

ANÁLISE INTEGRADA DE DADOS ESPACIAIS UTILIZANDO MULTICRITÉRIO PARA A DELIMITAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS

CARLA RODRIGUES SANTOS

Doutora em Geografia, professora da Faculdade de Educação e Linguagem, Departamento de Geografia - Universidade do Estado do Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop-MT¹
carlageors@gmail.com

PAULO CESAR ROCHA

Doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Geografia - Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente-SP²
pcrochag@gmail.com

RESUMO: O objetivo da pesquisa foi analisar o relacionamento espacial das variáveis do meio físico, utilizando análise de multicritério para a delimitação de corredores ecológicos. Foram utilizados os procedimentos adotados por Ross (1993) de fragilidade ambiental e por Saaty (1997), o método de decisão em níveis hierárquicos (AHP) utilizando os softwares ArcGis e Spring. Os resultados indicam que a área de estudo apresenta 69,5% de fragilidade Muito Fraca e Fraca, sendo influenciada pela pastagem e por fragmentos de vegetação e as classes de fragilidade Média e Forte apresentam um total de 28,33% de área considerada com potencial para ocorrência de processo de erosivos. Na avaliação da distância das variáveis físicas foi possível identificar o comportamento das variáveis e definir a escolha das áreas mais favoráveis para a delimitação dos corredores ecológicos. No mapa de viabilidade de corredores identificamos que 52% da área de estudo possui viabilidade Muito Alta e Alta.

Palavras-chave: corredores ecológicos; análise de multicritério; fragilidade ambiental.

INTEGRATED ANALYSIS OF SPATIAL DATA USING MULTICRITERIA FOR THE DELIMITATION OF ECOLOGICAL CORRIDORS

ABSTRACT: The objective of the research was to analyze the spatial relationship of the variables of the physical environment, using methods of multicriteria analysis for the delimitation of ecological corridors. Were used the procedures adopted by Ross (1993) for environmental fragility and by Saaty (1997), the decision method in hierarchical levels (AHP) using the ArcGis and Spring software. The results indicate that the study area has 69.5% very weak and weak fragility, being influenced by pasture and vegetation fragments and the medium and strong fragility classes have a total of 28.33% of the area considered to have potential for the erosion process to occur. In the assessing the distance of the physical variables, it was possible to identify the behavior of the variables and define the choice of the most favorable areas for the delimitation of ecological corridors. In the corridor viability map, we identified that 52% of the study area has very high and high viability.

Keyword: ecological corridors; multicriteria analysis; environmental fragility.

ANÁLISIS INTEGRADO DE DATOS ESPACIALES UTILIZANDO MULTICRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN DE CORREDORES ECOLÓGICOS

RESUMEN: El objetivo de la investigación fue analizar la relación espacial de las variables del medio físico, utilizando análisis multicriterio para la delimitación de corredores ecológicos. Se utilizaron los procedimientos adoptados por Ross (1993) de la fragilidad ambiental y por Saaty (1997), el método de decisión en niveles jerárquicos (AHP) utilizando los software ArcGis y Spring. Los resultados indican que el área de estudio tiene 69.5% de fragilidad Muy débil y débil, siendo influenciada por pastos y fragmentos de vegetación y las clases de fragilidad Media y Fuerte tienen un total del 28.33% del área considerada con potencial para que ocurran procesos de erosión. En la evaluación de la distancia de las variables físicas, fue posible identificar el comportamiento de las variables y definir la elección de las áreas más favorables para la delimitación de corredores ecológicos. En el mapa de viabilidad de corredores, identificamos que el 52% del área de estudio tiene viabilidad Muy Alta y Alta.

Palabras clave: corredores ecológicos; análisis multicriterio; fragilidad ambiental.

¹ Endereço para correspondência: Avenida dos Ingás, 3001 - Jardim imperial. CEP: 19060900 - Sinop, MT - Brasil.

² Endereço para correspondência: Rua Roberto Simonsen, 305 - Centro Educacional. CEP: 19.060-900 - Presidente Prudente, SP - Brasil.

Introdução

O planejamento ambiental conta, hoje, com o auxílio de processos de tomada de decisão complexos, que são favoráveis no reconhecimento da realidade do espaço, a fim de decidir metas alternativas que forneçam informações de boa qualidade para um diagnóstico adequado.

O planejamento é um processo contínuo que envolve tomada de decisões ou escolhas acerca de formas alternativas de usufruir os recursos disponíveis com o intuito de atingir metas específicas no futuro (CONYERS e HILLS, 1984). Para alcançá-las, é fundamental que se faça um diagnóstico eficiente, através do levantamento dos parâmetros do meio-físico, meio biológico e socioeconômico, a fim de conhecer a situação ambiental atual (SÁNCHEZ, 2013).

Ao realizar um inventário e posteriormente um diagnóstico, é possível reconstruir teórica e visualmente aquilo que existiu um dia e, assim, propor medidas práticas e viáveis, relacionadas com os poucos fragmentos remanescentes naturais que ainda restam.

Já a análise de multicritério teve início no cenário militar inglês e norte-americano, durante a Segunda Grande Guerra, como ferramenta de tomada de decisão para planejamento ambiental e territorial. A partir desse período, uma variedade de ferramentas matemáticas tem sido desenvolvida e aplicada a diferentes atividades (ZUFFO, et al. 2002). Em meados dos anos 70, a análise de multicritérios (AMC) viu a necessidade de avaliar e descrever critérios que fossem qualitativos e também quantitativos. Nos anos 80, já havia mais de 40 métodos de análise empregados em diversas áreas de conhecimento, como planejamento urbano e avaliação ambiental, entre outros (MIRANDA, 2005). No Brasil, o método multicriterial está sendo bastante utilizado por Fidalgo (2004), Zutto et al. (2002), Gomes, et al. (2004), entre outros, em estudos que envolvam tomada de decisões em cenários complexos e nas etapas de diagnóstico para planejamentos ambientais.

