmentos de potenciais fontes de dispersão de sementes e/ou polinização ou de áreas de maior resiliência, influenciam na melhora da qualidade da restauração da paisagem, porque haverá incremento na estrutura da paisagem (METZGER & BRACALION, 2013).

Esses conceitos estão relacionados aos “Neolandscape”, isto é, as definições de paisagens novas que são definidas pelo homem onde ocorre a criação de paisagem levando em consideração os interesses e as demandas das populações que estão dentro da paisagem ou que utilizam dela.

Garcia et al. (2013) avaliaram se, pela mudança da Lei n. 12.651/12 aumentaria as áreas voltadas a conservação. Os autores, por meio de dois estudos de caso, evidenciaram que a variação das metragens em relação às áreas e/ou percentagens dos instrumentos legais para conservação (área de preservação permanente e reservas legais) influenciou diretamente na estrutura da paisagem. Neste caso, pode-se notar que ao de planejar o ambiente de forma a estabelecer um mosaico guiado por questões legais existe a possibilidade de criar novos ambientes, que gerem serviços do ambiente e melhorem suas condições. Sukanuma & Torezan (2013) avaliaram a evolução dos processos ecossistêmicos em reflorestamentos de florestas estacionais. No estudo considerou-se os seguintes aspectos, importantes ao sucesso do processo de restauração e recuperação da área: quantidade de biomassa no solo, índice de compactação do solo e permeabilidade do solo. Os

autores observaram que, nas áreas de reflorestamento ocorreu incremento da biomassa aérea e seca que, consequentemente, influencia na maior massa de serapilheira no solo. Sua decomposição influencia, por sua vez, no aumento da capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas no solo. Outro fato relatado foi que a compactação do solo também apresentou diferenças, sendo que os reflorestamentos antigos apresentaram menor índice de compactação do solo.

Montoya & Memmott (2012) discorreram que, se as ações voltadas à restauração se concentrarem nos serviços ecossistêmicos, o resultado final influenciará diretamente nas espécies e nas suas interações no ambiente. Isto porque as espécies contribuem de forma diferente para as funções ecológicas (HEGLAND et al., 2010; MONTOYA & MEMMOTT, 2012). Ao estabelecer espécies que propiciem maior grau de polinização espera-se um incremento na sua biodiversidade e, ao longo do tempo a incremento, também, da percentagem de diversidade genética entre espécies. Outro fator está relacionado ao número de indivíduos arbóreos, uma vez que se o ambiente apresenta uma grande frequência indivíduos por hectare, consequentemente aumenta a capacidade de infiltração de água no solo, controle de erosão armazenamento e sequestro de carbono (MONTOYA & MEMMOTT, 2012).

Estabelecer, assim, a restauração da paisagem torna um novo parâmetro sobre o ambiente uma vez que ocorre o envolvimento entre o interesse das necessidades humanas e a conservação de processos ecológicos, como água, recursos naturais, conservação e estruturação dos serviços ecossistêmicos.

3.3 Avaliação Multicriterial

A resolução de problemas ambientais em sua maioria está baseada em uma tomada de decisão, podendo estar baseada na escolha de diferentes alternativas, aspectos do meio (critérios) ou conflitos (MALCZEWSKI, 2010).

No ambiente da abordagem de tomada de decisão, a Avaliação Multicriterial (AMC) é utilizada para resolver questões que envolvam problemas espaciais. As primeiras análises, deste tipo, foram realizadas na década de 1960 (CHAKHAR e MOUSSEAU, 2008). A grande contribuição da AMC está em sua integração com o SIG (Sistema de informação geográfica) e, assim, por sua capacidade de combinar e transformar informações geográficas e gerar mapas para a tomada de decisão (MALCZEWSKI, 2010). Possibilitando, assim, gerar que o tomador de decisão ganhe

uma capacidade de poder de decisão e, sobre o planejamento de um determinado assunto (SUGUMARAM & DEGROOTE, 2011). Ao realizar a combinação entre essas áreas ocorreu, por um lado, o fornecimento de mais e melhores informações levantadas pelo SIG e conseqüentemente à diminuição sobre os conflitos gerados pelas técnicas de AMC (FEICK & HALL 1999; JANKOWSKI & NYERGES 2001; MALCZEWSKI, 2010).

A AMC está presente em diversos estudos como no planejamento e gestão do ambiente, na alocação de recursos financeiros e de bens; na adequação do uso da terra, em especial, relacionada à avaliação de impactos ambientais; na área de transporte, indicando roteiros de caminhos; na área de planejamento urbano regional, visando ao planejamento de expansão urbana e alocação de recursos; na área de silvicultura e agricultura, para identificação de aptidões agrícolas, entre outros (CHAKHAR & MOUSSEAU, 2008).

Existem diferentes metodologias para aplicação da AMC em ambiente de SIG, sendo que os mais utilizados são os métodos que tomam por base por diferentes objetivos e os que levam em consideração os atributos (MALCZEWSKI & RINNER, 2015). O primeiro grupo, também chamado de Multi-objetivos tem como função definir alternativas de decisão, em termos de modelos que levam em consideração um conjunto de objetivos e restrições, os quais que são impostos às variáveis de decisão. O segundo grupo, que são os mais utilizados (MALCZEWSKI, 2010), tem como função realizar a tomada de decisão, tendo como base diferentes atributos que, por sua vez, são denominados de fatores (MALCZEWSKI & RINNER, 2015; MALCZEWSKI, 2010).

No contexto das análises por atributo existem alguns métodos mais utilizados, como a Combinação Linear Ponderada (CLP), o Ponto ideal e a Média Ponderada Ordenada (MPO) (MALCZEWSKI & RINNER, 2015; CHEN et al., 2003; VALENTE & VETTORAZZI, 2008; ELDRANDALY, 2013; VALENTE & VETTORAZZI, 2011; CHEN & PAYDAR, 2012; RAHMAN et al., 2012; OZTURK & BATUK, 2011; NADI & DELAVAR, 2011).

A CLP considera apenas um grupo de pesos na agregação dos critérios. Este grupo de pesos é nomeado de pesos de fator e expressa a importância relativa entre os critérios.

O método do ponto ideal avalia alternativas de decisão, com referência a alguns alvos específicos ou metas. Este método também é chamado de

programação de ideal de compromisso (ZELENY 1982; MALCZEWSKI & RINNER, 2015);

O Método da MPO é uma evolução da CLP e, conta com um segundo grupo de pesos, denominados de pesos de ordenação (MALCZEWSKI & RINNER, 2015). Seu conceito foi introduzido por Yager (1988), que observou que os pesos de ordenação permitem o entendimento e controle do nível de influência e compensação dos critérios.

Para entender o conceito da MPO deve-se primeiro entender três conceitos: critérios, pesos de fator e pesos de ordenação. Neste contexto da AMC, os critérios são, segundo Eastman (2009), a base do processo decisório, os quais podem ser medidos e avaliados. Os pesos de fator são os valores associados aos critérios, que definem a importância relativa de um fator na tomada de decisão. Os pesos de ordenação não estão associados a fatores especificamente. Eles estão relacionados a ordenação dos critérios segundo a sua influência. Estes pesos, por sua vez, definem a valoração de dois parâmetros a compensação e o risco de tomada de decisão (MALCZEWSKI, 2010).

A compensação (Figura 1) relaciona-se aos operadores de intersecção (AND) e união (OR) (MALCZEWSKI, 2000). Malczewski (2004) citou que a MPO é um método flexível, podendo assumir soluções que variam desde adversas a risco (operador de intersecção AND – um local deve atender a todos os critérios para ser incluído no conjunto de decisão) a totalmente arriscadas (operador de união OR – um local será incluído no conjunto de decisão se pelo menos um critério for atendido).

Figura 1 - Espaço de estratégia de tomada de decisão adaptado de EASTMAN, 2009

O método da MPO, de AMC, foi empregado em diversos trabalhos na área de conservação, preservação e planejamento ambiental. Amiri et al. (2013) estudaram a aplicação do método da MPO, na avaliação da capacidade ecológica de bacias hidrográficas na cidade de Mazandaran, província do Irã. Os autores avaliaram o comportamento de 15 critérios, comparando-os uns com os outros, a fim de priorizar os mais adequados. Feizizadeh & Blaschke (2013) utilizaram a MPO para avaliar áreas suscetíveis a deslizamento, em Urmina Lake no Irã. Gorsevski et al. (2012) pesquisaram a melhor alocação de aterros sanitários na região de Polog, na Macedônia, utilizando MPO e focando, principalmente, nos riscos ambientais e econômicos associados ao empreendimento.

Seguindo na área de AMC existem alguns trabalhos que estão relacionadas à questão de priorização e indicação de áreas voltadas às questões ambientais. Liu et al. (2013) definiram áreas prioritárias, em unidade de conservação, buscando identificar áreas que apresentavam serviços ecossistêmicos.

Silveira et al. (2014), baseando-se em características físicas do município de Juquiá, SP, realizaram um mapeamento de áreas susceptíveis a deslizamentos. Para tanto utilizaram o método da MPO, o qual demonstrou ser um método adequado à identificação dessas áreas. Catelani et al. (2012) priorizaram áreas para

recomposição florestal, por classificação continuada, utilizando critérios como capacidade do uso do solo e proximidade aos fragmentos florestais. Aher et al. (2013), realizaram um estudo de priorização de bacias hidrográficas em classes de susceptibilidades. Liu et al. (2013), identificaram áreas prioritárias levando em consideração os serviços ecossistêmicos, tomando alguns critérios como estoque de carbono, madeira, afloramento de nascentes, qualidade da águas e retenção de sedimentos.

No âmbito da restauração e conservação florestal pode-se citar Geneletti (2007) que priorizou áreas para conservação da fisionomia florestal em uma paisagem agrícola; Geneletti & Duren (2008), zoneando áreas protegidas para conservação; Mendonza & Prabhu (2000); Gkaraveli et al. (2004); e Sweeney & Czapka (2004), priorizando áreas à conservação florestal; Valente & Vettorazzi (2008), priorizando áreas para conservação florestal e Silveira et al. (2008) mapeando áreas florestais com diferentes níveis de risco a incêndios; e Valente & Vettorazzi (2011) que definiram áreas prioritárias à restauração florestal, visando ao manejo sustentável da água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A área de estudo é o município de Piedade, no sudoeste do estado de São Paulo (Figura 2), com área de 745 km². Segundo censo 2010, no município existem cerca de 52.143 habitantes (IBGE, 2010). O seu território possui como cobertura florestal as formações Floresta Estacional Semidecidual e a Savana Florestada, porém, degradadas pelo uso agrícola da região (COSTA et al., 2011). Atualmente, a principal atividade do município é a agricultura familiar, com produtos hortifrutigranjeiros, resultando, assim, em uma paisagem marcada pela fragmentação florestal.

