

TÉCNICAS DE SIG E SENSORIAMENTO REMOTO NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DE PARQUES LINEARES

GIS and Remote Sensing Techniques to Plan Environmental Linear Parks

Lucilia do Carmo Giordano¹
Paulina Setti Riedel²

¹ **Universidade Estadual Paulista – UNESP**
Faculdade Municipal Professor Franco Montoro – FMPFM
Departamento de Ecologia
Caixa Postal 178 - Rio Claro – SP – Brasil - 13.500-230
lilogiordano@linkway.com.br

² **Universidade Estadual Paulista – UNESP**
Departamento de Geologia Aplicada
Caixa Postal 178 – Rio Claro – SP – Brasil - 13.500-230
psriedel@rc.unesp.br

RESUMO

Na bibliografia referente ao tema de parques lineares, observa-se que, na maioria dos casos, o seu planejamento é feito a partir de seu histórico e atributos particulares, não havendo uma metodologia que possa embasar novos projetos. A partir dessa observação, considerou-se a necessidade de desenvolver uma metodologia para a delimitação de parques lineares. Assim, avaliando-se as atuais metodologias que têm sido utilizadas com êxito na área ambiental, dentre as quais se destacam o uso de produtos de sensoriamento remoto trabalhados em ambientes de SIG, elaborou-se um roteiro metodológico para a delimitação de parques lineares ao longo de rios a partir de mapas temáticos, que subsidiaram uma análise de aptidão, gerada a partir de uma análise-multicriterial, para a alocação do parque linear e, finalmente, uma análise de melhor caminho, para delimitação específica do melhor traçado a ser ocupado pelo parque linear. O trabalho foi desenvolvido em um trecho do rio Corumbataí, estado de São Paulo, Brasil e resultou numa trilha com o total de 82,20km de extensão que ocupa 15,79km², o que equivale a 3,02% da área de estudo. Os resultados obtidos mostram que a metodologia proposta deve ter seu uso encorajado como uma ferramenta no planejamento de parques lineares.

Palavras chave: SIG, Sensoriamento Remoto, Planejamento Ambiental, Análise Multicriterial, Parques Lineares.

ABSTRACT

In the linear parks bibliography most of the case studies show that park planning is done based on its history and particular attributes, without a methodology that can guide new projects. Thus, we considered the need to develop a methodology that can provide the framework for delineating linear parks. After evaluating current methodologies that have been used successfully in the environmental discipline, among which remote sensing and GIS, the current work proposes a methodological roadmap to define linear parks along rivers. This roadmap is based on thematic maps, which enable a suitability analysis generated from a multi-criteria analysis to allocate the linear park, followed by a pathway analysis to define the best area for the linear park. The current work was developed in a segment of the Corumbatai River, in Sao Paulo state, Brazil, and generated an 82.2km long path, occupying 15.79km², equivalent to 3.02% of the studied area. The results show that the proposed methodology is a powerful tool in planning linear parks, and its adoption should be encouraged.

Keywords: SIG, Remote Sensing, Environmental Planning, Multi-criteria Analysis, Linear Parks.

1. INTRODUÇÃO

Na bibliografia referente ao tema de parques lineares, observa-se que, na maioria dos casos, o seu planejamento é feito de forma quase artesanal, tratando cada área especificamente, a partir de seu histórico e atributos particulares, não havendo uma metodologia básica que possa embasar novos projetos, fazendo com que o planejamento de parques lineares ainda esteja sendo tratado de forma empírica.

FÁBOS (2004) também constata a lacuna metodológica existente na bibliografia a respeito do tema, e ressalta esta lacuna como sendo umas das causas de um limitado valor educacional e de pesquisa das publicações sobre o tema.

A partir dessa observação, e ponderando que a aplicação do conceito de parques lineares pode trazer grandes benefícios ambientais, considerou-se a necessidade de desenvolver uma metodologia para embasar a delimitação de parques lineares, que pudesse compreender essa lacuna.

Assim, avaliando-se as atuais metodologias que têm sido utilizadas com êxito na área ambiental e, dentre elas, destacam-se o uso de produtos de sensoriamento remoto trabalhados em ambientes de SIGs, elaborou-se um roteiro metodológico para a delimitação de parques lineares ao longo de cursos fluviais. Mapas temáticos foram obtidos a partir de imagens digitais, que subsidiaram uma análise de aptidão para a alocação do parque linear. Finalmente foi feita uma análise *pathway* para delimitação específica do melhor traçado a ser ocupado pelo parque linear.

O roteiro metodológico proposto foi testado em um trecho do rio Corumbataí, estado de São Paulo, Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um estudo sobre o planejamento ambiental de parques lineares nos leva à trajetória percorrida por Frederick Law Olmsted, passando por diversos países da Europa, onde teve contato com várias obras literárias e arquitetônicas, dentre elas, o “Plano de Birkenhead Park”, de Joseph Paxton, de grande importância, criado em 1843 na Inglaterra, que propunha um conceito inovador para parques, considerando aspectos ambientais dentro de um sistema viário (LITTLE, 1990; SMITH & HELLMUND, 1993; METROPOLITAN BOROUGH OF WIRRAL, 2001).

Em 1865, Olmsted introduziu o conceito de *parks ways* (*parkways*), que seriam caminhos que ligassem parques e espaços abertos entre si e com suas vizinhanças, propondo-os no Campus da Universidade de Berkeley, com a transformação do vale do rio *Strawberry Creek* em um parque linear e, a união de *Berkeley a Oakland* por uma rota cênica. Neste trabalho, que na época não chegou a ser implantado, foram observados pela primeira vez elementos que compõem um parque linear (LITTLE, 1990; SMITH & HELLMUND, 1993).

A idéia de *parkways* continuou e, em 1868, Olmsted e Vaux realizaram o primeiro projeto de sistema de parques integrados na cidade de Buffalo e também um *parkway* no estado de Illinois, unindo o subúrbio Riverside a Chicago (LITTLE, 1990).

Finalmente em 1887, Olmsted e Vaux realizaram um projeto de parque e *parkway* em Boston, o “*Emerald Necklace*”, que foi considerado como a maior realização de parques lineares, compondo um arco ao redor da cidade de aproximadamente 7,2 km de extensão. A partir de então o conceito de *parkways* foi sendo incorporado em várias cidades dos Estados Unidos (LITTLE, 1990).

Outro conceito que exerceu grande influência sobre a criação dos parques lineares, foi o de *greenbelts* proposto em 1898, por Ebenezer Howard na Inglaterra a partir do modelo “*Garden City*”, onde a cidade se desenvolveria em um jardim, ou seja, a cidade contida numa paisagem permanentemente agrícola (LITTLE, 1990; SMITH & HELLMUND, 1993).

Posteriormente, o conceito de *greenbelts* foi desenvolvido nos Estados Unidos, durante a década de 1920, por Benton MacKaye, quando propôs o desenvolvimento de um sistema de espaços abertos florestados formando áreas lineares e cinturões ao redor e por entre as cidades. Seu trabalho mais conhecido foi a *Appalachian Trail*, idealizada em 1921, unindo Maine a Geórgia numa extensão de mais de 300 km, configurando um espaço aberto de escala regional (LITTLE, 1990; SMITH & HELLMUND, 1993).

Na década de 1960, o planejamento e projeto com bases ecológicas estavam consolidados, quando Ian McHarg publicou o livro *Design with Nature*, em 1969, trazendo bases teóricas e técnicas para o assunto. O legado mais relevante deixado por McHarg, foi o da importância do planejamento do uso e cobertura do solo de acordo com o valor ecológico e a sensibilidade de cada paisagem, sendo que a distribuição dos espaços abertos deveria responder aos processos naturais, permitindo o desenvolvimento sem o rompimento dos processos ecológicos (LITTLE, 1990; SMITH & HELLMUND, 1993).

O método desenvolvido por McHarg estabelece prioridades para esse desenvolvimento, por meio da criação de mapas de áreas cujos processos antrópicos estejam causando impacto sobre os processos naturais (LITTLE, 1990).

Cada feição fisiográfica, como por exemplo, declividade, várzeas, afloramentos rochosos, rios ou linhas de cumeada, são desenhados em diferentes transparências. Essas transparências, quando sobrepostas e vistas sobre um papel branco, geram um mapa onde apareceram áreas em branco, o que indica as áreas aptas ao desenvolvimento, ou seja, sem restrições; áreas com pouca sobreposição de cores, que são as áreas com algumas restrições; e naquelas onde há muita sobreposição de cores não se recomenda o desenvolvimento (LITTLE, 1990).

A técnica de sobreposição de mapas, já existente desde 1912, marcou um grande passo na

direção do planejamento de desenvolvimento com abordagem ecológica, pois foi utilizado não somente para a composição de áreas lineares, mas também para a conservação de áreas não lineares (SMITH & HELLMUND, 1993).