A análise multicritério espacial associada ao SIG baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação com seus componentes, a fim de construir um resultado (MOURA, 2007).

O método auxilia os tomadores de decisões a integrarem diferentes escolhas nas suas ações, refletindo as ideias de diferentes atores envolvidos, em condições nas quais há a necessidade de identificação de prioridades sob a ótica de múltiplos critérios (GOMES, 1999). Existem vários métodos de análise multicritério com suporte à decisão, como o método Média Ponderada (MOREIRA, et al. 2001) e a Análise Hierárquica de Pesos (SAATY, 1980).

O método de Média Ponderada é uma das técnicas bastante usadas em projetos que envolvam análise espacial. Sua análise é efetuada da seguinte forma: cada mapa de entrada será utilizado como uma evidência que receberá um peso diferente, dependendo da sua importância em relação à hipótese que está sendo considerada. (MOREIRA, et al. 2001, p.9), bem como suas respectivas classes dos planos de informação que receberam pesos conforme sua importância relativa (MOREIRA, et al. 2001)

A Analytic Hierarchy Process (AHP) foi desenvolvida por Thomas L. Saaty, por volta de 1970, com o objetivo de promover a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão (ABREU, et al. 2000). Este método é aplicado na sistematização de decisões de vários problemas, sejam relacionados ao contexto: econômico, político, social e ambiental (BARBAROSOGLU e PINHAS, 1995). O AHP envolve julgamento subjetivo, utilizando dados quantitativos e qualitativos, que proveem medidas de consistência das preferências, sendo bastante utilizado em tomadas de decisão. (JIANZYUAN, 1992).

Com a adoção de técnicas de Análise Espacial aplicadas à Geografia, com ênfase na utilização de Sistema de Informações Geográficas, é possível descrever e avaliar os diversos tipos de interações que possam fornecer subsídios para o apoio nas tomadas de decisões por

especialistas. O processo de tomada de decisão escolhido deve fornecer subsídios para a identificação dos aspectos positivos e também dos negativos para a implementação dos corredores ecológicos.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi analisar o relacionamento espacial das variáveis do meio físico, utilizando análise de multicritérios para a delimitação de corredores ecológicos. Para atingir o objetivo da pesquisa foi necessário analisar a fragilidade ambiental, o comportamento da distância das variáveis (drenagens, fragmentos de vegetação, Unidades de Conservação, áreas úmidas e nascentes), e a matriz de viabilidade de custo para delimitação dos corredores ecológicos.

Materiais e procedimentos metodológicos

Materiais:

Para gerar a análise de multicritérios foram utilizados os mapas de dissecação do relevo, declividade, solos, uso e cobertura da terra, drenagem, fragmentos da vegetação, Unidades de Conservação, áreas úmidas e nascentes. Assim, também, as metodologias propostas por Ross (1993) de fragilidade ambiental e por Saaty (1997) sobre o método de decisão do problema em níveis hierárquicos (AHP). Todos os dados foram processados nos softwares ArcGis e Spring.

Nessa etapa, o levantamento bibliográfico e o trabalho de campo foram utilizados como técnica para a escolha da escala de comparação entre as variáveis analisadas.

Procedimentos metodológicos:

O primeiro passo foi transformar todos os dados vetoriais para o formato *raster*, utilizando a ferramenta *polygon to raster*. Em seguida, reclassificamos os dados e atribuímos os novos valores e suas descrições, através da ferramenta *reclassify*, conforme os passos abaixo.

A partir do mapa de Índice de Dissecação do relevo das unidades geomorfológicas, foram atribuídos os seguintes graus de fragilidade para cada categoria morfométrica, representada na figura 1.

Figura 1 - Quadro de classes de fragilidade para os índices de dissecação do relevo

| Graus de fragilidade | Índice de Dissecação - Morfometria | Valor |
|----------------------|------------------------------------|-------|
| Muito forte | Apf | 5 |
| Média | Dc (11, 13, 14, 21, 22, 23) | 3 |
| Fraca | Dt (11, 12,13,24) | 2 |

Fonte: Adaptado, Ross (1993).

Depois da reclassificação do mapa de declividade, atribuímos os seguintes valores de graus de fragilidade, conforme a figura 2.

Figura 2 - Quadro de classe de fragilidade para a declividade

| Graus de fragilidade | Declividade (%) | Valor |
|----------------------|-----------------|-------|
| Muito Baixo | < 6 | 1 |
| Baixo | 6 -12 | 2 |
| Média | >12 | 3 |

Fonte: Adaptado, Ross (1993).

Para a indicação dos valores de fragilidade para os tipos de solo, utilizamos as propostas de Ross (1993) e Crepani et al. (2001) que estão representadas na figura 3 indicando a classificação conforme os graus de fragilidade para cada classe.

Figura 3 - Quadro de classes de Fragilidade para os tipos de solos

| Graus de fragilidade | Tipos de Solos | Valor |
|----------------------|----------------|-------|
| Forte | Argissolos | 4 |
| Muito forte | Gleissolos | 5 |
| Baixa | Latossolos | 2 |
| Muito forte | Neossolos | 5 |
| Forte | Planossolos | 4 |
| Nula | Corpos d'água | 0 |

Fonte: Adaptado, Ross (1993) e Crepani et al. (2001).

Para o mapa de Uso e cobertura da terra, atribuímos os graus de fragilidade e os graus de proteção para cada classe analisada, representados na figura 4.

Figura 4 - Quadro com os valores uso e cobertura da terra

| Graus de Fragilidade | Graus de proteção | Tipos de usos da terra | Valor |
|----------------------|--------------------|------------------------|-------|
| Nula | Muito Alta | Água | 1 |
| Muito Fraca | Muito Alta | Área Úmida | 1 |
| Muito Fraca | Muito Alta | Ilha | 1 |
| Muito Fraca | Muito Alta | Vegetação | 1 |
| Fraca | Alta | Eucalipto | 2 |
| Média | Média | Pastagem | 3 |
| Alta | Baixa | Agricultura | 4 |
| Muito Alta a Nula | Muito Baixa a Nula | Mancha Urbana | 5 |
| Nula | Nula | Mato Grosso do Sul | 0 |

Fonte: Adaptado, Ross (1993).