Figura 2 - Localização do município de Piedade no estado de São Paulo, Brasil

O clima da região, segundo a classificação de KOEPPEN (1948), é do tipo Cwa, temperado úmido com inverno seco e verão quente, características que o definem como tropical de altitude.

O município encontra-se no reverso da Serra de Paranapiacaba assentado no Planalto Cristalino Atlântico. Os solos da região caracterizam-se como predominante podzólicos e num domínio morfoclimático de “mares de morros” (PIEIDADE, 2014).

4.2 Material

4.2.1 Sistema computacional

Para as atividades de geoprocessamento empregaram-se os seguintes Sistemas de Informação Geográficas (SIGs):

- (a) ArcGis 10.1: em especial na etapa de coleta de dados e padronização do banco de dados cartográfico do projeto;
- (b) IDRISI Kilimanjaro: na aplicação da Avaliação Multicriterial (AMC);
- (c) ENVI 4.7: processamento digital da imagem de sensoriamento remoto.

4.2.2 Imagem orbital

No mapeamento do uso e cobertura do solo empregaram-se imagens orbitais do sensor multiespectral HRG (High-Resolution Geometric) que está a bordo do satélite SPOT-5 (Tabela 1). Para recobrimento da área de estudo, necessitou-se de duas cenas, neste caso, do ano de 2009. Utilizou-se as bandas espectrais referentes aos comprimentos de onda do verde, vermelho, infravermelho próximo e Infravermelho de ondas curtas, cujos intervalos de comprimentos de onda são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características do Sensor HRG, satélite SPOT 5

Características	HRG (High-Resolution Geometric
	Intervalo espectral da banda
Características	Pancromático: 480-710 nm
	Verde: 500-590 nm
	Vermelho: 610-680 nm
	Infravermelho Próximo: 780-890 nm
Resolução espacial	Infravermelho ondas curtas (SWI): 1,58-1,75 μm
	2,5 m (Verde, Vermelho, Infravermelho próximo, Infravermelho ondas curtas (SWIR))
	5m (pancromático)
Resolução radiométrica	8 bits (256 níveis de cinza)
Dimensão da Cena	60 km x 60 km
	60 km x 120 km

Fonte: Adaptado de Spot Image (2015).

4.2.3 Banco de dados cartográfico digital

O banco de dados cartográfico, do projeto, foi padronizado para a resolução espacial de 2,5m (mesma da imagem orbital), datum SIRGAS 20000 e sistema de coordenadas UTM 23S, sendo composto pelos seguintes planos de informação (PIs):

- (a) Modelo Numérico do Terreno: produzido a partir da digitalização em tela das curvas de nível presentes nas cartas do IGC na escala 1:10.000, as quais foram posteriormente processadas por meio do método de ANUDEM, no SIG-ArcGis (HUTCHINSON & GALLANT, 2000).
- (b) Rede hidrográfica e malha viária: houve a atualização dos PIs, do banco de dados do laboratório de Geoprocessamento da UFSCar, Sorocaba. Os PIs, também, foram produzidos por meio de digitalização em tela, tendo por base as cartas do IGC (escala 1:10.000). A atualização realizou-se por meio de digitalização em tela, tendo por base imagem orbital SPOT.
- (c) Mapa de uso e cobertura do solo: produzido por meio do processamento digital da imagem SPOT (procedimento apresentado no item 4.3.1).

4.3 Métodos

4.3.1 Processamento digital da imagem orbital

Para o mapeamento de uso e cobertura do solo, necessitou-se das seguintes etapas:

1) Pré-processamento

O pré-processamento refere-se, neste estudo, às etapas de correção atmosférica e geométrica da imagem SPOT.

A correção atmosférica é necessária para que se eliminem as interferências provenientes da atmosfera nos dados espectrais (MENESES & ALMEIDA, 2012). Utilizou-se o método do *Princípio da Reflectância Zero* (NOVO, 2008). Dessa maneira, avaliaram-se os histogramas das cenas, identificando-se os pixels que deveriam apresentar valores de reflectância nula. Em seguida, esses pixels foram reclassificados para apresentarem valores digitais iguais a zero, consequentemente corrigindo os demais da cena (MENESES & ALMEIDA, 2012; EASTMAN, 2009; NOVO, 2008).

Na correção geométrica empregou-se o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação pelo vizinho mais próximo. Para essa correção houve a identificação e o registro das coordenadas de pontos, denominados de controle, e que eram comuns entre a imagem SPOT e uma imagem do Google Earth (2014) que, por sua vez, representou as coordenadas reais. O erro quadrático médio (RMS) para as cenas foi de 1,174 metros (cena 1) e de 1,182 metros (cena 2).

O RMS é uma forma simples de se ter o controle de qualidade da correção geométrica e, expressa o grau de variação entre as coordenadas de imagem e as coordenadas reais (EASTMAN, 2009).

2) Mosaicagem

O processo de mosaicagem está relacionado ao procedimento de se combinar um conjunto de imagens (p.ex. duas cenas), considerando suas características radiométrica (EASTMAN, 2009).

Havia diferenças espectrais entre as duas cenas (que recobriam a área de estudo). Desta forma, utilizando-se a área de sobreposição entre elas, executou-se o ajuste espectral (entre as cenas), igualando-se a curva do histograma de uma das

cenos, tendo como referência a curva da outra (procedimento denominado de normalização).

As cenos normalizadas foram mosaicadas (unidas em uma única imagem), tendo como referência as coordenadas da região comum entre elas.

3) Definição das classes de mapeamento

As seguintes classes de uso e cobertura do solo foram definidas, a partir do conhecimento de campo do município de Piedade:

- (a) Floresta plantada: regiões ocupadas por plantios de *Eucalyptus sp.*, *Pinus sp.*, que são as principais variedades de espécies arbóreas plantadas no município;
- (b) Floresta nativa: regiões ocupadas com as principais formações florestais do município, ou seja, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual;
- (c) Pastagem: regiões ocupadas com vegetação rasteira, em geral, por gramíneas para pastoreio ou por gramíneas invasoras indicando áreas de pastagem degradada;
- (d) Agricultura: regiões ocupadas por hortifrutigranjeiros, em geral, por pequenas propriedades (familiares); e
- (e) Área urbana: regiões ocupadas por bairros, portanto, como ruas, residências, comércio etc.

4) Amostragem das categorias de mapeamento

Para a classificação da imagem necessita-se de uma amostragem das classes de uso e cobertura do solo. Realizou esta amostragem por digitalização em tela, de polígonos que representavam as categorias previamente definidas, para assim registrar as estatísticas a serem empregadas pelo algoritmo de classificação.

O número de pixels (NP) amostrados por classe foi determinado pela eq. (1):

$$NP = \frac{Tp \times (1,5 \text{ a } 3,0\%)}{\%C} \quad (1)$$

sendo:

T_p : total de pixels da imagem; e

$\%C$: percentual que a classe de uso e cobertura do solo ocupava no município, de acordo com o mapeamento de Gasparoto et al. (2011).

5) Classificação supervisionada

A classificação supervisionada é a técnica aplicada quando consideramos imagens com características multiespectrais (NOVO, 2008). Nesta etapa empregou-se o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVer), que se baseia na teoria de probabilidade bayesiana. Desta forma, o algoritmo utiliza a média, a variância e a covariância das assinaturas espectrais (i.e. amostras das classes) para, assim, inferir sobre a probabilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe (NOVO, 2008). Isto considerando a proximidade do pixel ao centro da classe e a forma, o tamanho e a orientação deste pixel (EASTMAN, 2009; ITC, 2001). A partir do centro da classe (100% de probabilidade de um pixel pertencer a esta classe), estabelece-se linhas de probabilidade.

6) Verificação da exatidão do mapa de uso e cobertura do solo

Para verificar a exatidão do mapa, produto da classificação supervisionada, considerou-se as informações obtidas em verificação de campo, como verdade terrestre. Definiu-se o número de pontos, para esta verificação, como proposto por Eastman (2009) (Eq. 2 e 3):

$$n = \frac{z^2 x p x q}{e^2} \quad (2)$$

$$A = \frac{N}{a} \quad (3)$$

Sendo:

Z : valor padrão para um nível de confiança específico (no caso 85%, Z de 1,44);

N : número de amostras; p: percentual de exatidão esperado; q: 100 – p;

A : número de amostras para a área de estudo; e a: área de estudo (proporção).

Definiu-se um total de 191 pontos amostrais, distribuídos de forma estratificada ao acaso no município (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição dos pontos da verificação de campo, para o município de Piedade, SP.

4.3.2 Avaliação Multicriterial

A Avaliação Multicriterial (AMC) contempla as etapas de definição dos critérios (i.e. fatores e restrições), definição dos pesos de fatores, geração dos mapas de fatores, normalização destes mapas e agregação deles, por meio de um método de AMC, neste estudo da Média Ponderada Ordenada (MPO). Estas etapas serão descritas a seguir.

3.3.2.1 Definição dos critérios

Na definição dos critérios utilizou-se a Técnica Participatória, como indicado por Malczewski & Rinner (2015), Eastman (2009), Boroushaki & Malczewski (2010), a qual baseia-se na reunião entre especialistas (denominados “tomadores de decisão”) que representem as diferentes áreas de interesse do projeto.

Silveira (2008), Boroushaki & Malczewski (2010) e Valente & Vettorazzi (2013) também definiram seus critérios (fatores e restrições) e os pesos associados aos fatores por meio dessa técnica, sendo que adotaram como critérios e pesos “finais” o consenso do grupo.

Para aplicação da técnica, enviou-se aos tomadores de decisão mensagem eletrônica com (i) resumo do projeto inicial, explicitando o que são critérios (fatores e restrições); (ii) uma tabela a ser preenchida com os fatores que eles julgam importantes ao projeto; (iii) e a solicitação de comentários gerais que justificassem a escolha dos critérios. Foram consultados 28 especialistas de diferentes áreas relacionadas à restauração florestal, geoprocessamento, ecologia de paisagens, legislação florestal, hidrologia. Deste total, foram respondidos 15 questionários (53% dos especialistas).

O grupo de critérios, que representa o consenso do grupo, e considerado como importante aos objetivos do projeto é formado por: proximidade à rede hidrográfica, proximidade aos fragmentos florestais, declividade, distância à malha viária e vizinhança. Os procedimentos que descrevem os critérios, bem como a justificativa pelo qual eles foram utilizados são descritos a seguir.

(A) Proximidade à rede hidrográfica

O critério proximidade à rede hidrográfica (Figura 4) torna-se importante, em especial, quando existe a necessidade de restauração florestal da mata ciliar, (CASTRO et al., 2012). Dentre suas funções está a manutenção da saúde ambiental das microbacias, porque contribui para o equilíbrio das relações hídricas das zonas ripárias ou das áreas de saturação hídrica (ZAKIA et al., 2006).

Castro et al. (2012) ressaltam a contribuição positiva da mata ciliar no balanço hídrico, na estabilização das áreas que margeiam os rios e tem susceptibilidade à

erosão, na diminuição do assoreamento da calha do rio, e na regulação do aporte de nutrientes provenientes de culturas agrícolas, entre outras.