Concomitantemente a McHarg, Philip Lewis, utilizando o método de sobreposição de transparências, observou que muitas vezes as áreas escuras dos mapas situavam-se nos vales de rios e em áreas de topografia pronunciada, gerando como resultado áreas denominadas por ele de corredores ambientais, com fundamental importância para o planejamento ecológico regional (SMITH & HELLMUND, 1993).

Lewis ainda aprofundou seus estudos sobre a confecção desses mapas, procurando determinar a localização exata e o valor relativo de cada paisagem dentro de corredores ambientais. Como resultado, criou um método de análise da paisagem envolvendo 220 valores ambientais, caracterizando dentre outros, diferentes tipos de vegetação, recursos hídricos e topografias. Também foi nesta metodologia que se incorporou o valor estético da paisagem como qualidade visual do espaço (SMITH & HELLMUND, 1993).

Segundo FLINK & SEARNS (1993), não há um método único de planejamento e implementação de parques lineares, e a definição do método a ser utilizado é dependente da comunidade que está realizando o projeto, sendo muito usual, entretanto, que o início seja dado a partir de um plano. Este plano deve conter dois componentes chave, que são: uma completa investigação da área onde será implantado o parque linear e o envolvimento com o público.

FLINK & SEARNS (1993) sugerem um processo de planejamento de parques lineares composto por três fases principais: inventário e análise (levantamento dos recursos naturais e culturais do corredor), preparação do plano conceitual (definição de metas, objetivos e programa de ações recomendadas) e preparação do plano final (documento especificando e alocando todas as modificações propostas para a área, com detalhada estimativa de custos) (FLINK & SEARNS, 1993).

As informações reunidas na fase de inventário devem ser reorganizadas conforme a técnica de sobreposição de mapas, proposta por McHarg, subsidiando assim a segunda fase do processo de planejamento, a de preparação do plano conceitual. Nesta fase são definidos os objetivos.

Os planos conceituais normalmente são apresentados de forma gráfica ou dissertativa e devem apresentar alternativas de desenvolvimento, considerando as vantagens e desvantagens de cada uma.

Na fase de preparação do plano final, uma das formas de desenvolvimento para o parque linear deve ser escolhida e apresentada, contendo sua localização exata, medidas de proteção e conservação dos recursos naturais, forma de acesso e infra-estruturas disponíveis, especificações de manejo, estimativa de custos de implantação e estratégias de desenvolvimento.

Outra proposta de planejamento de parques lineares é dada por SMITH & HELLMUND (1993) embasada por princípios de Ecologia da Paisagem. Neste método são utilizadas quatro fases de planejamento, começando pela análise de escala regional determinando as possibilidades e limitações para a criação do parque linear; passando pela seleção de objetivos para o projeto, definição de tipos de usos e seleção de uma área de estudo dentro da região com potencial para desenvolvimento de um parque linear; o terceiro passo é a seleção e avaliação de locais alternativos para a instalação do parque linear; e finalmente atingindo a criação e implantação de projetos para alocação de infra-estruturas e tipos de usos e, preparação de planos de manejo.

Outros autores formularam propostas metodológicas menos abrangentes, considerando alguns aspectos particulares conforme os objetivos de cada parque linear.

BASCHAK & BROWN (1995) propuseram um procedimento sistemático para o planejamento, delineamento, e manejo de parques lineares ao longo de rios em áreas urbanas.

Inicialmente, foram determinados os recursos naturais e culturais, classificados como elementos da paisagem de acordo com suas características relevantes ao parque linear.

Posteriormente, esses elementos foram inventariados, classificados como manchas isoladas ou corredores, conforme sua escala e hierarquia na paisagem e, então, quantificados.

A partir deste embasamento, tendo sido considerados os aspectos de conexão de áreas ricas em espécies, características urbanas e o conteúdo e estruturas naturais preexistentes, a estrutura espacial do parque linear foi determinada.

Já com o enfoque recreacional, TZOLOVA (1995) em seu trabalho no rio Danúbio na Europa Central, dividiu sua metodologia em três fases.

Na primeira, denominada análise da paisagem, estudaram-se os componentes naturais (relevo, clima, hidrologia, solos, vegetação e vida selvagem) e antropogênicos (economia, urbanização e atividades recreacionais) da paisagem associada ao rio Danúbio.

Na segunda fase, relacionada ao diagnóstico da paisagem, determinou-se a conveniência recreacional e atrações visuais estéticas da paisagem natural.

Realizou-se então na última fase, a síntese da paisagem, com a definição de locais específicos e estruturas espaciais e funcionais que compõem o sistema de parques lineares do rio Danúbio, como um ambiente para o desenvolvimento da recreação e turismo.

No trabalho de LINEHAN, GROSS & FINN (1995), que propõe o planejamento de parques lineares através do desenvolvimento de uma abordagem de redes ecológicas, a metodologia utilizada é iniciada pelo inventário do meio físico (caracterizando-se o uso e cobertura do solo) e do meio biológico (fauna, flora e seus habitats).

Após a fase de inventário, cada módulo foi analisado separadamente, e a partir desta análise inicial foi avaliada a capacidade de conexão entre os módulos dos meios físicos e biológicos. Conforme a capacidade de conexão entre os módulos, gerou-se a rede de corredores.

Para o estabelecimento de um parque linear determinado pelas qualidades cênicas locais, SHANNON *et. al.* (1995), realizaram um trabalho no vale do rio *St. Laurence*, ao norte do estado de Nova Iorque, Estados Unidos. A área de estudo compreende três setores do vale, para os quais foram desenvolvidas metodologias particularizadas, porém embasadas num mesmo modelo inicial que consiste na elaboração de fotos e vídeos.

O material produzido foi avaliado por várias pessoas que classificaram as paisagens conforme sua beleza cênica. A partir desta avaliação, foram determinadas as áreas de enfoque do parque linear a serem implantadas.

BUENO *et. al.* (1995) propuseram uma metodologia para o planejamento de parques lineares regionais ao longo de rios e reservatórios no Sul da Flórida, Estados Unidos, onde o ambiente foi analisado através de sua descrição geográfica, morfológica e topográfica.

Na análise geográfica, foi realizado um mapa de vegetação, comparando-o com um já existente. Desta junção obteve-se um mapa da evolução da cobertura vegetal, que unido ao mapa de drenagem originou o mapa inicial de localização do parque linear.

A morfologia foi utilizada para a caracterização das áreas de corredores, conforme largura e localização (trechos urbanos, periferias, rurais e naturais). A topografia realizada embasou a análise da conectividade entre os corredores. Os resultados obtidos colaboraram para o aperfeiçoamento da delimitação da área do corredor.

Com o enfoque de conservação ambiental e desenvolvimento de áreas de lazer para a população, GIORDANO (2000) propôs o planejamento de um parque linear para um trecho do rio Corumbataí, Município de Rio Claro, Estado de São Paulo, Brasil.

Numa primeira etapa da investigação, foram caracterizadas a geomorfologia, por meio de fotointerpretação, possibilitando a demarcação da área a ser ocupada pelo parque linear; a fitossociologia, por meio de levantamento fitossociológico, identificando trechos de mata preservados e outros degradados, porém ainda com potencial de recuperação; e a população da área de entorno, através de questionários de percepção ambiental, sendo possível observar a necessidade e a aprovação da população em relação à área de lazer.

A partir destes dados, realizou-se uma etapa de planejamento, onde as informações foram analisadas, resultando em um mapa de delimitação da área do parque linear, mostrando-se os pontos para prática de atividades de lazer.

Apesar da literatura não apresentar uma metodologia única comum ao planejamento de parques

lineares, algumas técnicas foram bastante observadas, dentre as quais, podem ser destacadas as de identificação e quantificação da fauna, flora, elementos da paisagem e elementos antrópicos, percepção ambiental, sensoriamento remoto e sobreposição de mapas.

Uma análise sobre os trabalhos realizados no planejamento de parques lineares mostra que os estudos sobre o meio físico são de extrema importância para que se alcancem os objetivos de implantação dessas áreas.

Mais especificamente, uma análise sobre o trabalho de GIORDANO (2000), mostra que para se iniciar o processo de delimitação física dos parques lineares, a análise geomorfológica foi de fundamental importância, enquanto as análises fitossociológica e da população, já poderiam estar contidas numa segunda fase, onde o ambiente passa a ser manejado e a diversidade incrementada. Pôde-se concluir que, como etapa inicial de planejamento, seriam mais relevantes as determinações de áreas de influência da dinâmica fluvial, áreas de ocorrência de vegetação, independentemente do seu estado de preservação, e locais propícios para a prática de atividades de lazer, também independentemente do uso requerido pela população.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Corumbataí é localizada na porção centro-oeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°04'46"S e 22°41'28"S e os meridianos 47°26'23"W e 47° 56'15"W, ocupando parte dos municípios de Itirapina, Analândia, Corumbataí, Charqueada, Ipeúna, Rio Claro, Santa Gertrudes e Piracicaba.