Diante disso, foi gerado o mapa de fragilidade ambiental da área pesquisada, utilizando todas as variáveis: índice de dissecação do relevo, declividade, solos e uso e cobertura da terra, através da ferramenta *raster calculator*. Após o resultado processado, optamos pelas classes de fragilidade média e forte, para compor a próxima etapa da pesquisa, que é a análise da matriz de custo.

Para a análise das matrizes de variação de custo, que permitem identificar os melhores caminhos para a implementação dos corredores ecológicos, atribuímos uma escala de 0 a 1, em que as classes que viabilizam a implantação dos corredores recebem o maior valor de custo (custo=1); para as classes que inviabilizam a implementação recebem o menor valor custo=0), de acordo com a *Lógica fuzzy*.

O próximo passo foi reclassificar os dados matriciais, obedecendo aos critérios de custos conforme a figura 5. Também foi necessário calcular a distância entre as variáveis drenagem, fragmentos da vegetação, Unidades de Conservação, áreas úmidas e nascentes. Para realizar o procedimento, utilizamos a ferramenta mapa distância do software Spring. Em seguida, reclassificamos as imagens fazendo o cálculo do índice de variação de 0 a 1, sendo que os índices mais próximos de 1 são favoráveis para a implantação dos corredores.

De posse de todos os arquivos matriciais de custos reclassificados, a próxima etapa foi estabelecer os pesos estatístico, de acordo com o método AHP proposto por Saaty (1977) e adaptado por Santos et al. (2010).

Figura 5 - Quadro de classes de custos para as variáveis analisadas

| Índice de Dissecação - Morfometria | Custos | Justificativas |
|------------------------------------|--------|---|
| Apf | 1 | Área importante para implantação dos corredores pois possui, áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo e por serem constituídas por sedimentos inconsolidados. |
| Dc (11, 13, 14, 21, 22, 23) | 0.8 | Áreas de importância relevante para CE's. |
| Dt (11, 12,13,24) | 0.5 | Áreas consideradas como barreiras para os CE's. |
| Declividade (%) | Custos | Justificativas |
| < 6 | 0 | Áreas de uso misto |
| 6 -12 | 0.5 | Área mistas (agricultura e pecuária), consideradas como barreiras para a passagem de CE's |
| >12 | 0.8 | |
| Tipos de usos da terra | Custos | Justificativas |
| Água | 1 | Áreas adequadas para conectar os CE, lugar onde os animais saciam a sede, além da área do seu entorno ser constituída da App's. |
| Área Úmida | 1 | Área importante para preservação, ambiente propício para o desenvolvimento da fauna aquático-terrestre. |
| Ilha | 0.8 | Área importante para preservação. |
| Vegetação | 1 | Áreas importantes para integrar os CE's/ |
| Eucalipto | 0.6 | Áreas em que visão a atividade econômica, sendo suprimida após alguns anos, ficando a área desflorestada. |
| Pastagem | 0.5 | Áreas que podem ser utilizadas para vários fins, além da revitalização com plantio de espécies nativas. |
| Agricultura | 0 | Áreas consideradas impróprias para a passagem dos CE's, devido ao alto valor econômico. |
| Mancha Urbana | 0 | |
| Fragilidade ambiental | Custos | Justificativas |
| Muito fraca | 0 | Áreas de uso misto |
| Fraca | 0 | |
| Média | 0.5 | Áreas adequadas para conectar os CE's devido a suscetibilidade a processos erosivos. |
| Forte | 1 | Áreas importantes para conectar devido a alta fragilidade |

Fonte: Adaptado de Louzada, et al. (2010).

Nessa etapa, foi necessário ponderar os dados que seriam analisados. Para isso, utilizamos o método AHP proposto por Saaty (1997), que utiliza o método de decisão do problema em níveis hierárquicos, que se baseia na matriz de comparação par a par ou matriz de decisão, utilizando a escala fundamental de Saaty (1997), de acordo com a figura 6.

Figura 6 - Quadro de escala de comparação de critérios

| Valores | Importância mútua |
|---------|---|
| 1/9 | Extremamente menos importante que |
| 1/7 | Muito fortemente menos importante que |
| 1/5 | Fortemente menos importante que |
| 1/3 | Moderadamente menos importante que |
| 1 | Igualmente importante a |
| 3 | Moderadamente mais importante que |
| 5 | Fortemente mais importante que |
| 7 | Muito fortemente mais importante que |
| 9 | Extremamente mais importante que |
| 2,4,6,8 | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições |

Fonte: Saaty (1997).

Em seguida foram calculadas a matriz de comparação pareada e determinados seus respectivos pesos estatísticos para cada variável analisada. Assim, efetuamos a avaliação dos pesos gerados através do cálculo da razão de consistência (RC), que deverá apresentar um valor de consistência menor que 0,10. Para efetuar a averiguação utilizamos a equação 1.

$$RC = IC/IR \quad \text{equação (1)}$$

Em que,

RC = razão de consistência

IR = índices randômicos de matrizes de ordem de 1 a 11 calculados em laboratório, de acordo com a figura 7.

Figura 7 - Quadro de Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n, segundo o Laboratório de Oak Ridge, EUA

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.00 | 0.00 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 |

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2010).

IC = índice de consistência, calculado pela equação 2.

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad \text{equação (2)}$$

Em que,

n = número de variáveis testadas (sendo número de coluna ou de linhas),

λ_{max} = autovetor, calculado pela equação 3.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 1/n \sum_{i=1}^n [Aw]_i / w_i \quad \text{equação (3)}$$

[Aw]_i matriz resultante do produto da matriz de comparação pela matriz dos pesos calculados W_i.