A mata ciliar promove, ainda, a conectividade florestal com outros fragmentos da paisagem que, por sua vez, pode facilitar o deslocamento tanto de populações e processos como a dispersão de sementes e pólen (CASTRO et al., 2012). Pode-se, assim, dizer que ela funciona como um corredor ecológico ou de habitat (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Figura 4 - Fator proximidade a rede hidrográfica e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)

Ações realizadas próximas a esta faixa podem, desta forma, contribuir para a restauração da paisagem como um todo bem como para a reabilitação de processos

ecológicos, em especial com a manutenção dos recursos hídricos estando assim em conformidade perante o inciso III do Art. 3 da Lei n. 12.651/12.

Para gerar o mapa do fator, produziu-se o mapa de distância aos corpos d'água, a partir do plano de informação rede hidrográfica. Esse, associado aos limites do município, possibilitou ter as distâncias somente dentro dos limites do município de Piedade. A etapa seguinte foi a normalização, ou seja, padronização do mapa de distância para uma escala comum a todos os critérios, nesse caso variando de 0 a 255 bytes. Utilizou-se uma função linear decrescente, para determinar que os locais próximos à rede hidrográfica apresentaram valores próximos a 255 bytes.

(B) Proximidade aos fragmentos florestais

A proximidade aos fragmentos florestais (Figura 5) está diretamente relacionada à capacidade de conectividade, que os fragmentos apresentam entre si. Essa proximidade também facilita o fluxo gênico entre espécies e a ligação entre habitats (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Considerando que a fragmentação seria uma quebra na continuidade de uma unidade, neste caso a cobertura florestal, ao se interromper essa unidade ocorre à formação de unidades menores, que apresentam em sua constituições dinâmicas e sistemas diferentes da sua origem (PIROVANI, 2010). Assim, conciliar fragmentos próximos torna-se fundamental para que a unidade anteriormente existente venha a reaparecer na paisagem. Esse critério se torna válido, também, pelo seu caráter legal, ou seja, a Lei n. 12.625/12 em seu art. 14. Inciso terceiro diz que se devem alocar Reservas Legais em locais que possibilitem a ocorrência de corredores ecológicos.

Figura 5 - Fator proximidade aos fragmentos florestais e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)

A partir do plano de informação fragmentos de floresta, extraído do mapa de uso e cobertura do solo, gerou-se um mapa com as distâncias entre os fragmentos. Esse mapa foi associado ao limite do município. O critério foi submetido a uma normalização por uma função decrescente (escala 0 – 255 bytes), assim, os locais próximos aos fragmentos florestais passaram a apresentar valores próximos ou iguais a 255 bytes.

(C) Declividade

Segundo a Lei n. 12.625, em seu art. 14, item “V”, as RLs deverão estar em áreas que apresentam fragilidades ambientais. Neste contexto, dentre os fatores possíveis de serem utilizados e, também, considerando o indicado pelos especialistas definiu-se a declividade como um dos critérios importantes à tomada de decisão. Silveira et al., (2014), dentre seus fatores, utilizaram a declividade como sendo o fator mais importante para a ocorrência de deslizamento de terra. A fragilidade ambiental tende a ser maior à medida que se tem terrenos mais inclinados (FRANCO et. al, 2012). Desde modo, pode-se inferir que o critério declividade está representando em, seu contexto, a questão legal da fragilidade ambiental. O mapa de declividade (Figura 6) foi gerado a partir do Modelo Numérico do Terreno.

Figura 6 - Fator de declividade e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)

Posteriormente, seus valores foram normalizados para a escala que varia de 0 a 255 bytes, por uma função linear crescente. Desta forma, os maiores valores de declividade (neste caso em porcentagem) foram associados aos maiores valores na escala comum.

(D) Distância à malha viária

Considerou-se a distância à malha viária (Figura 7) como um critério importante, porque quando mais distante uma ação de restauração florestal está desta estrutura, maior é sua chance de sucesso.

Figura 7 - Fator distância à Malha Viária e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)

O principal aspecto da ação de estradas está no seu efeito negativo sob os fragmentos florestais. Seu arranjo espacial, principalmente, sua disposição em relação ao contexto florestal e o posicionamento da malha em relação ao habitat (CONSTANTINO et al., 2013).

Magalhães et al. (2011) avaliaram os tipos de impactos ambientais relacionados às obras de pavimentação. Os autores apontaram como os de maior magnitude aqueles relacionados ao meio físico, principalmente, aqueles que provocavam processos erosivos e assoreamento, por ações de desmatamento ao longo da implantação das estradas. Muitos desses efeitos são imediatos à implantação da malha viária, outros podem acarretar efeitos posteriores, como o efeito de borda e o isolamento de espécies (FREITAS et al., 2013; SOUSA et al., 2009).

A partir do plano de informação malha viária, criou-se um mapa de distâncias a estas feições. Esse mapa foi associado ao limite do município e, em seguida, normalizado para a escala comum, por meio de uma função linear crescente. Desta forma, quanto mais distante um fragmento está da malha viária maior valor foi associado a ele na escala 0-255 bytes.

(E) Vizinhança aos fragmentos florestais

O critério vizinhança aos fragmentos florestais (Figura 8) expressa a relação entre os fragmentos florestais e seus vizinhos, priorizando os usos e coberturas do solo que apresentam melhores características à implantação de reservas legais. Silveira et al. (2008) relacionaram o critério de vizinhança aos fragmentos com o risco de incêndios florestais.

Figura 8 - Fator de Vizinhança aos Fragmentos Florestais e função empregada para sua normalização à escala comum (0-255 bytes)

O critério foi estabelecido, primeiramente, observando os vizinhos aos fragmentos florestais, presentes no mapa de uso e cobertura do solo.

Primeiramente, a partir dos fragmentos florestais, gerou-se o mapa de distância entre eles. Esse mapa foi sobreposto a outro contendo a importância dos vizinhos (Tabela 2) para a implantação de RL. O produto da sobreposição foi normalizado para a escala 0 – 255 bytes, usando uma função linear crescente. Desta forma, quanto menor for a distância aos fragmentos florestal e, ainda, maior o peso associado ao uso e cobertura do solo, maior será o valor associado ao local, na escala comum.

Tabela 2 - Valores de pesos associados ao mapa de uso e cobertura do solo

Uso e Cobertura do Solo	Peso
Floresta Nativa	1
Floresta Plantada	2
Pastagem	4
Agricultura	5
Estrada	6
Hidrografia	7

3.3.2.2 Definição dos pesos de fator

A etapa seguinte, no âmbito do método da MPO, foi a definição dos pesos de fator. Dentre os métodos utilizados, num contexto de tomada de decisão, existe o Processo Analítico Hierárquico (AHP), desenvolvido por Saaty (1997). O método consiste em julgar os pesos dos fatores com base em uma escala de nove níveis numéricos (Figura 9). Esse processo foi realizado em conjunto a consulta aos especialistas. Posteriormente, foi elaborada uma matriz quadrada $n \times n$, para comparação entre os fatores, sendo que eles são alocados tanto nas linhas como nas colunas, sendo somente a região triangular inferior avaliada (SAATY, 1977; SILVA et al., 2008; EASTMAN, 2009). Essa avaliação consiste em relacionar os valores dos pesos, encontrados entre os fatores, de modo a obter para cada relação um nível dentre os nove numéricos, proposto pela escala do método da AHP. Após o agrupamento dos critérios, com seus pesos já estabelecidos, aplica-se uma média ponderada para a obtenção do peso final de cada um.

Calcula-se, para a matriz, a Taxa de Consistência (TC), sendo ela um indicativo da probabilidade de que os fatores tenham sido gerados de forma aleatória. Os valores de TC devem ser sempre abaixo de 0,10. Caso estejam acima desse valor deve-se reorganizar a matriz pela alteração dos valores de comparação entre os fatores (SAATY, 1980).

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Muito	Fortemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fortemente	Muito	Extremamente
Menos Importante					Mais Importante			

Figura 9 - Escala contínua para elaboração da matriz de comparação pareada (adaptado de SILVA, 2008)

3.3.2.3 Definição dos pesos de ordenação

Essa segunda valoração de pesos controla a maneira pelo qual os fatores são agregados e o nível de compensação entre eles, considerando o espaço de estratégia de decisão (Figura 8). A maneira como os fatores serão compensados é que controla o modo de como o operado da MPO agrega os fatores, no *continuum* entre os extremos (AND e OR) (Eastman & Jiang, 1996). Se a maior parte dos pesos de ordenação for assinalada à esquerda, à direita ou ao centro, isto irá determinar a posição na dimensão de risco assumido, no processo de tomada de decisão (MALCZEWSKI, 1999).

Os parâmetros $ANDness$ e $ORness$ (risco assumido) e compensação caracterizam, segundo Jiang & Eastman (2000) a natureza da média ponderada ordenada. Eles são calculados como apresentado nas equações (4), (5) e (6).

$$ANDness = \frac{1}{n-1} \sum [(n-i)W_i]; \quad (4)$$

$$ORness = 1 - ANDness; \text{ e} \quad (5)$$

$$Compensação = 1 - \sqrt{\frac{\sum (W_i - 1/n)^2}{n-1}} \quad (6)$$

Sendo:

n : número total de fatores;

i : ordem do fator; e

W : peso de ordenação do fator.

Usualmente, é utilizada a agregação da MPO levando-se em consideração um valor de risco previamente estabelecido. Para este trabalho foi pré-estabelecido os valores de compensação entre os fatores. Assim, o método levou em consideração a compensação entre os fatores como parte importante para a tomada de decisão. Ressalta-se que ao utilizar um valor de compensação obtém-se, como resultado, duas soluções com diferentes riscos (R) para o processo de tomada de decisão.

Silveira et al., (2014); Liu et al., (2013); Valente & Vettorazzi (2008); Silva et al., (2008) também utilizaram o método da MPO, porém levando em consideração a

variação dos valores de pesos de ordenação, segundo um risco pré-estabelecido e, não pré-definindo níveis de compensação entre fatores.

Assim, os pesos de ordenação foram escolhidos levando-se em consideração três níveis de compensação (C): baixo, médio e alto.

O primeiro levou em consideração a uma compensação alta entre os fatores (aprox. 78% ou 0,78), o segundo levou-se em consideração uma compensação média (aprox. 55% ou 0,55) e por fim um que representa uma compensação baixa (aprox. 36% ou 0,36) entre os fatores.

Figura 10 - Espaço de decisão em relação à compensação entre fatores (adaptado Malczewski, 1999)

No final do processo da AMC, pelo método da MPO, foram obtidos seis mapas. Para cada ponto estabelecido no espaço de decisão (figura 10) foi gerado os valores de ordenação segundo a Tabela 3.