Esta bacia abrange uma área de 171.050ha, sendo a extensão do leito do rio Corumbataí de 120km, com nascente no alto da Serra de Santana, a cerca de 800m de altitude e desaguando no Rio Piracicaba a 470m. No alto curso é encachoeirado e flui em vales estreitos e profundos. No médio curso tem baixo gradiente (2m/km) e encontra-se encaixado em vales abertos, com ocorrência de setores sinuosos e meandantes. Seus principais afluentes são o rio Passa Cinco pela margem direita e o Ribeirão Claro pela margem esquerda (PENTEADO, 1976).

A área de estudo selecionada engloba a área de captação que integra o trecho desde a nascente do rio Corumbataí até o ponto onde este recebe o Ribeirão Claro, compreendendo uma área de 523,33km² e uma extensão de leito do rio Corumbataí de 76,45km (Figura 1).

Esta área foi escolhida por apresentar uma grande heterogeneidade de características tanto nos aspectos físicos e biológicos, como também em relação ao uso e ocupação humano, podendo ser encontradas diferentes formas de relevo; vegetação de matas e cerrados bem preservados; áreas totalmente destinadas à agricultura; e áreas urbanas, de médio e pequeno porte.

Esta variedade de características possibilita testar a metodologia em diversos aspectos.



Fig. 1- Localização da área de estudo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia a ser utilizada foi embasada na abordagem sistêmica proposta por CHORLEY & KENNEDY (1971), que considera a área de estudo como um sistema, constituído por elementos, que possuem características próprias e relações com o universo que os cercam juntamente com os conceitos de Ecologia da Paisagem definidos por FORMAN & GODRON (1986).

O desenvolvimento da metodologia seguiu duas etapas principais, sendo a primeira a de produção de mapas temáticos e a segunda a de análise de aptidão e delimitação do parque linear.

4.1 1ª Etapa - Produção de mapas temáticos

Para tornar possível o desenvolvimento de uma metodologia, como proposto, foram selecionados os elementos da paisagem para compor a análise, representados pelos mapas temáticos, determinados neste trabalho por dois temas principais: a Geomorfologia, que gerou os mapas de feições geomorfológicas e de declividade e o Uso e Cobertura do Solo na área estudada, que gerou os mapas de uso e cobertura do solo, áreas de preservação permanente, e de locais relevantes.

Os mapas temáticos foram produzidos a partir de fotografias aéreas na escala 1:35.000, referentes ao aerolevantamento efetuado em 1988 pela BASE S. A. (BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A., 1988), cartas topográficas em escala 1:50.000 das Folhas Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2) (IBGE, 1971) e Rio Claro (SF-23-M-I-4) (IBGE, 1969), base cartográfica digital de escala 1:50.000, disponibilizada pelo projeto PiraCena do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) e imagem orbital Landsat 7 ETM+, órbitas 220/75 e 220/76 de 05/04/2000. Os softwares utilizados foram o SIG *Idrisi 3.2*

(EASTMAN, 1999) e o *Carta Linx* (HAGAN *et al.*, 1998).

4.1.1. Geomorfologia

O mapa de feições geomorfológicas foi elaborado por meio da identificação das feições geradas por dinâmica fluvial e aquelas que exercem influência sobre o curso fluvial, de forma que a legenda é composta pelas seguintes feições: terraço fluvial (acumulação de terraço fluvial), várzea (acumulação de planície fluvial), vertentes côncavas e nascentes. A escolha desta legenda se deve ao fato dessas feições serem consideradas como ambientalmente sensíveis, pois as várzeas, os terraços e as nascentes possuem relação direta com a dinâmica do fluxo fluvial, e as vertentes côncavas, por serem áreas concentradoras de água, são nichos de nascentes e também mais propensas à instalação de processos erosivos, quando combinadas a solos suscetíveis à erosão (MALANSON, 1993).

Esta etapa foi realizada por meio de fotointerpretação utilizando-se a legenda proposta por TRICART (1965), SPIRIDONOV (1981) e pelo Projeto Radam Brasil (BRASIL, 1980). Os resultados obtidos por meio da fotointerpretação em escala 1:35.000 foram transferidos para a base cartográfica em escala 1:50.000 por meio do *Aero-Sketchmaster*, scaneados, importados para o software *Idrisi 3.2* (EASTMAN, 1999) e georreferenciados de acordo com as coordenadas retiradas da carta topográfica e então digitalizados no software *Carta Linx* (HAGAN *et al.*, 1998).

O mapa de declividade foi elaborado a partir do MDE (modelo de elevação digital do terreno), tendo sido utilizada uma base cartográfica digital de escala 1:50.000. A legenda utilizada para separação das classes de declividade foi embasada na proposta por BIGARELLA (1979), para indicação dos tipos de uso conforme os diversos intervalos de classe de declividade. Esta legenda foi escolhida, pois considera a maior classe de declividade, conforme a legislação brasileira para áreas de preservação permanente.

4.1.2 Uso e cobertura do solo

O mapeamento de uso e cobertura do solo foi realizado por meio de classificação supervisionada das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 da imagem orbital Landsat 7 ETM+, georreferenciada com 3,79m de erro, utilizando o classificador *Maximum Likelihood* (módulo *MAXLIKE* do SIG *Idrisi 3.2*, que fornece o erro obtido já em metros).

A legenda utilizada foi baseada naquela proposta por KÖFFLER (1993), sendo a legenda inicial composta pelas seguintes classes: área agrícola, cana-de-açúcar, pastagem, solo exposto, reflorestamento, mata, cerrado e corpos d'água.

A escala deste mapeamento foi de 1:25.000, que é o valor máximo atingido pela imagem utilizada e a partir deste mapa toda a análise seguinte também foi realizada na escala de 1: 25.000. Esta escala pôde ser obtida pois foi realizado o procedimento de

transformação IHS que gera um produto com 15m de resolução espacial.

Para se avaliar a exatidão da classificação do mapa obtido, foi calculado o Índice de Kappa, pela equação:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}$$

onde:

N é o número total de *pixels* contemplados na matriz de erro;

x é o elemento da matriz de erro;

r é o número de categorias presentes na matriz de erro;

x_{ii} são os elementos da diagonal principal;

x_{i+} é o total da linha para cada categoria informacional e;

x_{+i} é o total da coluna para cada uma dada categoria informacional.

A determinação da quantidade de pontos a serem amostrados foi realizada conforme proposto por FITZPATRICK-LINS (1981) e CHUVIECO (2000). Neste caso utilizando-se um percentual de exatidão (p) de 90%, com um erro permissível (E) de 5%, o número de amostras a ser utilizado foi de 144. O padrão de amostragem utilizado foi o sistemático, onde as amostras possuem a mesma probabilidade, pois se considera que as categorias de uso e cobertura do solo possuem igual probabilidade de serem amostradas (STEHMAN, 1992). A verdade terrestre foi verificada por meio da checagem dos pontos no campo com aparelho GPS e na própria imagem IHS.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) foram demarcadas de acordo com a legislação brasileira vigente, conforme a Lei n.º 4.771, de 15/09/65, alterada pela Lei n.º 7.803/89 e 7.875/89, que considera áreas de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo de rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto, cuja largura mínima seja de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos); de 30 (trinta) metros ao redor do espelho d'água de lagos ou reservatórios em zona urbana; de 50 (cinquenta) metros ao redor do espelho d'água de lagos ou reservatórios em zona rural com menos de 20 (vinte) hectares; de 100 (cem) metros ao redor do espelho d'água de lagos ou reservatórios em zona rural com área a partir de 20 (vinte) hectares; de 100 (cem) metros ao redor do espelho d'água de represas ou hidrelétricas; num raio de 50 (cinquenta) metros de largura nas nascentes; nos

topos de morros, montanhas e serras; nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de declive.

As áreas de preservação permanente, definidas de acordo com a legislação, foram localizadas no ambiente do SIG *Idrisi 3.2*. Foram selecionadas de forma direta as áreas de várzea fluvial, a partir do mapa de feições geomorfológicas; as áreas de encostas com declividade superior a 45°, selecionadas no mapa de declividade; e os topos de morros, sendo selecionados a partir das curvas de nível fechadas encontradas na base cartográfica.

Já as áreas de faixas marginais dos rios, lagos e nascentes foram calculadas de forma indireta pelo módulo *BUFFER* do SIG *Idrisi 3.2*, criando uma área de entorno nestas feições. Para se aperfeiçoar esta análise, foi adicionada uma imagem contendo as pontes que cruzam os rios, pois são pontos já estabelecidos para se atravessar essas áreas, assim não se torna necessário que se façam outras pontes além das já existentes.