Sendo que W_i = pesos calculados

Depois de efetuado o cálculo dos pesos e a razão de consistência ter sido positiva, efetuamos o cálculo da matriz de custo total utilizando a ferramenta *Raster Calculator*.

equação (4)

$$\text{Cálculo do Custo total} = ((\text{dissecação}) * \text{peso}) + (\text{declividade}) * \text{peso} + (\text{uso da terra}) * \text{peso} + (\text{fragilidade ambiental}) * \text{peso} + (\text{distância drenagem}) * \text{peso} + (\text{distância fragmentos da vegetação}) * \text{peso} + (\text{distância UC's}) * \text{peso} + (\text{distância área úmida}) * \text{peso} + (\text{distância das nascentes}) * \text{peso}$$

Para finalizar, os mapas, gráficos e tabelas foram elaborados no software ArcGis.

Análise dos resultados

Análise do mapa de fragilidade ambiental:

O mapa de fragilidade Ambiental (figura 8) permitiu identificar as áreas que são consideradas mais frágeis na área pesquisa e que precisam de uma maior atenção no quesito conservação.

Ao analisar a fragilidade ambiental da área pesquisada, percebemos que os maiores percentuais de fragilidade se concentram nas classes de fragilidade Muito Fraca (19,68%) e Fraca (49,82%). Somando-as, apresentam um percentual de 69,5% da área total, como apresentado na tabela 1.

Nessas áreas de fragilidade Muito Fraca e Fraca, o uso e a cobertura da terra acabam sendo influenciados pela pastagem e por alguns fragmentos de vegetação espalhadas em toda a área. Apresentam, também, estruturas de relevo denudacionais do tipo modelado tabular (Dt), indicando áreas mais planas, se comparadas com a outras formas de relevo existentes na área, diminuindo assim a incidência aos processos erosivos.

As classes de fragilidade Média e Forte apresentam um total de 28,33% de área considerada com potencial para ocorrência de processo de erosivos. Nessas áreas, há o predomínio do uso e cobertura da terra por agricultura, existindo uma pressão antrópica constante no meio. A fragilidade Média também percorre grande parte das planícies fluviais onde estão também localizadas as áreas úmidas, em especial nos Rios Aguapeí e Peixe.

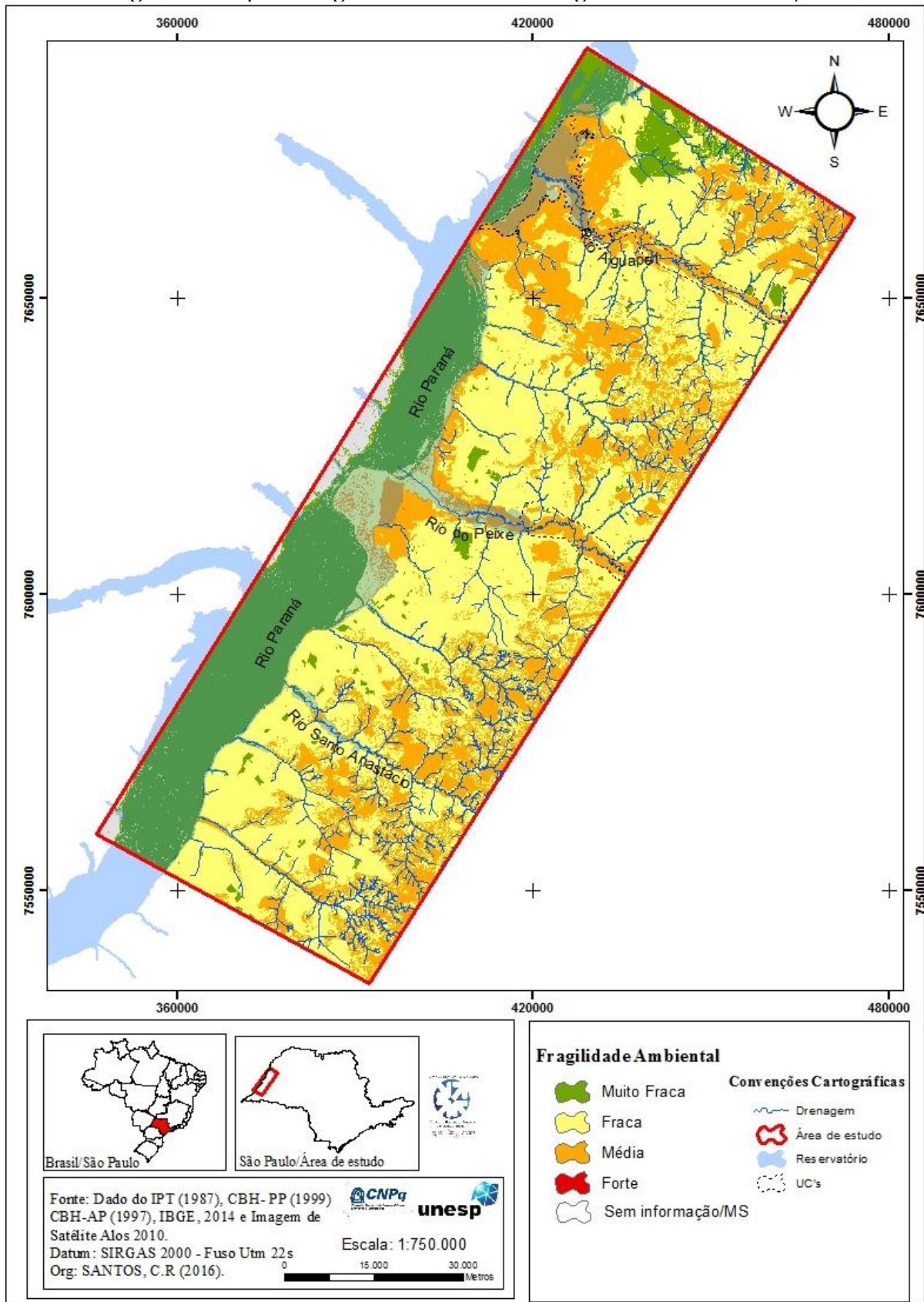
Essas áreas merecem atenção, pois são locais que tendem a alagar em alguns períodos do ano devido à dinâmica fluvial, além de serem áreas onde os processos físicos e biológicos são intensos e necessitam de prioridades para conservação e recuperação, principalmente quando o foco é a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos.