Tabela 3 - Pesos de ordenação relacionados aos valores de compensação estabelecidos

Critério	Ponto	Vizinhança	Distância a malha viária	Declividade	Proximidade a Rede Hidrográfica	Proximidade aos Fragmentos	Compensação
Pesos de Ordenação	MPO1	0,0800	0,1400	0,2000	0,3200	0,2600	0,7879
	MPO2	0,3200	0,2600	0,2000	0,0800	0,1400	
	MPO3	0,0032	0,0037	0,1938	0,3997	0,3996	
	MPO4	0,3997	0,3996	0,1938	0,0032	0,0037	0,557
	MPO5	0,0187	0,0375	0,0750	0,1688	0,7000	
	MPO6	0,7000	0,1688	0,0750	0,0187	0,0375	

4.3.3 Agregação dos valores

Com a prévia definição dos pesos de fator e ordenação, os fatores foram agregados por meio do método da MPO (eq. 4) , no ambiente do SIG-IDRISI, como proposto por Yager & Kacprzyk (1997):

$$MPO_i (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) = \sum_{j=1}^n v_i Z_{ij} \quad (4)$$

Sendo:

$Z_{i1} \geq Z_{i2} \geq \dots Z_{in}$: ordem de raqueamento dos fatores (para diferentes grupos de pesos);

v : pesos de ordenação.

Assim, ao final do processo pode-se obter como resultado da análise multicritério seis mapas de áreas prioritárias, uma vez que, ao observar a Figura 3 conclui-se que, a cada valor de compensação utilizado são gerados dois mapas de riscos diferentes, sempre um primeiro de maior risco e, conseqüentemente, outro de menor risco. Isso se manteve para os dois outros pesos de compensação. Ao final do processo os mapas foram reclassificados em classes de prioridade (Muito alta, alta, média, baixa, Muito baixa) através da análise dos histogramas.

4.3.4 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma ferramenta que auxilia na compreensão das variáveis previamente definidas pelos tomadores de decisão, ou seja, ela avalia qual o grau de importância de um fator e sua influência no poder de decisão (VALENTE & VETTORAZZI, 2009). Essa análise tem como objetivo dar robustez à análise, uma vez que testa a veracidade do peso de fator avaliando também diferentes alternativas (MALCZEWSKI, 2010).

Um dos métodos de análise é o exploratório, que propõe mudanças na organização da matriz de comparação pareada, eliminando-se um fator de cada vez. Nos pesos de ordenação, o valor correspondente ao fator retirado é distribuído igualmente entre os demais (VALENTE & VETTORAZZI, 2009).

Assim, após determinar qual dos mapas gerados inicialmente, pelos valores de compensação pré-estabelecidos, foi o que melhor representou o objetivo final e quais foram os critérios, foi realizado o método exploratório gerando-se assim uma nova tabela de comparação pareada e, também, novos valores de pesos. Por consequência obteve-se nova taxa de consistência.

4.3.5 Análise de correlação entre os mapas

No âmbito da AMC existem algumas questões que não são controladas pelos tomadores de decisão, principalmente, as características intrínsecas aos critérios. A análise de correlação vem com um possível indicativo estatístico, que demonstrará a relações entre os fatores. Isto por meio da relação entre o mapa final de área adequadas à implantação de reservas legais e os fatores utilizados.

Os valores de correlação variam entre 0 e 1, sendo que, quanto maior for a igualdade entre os fatores, maior será sua dispersão. Sendo interpretada como o grau de informação que o operado MPO utiliza, as informações contidas nos mapas de fator, ou seja, quanto mais disperso os pesos de ordenação, mais informações estarão sendo utilizadas e contidas nos mapas de fatores (MALCZEWSKI & RINNER, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapeamento de uso e cobertura do solo

O mapeamento de uso e cobertura do solo (Figura 11), produzido com o método MaxVer, obteve resultados satisfatórios e coerentes com a realidade do município de Piedade. Segundo Dermarchi et al. (2011); Tangerino et al. (2013) o método tem demonstrado bons resultados, em relação à geração das classes de uso e cobertura. Bias et al. (2012) afirmaram que, para classificações com o algoritmo, obtiveram um bom agrupamento de classes.

Figura 11 - Uso e Cobertura do Solo para o Município de Piedade, SP, para o ano de 2015

Na matriz de confusão (Tabela 5), produzida para verificar a exatidão do mapa, a diagonal indica o número de pontos onde houve coincidência entre o mapa

temático e a verdade terrestre. A partir dessa matriz, obteve-se uma porcentagem de acerto global de 93,00% para o mapeamento. Já para as categorias do mapa obteve-se os seguintes valores de exatidão: 97,87% para a floresta nativa, 75,00% para a floresta plantada, 84,37% para a pastagem, 95,65% para a agricultura e 100% para a malha viária e rede hidrográfica (geradas por digitalização em tela).

Tabela 4 - Matriz de confusão produzida para o mapa de uso e cobertura do solo do município de Piedade, SP

Uso e Cobertura do solo	Floresta Nativa	Floresta Plantada	Pastagem	Agricultura	Malha viária	Total
Floresta Nativa	92	1	4	1	0	98
Floresta Plantada	0	3	0	0	0	3
Pastagem	0	0	54	0	0	54
Agricultura	2	0	6	22	0	30
Malha viária	0	0	0	0	3	3
Total	94	4	64	23	3	187

O município de Piedade possui, de acordo com o mapa de uso e cobertura do solo (Figura 11 e Tabela 5) aproximadamente 52% de sua área ocupada por floresta nativa, demonstrando que tem potencial para conservação florestal, em especial, considerando-se que tem por vizinhos, em sua porção sudeste o Parque Estadual (PE) do Jurupará e na porção nordeste a Área de Preservação Ambiental (APA) de Itupararanga.

A agricultura representou 13,59% da área total do município e a pastagem 31,80%, sendo elas as principais atividades econômicas da região. A agricultura praticada na região é familiar, ou seja, de pequenos produtores com culturas predominantes de hortaliças, tubérculos entre outros. A floresta plantada ocupou apenas 1,36% de sua área total, sendo formada por talhões não mais manejados de eucalipto ou, ainda, por alguns que pertencem a agricultores do município. Feições como rede hidrográfica e área urbana ocupam menos que 1% (cada uma delas) do município.

Tabela 5 - Área (ha e %) ocupada pelas classes de uso e cobertura do solo, do município de Piedade, SP

Uso e cobertura do Solo	Área (ha)	Área (%)
Floresta nativa	38,41	51,60
Floresta plantada	1,01	1,36
Pastagem	23,67	31,80
Agricultura	10,12	13,59
Represas	5,89	0,79
Área urbana	6,31	0,84
Total	74,44	100

5.2 Soluções à restauração florestal, para definição de RL

Os mapas (i.e. soluções/cenários) com áreas adequadas à restauração florestal com nível baixo de compensação ($C = 0,3618$) obtiveram risco (R) de, respectivamente 0,2687 (MPO5) e 0,8453 (MPO6) e, podem ser observados na Figura 12. Nela se tem, também, os mapas com nível médio de C ($C = 0,5570$), que resultaram em R , para o processo decisório, de 0,2503 (MPO 3) e de 0,7456 (MPO4) e, ainda, aqueles associados ao nível alto de C ($C = 0,7879$) e, consequentemente, com R de 0,3800 (MPO 1) e de 0,6200 (MPO2).

Quando se identificaram áreas adequadas/prioritárias, considerando os valores de compensação, buscou-se entender a relação existente entre os critérios. Isto porque ao se estabelecer um valor de compensação, existe a alteração no nível de influência (que é intrínseca a cada um) de um fator.

Figura 12 - Áreas adequadas à restauração florestal, para a definição de reserva legal com os seguintes níveis de C: alto (MPO1 e MPO2); médio (MPO3 e MPO4) e baixo (MPO5 e MPO6)

Com a utilização de diferentes níveis de C, tem-se diferentes cenários/soluções para a identificação de áreas adequadas à restauração florestal (Figura 18). Valente & Vettorazzi (2011), Silveira et al. (2014) e Pinto et al. (2015) também obtiveram diferentes soluções, para seus respectivos processos decisórios, com diferentes riscos de tomadas de decisão. Os autores, no entanto, pré-definiram os níveis de risco (R) que desejam avaliar e, não o nível de compensação (C), como ocorreu neste estudo.

A principal dificuldade de se definir o nível de C está relacionada ao algoritmo de MPO estar disponível, na maioria dos SIGs, como uma rotina de trabalho. No presente trabalho (como mencionado no item 3.3.2.3) calcularam-se, primeiramente, os diferentes níveis de C que se desejava avaliar.

Os diferentes níveis de C permitiram, também, a variação do nível de influência dos fatores nos mapas (MPO1 a MPO6 – Figura 12). Caso os valores de pesos de ordenação estiveram alocados, dentro do espaço estratégico de decisão, para o lado direito ou esquerdo isso influenciava no risco assumido (MALCZEWSKI, 1999). Desta forma, foi possível observar que o espaço estratégico decisório (Figura 10), pode ser subdividido em dois grandes grupos, divididos por “uma linha”, que representa em valores um método da AMC chamado Combinação Linear Ponderada. Como lembrado por Eastman (2009), com a aplicação deste tradicional método da AMC, a agregação de fatores, ocorre à compensação total entre eles. Observou-se, assim, que quando se pré-definem valores de C, de um alto nível de compensação a um baixo (“sentido decrescente”), com consequente tendência de se ter alto valor de R, os critérios de maior influência (na ranqueamento dos fatores) são aqueles que mais influenciam na definição do mapa final.

No segundo grupo, onde os valores de C e R tenderam a diminuir (Figura 12 – MPO1, MPO3 e MPO5), observou-se a maior influência dos fatores, previamente classificados (no ranqueamento entre fatores) como de menor influência (de acordo com a característica intrínseca do fator), no mapa final de áreas adequadas à restauração florestal (Figura 12 – MPO2, MPO4 e MPO6).

O percentual de área ocupada por diferentes níveis de prioridade à restauração florestal para as soluções MPO 1 a MPO 6 (Figura 12) estão na Tabela 5.

Tabela 6 - Áreas ocupadas por níveis de prioridades nos mapas MPO1 a MPO6, para o município de Piedade, SP

	Área da classe (%)				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
MPO 1	0,05	4,08	21,08	55,76	19,03
MPO 2	9,51	35,88	30,17	17,85	6,60
MPO 3	0,04	4,70	17,80	53,84	23,62
MPO 4	33,68	34,31	20,21	9,72	2,08
MPO 5	0,04	1,68	5,02	6,61	86,65
MPO 6	39,12	36,26	17,56	5,78	1,28

Os mapas MPO1, MPO3 e MPO5, são aqueles que apresentaram, entre si, valores de C decrescente e valores de R que podem ser organizados de forma crescente. MPO1 e MPO3 obtiveram a maior parte do município associadas aos altos valores de prioridade (Tabela 6). MPO1 apresentou 19,03% do município classificado com prioridade muito alta e 55,76% com alta. De acordo com a solução MPO3, o município possui 23,62% de sua área com prioridade alta e 53,84% com prioridade alta. A solução MPO5 indicou, por sua vez, que a maior parte do município (86,65%) deve ser restaurado.