O mapeamento das áreas de preservação permanente foi apresentado em dois mapas. Esta medida foi tomada, pois esses mapas teriam atribuições de peso diferentes na etapa de elaboração do mapa de aptidão. Dessa forma, os resultados foram assim distribuídos: um contendo os topos de morros, nascentes com faixa de entorno, declividades superiores a 45° e lagoas e represas com faixa de preservação permanente; e outro contendo as feições de várzea e do rio com sua faixa de preservação de 30m.

Os locais relevantes podem ser considerados espaços físicos que podem ter tanto influência positiva como negativa sobre o parque linear, como sítios históricos, de beleza cênica, valor recreacional ou então fontes poluidoras, erosões, desmatamentos, etc.

Desta forma a identificação desses locais foi feita de duas formas, uma pela escolha direta de locais pela autora do trabalho, e a outra, pela seleção de fragmentos florestais de mata ou cerrado que apresentam uma possibilidade de manutenção e incremento da biodiversidade, representada pela presença de área nuclear.

A escolha direta realizada pela autora foi embasada nos trabalhos de revisão bibliográfica, fotointerpretação e visitas de campo sobre a extensão da área de estudo, sendo a relevância dos sítios de beleza cênica e valor recreacional avaliados com base nos trabalhos de TZOLOVA (1995), SHANNON *et. al.* (1995) e GIORDANO (2000).

Já a escolha das áreas de fragmentos florestais foi dada em função da sua área nuclear, que segundo FORMAN & GÓDRON (1986) e FORMAN (1995) é um bom descritor, pois consideram que para a manutenção da biodiversidade animal e vegetal de uma paisagem, esta deve conter fragmentos florestais com tamanho suficiente para conter e manter tanto as espécies generalistas como as especialistas.

Essa escolha foi realizada por meio da seleção de fragmentos florestais que, quando descontados de

uma determinada área considerada como borda, ainda apresentem área nuclear.

A determinação do tamanho de uma área de borda pode ser dada em função de diversos fatores, como microclima, vegetação, efeito de exposição a fluxos de água ou animais, não há uma única medida que descreva todas essas funções (FORMAN, 1995). Neste trabalho, a adoção de um valor foi feita de forma arbitrária seguindo os valores descritos na legislação para áreas de preservação permanente em cursos fluviais, comparando os fragmentos com os rios de largura entre 200 e 600m de largura, para os quais a legislação estabelece um limite de 200m.

Essa seleção foi feita por meio do software *Fragstats 3.3* (MC GARIGAL, K. & MARKS, B. J., 1995), utilizando a imagem de uso e cobertura do solo reclassificada, considerando apenas as categorias de mata e cerrado, as outras categorias foram desconsideradas para a elaboração do mapa de locais relevantes.

4.2 2ª Etapa – Análise de aptidão e delimitação do parque linear

4.2.1 Análise de aptidão

Com a necessidade de integração das cartas temáticas, como sugere McHARG (1969) fica caracterizada a obrigatoriedade de uso de uma Análise Multi-criterial e a partir deste conceito foi elaborado um mapa de aptidão embasado na metodologia utilizada por MILLER *et al.* (1998).

A Análise Multi-criterial é utilizada quando um único objetivo é almejado, porém existem vários critérios a serem analisados (VOOGD, 1983 *apud* EASTMAN, 1999; CARVER, 1991).

Este tipo de análise pode ser realizada de três formas, sendo a primeira a sobreposição Booleana, onde todos os critérios são reduzidos a uma lógica de 0 e 1 (aptos e não aptos) e então sobrepostos por operadores de multiplicação (E) ou de soma (OU) (BONHAM-CARTER, 1994).

Na segunda forma, denominada de Combinação Linear de Pesos (*Weight Linear Combination, WLC*), os critérios utilizados não são analisados em uma lógica booleana que reduz os fatos a 0 ou 1, sim ou não, mas que os fatos são analisados pela lógica “fuzzy”, ou seja, conforme sua maior ou menor conveniência, são então considerados todos os valores existentes e reescalados entre 0 e 1. Desta forma, os fatores podem ser considerados mais ou menos aptos para determinada análise, onde o zero representa as áreas menos aptas, seguindo um crescente contínuo de aptidão até atingir o valor 1, que representa as áreas mais aptas (BONHAM-CARTER, 1994). Paralelamente, são atribuídos pesos relativos aos fatores, fazendo com que um fator possa prevalecer sobre outro.

Finalmente na terceira análise, a Média de Pesos Ordenada (*Ordered Weight Average, OWA*), os fatores de peso atribuídos na análise WLC são

agregados de forma que seja possível avaliar a decisão em função do risco e *tradeoff* (compensação) que se deseja assumir.

Esta análise considera um espaço de decisão que por um lado, parte da máxima cautela, em que nenhum tipo de risco é assumido, até o ponto em que os riscos são totalmente assumidos; por outro lado, assume-se o espaço onde não há nenhuma compensação entre os critérios até o ponto onde a compensação é máxima, como pode ser exemplificado na Figura 2 (EASTMAN, 1999).

Para a finalidade deste trabalho considerou-se como mais adequado a adoção de um mapa de aptidão que traduzisse um risco mediano e uma compensação máxima. Deve-se ressaltar ainda que no espaço do resultado 3 (R3 na Figura 2) é atribuído o mesmo valor para todos os pesos, somando-se 1. Desta forma, assume-se um risco mediano e o máximo de *tradeoff* (compensação) possível, sendo que este espaço de decisão é o mesmo ocupado pela Análise Multi-criterial com Combinação Linear de Pesos (*Weight Linear Combination, WLC*), ou seja, o resultado dessas duas análises é o mesmo.

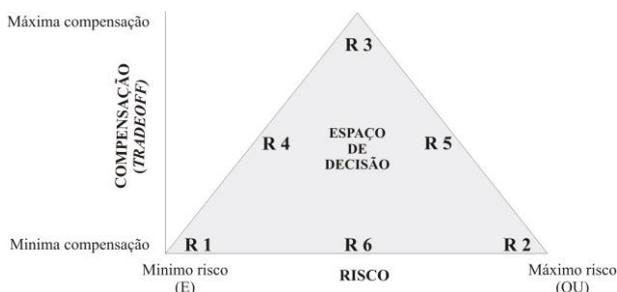


Fig. 2 - Espaço de decisão da Análise Multi-criterial com Média de Pesos Ordenada (*Ordered Weight Average, OWA*), onde R1 a R6 representam os diferentes riscos e compensações que podem ser assumidos (Modificado de EASTMAN, 1999).

O primeiro passo para se realizar a Análise Multi-criterial é a seleção entre os atributos escolhidos, daqueles que funcionarão como fatores e os que funcionarão como restrições.

Considerando as funções de preservação e conservação dos recursos naturais que um parque linear pode englobar, entende-se que as áreas frágeis da paisagem da área de estudo devem ser incluídas na sua área física, porém sem que haja uso das mesmas, como é o caso de áreas de preservação permanente. Já as áreas vizinhas a essas feições que possuem alto valor recreacional e cênico, devem ter seu uso encorajado.

A partir da análise realizada na 1ª. etapa, foram selecionados alguns atributos ou elementos da paisagem que são utilizados na construção do mapa de características relevantes, que embasa a delimitação do parque linear.

Assim, foram destacados para inclusão os elementos: vertentes côncavas; terraços fluviais;

vegetação de mata e cerrado. A área restante incluída no perímetro estudado que não coincide com os elementos destacados para inclusão foi tratada como matriz envolvente, recebendo um valor diferente ao das feições de interesse.

Para exclusão, porém favorecendo o uso próximo, foram selecionadas as áreas de preservação permanente.

Desta forma, foram elaborados novos mapas separando as informações nos seguintes temas para inclusão: proximidade de 500m a áreas de rios e várzeas, proximidade de 500m às demais áreas de preservação permanente, terraços e vertentes côncavas. Para exclusão foram elaborados os seguintes temas: rios e várzeas e demais áreas de preservação permanente, da seguinte forma:

- Determinação dos arquivos de restrição onde as feições possuem valor 0 e a matriz envolvente valor 1;
- Distinção entre arquivos de relação direta e de distância;
- Nos arquivos de relação direta foi efetuada a atribuição de classes de valores conforme a importância das classes temáticas (módulo *Analysis/ Database Query/ RECLASS* do SIG *Idrisi 3.2*);
- Nos arquivos de distância foram calculadas as distâncias das feições de interesse (módulo *Analysis/Distance Operators/ Distance* do SIG *Idrisi 3.2*); e depois realizada uma transformação dos arquivos de distância temáticos pela lógica “fuzzy”;
- Consulta a especialistas (*ad hoc*), para atribuição de valores de pesos relativos para os elementos utilizados como fatores na análise;
- Atribuição dos pesos relativos para os arquivos gerados pelo módulo FUZZY do SIG *Idrisi 3.2*;
- Geração da imagem da análise MCE com Combinação Linear de Pesos.