Tabela 1 - Fragilidade ambiental da região do Oeste Paulista/SP

| Fragilidade Ambiental | Área (ha) | % |
|-----------------------|------------------|------------|
| Muito Fraca | 161366,13 | 19,68 |
| Fraca | 408504,94 | 49,82 |
| Média | 232178,01 | 28,31 |
| Forte | 126,57 | 0,02 |
| Sem Informação | 17844,35 | 2,18 |
| Total | 820020,00 | 100 |

Org: Santos, C.R (2016).

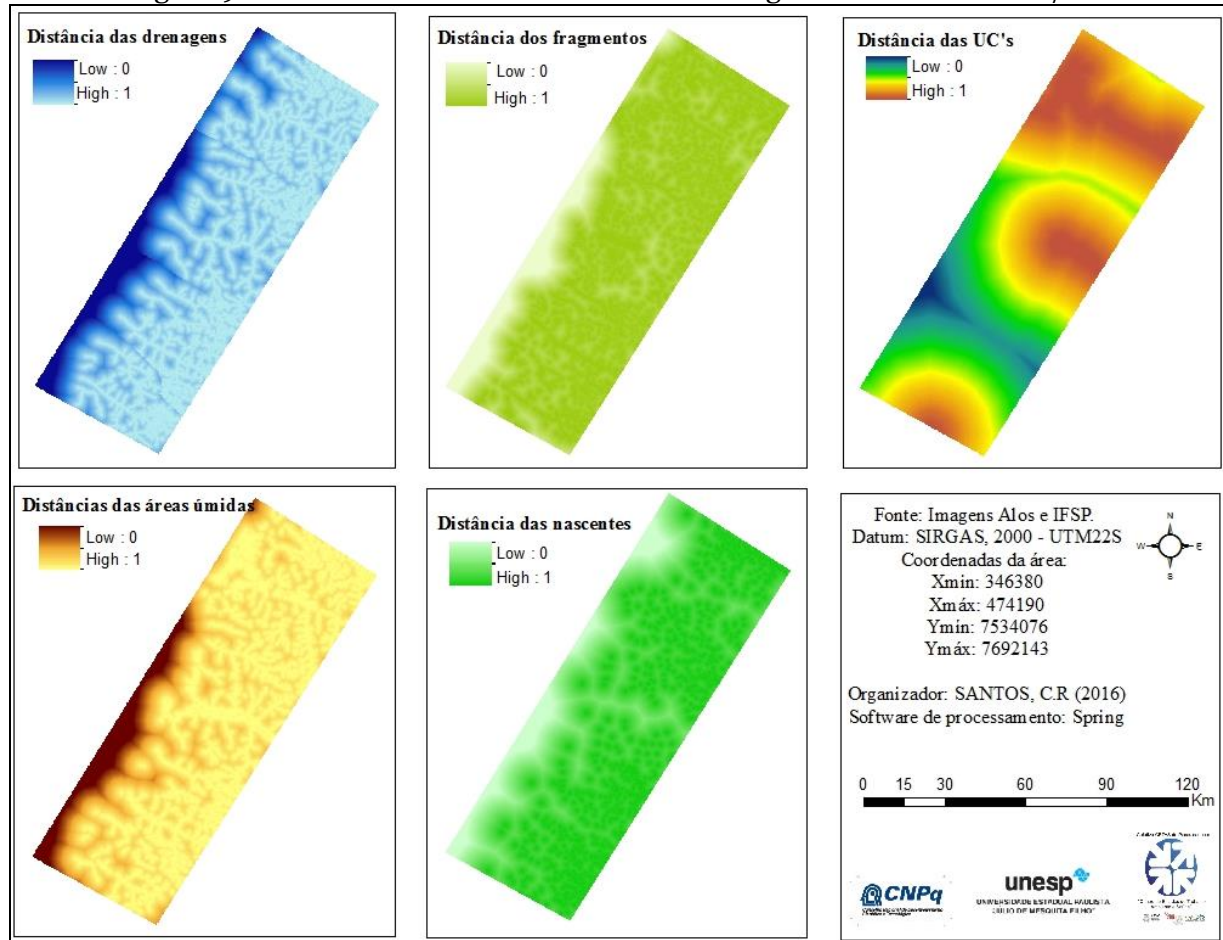
Figura 8 - Mapa de fragilidade ambiental na região do Oeste Paulista/SP



Análise dos mapas de distâncias variáveis:

As distâncias das variáveis analisadas na figura 9 e 10 são de extrema importância para que a conexão dos corredores entre as UC's possa ocorrer. Ao analisar a distância das drenagens adotamos um limiar de índice 1 que, na escala de variação de pixel, refere-se a 300 pixels e, a partir desse ponto, houve um decréscimo dos índices até chegar no limiar de índice 0 que, na escala de variação de pixel, se refere a 1.800 pixels. Desse ponto em diante tem-se uma constante.

Figura 9 - Cálculo de distância das variáveis na região do Oeste Paulista/SP



Para a distância dos fragmentos, consideramos que até 1.000 pixels, tem-se o índice 1 e a partir desse ponto, existe um decaimento até a variação de pixels 12.000, com limiar de variação 0. Depois desse ponto existe uma constante.