As soluções MPO2, MPO4 e MPO6 propuseram a priorização de áreas de maneira distinta das anteriores (Tabela 6). De acordo com MPO2 o município apresentou maior percentual de prioridade baixa-média à restauração (baixa = 35,88% e média = 30,17%). Já, segundo MPO4 e MPO6, o município apresentou áreas com prioridade baixa à muito baixa para a restauração. A classe baixa ocupou, da área do município, 34,31% e 36,26% em MPO4 e MPO6, respectivamente. Já a classe de prioridade baixa 33,68% e 39,12% (Tabela 6).

Malczewski & Rinner (2015) Valente & Vettorazzi (2008); Silveira et al., (2014) ressaltam que a melhor solução não é, necessariamente, aquela de menor risco. Os autores complementam que este fato ocorre, principalmente, porque deve-se observar não apenas o âmbito estatístico do método, mas também os fatores biológicos e físicos da paisagem relacionados aos critérios.

5.3 Análise de correlação entre os fatores

Os resultados da análise de correlação, entre as soluções MPO1 a MPO6, estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Correlações entre os mapas MPO1 a MPO6

	MPO 1	MPO 2	MPO 3	MPO 4	MPO 5	MPO 6
MPO 1	1					
MPO 2	0,8936	1				
MPO 3	0,9555	0,7509	1			
MPO 4	0,6273	0,8937	0,4248	1		
MPO 5	0,8119	0,5695	0,8512	0,2281	1	
MPO 6	0,5542	0,8033	0,3797	0,9112	0,2540	1

Observa-se que houve maior similaridade entre MPO1 e MPO3 e, de maneira contrária, a menor similaridade entre MPO4 e MPO5. A alta correlação, entre os dois primeiros mapas, é consequência deles apresentarem alto valor de R e valor de C acima da média.

Os mapas MPO4 e MPO5 apresentaram, por sua vez, características antagônicas entre si, principalmente, em relação aos valores de C e R. MPO4 apresentou R baixo (0,7456) e C média-alta (55,70%), enquanto, MPO5 caracterizou-se por possuir um R alto (0,2687) e C baixa entre os fatores (36,18%). Consequentemente, houve diferenças entre as áreas ocupadas por suas classes de prioridades. Em MPO4, o maior percentual de área, do município, foi ocupado por classes de menor valor de prioridade e, de maneira contrária, em MPO5, que está associada aos maiores níveis de prioridade. MPO4 e MPO5, no entanto, foram mapas que não expressaram corretamente a relação entre importância dos fatores e objetivos do estudo. Assim, pode-se ressaltar que, os mapas que melhor expressaram esta relação foram MPO1 e MPO3.

Considerando que o município tem predominância de pequenas propriedades rurais, o objetivo de alocação de áreas de RL (i.e. RL dentro das propriedades rurais) são áreas que atendam tanto questão ecológica (representada por meio dos critérios) quanto a questão legal (Lei n. 12651/2012). Como citado por Silveira et al. (2014) deve-se, no entanto, lembrar que critérios ambientais estão sujeitos a influência de eventuais sazonalidades e situações não previstas, visto sua complexidade.

Neste contexto, a solução mais apropriada à definição das áreas prioritárias à restauração, para implantação de RL, considerou aspectos metodológicos e outros, intrínsecos aos objetivos do estudo. Dentre as soluções apresentadas, a MPO3 foi a que atendeu a estes dois aspectos. Por meio dela, teve-se a determinação das áreas prioritárias considerados os critérios, de acordo com a importância deles (predefinida na Técnica Participatória), fato que não ocorreu nas demais soluções.

Por meio de MPO3 pode-se direcionar as ações iniciais, visto que 23,62% da área do município foi classificada como de prioridade muito alta e, em seguida, planejar a continuidade delas, diferente do que o proposto para as soluções MPO2, MPO4, MPO5 e MPO6 que apresentaram a concentração de áreas em uma e/ou duas classes de prioridade (Tabela 6).

Em relação a MPO1, a principal diferença foi à influência local de alguns fatores. Em MPO3, mesmo aqueles de menor influência, contribuíram na priorização de áreas, fato que nem sempre ocorreu em MPO1.

Neste contexto, considerando que município tem predominância de pequenas propriedades rurais, o objetivo de alocação de áreas de RL são áreas que levam em questão tanto uma relação ecológica, observado principalmente pelos critérios levantados no projeto como também uma questão legal, isto é, de cumprimento de legislação deve-se considerar que o mapa de áreas de RL, visando à restauração florestal apresente ambas as questões. Quando se apresenta critérios onde a sua origem é ambiental, seja ela do meio físico ou biológico, devemos entender que tais critérios são influenciados por eventuais sazonalidades e situações não previstas. Isso devido a sua complexidade em entender essas relações se torna um fundamental exercício ao realizar uma de AMC uma vez que essa avaliação traz maior robustez ao método (SILVEIRA et al., 2014). Assim, a melhor espacialização, ou seja, o mapeamento que expressa o melhor valor escolhido previamente de compensação a implantação de reservas legais visando à restauração, deverá levar em consideração tanto o aspecto metodológico e também o aspecto intrínseco ao trabalho. Para trabalhar essas relações apresentadas pelo objetivo do projeto observa-se que principalmente no mapa MPO3 (Figura 13), uma vez que apresenta uma maior proporção de áreas de prioridade alta em relação aos outros mapas gerados pelo método, apresenta maior correlação entre os mapas gerados e suas áreas foram distribuídas de forma a atender os requisitos e critérios, ambientais

estabelecidos pelos especialistas, como também atende aos requisitos relacionados ao desenvolvimento e manutenção das atividades empregadas na região.

Figura 13 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP

No item a seguir (5.4. Análise de sensibilidade) haverá a discussão da importância dos fatores, discutindo o porquê foram mantidos no processo e, ainda, ressaltando a contribuição deles na definição de áreas adequadas à restauração. Contribuição que não se observou, de forma adequada, nas demais soluções.

5.4 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade demonstrou que, de modo geral, ao se eliminar um fator do processo decisório tem-se a consequente alteração dos níveis de C e R, bem como dos valores de pesos de ordenação (Tabelas 8 e 9). Por meio dela, pode-se constatar, com já citado anteriormente, a importância e influência dos fatores neste processo decisório.

Tabela 8 - Pesos de fator, empregados na análise de sensibilidade

Fatores	Pesos de fator				
Proximidade a rede Hidrográfica	-	0,4554	0,4554	0,4236	0,4236
Proximidade aos Fragmentos Florestais	0,3333	-	0,2628	0,2270	0,2270
Declividade	0,3333	0,2628	-	0,2270	0,2270
Vizinhança aos Fragmentos Florestais	0,1667	0,1409	0,1409	-	0,1223
Distância a malha viária	0,1667	0,1409	0,1409	0,1223	-

Tabela 9 - Pesos de ordenação, risco (R) e compensação (C), empregados na análise de sensibilidade

Critérios	Pesos de Ordenação					Risco	Compensação
Proximidade a rede Hidrográfica	-	0,4995	0,4481	0,3996	0,4006	0,3334	62,19%
Proximidade aos Fragmentos Florestais	0,4995	-	0,4480	0,3996	0,4005	0,3338	62,20%
Declividade	0,2937	0,2937	-	0,1937	0,1947	0,3677	54,24%
Vizinhança aos Fragmentos Florestais	0,1031	0,1036	0,0516	-	0,0009	0,3347	61,94%
Distância a malha viária	0,1036	0,1031	0,0521	0,0037	-	0,3329	61,63%

Nas Tabelas 10 a 13 estão as matrizes de comparação pareada, reorganizadas após a eliminação dos fatores, respectivamente, proximidade à rede hidrográfica, proximidade aos fragmentos florestais, declividade e distância à malha viária, como proposto no item 3.3.4 (Material e Métodos). Isto, tendo como referência a solução considerada, até o momento, como mais adequada (com a agregação de todos os fatores) para este processo decisório, que é a solução MPO3.

Nas Figuras 14 a 18 estão às respectivas soluções obtidas, com a agregação dos fatores (por meio de MPO), considerando os “novos” pesos de fator (Tabelas 10 a 14) e de ordenação (Tabela 3).

Com a eliminação do fator **proximidade à rede hidrográfica** (Tabela 10), o valor de R, associado à solução (mapa – Figura 14) tendeu ao nível médio (R= 0,3334) e houve maior C (C = 62,19%), entre os fatores os demais do que na solução obtida (MPO 3, Figura 13) com a presença do mapa de proximidade. A

espacialização das áreas prioritárias também apresentou diferenciação entre os dois mapas: com o fator (Figura 13) e sem o fator (Figura 14).

Tabela 10 - Matriz de comparação pareada: sem o mapa de proximidade à rede hidrográfica

TC = 0,017	Proximidade ao Fragmentos Florestais	Declividade	Vizinhança ao Fragmentos Florestais	Distância a malha viária
Proximidade ao Fragmentos Florestais	1			
Declividade	1	1		
Vizinhança ao Fragmentos Florestais	1/2	1/2	1	
Distância a malha viária	1/2	1/2	1	1

Figura 14 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de proximidade à rede hidrográfica

É importante ressaltar que o fator proximidade à rede hidrográfica, dentre fatores selecionados, foi o apontado como de maior importância para este processo de tomada de decisão, pelos especialistas consultados (Técnica Participatória). Outro ponto, é que o fator apresentou uma influência intrínseca. Ele foi o primeiro na ordem de ranqueamento dos fatores, como consequência da distribuição espacial de suas feições (corpos d'água) homogeneamente por toda a paisagem de estudo. Segundo a Lei n. 12651 (25 de maio de 2012), em pequenas propriedades rurais, de agricultores familiares, pode-se incluir as APPs de curso d'água, para se obter o total de área de RL. Isto, deste que a medida não implique na conversão de novas áreas, para o uso alternativo do solo.

Com a eliminação desse fator, as áreas que eram associadas aos altos níveis de prioridade deixaram de estar próximas, na sua maioria, aos cursos d'água (Figura 14). Fato que não ocorria, quando houve a agregação dos fatores, incluindo o mapa de proximidade (Figura 13).

Pode-se, assim, dizer que o mapa de proximidade à rede hidrográfica é importante para este processo decisório, tanto por uma questão de fundamentação teórica (e metodologia), como por sua importância ambiental relacionada à alocação de RL.

Comportamento semelhante aconteceu com a eliminação do fator **proximidade aos fragmentos florestais** (Tabela 11 e Figura 15). A solução também assumiu R médio ($R = 0,338$), com maior valor de C ($C = 62,20\%$) do que quando se utilizou o fator (MPO 3, Figura 20).