4.2.2 Delimitação da trilha do parque linear

A delimitação da trilha de parque linear foi realizada enfocando-se o trabalho de XIANG (1996), com a realização de uma análise que calcula o melhor caminho entre dois pontos.

Nesta análise o mapa de aptidão gerado pela análise multicriterial foi utilizado como imagem de fricção. A partir desta imagem, foi calculado o custo a cada dois pontos de locais relevantes adjacentes, no final todos os trechos foram somados formando a totalidade do parque linear.

A partir do momento em que a trilha principal do parque linear foi estabelecida e, considerando que é nesta trilha e nos pontos de locais relevantes que se deve ter uso destinado ao lazer, e que estas áreas estão localizadas fora das áreas de APP, entende-se então que a área restante do parque linear não possui restrições legais quanto a sua localização, pois elas passam a ser consideradas como áreas de preservação ou conservação.

O tamanho que um parque linear poderá ter diante da área apta para sua alocação é, sobretudo uma decisão política-econômica. YAHNER *et al.* (1995), definiram como largura mínima que um parque linear deve ter para contribuir para o aumento da conectividade e diminuição da fragmentação da paisagem, 100m ao redor da trilha. Neste trabalho sugeriu-se arbitrariamente que sua área inicial seja de 100m de cada lado da trilha que percorre o parque linear.

5. RESULTADOS

5.1 1ª Etapa - Elaboração de mapas temáticos: Mapas de feições geomorfológicas, de declividade, de uso e cobertura do solo, áreas de preservação permanente e de locais relevantes

5.1.1 Geomorfologia

As informações extraídas das fotos aéreas e transferidas para a base cartográfica do IBGE com o apoio do Aero-Sketchmaster, e então escaneadas, foram georreferenciadas no SIG *Idrisi 3.2* utilizando-se a função de mapeamento quadrática com 89 pontos de controle e aceito um erro de 1,03m, resultando nos seguintes produtos:

- fotointerpretação das áreas de várzea e terraço fluvial – onde pôde ser observada que as áreas de várzeas ocupam 10,5km² (2,01% da área de estudo) e os terraços, 17,14km² (3,28% da área de estudo);
- fotointerpretação das vertentes côncavas – onde foram encontradas um total de 1819 áreas isoladas de vertentes côncavas, que perfazem uma área total de 128,56km² (24,57% da área de estudo) e
- fotointerpretação das nascentes - onde foram encontradas 873 nascentes na área estudada.

O mapa de declividade obtido mostra a predominância de terrenos com declividade entre 1° e 6° que ocupam 53% da área, seguidos de terrenos com declividades entre 6° e 12°, descrevendo uma paisagem bastante plana, ressaltando-se também a pequena área ocupada por declividades superiores a 45° (0,004% da área).

5.1.2 Uso e cobertura do solo

Uma análise visual preliminar sobre a imagem IHS mostrou que a área de estudo apresenta dois padrões de informação contrastantes, relacionados ao uso e cobertura do solo.

Um padrão representado por trechos bastantes homogêneos compostos por grandes áreas recobertas por plantações de cana-de-açúcar e laranja, reflorestamentos, matas, cerrados e áreas urbanas; o outro padrão de informação é traduzido por pequenas áreas onde podem ser distinguidos vários tipos contíguos de uso e cobertura do solo, como pastos, fragmentos de matas e pequenas construções rurais, que não apresentam contornos nítidos, tornando a imagem bastante heterogênea.

Os trabalhos de campo, realizados nesta pesquisa, confirmaram os padrões de uso e cobertura do solo, principalmente nas regiões heterogêneas onde os pastos apresentam nuances de pasto ralo, por vezes com presença de solo exposto; pasto sujo, com a ocorrência de vegetação arbustiva; e pequenos aglomerados de vegetação arbórea entremeados de pasto, o que torna essas paisagens bastante complexas.

Também foi possível observar que, quando relacionados com a imagem IHS, alguns tipos de uso do solo como solo exposto, cana-de-açúcar e pasto apresentavam uma grande gama de respostas diferentes, em termos de tonalidade e textura. E numa avaliação mais detalhada observou-se que as áreas urbanas apresentaram uma resposta espectral muito próxima de áreas de solo exposto ocupado por cana-de-açúcar (cana recém brotada), tornando a classificação digital dessas áreas ineficiente, pois somente uma interpretação visual considerando padrão, contexto e textura, seria eficiente em realizar esta separação.

Desta forma, a seleção de amostras de treinamento foi realizada incluindo oito categorias de uso e cobertura do solo (reflorestamento, cerrado, mata, solo exposto, água, áreas agrícolas, pastagem e cana-de-açúcar), para 21 respostas na imagem.

Após a seleção das amostras de treinamento, o classificador *MAXLIKE* do SIG *Idrisi 3.2* (máxima verossimilhança) com 0% de exclusão de *pixels* foi aplicado. O resultado da classificação da imagem com as vinte e uma classes de respostas foi reclassificado conforme as oito classes de uso e cobertura do solo.

A imagem reclassificada recebeu então tratamento de filtragem de mediana para a retirada de *pixels* isolados. Outra correção que a imagem sofreu, foi a retirada manual de *pixels* classificados erroneamente nas seguintes situações: *pixels* classificados como água em encostas de face oeste, este erro ocorre dado o sombreamento existente na imagem; *pixels* classificados como reflorestamento em áreas de mata e cerrado, este erro acontece também em função do sombreamento de algumas áreas, tornando a vegetação mais escura, semelhante à de reflorestamentos mais antigos; e *pixels* classificados como cana, solo exposto e reflorestamento em área de cultura agrícola, este erro ocorre em algumas culturas, principalmente na fruticultura, devido à configuração espacial das árvores e corredores.

A exatidão do mapa foi checada pelo Índice de Kappa (K) global, tendo sido obtido o valor de 0,7534. De acordo com LANDIS & KOCH (1977), o resultado para K global obtido na presente pesquisa representa que a classificação realizada pode ser considerada muito boa.

Após a imagem ter sido corrigida, filtrada e sua exatidão avaliada, foi realizada a adição manual de duas categorias, uma, a de áreas urbanas e outra a de estradas. Ambas foram feitas pela digitalização das áreas de interesse na imagem IHS e depois transformadas para o formato raster e adicionadas à imagem de classificação, gerando assim o mapa de uso e cobertura do solo final utilizado nas etapas seguintes.

Avaliando-se as configurações espaciais e as proporções das classes de uso e cobertura do solo conjuntamente, nota-se que a área de estudo pode ser definida quanto à sua paisagem, como uma matriz composta pela pastagem, na qual estão inseridas as outras classes de uso e cobertura do solo, compondo manchas e corredores, como, por exemplo, matas, áreas urbanas, rios e estradas. A proporção entre as classes de uso do solo observadas foi a seguinte: pastagem (45,11%), mata (17,27%), cana-de-açúcar (14,42%), solo exposto (8,27%), área urbana (4,78%), área agrícola (4,46%), cerrado (2,36%), reflorestamento (1,79%), estrada (1,4%) e água (0,15%).

O mapeamento das áreas de preservação permanente contendo os topos de morros, nascentes com faixa entorno de preservação permanente de 50m, declividades superiores a 45° e lagoas e represas com faixa de preservação permanente de 50m, feições de várzea e do rio com sua faixa de preservação de 30m encontrou as seguintes proporções da área de estudo: topos de morro (1,376%), nascentes com faixa entorno de 50m (1,382%), declividades superiores a 45° (0,004%), lagoas e represas com faixa de preservação permanente de 50m (0,300%) e várzea e do rio com sua faixa de preservação de 30m (3,59%), perfazendo um total de 6,652% da área de estudo.

O mapeamento dos locais relevantes, realizado previamente localizou nove pontos de interesse, considerando-se que essas áreas podem ser utilizadas como núcleos de uso intensivo por possuírem beleza cênica, valor recreacional ou educativo.

Os três primeiros pontos citados são bairros periféricos da cidade de Rio Claro, compreendendo uma população de baixa renda, carente de áreas e equipamentos para lazer, que tem atualmente utilizado as áreas de mata ciliar vizinha aos bairros como áreas de lazer, enfrentando, além dos problemas ambientais causados pela supressão da mata ciliar, problemas relacionados à disposição inadequada de lixo e com segurança, pois muitos marginais usam esses pontos para a prática ilícita. Segundo GIORDANO (2000), a população dos bairros Jardins Nova Rio Claro e Bom Sucesso gostaria que fosse instalada uma área de lazer próximo ao rio Corumbataí, pois considera esta uma boa alternativa para que haja uma mudança no relacionamento desses moradores com o rio.