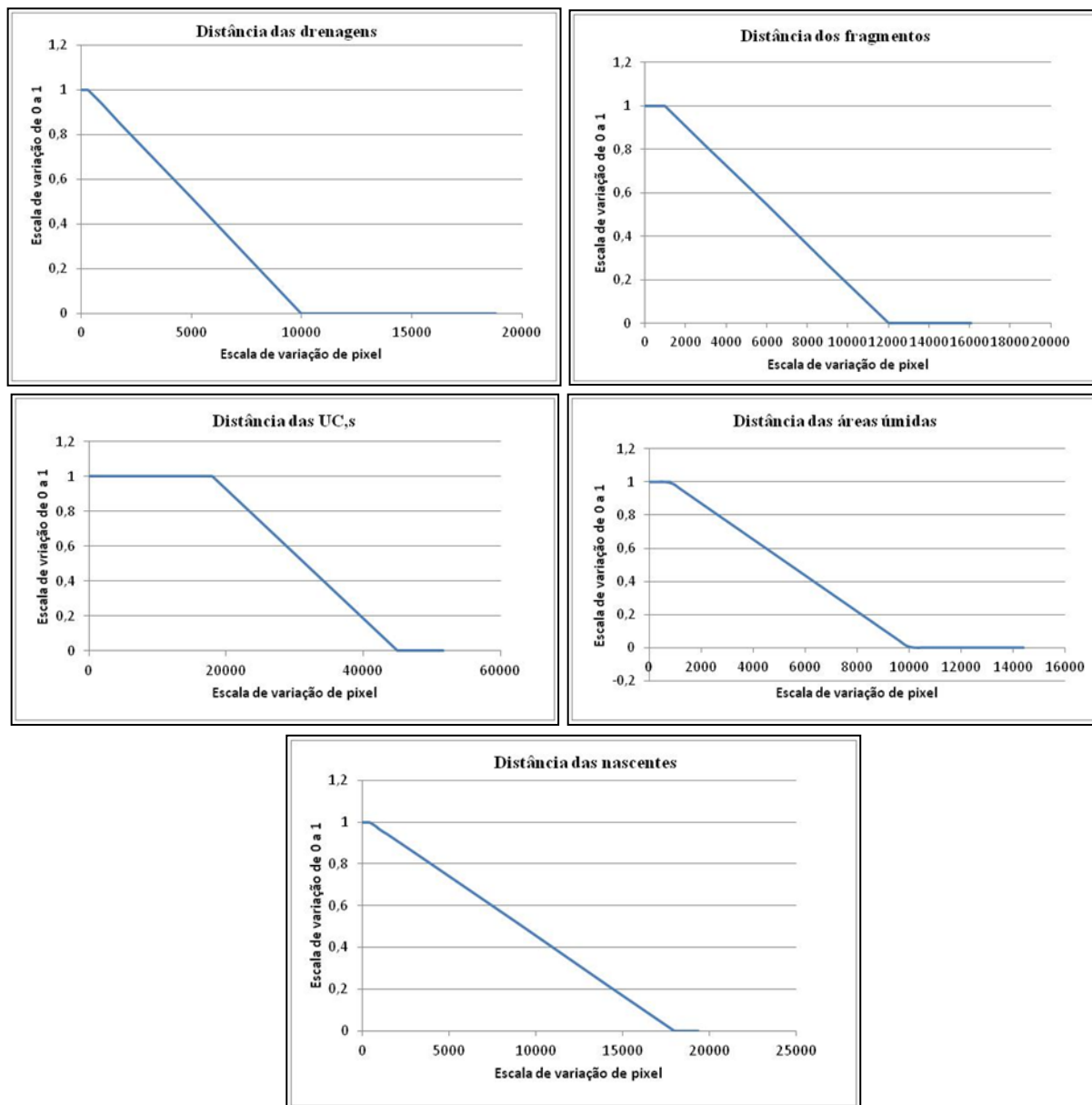
Para as distâncias entre as UC's, foram adotados o limiar de variação de 1.800 pixels para a constante de variação 1 e a partir desse ponto houve um decaimento até chegar na variação de pixel 45.000 pixels, onde se adotou a constante 0. Neste caso, a escolha de um valor de pixel alto, foi importante para que as Unidades de Conservação prioritárias pudessem ter um nível maior de proximidade, auxiliando como ponto positivo no cruzamento dos dados.

As distâncias das áreas úmidas foram escolhidas até a variação de pixels 600, e optamos para o índice 1, a partir do qual há um declínio até chegar na variação 10.200 pixels, apresentando o índice 0, após o que há uma constante.

E, por fim, para as distâncias entre as nascentes, priorizamos a estabilidade na escala de variação de pixel 1 até 400 pixels, havendo uma diminuição da variação até alcançar o

limiar de variação de pixel 18.000, com índice 0, apresentando uma constante, após este ponto.

Figura 10 - Gráfico de Distâncias das variáveis analisadas na região do Oeste Paulista



Org: Santos, C.R (2017)

Pela avaliação da distância foi possível identificar o comportamento das variáveis distâncias, a fim de auxiliar no processamento e definir a escolha das áreas mais favoráveis para a implantação dos corredores ecológicos.

Análise da matriz de viabilidade de custo para delimitação dos corredores ecológicos:

Ao avaliar a aplicação da matriz de comparação pareada como estratégica para escolha das melhores áreas para a implementação dos corredores ecológicos, chegamos aos seguintes pesos de cada variável e aos índices de consistência e razão de consistência, conforme a figura 11.

Figura 11- Quadro de valores resultantes da matriz de comparação pareada

| Variáveis | PESOS | AW |
|-------------------------------------|--------|------|
| Índice de dissecação | 0,046 | 0,34 |
| Declividade | 0,042 | 0,38 |
| Uso da terra | 0,054 | 0,73 |
| Fragilidade ambiental | 0,123 | 1,42 |
| Distância drenagem | 0,148 | 2,19 |
| Distância Fragmentação da vegetação | 0,172 | 1,67 |
| Distância UC's | 0,156 | 2,00 |
| Distância area umida | 0,172 | 1,38 |
| Distância nascentes | 0,172 | 0,69 |
| IC | 0,1382 | |
| RC | 0,0953 | |

Org: Santos, C.R (2017).