Tabela 11 - Matriz de comparação pareada: sem a proximidade aos fragmentos florestais

TC = 0,019	Proximidade a rede Hidrográfica	Declividade	Vizinhança ao Fragmentos Florestais	Distância a malha viária
Proximidade a rede Hidrográfica	1			
Declividade	1/2	1		
Vizinhança ao Fragmentos Florestais	1/3	1/2	1	
Distância a malha viária	1/3	1/2	1	1

Figura 15 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de proximidade aos fragmentos florestais

O mapa de proximidade aos fragmentos florestais ocupou o segundo lugar no ranqueamento dos fatores. Ele é, portanto, um dos mais influentes no processo decisório. Com sua eliminação, o mapa de proximidade à rede hidrográfica reforçou sua influência no mapeamento (visto que foi o primeiro na ordem de ranqueamento). Por este motivo, observou-se uma solução (Figura 14) com a priorização em função da proximidade à rede hidrográfica. Quando se elimina um fator muito influente a tendência, como aconteceu na solução anterior, é diminuição no risco associado ao processo decisório.

Pode-se, desta maneira, dizer que a eliminação do fator proximidade aos fragmentos florestais não propõe uma solução, de acordo com o pré-estabelecido para este processo decisório, solução (Figura 15) com a priorização de áreas, predominantemente, em função de um fator (i.e. em função de rede hidrográfica).

Destaca-se, ainda, a questão da importância dos remanescentes florestais no processo de conectividade florestal da paisagem. A própria legislação tem a premissa da existência desta conectividade, para o estabelecimento de RL.

No que diz respeito à solução, produto da eliminação do fator **declividade**, ela assumiu risco médio-baixo ($R = 0,3677$), para a tomada de decisão, e C de 54,24%, entre os fatores (Figura 16 e Tabela 12).

Tabela 12 - Matriz de comparação pareada: sem a declividade

TC = 0,019	Proximidade a rede Hidrográfica	Proximidade ao Fragmentos Florestais	Vizinhança ao Fragmentos Florestais	Distância a malha viária
Proximidade a rede Hidrográfica	1			
Proximidade ao Fragmentos Florestais	1/2	1		
Vizinhança ao Fragmentos Florestais	1/3	1/2	1	
Distância a malha viária	1/3	1/2	1	1

O fator declividade foi indicado pelos especialistas, como o terceiro mais importante à definição de áreas prioritárias. Ele recebeu, também, o terceiro maior valor de peso de ordenação (Tabela 3). Houve, desta forma, baixa compensação entre seus pesos e, respeitando sua importância e influência, em relação aos demais foi importante na espacialização das áreas adequadas à restauração florestal. Fato que fica evidente quando se observa a solução sem ele (Figura 16), a qual possui maior percentual de área associado às classes de maior prioridade, em especial à prioridade muito alta.

Como os anteriores, o fator apresentou uma distribuição homogênea no município. Por este motivo, associado à sua importância e influência, colaborava diretamente na definição das classes de prioridade em MPO3 (Figura 13). Com sua eliminação, mais uma vez, se teve uma solução que propôs a definição de áreas em função de um único fator, a proximidade à rede hidrográfica (Figura 16). Existe, além disso, a questão ambiental, uma vez que a declividade influencia fortemente nos processos de deslizamento de terras, de escoamento superficial e no processo de erosão do solo (FERREIRA et al., 2011; SOUZA, 2013).

Figura 16 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de declividade

O critério declividade, por estes motivos discutidos, deve ser mantido, portanto, para a produção de um mapa adequado quanto à indicação de áreas à restauração florestal, visando à alocação de RL.

A solução, produto, da eliminação do fator **vizinhança aos fragmentos florestais** assumiu risco médio-baixo ($R= 0,3347$), para a tomada de decisão, e C de 61,94%, entre os fatores (Figura 17 e Tabela 13).

Tabela 13 - Matriz de comparação pareada: sem a Vizinhaça aos fragmentos florestais

TC = 0,022	Proximidade a rede Hidrográfica	Proximidade ao Fragmentos Florestais	Declividade	Distância a malha viária
Proximidade a rede Hidrográfica	1			
Proximidade ao Fragmentos Florestais	1/2	1		
Declividade	1/2	1	1	
Distância a malha viária	1/3	1/2	1/2	1

Figura 17 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de vizinhança aos fragmentos florestais

O mapa de vizinhança aos fragmentos florestais ocupou o quarto lugar no ranqueamento dos fatores. Ele é, portanto, um dos menos influentes no processo decisório. A consequência de sua eliminação foi a priorização de áreas em função dos dois mapas de proximidades: à rede hidrográfica e aos fragmentos florestais.

Como discutido, quando se elimina um fator pouco influente a tendência é, priorização em função dos mais influentes e diminuição no risco associado ao processo decisório. A decisão de que áreas serão associadas aos maiores níveis de prioridade é basicamente, definida em função dos locais ocupados (por feições) presentes nos fatores mais influentes. Desta forma, não se tem risco elevado, ao se tomar a decisão. No entanto, não se tem (como no caso do município de Piedade) um direcionamento das ações, ou seja, as propostas tendem a indicar maior percentagem da área de estudo como prioritária.

Pode-se, desta maneira, dizer que a eliminação do fator vizinhança aos fragmentos florestais não propõe uma solução, de acordo com o pré-estabelecido para este processo decisório. No âmbito ecológico, o fator apresenta uma importância para conectividade funcional entre fragmentos florestais, em especial, porque permite descrever se um vizinho pode ser, ou não, uma barreira a este processo.

A solução (produto) da eliminação do fator **distância à malha viária** assumiu risco médio-baixo ($R = 0,3329$), para a tomada de decisão, e C de 61,63%, entre os fatores (Figura 18 e Tabela 14).

Tabela 14 - Matriz de comparação pareada: sem a Distância da Malha Viária

TC = 0,022	Proximidade a rede Hidrográfica	Proximidade ao Fragmentos Florestais	Declividade	Vizinhança ao Fragmentos Florestais
Proximidade a rede Hidrográfica	1			
Proximidade ao Fragmentos Florestais	1/2	1		
Declividade	1/2	1	1	
Vizinhança ao Fragmentos Florestais	1/3	1/2	1/2	1

É importante ressaltar que o fator distância à malha viária, dentre os fatores selecionados, foi o apontado como de menor importância para este processo de tomada de decisão. Outro ponto é que ele ocupou o quinto lugar na ordem de ranqueamento dos fatores, por consequência da distribuição espacial de suas feições (estradas), de forma homogênea em toda a extensão do município.

Com a eliminação do fator, o mapa de proximidade à rede hidrográfica teve, novamente, forte influência no mapa final (Figura 18). Além disto, justifica-se a importância de sua permanência, no processo, pela questão ambiental. Garante-se, com ele, o sucesso das ações de restauração florestal, como também indicado por Valente & Vettorazzi (2008 e 2013).

Figura 18 - Áreas adequadas à restauração florestal, para alocação de RL, no município de Piedade, SP: com a eliminação do mapa de distância da malha viária

Existem vários problemas diretos e indiretos, relacionados à presença de estradas, como por exemplo, os incêndios florestais e outros crimes ambientais. Assim, por sua importância o fator distância à malha viária deve ser mantido no processo decisório.

5.5 Mapa de áreas adequadas para alocação de Reservas Legais

Malczewski & Rinner (2015) ressaltam que nem sempre o mapa de maior risco será o melhor na tomada de decisão. A escolha da MPO3 como resultado vem principalmente pela forma que a compensação atuou na agregação dos critérios somado as importâncias espaciais e ambientais dos mesmos que contribuíram para a sua agregação. Para valores onde a priorização é alta, o uso e cobertura do solo apresentam principalmente Fragmentos Florestais (25,11%) seguido de estradas e agricultura.

Considerando a questão da restauração da paisagem, este cenário propôs a espacialização de áreas à implantação de RL de maneira a incrementar a estrutural florestal da paisagem. Na Figura 19, é possível observar que a MPO3 favorece a conectividade e permeabilidade da paisagem no município indicando áreas a serem restauradas, identificadas pelas classes de maior prioridade.

Figura 19 - Mapa de áreas adequadas a reservas legais e conectividade estrutural dos fragmentos florestais

Neste caso é possível relacionar que ações locais de pequenos trechos de restauração entre fragmentos favorecem a reestruturação da paisagem florestal para

a região, como discutido por Metzger & Bracalioni (2013) onde esses níveis de restauração favorecem serviços ecossistêmicos como dispersão das espécies, dispersão de sementes, polinização e melhora a rede de conexões entre ambientes. Em relação à legislação a MPO3 favorece que os instrumentos legais sejam estabelecidos de forma a contemplar as questões ambientais.

Outro ponto é a relação da MPO3 com a declividade, para valores de priorização alta (escala, 0 - 255 pixels) destaca-se que existe uma relação diretamente proporcional, onde para valores altos de priorização há valores altos de declividade, principalmente na classe “Muito Alto” da priorização que apresentam dentro da sua configuração grande parte das áreas com declividades altas cerca de 215 hectares, cerca de 25% das áreas compreendidas pela classe. Diferentemente da classe de prioridade “Alto” que apresenta em sua distribuição principalmente declividades em faixas mais suaves e planas (Tabela 15).

Tabela 15 - Relação entre as classes de declividade e as classes de prioridade

Classes de Declividade (%)	Área por classes de Prioridade (ha)		Área por classes de Prioridade (%)	
	Muito Alto	Alto	Muito Alto	Alto
0 - 3	88,06	444,31	10,43	23,07
3 - 8	102,52	536,61	12,14	27,87
8 - 12	124,46	513,94	14,73	26,69
12 - 20	207,02	304,72	24,51	15,83
20 - 45	215,73	103,8	25,54	5,39
> 45	106,89	22,15	12,65	1,15
Total	844,68	1925,53	100	100

Pode-se observar, através da Figura 20, que grande parte do mapa está compreendida na classe de prioridade “Alto” e, por conseguinte, é o que apresenta classes de declividade menores. Diferentemente da classe de “Muito Alto” que apresentam os maiores valores de declividade encontrados na área, demonstrando assim que o método da MPO tende a pegar os mapas mais influentes presentes na análise e utilizá-lo no processo de tomada de decisão. Pensando em alocação das RLs essa realidade demonstrada pela análise é interessante do ponto de vista da conservação do solo e processos de erodibilidade acarretados por área onde se encontra áreas declivosas com pouca cobertura no solo. Principalmente pelo fato que ao estabelecer-se áreas de reservas legais nessas localidades a restauração promove o estabelecimento de espécies arbóreas que irão ao decorrer do tempo permitir que as interações presentes no solo, como infiltração de água,

armazenamento de água, erodibilidade estejam em equilíbrio dentro do sistema (MONTROYA & MEMMOTT, 2012).