O quarto ponto localizado Próximo ao cruzamento da Rodovia Rio Claro – Araras (SP 191) com o rio Corumbataí, foi selecionado por apresentar grande beleza cênica e potencial para lazer, além de possuir um alto valor ecológico propiciando oportunidades para o desenvolvimento de práticas de educação ambiental e também por estar ainda próximo à cidade de Rio Claro, apresentando um acesso bastante fácil pela rodovia.

O quinto ponto foi selecionado, pois possui potencial cênico, de lazer e educativo. Por estar localizado no cruzamento do rio Corumbataí com a estrada que leva ao Distrito de Ferraz, tem sido um local utilizado pela população que pratica a pesca no rio, e

também neste ponto, podem ser vistas grandes áreas de várzeas, que podem servir de exemplo para aulas de educação ambiental, onde se acompanha a dinâmica de um rio, além de se poder encontrar um exemplo de mineração de areia que está legalizada e cumpre a tarefa de reflorestar a mata ciliar.

Na cidade de Corumbataí foi selecionado um ponto que já cumpre a função de prover uma área de lazer integrando a população ao rio, o que seria um estímulo ao parque linear a partir do momento em que já é uma área utilizada como local para recreação e apenas precisa ser incrementada em relação aos equipamentos oferecidos. A área também seria útil para ser um núcleo de educação ambiental de grande visitação, dada sua proximidade com a cidade e a variedade de exemplos que podem ser estudados no local, onde se encontram trechos com e sem mata ciliar, o próprio terraço fluvial que é sujeito a inundações.

Na cidade de Analândia (SP), as margens do rio Corumbataí, encontra-se o sétimo ponto que possui alto valor cênico, educacional e de lazer, além de poder ser acessado tanto pela rodovia como por dentro da cidade de Analândia. Este local pode ser uma boa porta de entrada de acesso ao parque linear, pois a cidade de Analândia recebe muitos turistas que poderiam ser recepcionados neste ponto, que funcionaria como um núcleo de informações, onde seriam promovidos eventos de educação ambiental e de incentivo turístico na região.

Os Morros do Cuscuzeiro e Camelo, também no município de Analândia (SP) compõe o oitavo ponto, e já são uma importante atração turística na região, atraindo inclusive visitantes de outras cidades mais distantes, de forma que a sua união ao parque linear seria uma forma de incrementar o uso de ambos, aumentando as ofertas de roteiros para eco-turismo.

O nono ponto, localizado na nascente do rio Corumbataí, além de possuir grande beleza cênica, tem alto valor educacional. Pelo fato de corresponder à nascente de um rio de grande importância regional, este ponto poderia ser um núcleo maior que gerenciaria todos os outros, funcionando como uma espécie de administração do parque linear, onde poderia ser ministrados cursos e palestras, sobre o rio Corumbataí e sua bacia.

A análise de área nuclear realizada na imagem de mata e cerrado, por meio do índice CORE no software *Fragstats 3.3*, utilizando 200m como medida de borda contabilizou um total de 13 fragmentos. Este resultado significa que, descontado o valor de borda, existem 13 fragmentos que ainda apresentam uma área nuclear, o que demonstra que são fragmentos de dimensões relevantes, completando assim o restante dos pontos de locais relevantes que o parque linear deve unir.

5.2 2ª. Etapa – Análise de aptidão e delimitação do parque linear

Os elementos selecionados a partir das análises efetuadas na primeira etapa desta metodologia, foram utilizados como atributos divididos como fatores ou restrições, sendo os fatores aqueles atributos que estão incluídos no espaço permitido para alocação da trilha do parque linear, e as restrições são utilizadas como informação proibitiva, onde não é permitido o uso direto.

A partir da escolha dos atributos que têm função de fator ou restrição, foi determinada a forma como essas informações seriam utilizadas, ou seja, como arquivos de relação direta (onde se atribuem valores para a feição de interesse) ou de distância (onde se calculam as distâncias às feições de interesse). Tendo sido selecionadas as informações de terraços, vertentes côncavas, vegetação de mata e cerrado, áreas de preservação permanente de rios e várzeas, e demais áreas de preservação permanente como arquivos de relação direta e a proximidade a áreas de rios e várzeas e das demais áreas de preservação permanente como arquivos de distância. As imagens geradas a partir da 1ª. etapa, que foram utilizadas nas análises dos resultados, podem ser observadas nas Figuras de 3 a 9.

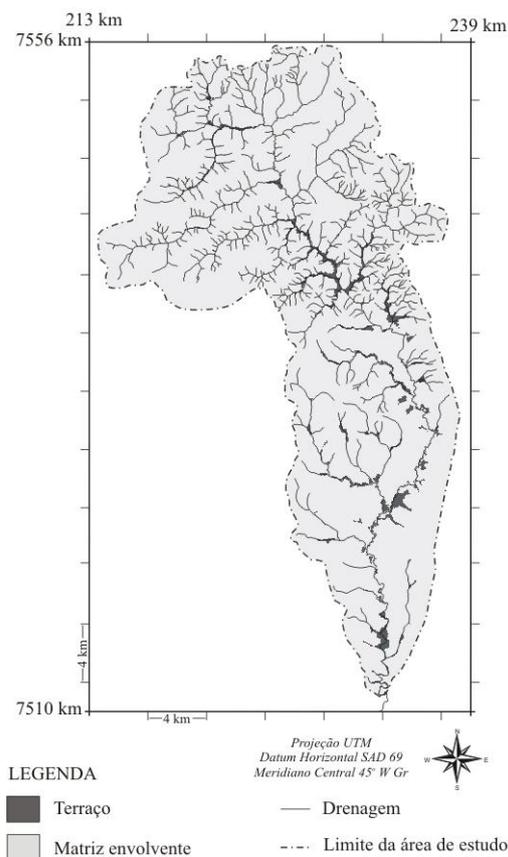


Fig. 3- Terraços fluviais.

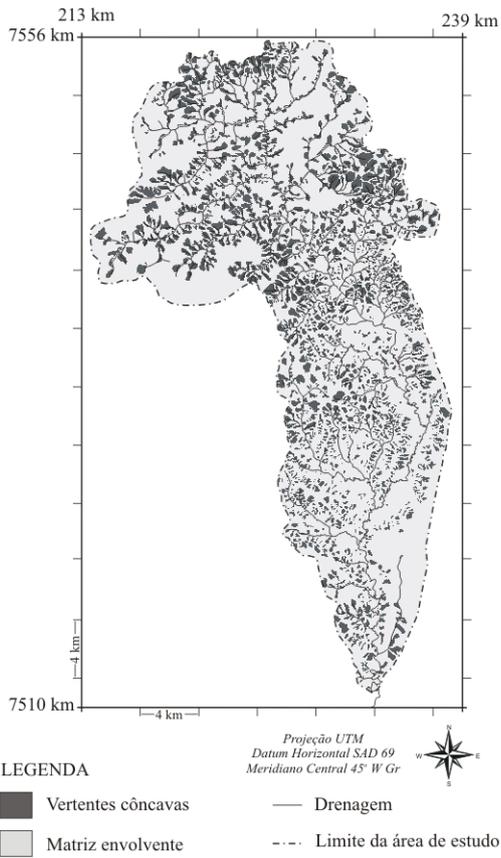


Fig. 4- Vertentes côncavas.

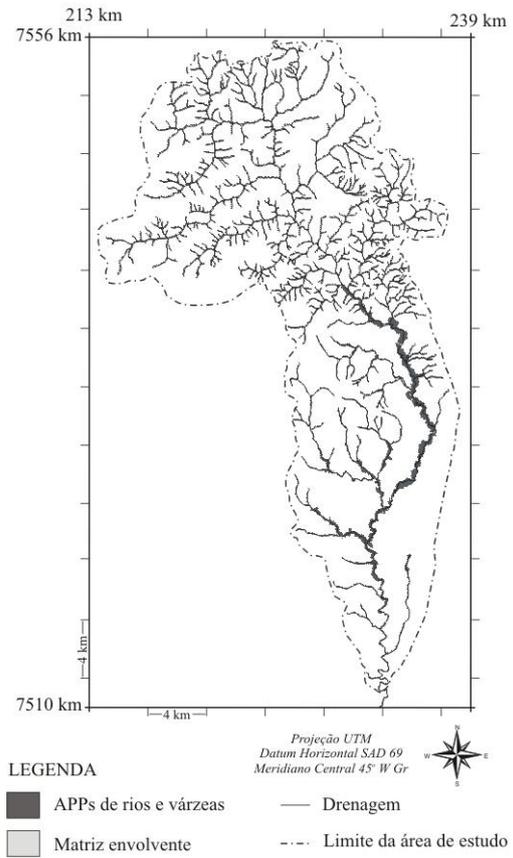


Fig. 6- APPs de rios e várzeas.