Como o resultado foi positivo, aplicamos o cálculo viabilidade de custo para a delimitação de corredores ecológicos e chegamos às seguintes classes de viabilidade. Concluímos que os melhores locais para a implementação dos corredores ecológicos estão nas classes de viabilidade Muito Alta (20,32%) e Alta (31,64%) que, somadas, chegam ao percentual de 52% da área de estudo (tabela 2 e figura 12). Essas áreas são ideais para que se possam criar conexões transversais entre as Unidades de conservação, em especial os Parques Estaduais Aguapé e Peixe e a RPPN do Aguapé.

As áreas de viabilidade Média (29,55%) e Baixa (16,31%) são áreas consideradas em nosso contexto como impróprias para a implementação dos corredores, já que o nosso foco é realizar uma ligação transversal que ligue o nordeste ao sudoeste da área de estudo.

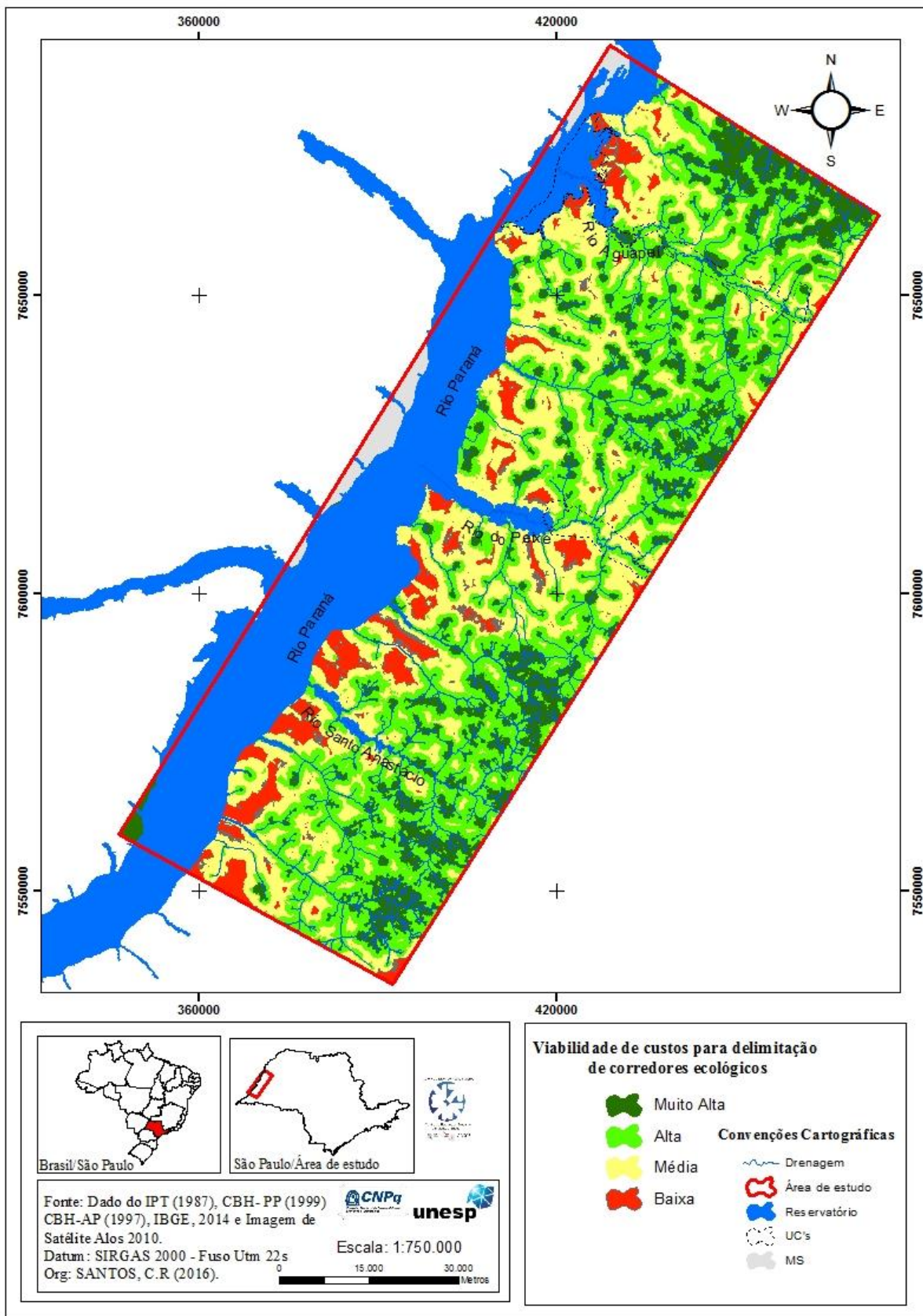
Tabela 2 - Classes de viabilidade de custo para delimitação de

| Viabilidade de custos para delimitação de corredores ecológicos | Área (ha) | % |
|---|------------------|------------|
| Muito Alta | 166665,26 | 20,32 |
| Alta | 259443,49 | 31,64 |
| Média | 242315,66 | 29,55 |
| Baixa | 133751,24 | 16,31 |
| MS | 17844,35 | 2,18 |
| Total | 820020,00 | 100 |

corredores ecológicos na região do Oeste Paulista/SP

Org: Santos, C.R (2017).

Figura 12 - Mapa de viabilidade de custos para delimitação de corredores ecológicos na região do Oeste Paulista/SP



As classes de viabilidade Muito Alta e Alta estão localizadas, principalmente, em superfícies aplainadas, onde se encontram as formas de relevo denudacionais do tipo modelado convexo (Dc23), indicando uma densidade de drenagem média com o grau de entalhamento dos vales considerado fraco. O uso e a cobertura da terra nessas classes, em grande parte pertencem à pecuária, mas apresentam também alguns pontos de viabilidade em áreas como agricultura e manchas urbanas, o que pode ser um empecilho para a implantação dos corredores ecológicos.