Figura 20 - Relação entre as classes de declividade em relação às classes de prioridade: (a) “alto” e (b) “muito alto”

Assim, pode-se considerar que a MPO3 está proporcionando que a paisagem do ambiente tome formas que irão proporcionar maior conectividade entre fragmentos florestais que acarreta maior fluxo gênico entre espécies e fluxo de espécies bem como aumenta a proteção a incidentes como erosão do solo e escoamento superficial, proteção essa importantíssima dentro do contexto da realidade do município, sendo ela rural, uma vez que possibilitará a diminuição de compostos de defensivos agrícolas cheguem a corpos d’água e/ou infiltrem até o lençol freático. Sendo assim o mapa da MPO3 abrange todas as questões legais e ecológicas relacionadas à restauração da paisagem, envolvidas na alocação de reservas legais.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, para a área de estudo, foi possível concluir que:

1. A Avaliação Multicriterial, com o método da Média Ponderada Ordenada, permite a definição de áreas adequadas à implantação de Reservas Legais, considerando a restauração da paisagem.
2. É possível definir os critérios relacionados ao objetivo do trabalho, principalmente, por meio da contribuição dos especialistas consultados,
3. Com a utilização de valores pré-estabelecidos de compensação é possível chegar um mapa, que representa um consenso para a tomada de decisão.
4. A Análise de Sensibilidade, subsidiada por uma análise estatística de correlação, constitui-se em metodologia apropriada para avaliação dos critérios, em relação influência que exercem no processo decisório. Ela permite, desta forma, identificar os critérios que devem integrar a tomada de decisão, bem como identificar a solução adequada, ao objetivo do problema.
5. A execução do método da Média Ponderada Ordenada, em conjunto com as ferramentas de análise como a sensibilidade e a correlação, demonstra que no final de processo, pode-se obter uma robustez vinculada a uma segurança na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

AMIRI, M.J.; MAHINY, A.S.; HOSSEINI, S.M.; JALALI, S. Gh, , EZADKHASTY, Z.; KARAMI, SH, MPO. Analysis for Ecological Capability Assessment in Watersheds, **International Journal Environmental Research**, Teerã, v. 7, n.1, p. 241-254, 2013.

AHER, P.D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR, S.D. Prioritization of watersheds using multi-criteria evaluation through fuzzy analytical hierarchy process.

Agricultural Engineering International: CIGR Journal , Beijing, v. 15, n.1, p. 11-18, 2013.

ARONSON, J.; CLEWELL, A.F.; BLIGNAUT, J.N.; MILTON, S.J. Ecological restoration: a new frontier for conservation and economics. **Journal for Nature Conservation**, Montpellier-France, v. 14, p. 135-139, 2006.

AZEVEDO, T.S. O uso de geotecnologias na definição das Reservas Legais da bacias do córrego das Posses, Extrema – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal, Brasil .**Anais...** Natal, Brasil: INPE, 2009. p. 3503-3510.

BIAS, E.S.; BRITES, R.S.; ROSA, A.N.C.S. Imagens de Alta Resolução Espacial. In: MENESES, P.R. ; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília:UNB, CNPQ, 2012. cap.15, p. 239-263.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1965.

BRASIL. Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012. (Novo Código Florestal Brasileiro). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2012.

BRASIL. Medida Provisória n. 2.166-67, de 23 de agosto de 2001. Altera os parágrafos 1º, 4º, 14º, 16º e 44º, e acresce dispositivos à Lei n. 4.771, que institui o novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2001.

BOROUGHAKI, S., MALCZEWSKI. J. Measuring consensus for collaborative decision-making: A GIS-based approach. **Computers, Environment and Urban Systems**, Melbourne, v. 34, Ontario, Canada, p. 322–332, 2010.

BRANCALION, P.H.S.; GANDOLF, S.; ROGRIGUES, R.R. Uma visão ecossistêmica do processo de restauração ecológica. In: RODRIGUES, R.R; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I, **Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Piracicaba: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, 2009. cap 1. p. 82 - 90.

BULLOCK J.M.; ARONSON, J.; NEWTON, A.C.; PYWELL, R.F.; REY-BENAYAS, J.M. Restoration of ecosystem services and biodiversity: Conflicts and opportunities. **Trends in Ecology and Evolution**, Melbourne, v. 26, n. 10, p. 514 – 549, 2011.

CARADORI, R.C.O **Código Florestal e a legislação extravagante**: a teoria e a prática da proteção florestal. São Paulo: Atlas, 2009. 238p.

CAMARA, G.; MOREIRA, F.R.; MEIRELLES, M.S.P. Técnicas de Inferência Espacial, In: ALMEIDA, C.M.; CAMARA, G.; MEIRELLES, M.S.P. (Ed.). **Geomática Modelos e Aplicações Ambientais**. Embrapa, 2007. cap. 3, p. 107-189.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Operações de Análise Geográfica**. In: SANO ; ASSAD, O. Sistemas de Informações geográficas, Aplicações na Agricultura, Embrapa, cap.5, p. 67- 91, 2008.

CASTRO, D.; MELLO, R.S.P.; POSTER, G.C. (Org.) **Práticas para restauração da mata ciliar**. Catarse, Coletivo de Informação. Porto Alegre, 2012. 60p.

CATELANI, C.S.; BATISTA, G.T.; TARGA, M.S.; DIAS, N.W. Determinação de áreas prioritárias para o estabelecimento da cobertura florestal, apoiada no uso de geotecnologias. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubate, v. 7, n.3, p. 113 – 126, 2012.

CHAKHAR, S.; MOUSSEAU, V. Spatial multicriteria decision making. In: S. SHEHKAR , S.; XIONG, H. (Ed.). **Encyclopedia of Geographic Information Science**, New York, p. 747–753, 2008.

CHEN, K.; BLONG, R.; JACOBSON, C. Towards an integrated approach to natural hazardsrisk assessment using GIS: With reference to bushfires. **Environmental Management**, London, v. 31, n.4, p. 546–560, 2003.

CHEN, Y.;PAYDAR, Z. Evaluation of potential irrigation expansion using a spatial fuzzy multi-criteria decision framework. **Environmental Modelling and Software**, v. 38, p. 147–157, 2012.

COSTA, D.R. ; FARIA, L.C. ; TONELLO, K.. ; GOYOS, G.S.P. ; PAES, M.X. ; VALENTE, R.O.A ; WENDT, J.G.N. Diagnóstico Socioeconômico e Percepção Ambiental na Microbacia do rio Pirapora, Piedade-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça v. 18, p. 22-34, 2011.

COSTANTINO, R.B. ; DUARTE, G.S. ; SANTOS, R.H.L. ; CARDOSO, P.V. ; RICHTER, M. ; CRUZ, C.B.M. Análise da Influência das Vias rodoviárias na Fragmentação Florestal através do uso de Parâmetros Estatísticos e Matrizes Hexagonais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 3382 – 3389.

DEMARCHI, J.C.; PIROLI, E.L.; ZIMBACK, C.R.L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo -SP usando imagens Landsat-5. **Ra'e ga (UFPR)**, Curitiba, v. 21, p. 234-271, 2011.

DONHA, A.G.; SOUZA, L.C.P.; SUGAMOSTO, M.L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande , v.10, n.1, p.175–181, 2006.

DURIGAN, G.; ENGEL, V.L. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir ? In: Martins, S. V. (Org.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: Ed. UFV. 2012. cap. 2. p. 41 – 69.

EASTMAN, J.R. **IDRISI Taiga Tutoria Guide do GIS and Image Processing**, Worcester: Clark University, 2009. 342p.

EASTMAN, J.R.; JIANG, H. Fuzzy measures in multi-criteria evaluation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT IN NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL STUDIES, Colorado, 1996. **Proceedings**. Colorado: USDA, 1996. p.527-534.

ELDRANDALY, K.A. Exploring multi-criteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: an extension of the analytical network process using ordered weighted averaging operators. **International Journal of Geographical Information Science**, Abingdon, v. 27, n.12, p. 2455–2482, 2013.

ELI. **Legal tools and incentives for private lands conservation in Latin America: building models for success**. Washington: Environmental Law Institute (ELI), 2003.

FRANCO, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T.;MORAES, J.F.L. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013.- SBSR, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 3366 – 3373.

FASIABEN, M. do C.R.; ROMEIRO, A.R.; PERES, F.C. ; MAIA, A.G. Impacto econômico da reserva legal sobre diferentes tipos de unidades de produção agropecuária .por extenso **Revista Economia Sociologia Rural [online]**. v.49, n.4, p. 1051-1096, 2011.

FEIZIZADEH, B.; BLASCHKE, T. Uncertainty analysis of GIS-based ordered weighted averaging method for landslide susceptibility mapping in Urmia Lake Basin, Iran. **Natural Hazard**, v.65, n.3, p.2105-2128, 2013.

FERREIRA, A.O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELTZ, F.L.F. AMADO, T.J.C. Influência da Declividade e de Níveis de Cobertura do Solo no Processo de Erosão com Chuva Simulada. **Revista Verde**, Mossoró, v.5, n.5, (Número Especial) p. 182 – 190, 2010.

FEICK, R. D.; HALL, G.B. Consensus-building in a multi-participant spatial decision support system. **URISA Journal**, v.11, n.2, p. 17–23,1999.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. New York: Springer-Verlag, , 2005. 1035p.

FRANCO, G.B.; BETIM, L.S.; GOMES, E.A.G.; GOMES, R.L.; CHAGAS, C.S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista brasileira de geociência [online]**. v.42, p. 114-127, 2012,

FREITAS, E.P.; MORAES, J.F.L. de; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]**. v.17, n.4, p. 443-449, 2013.

GARCIA, L.C.; SANTOS, J.S., MATSUMOTO, M.; SILVA, T.S.F.; PADOVEZI, A.; SPAROVEK, G.; HOBBS, R.J. Restoration Challenges and Opportunities for Increasing Landscape Connectivity under the New Brazilian Forest Act. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n.2, p. 181-185, 2013.

GKARAVELI, A.; GOOD, J.E.G.; WILLIAMS, J.H. Determining priority areas for native woodland expansion and restoration in Snowdonia National Park, Wales. **Biological Conservation**, New York, v.115, n.3, p.395-402, 2004.

GORSEVSKI, P.V.; DONEVSKA, K.R.; MITROVSKI, C.D.; FRIZADO, J.P. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average. **Waste Management**, Oxford, v.32, p. 287 – 296, 2012.

GOTTFRIED, R.; WEAR, D.; LEE, R. Institutional solutions to market failure on the landscape scale. **Ecological Economics**, Montpellier-France, v. 18, n. 2, p. 133-140, 1996.

GENELETTI, D. And approach based on spatial multicriteria analysis to map the nature conservation value of agricultural land. **Journal of Environmental Management**, Melbourne, v.83, p.228-235, 2007.

GENELETTI, D.; DUREN, I.V. Protected area zoning for conservation and use: a combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. **Landscape and Urban Planning**. Melbourne, v. 85, p. 97-110, 2008.