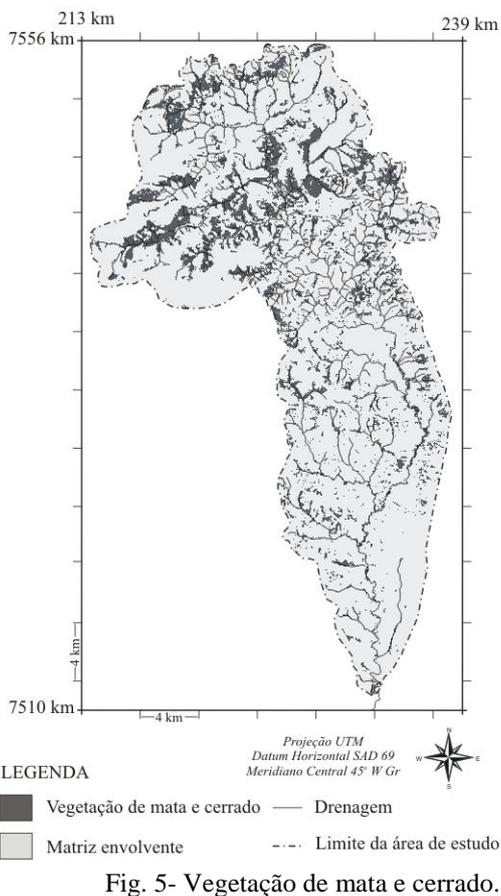


Fig. 5- Vegetação de mata e cerrado.

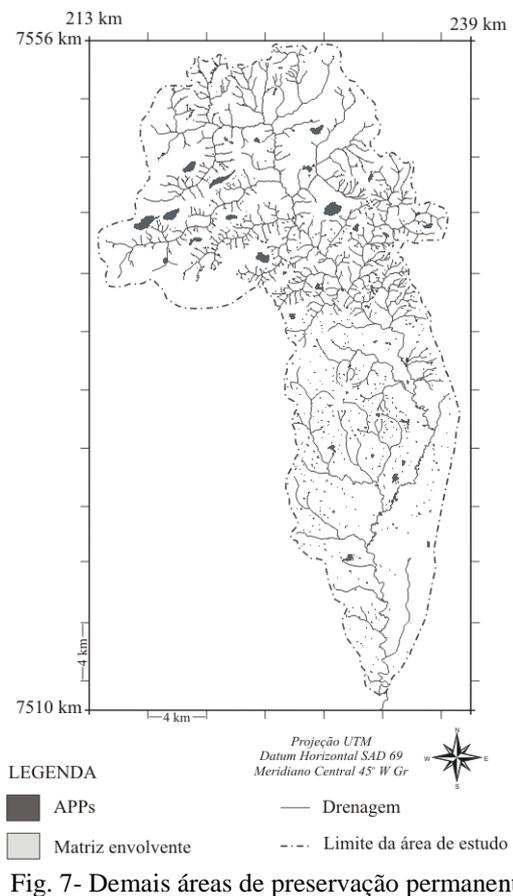
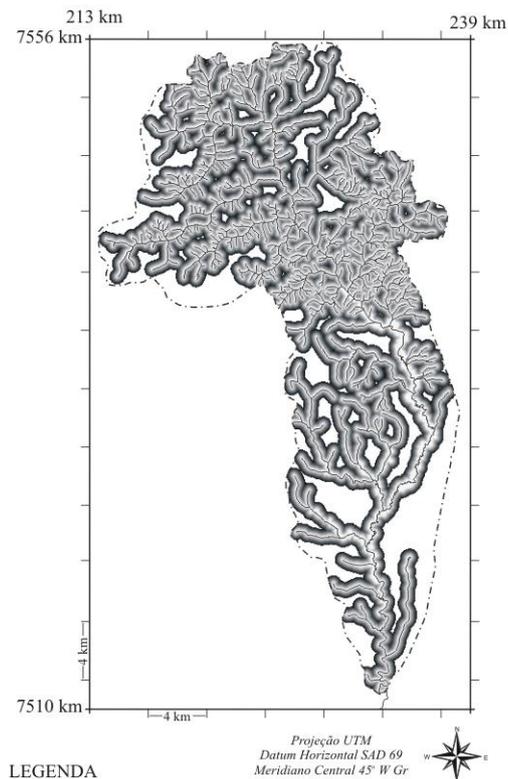


Fig. 7- Demais áreas de preservação permanente (APP).

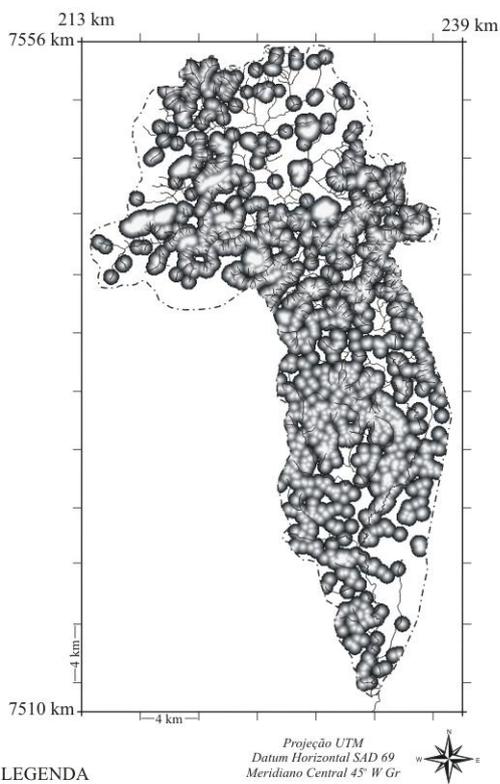


LEGENDA

□ Distância de 100m	— Drenagem
■ Distância de 300m	--- Limite da área de estudo
■ Distância de 500m	

Projecção UTM
Datum Horizontal SAD 69
Meridiano Central 45° W Gr

Fig. 8- Proximidade de APPs de rios e várzeas.



LEGENDA

□ Distância de 100m	— Drenagem
■ Distância de 300m	--- Limite da área de estudo
■ Distância de 500m	

Projecção UTM
Datum Horizontal SAD 69
Meridiano Central 45° W Gr

Fig. 9- Proximidade das demais APPs.

5.2.1 Análise Multi-Criterial com Combinação Linear de Pesos (Weight Linear Combination, WLC)

Os valores atribuídos aos mapas de vertentes, terraços e uso e cobertura do solo consideraram as feições de interesse como tendo o valor 200, e uma matriz envolvente de valor 100, ou seja, que pode ser atravessada pelo parque linear, mas tem metade de sua importância. A transformação dos arquivos de distância foi realizada considerando uma distância de interesse de 500m, o que significa que a partir da feição de interesse os valores dos pixels decrescem linearmente do valor de 255 até 0 quando atinge 500m de distância da feição.

A consulta *ad hoc* foi realizada com seis especialistas, e com a autora deste trabalho, somando um total de 7 opiniões diferentes. Cada tabela de pesos sugerida foi analisada individualmente no módulo *WEIGHT* do SIG *Idrisi 3.2*, testando assim sua consistência. Este módulo gera uma razão de consistência, onde apenas valores inferiores a 0,10 são considerados consistentes. Desta forma, das sete tabelas sugeridas, apenas três apresentaram consistência para esta análise. Foi então realizada uma média entre estas três opiniões gerando os valores de peso, para cada classe temática, que foram utilizados com uma Taxa de Consistência de 0,05, gerando as seguintes atribuições de peso: rios (0,4888), terraços (0,2498), APP (0,1048), vegetação (0,0517) e vertentes côncavas (0,1048).

O mapa de aptidão da área de estudo em relação à possibilidade de alocação de um parque linear, resultante desta análise, pode ser visualizado na Figura 10.

A trilha resultante totalizou 82,20km de extensão e ocupa 15,79km², o que equivale a 3,02% da área de estudo, e pode ser observada na Figura 11.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A fotointerpretação realizada possibilitou a demarcação das áreas de terraço fluvial, várzeas, vertentes côncavas e nascentes de forma precisa, e desta forma, apesar de ser uma técnica muito trabalhosa e em alguns casos onerosa (na ausência de fotografias e estereoscópio previamente adquiridos), deve ser incluída sempre que possível quando a delimitação dessas feições for relevante.

O mapeamento do uso e cobertura do solo é uma etapa de trabalho composta de várias tarefas, todas elas de igual importância para o resultado final.