O grau de fragilidade média foi um bom condutor para a busca de áreas, pois, como se concentra em locais onde o índice de drenagem é considerado denso, ao cruzar os pesos ele se mostrou um dos itens importantes para a análise.

Os índices de distâncias de densidade de drenagem, distância de seus fragmentos, distância da UC's, distâncias das áreas úmidas e distâncias das nascentes foram bons condutores para que a delimitação dos corredores pudessem ocorrer de forma transversal, pois, ao cruzar os mapas de distâncias com as outras variáveis podemos perceber o forte potencial de ligação que possuem. Além disso, por serem consideradas áreas prioritárias para conservação da fauna e flora local, apresentam também os maiores pesos da matriz de comparação, fator que facilita a conexão, e permite que se estruture a delimitação dos corredores tomando como base alguns pontos da legislação ambiental.

Considerações finais

Verificamos que a maior parte do nosso objeto de estudo possui áreas com graus de fragilidade muito fraca e fraca, e isso é bom, pois indicam que grande parte da área possui um grau de proteção bom, em virtude da existência de alguns fragmentos de vegetação. As classes de fragilidade média e forte são as áreas que sofreram com maior intensidade a ação antrópica e precisam de atenção e manejo mais adequados.

As distâncias analisadas contribuíram para que a ligação entre as Unidades de conservação pudesse ocorrer de forma transversal, dado o seu alto fator de proteção para os recursos ambientais.

A viabilidade de custo para delimitação de corredores ecológicos apresentou, no primeiro momento da pesquisa, a possibilidade de realizar conexões entre as Unidades de Conservação e fragmentos de vegetação. Indicou, também, importantes áreas que devem ser analisadas com maior rigor ou com métodos diferentes, para que se possa chegar a um grau mais aproximado da realidade estudada.

Portanto, a região do Oeste Paulista possui um potencial considerável para interligar as Unidades de conservação e os fragmentos de vegetação existentes nas áreas, possibilitando o equilíbrio entre os fatores bióticos e abióticos.

A metodologia adotada de fragilidade ambiental e o método de decisão por níveis hierárquicos mostraram-se satisfatórios para identificar os melhores caminhos para a demarcação dos corredores ecológicos. Mas é necessário que se tenha o cuidado na escolha dos critérios e de seus inter-relacionamentos, pois ele é fundamental no resultado final para a tomada de decisão.

Apesar de os resultados se mostrarem satisfatórios, são necessários estudos mais aprofundados que visem a um melhor refinamento, chegando, assim, a possibilidades concretas de delimitação ou de futura implantação dos corredores ecológicos. Se isso ocorrer, os corredores podem promover melhorias na qualidade do ecossistema e benefícios relacionados ao homem e ao ambiente.

Referências

- ABREU, L. M. de; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, 2000, p. 257 - 262.
- BARBAROSOGLU, G.; PINHAS, D. **Capital rationing in the public sector using the analytic hierarchy process**. Disponível em: <<http://bw-www.ie.uryukyu.ac.jp/~j94033/study/finalpeper2.html>>. 1995. Acesso em: 14 fev de 2016
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; L.G.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; LORENZANO, T.G.; DUARTE, V. **Sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos/SP. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.
- CONYERS, D.; HILLS, P. **An introduction to development planning in the third world**. New York/ EUA: John Wiley & Sons, 1984. (Public Administration in Developing Countries).
- FIDALGO, E. C. C. **Crítérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. Biblioteca digital da UNICAMP. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000303237>. Acessado em 2 fev de 2016.
- GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão**. Pioneira Thompson Learning, 2004.
- IJIRI, Y. **Management goals and accounting for control**. Rand McNally, Chicago, Illinois/EUA 1965.
- JIANYUAN, Y. (1992). **Using Analytic Hierarchy Process as the auxiliary decision of computer integrated system for library management (CISLM)**. Nankai University, China. Disponível em: <<http://web.simmons.edu/~chen/nit/NIT'92/387-yan.htm>>. Acesso em: 07 abr. 2005.
- LOUZADA, F. L. de. O.; SANTOS, A. R. DOS. SILVA, A. G. DA. **Delimitação de corredores ecológicos no Arcgis 9.3**. Caufes, 2010.
- MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de informações geográficas**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. 2005. p.425
- MOREIRA, F. R.; BARBOSA, C.; CÂMARA, G.; ALMEIDA FILHO, R. Inferência geográfica e suporte à decisão. In: CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A.M., D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos/SP, INPE, 2001(on-line, 2ª edição, revisada e ampliada)
- MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise de multicritérios. Anais do XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR), Florianópolis/SC, **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2007. Artigos, p. 2899-2906. CD-ROM.
- ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8 ed. São Paulo: Contexto. 2007
- ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, 1993, p. 63-74.
- SAATY, T.L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, 15(3), 234-281. 1997

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G.; **Models, Methods, Concepts & Application of the Analytic Hierarchic Process**. Kluwer Academic Publishers, 2001.

SAATY, T. L.; **Decision Making with Dependence and Feedback** - The Analytic Network Process; RWS Publications, 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impactos ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. Oficina de textos, 2013.

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGis 9.3 total**: aplicações para dados espaciais. Alegre, ES. CAUFES, 2010.

SANTOS, C. R. **Alternativa metodológica para alocação de corredores ecológicos utilizando modelagem ambiental**. Tese doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2017.

ZUFFO, A. C.; SANTOS DOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de métodos multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 7, n.1. Jan/Mar. p/ 81-102, 2002,

Recebido em: 09/04/2019

Aprovado para publicação em: 16/12/2019