HASENACK, H. ; WEBER, E.J. ; VALDAMERI, R. Análise de vulnerabilidade de um parque urbano através de módulos de apoio à decisão em sistemas de informação geográfica. In: GIS Brasil 1998 In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO,4., 1998, Curitiba. **Anais...**: Curitiba, 1998.Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/Publicacoes/Congressos/1998/Hasenack_et_al_1998_Vulnerabilidade_parque_SIG.pdf> Acesso: 10 jul. 2015.

HAUFLER, J.B.; KERNOHAN, B.J. Landscape Considerations for Conservation Planning on Private Lands. In: MILLSPAUGH, J.; THOMPSON, F.R. (Ed.). **Models for planning wildlife conservation in large landscapes**. San Diego: Academic Press, p. 153-176, 2009.

HEGLAND, S.J.; DUNNE, J.; NIELSEN, A.; MEMMOTT, J.How to monitor ecological communities costefficiently: the example of plant–pollinator networks. **Biological Conservation**, Melbourne, v. 143, p. 2092-2101, 2010.

HUTCHINSON, M.F.; GALLANT, J.C. Digital elevation models and representation of terrain shape. In: WILSON, J.P.; GALLANT, J.C. (Ed.).**Terrain Analysis**. New York: Wiley, 2000. p. 29–50.

ITC - INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND EARTH OBSERVATION. **Principles of Remote Sensing and Geographic Information Systems**.. 3.ed. Enschede, NL, 2004. 540p.

IZQUIERDO, A.E.; CLARK, M.L. Spatial Analysis of Conservation Priorities Based on Ecosystem Services in the Atlantic Forest Region of Misiones, Argentina. **Forests**, Switzerland, v. 3, p. 764-786, 2012.

JANKOWSKI, P.; ANDRIENKO, N.; ANDRIENKO, G. Map-centred exploratory approach to multiple criteria spatial decision making. **International Journal of Geographical Information Science**, Abingdon, v. 15, n.2, p. 101–127, 2001.

KÖPPEN J.W. **Climatología con uno Estudio de los Climas de la Tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LIU, Y.; ZHANG, H.; YANHG, X.; WANG, Y.; WANG, X.; CAI, Y. Identifying Priority areas for the Conservation of Ecosystem Services using GIS-based Multicriteria Evaluation. **Polish Journal of Ecology**, Wilcza, e.61, p. 415-430, 2013.

MAGALHAES, I.A.L.; MARTINS, R.F.; SANTOS, A.R. Identificação dos Impactos Ambientais Relacionados à Pavimentação da Rodovia MG 307 no Município de Grão Mogol - MG. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 6, p. 27 – 37, 2011.

MALCZEWSKI, J.; RINNER, C. **Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science**. London: Springer, 2015. 331p.

MALCZEWSKI, J. Multiple criteria decision analysis and Geographic information Systems, In: EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.R.; GRECO, S. (Ed.). **Trends in Multiple Criteria Decision Analysis**, Springer, 2010, chap.13, p. 369 – 395.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**, New York: John Wiley, 1999. 362p.

MALCZEWSKI, J. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS Common and Best Practice Approaches, **Transactions in GIS**, Ontario, v.4, n.1, p. 5 – 22, 2000.

MARTINS, T.P.; RANIERI, V.E.L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambient. soc. [online]**. v.17, n.3, p. 79-96, 2014.

McKEE, K.L.; FAULKNER, P.L. Restoration of biogeochemical function in mangrove forests. **Restoration Ecology**, v.8, n. 3, p. 247-259, 2000.

MELO F.P.L.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; FAHRIG, L.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; TABARELLI, M. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes, **Trends in Ecology & Evolution**, Melbourne, v. 28, n. 8, p. 462 – 468, 2013.

MENDOZA, G.A.; PRABHU, R. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.131, p.107 – 126, 2000.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília:UnB, CNPq, 2012. 266p.

METZGER, J.P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais...Academia Brasileira de Ciências**. v.71, n. 3-I, 445-463, Rio de Janeiro.1999.

METZGER, J.P. Bases biológicas para a “reserva legal”. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 183, p. 48-49, 2002.

MOLIN, P.G.; STAPE, J.L. Diferença na alocação de uma reserva legal de critérios ambientais versus uma de critérios técnico-econômico com uso de ferramentas de SIG. In: Anais SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,13., 2007. Florianópolis, Brasil, 21-26. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1749-1756.

MONTOYA D.; ROGERS L.; MEMMOTT J. Emerging perspectives in the restoration of biodiversity-based ecosystem services. **Trends in Ecology and Evolution**, Melbourne, v. 27, p. 666–672, 2012.

NADI, S.; DELAVAR, M.R. Multi-criteria, personalized route planning using quantifier-guided ordered weighted averaging operators. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Melbourne, v.13, p. 322 – 335, 2011.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3 ed. São Paulo: Blücher, 2008. 363p.

OZTURK, D.; BATUK, F. Implementation of GIS-based multicriteria decision analysis with VB in ArcGIS. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, New Jersey, v.10, p. 1023 – 1042, 2011.

PELLEGRINO, P.R.M. O projeto da Paisagem e a Sustentabilidade das cidades. In: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M.A.; BRUNA, G. C. (Org.). **Curso de gestão ambiental**. 2 ed. Barueri: Manole, 2014. cap.14 p. 494 - 514.

PIEDADE, Prefeitura Municipal de Piedade, dados gerais do município, 2014. Disponível em: <<http://www.piedade.sp.gov.br/capa.asp?IDPagina=596>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

PINTO, R.C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S.C. Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.25, n.43, p 116 - 143 2015.

PIROVANI, D.B. **Fragmentação florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES. 2010.** 2010. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina, Paraná: Ed. Vida, 2001. 328p.

RAHMAN, M.A.; RUSTEBERG, B.; GOGU, R.C.; LOBO FERREIRA, J.P.; SAUTER, M. A new spatial multi-criteria decision support tool for site selection for implementation of managed aquifer recharge. **Journal of Environmental Management**, Melbourne, v. 99, p. 61 – 75, 2012.

SAATY, T.L. Concepts, Theory, and Techniques: Rank Generation, Preservation, and Reversal in the Analytic Hierarchy Decision Process. **Decision Sciences**, Malden, v. 18, n. 2, p. 157 – 177, 1987.

SAATY, T. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, Philadelphia, v.15, p.234-281, 1977.

SAATY, T. **The analytic hierarchy process.** New York: McGraw-Hill, 1980. 287p.

SÃO PAULO, (Estado) Lei 15.684 de 14 de Janeiro de 2015. Dispõe sobre o Programa de Regularização Ambiental - PRA das propriedades e imóveis rurais, criado pela Lei Federal nº 12.651, de 2012 e sobre a aplicação da Lei Complementar Federal nº 140, de 2011, no âmbito do Estado de São Paulo. **Assembleia Legislativa de São Paulo**, São Paulo, 2015.

SER – SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. Disponível em: <http://www.ser.org/>. Acesso em: 11 out. 2015.

SOUSA, C.O.M.; FREITAS, S.R.; DIAS, A.A.; GODOY, A.B.P.; METZGER, J.P. O papel das estradas na conservação da vegetação nativa no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009. INPE, 2009, Natal. **Anais...**: INPE: Natal, 2009. p. 3087 – 3094.

SILVA, A.N.R.; MENDES, J.F.G.; RODRIGUES, D.S.; SOUZA, L.C.L.; RAMOS, R.A.R. **SIG uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transporte.** EdUFSCar, São Carlos, 2008, 227p.

SILVA, J. S.; RANIERI, V. E. L. O mecanismo de compensação de reserva legal e suas implicações econômicas e ambientais. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, vol.17, n.1, p. 115-132, 2014.

SILVEIRA, H.L.F., VETTORAZZI, C.A., Valente, R.O.A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na bacia do rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2 , p. 259 – 268, 2008.

SILVEIRA, H.L.F.S.; VETTORAZZI, C.A.; VALENTE, R.A. Avaliação Multicriterial no Mapeamento da Suscetibilidade de Deslizamentos de Terra. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.6, p. 973 – 982, 2014.

SPAROVEK, G. Caminhos e escolhas na revisão do Código Florestal: quando a compensação compensa?. **Visão Agrícola**, Piracicaba, p. 25-28, 2012.

SPAROVEK, G.; BERNDDES, G.; BARRETTO, A. G. D. O. P.; KLUG, I. L. F. The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? **Environmental Science & Policy**, Montpellier-France v. 16, p. 65-72, 2012.

SPOT IMAGEM, Spot satellite technical data. Disponível em: <http://satimagingcorp.s3.amazonaws.com/site/pdf/SPOT-Satellites-Technical-Data.pdf>. Acesso em: 11 out. 2015.

SUGUMARAM, R.; DEGROOTE, J. **Spatial decision support system: Principles and practices**. Boca Raton: CRC Press, 2011. 508p.

SWEENEYA, B W.; CZAPKAB, S.J. Riparian forest restoration: why each site needs an ecological prescription. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.192, p. 361 – 373. 2004.

VALENTE, R.O.A, VETTORAZZI, C.A. Definition of priority areas for forest conservation through the Ordered Weighted Averaging method. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.256, p.1408- 1417, 2008.

TANGERINO, D.F.; LOURENÇA, R.T. Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...**: Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4093 – 4100.

VALENTE, R.O.A.; VETTORAZZI, C.A. Definition of priority areas for forest conservation through the Ordered Weighted Averaging method. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.256, p.1408 – 1417, 2008.

VALENTE, R.O.A.; VETTORAZZI, C.A. Comparação entre métodos de análise de sensibilidade, empregados na tomada de decisão com a avaliação multicriterial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 197-211, 2009.

VALENTE, R.O.A.; VETTORAZZI, C.A. Multicriteria evaluation in the definition of priority areas for forest restoration, aiming at the sustainable water management. In: BILIBIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J. F. **Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil. v.1**. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, PGCult-UFMA, 2011. p.377- 408.

VALENTE, R.O.A. ; VETTORAZZI, C.A. Avaliação multicriterial na definição de áreas prioritárias à restauração florestal, visando ao manejo sustentável da água. In: ARGEMIRO L. B.; CAROLINA B.; JEFERSON, F.; SELBACH; O. H.. (Org.). **Sustentabilidade do uso da água nos trópicos e subtrópicos: estudos de caso**. Ijuí: Unijui, 2013, v. 1, p. 285-318.

YAGER, R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. **IEEE Systems, Man, and Cybernetics**, New York, v.18, n.1, p.183-190, 1988.

YAGER, R.R.; KACPRZYK, J. **The Ordered Weighted Averaging Operators: Theory and Applications**. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1997. 347p.

ZAKIA, M.J.B.; RIGHETTO, A.M.; LIMA, W.P. Delimitação da zona ripária em uma microbacia. In: LIAM, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.) **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RIMA, 2006. p.89 – 106.

ZELENY, M. **Multiple criteria decision making**. New York, McGraw Hill. 1982. . 563p.