O georreferenciamento efetivado, tanto para a banda pancromática como para o registro das bandas de menor resolução, alcançou ótimos valores para o erro aceitável, determinando assim um produto confiável para análise.

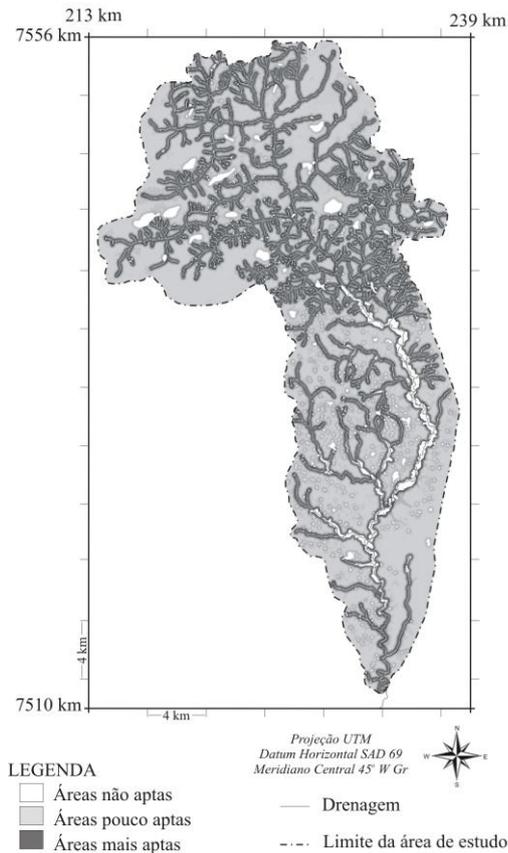


Fig. 10- Mapa de aptidão.

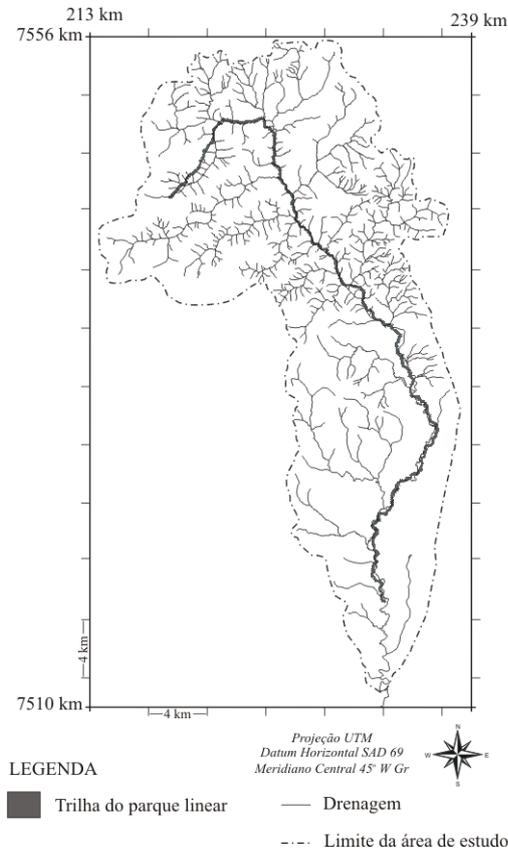


Fig. 11- Delimitação da trilha.

Na classificação de uso e cobertura do solo, verificou-se que tanto o classificador *MAXLIKE* do SIG *Idrisi 3.2* como a própria imagem apresentam limitações, dadas principalmente pela resposta espectral bastante semelhante entre alguns alvos diferentes, aonde somente o intérprete é capaz de fazer a diferenciação por meio de uma interpretação visual, mas ainda assim é uma técnica já consolidada e uma forma eficiente de se trabalhar imagens orbitais, principalmente em grandes extensões.

Uma maneira de se avaliar melhor o resultado obtido na classificação digital, é a utilização da matriz de erro e o índice de Kappa, que neste trabalho não apresentou um valor considerado como excelente, mas se manteve na classificação de muito bom, o que permite a utilização do mapa de uso e cobertura do solo gerado sem restrições.

A adição manual das classes de uso e cobertura do solo de áreas urbanas e estradas foi uma boa solução para melhorar a qualidade da classificação aumentando assim a precisão do mapa analisado.

A escolha dos locais relevantes pode ser efetuada de muitas formas, considerando também vários aspectos culturais, uma vez que alguns desses pontos são os primeiros atrativos do parque linear para a população, sendo as suas portas de entrada e os fatores principais de aprovação e incentivo ao uso.

Com essas informações, na segunda etapa, pôde-se separar quais feições seriam utilizadas como informações para inclusão e uso ou apenas inclusão para preservação dentro do parque linear, tendo sido admitida a análise Multi-criterial com Combinação Linear de Pesos para a elaboração do mapa de aptidão para a alocação do parque linear, assumindo-se assim tanto um risco como uma compensação medianos. Essa escolha foi adequada, pois tratou a relevância das questões ambientais de forma responsável, não cometendo o erro de restringir demais, tornando o projeto inviável, nem sendo permissivo demais, o que tornaria o projeto ineficaz.

Desta forma, admite-se que o uso da metodologia proposta deve ser encorajado como uma ferramenta auxiliar no planejamento de parques lineares.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da Fapesp (projeto n°. 00/05631-9) e aos professores Dra. Celina Foresti (*in Memoriam*), Dra. Iandara Alves Mendes, Dr. Mario Benicasa, Dr. Flavio Henrique Mingante Schlittler, Dr. Dalton de Morisson Valeriano, Dr. Jean Paul Metzger, Dra. Maria José de Oliveira Campos, Dr. Marcos César Ferreira e Prof. Msc. Roberto Leung pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHERN, J. Greenways as a planning strategy. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p.131-155, 1995.
- BASCHAK, L. A. & BROWN, R. D. An ecological framework for the planning, design and management of urban river greenways. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p.211-225, 1995.
- BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS S/A. **Rio Claro**. São Paulo, 1988. Fotografia aérea. Escala 1:35.000.
- BIGARELLA, J. J. **A Serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional**. Curitiba: Secretaria de Planejamento do Paraná/ Associação de Defesa e Educação Ambiental. 1979. 248p.
- BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geocientists: Modeling with GIS**. Canada: Pergamon. 1994. 398p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. V. 26. Rio de Janeiro: DNPM, 1980.
- BUENO, J. A.; TSIHRINTZIS, V. A. & ALVAREZ, L. South Florida greenways: a conceptual framework for the ecological reconnectedness of the region. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p.247-266, 1995.
- CARVER, S. J., Integrating Multi-Criteria Evaluations with Geographical Information Systems, **International Journal of Geographical Information Systems**. v.5, n.3, p.321-339, 1991.
- CHORLEY, R. J. & KENNEDY, B. A. **Physical Geograph: A Systems Approach**. Londres: Prentice Hall. 1971. 370p.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Ed. Rialp S.A. 2000. 568p.
- EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and Image processing**. Worcester, MA: Clark University. 1999. v.2, 170p.
- FÁBOS, J. G. Greenway planning in the United States: its origins and recent case studies. **Landscape and Urban Planning**, v.68, 321-342, 2004.
- FITZPATRICK-LINS, K. Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.47, n.3, p.343-351, 1981.
- FLINK, C. A. & SEARNS, R. M. **Greenways: A Guide to Planning, Design and Development**. Washington, DC: Island Press. 1993. 351p.
- FORMAN, R. T. T. & GODRON, M. **Landscape Ecology**. United States of America: Quinn-Woodbine, Inc. 1986. 619p.
- FORMAN, R.T.T. **Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions**. United Kingdom: Cambridge University Press. 1995. 632p.
- GIORDANO, L. C. **Subsídios ao planejamento de um corredor verde na interface-urbano rural do rio Corumbataí, no Município de Rio Claro-SP**. Março de 2000. 145p. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada de Recursos). Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- HAGAN, J. E.; EASTMAN, J. R. & AUBLE, J. **The spatial data builder**. Worcester, MA: Clark University. 1998. 197p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Fôlha Rio Claro (SF-23-M-I-4)**. 1969. Mapa color. 1:50.000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Fôlha Corumbataí (SF-23-Y-A-I-2)**. 1971. Mapa color. 1:50.000.
- KÖFFLER, N. F. Uso das terras da Bacia do rio Corumbataí em 1990. **Geografia**, Rio Claro, v.18, n.1, p.135-150, Abril, 1993.
- LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.
- LINEHAN, J.; GROSS, M. & FINN, J. Greenway planning: developing a landscape ecological network approach. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p.179-193, 1995.
- LITTLE, C. E. **Greenways for America**. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press. 1990. 237p.
- MALANSON, G. P. **Riparian Landscapes**. Great Britain: Cambridge University Press. 1993. 296p.
- MC GARIGAL, K. & MARKS, B. J. **FRAGSTAS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: USDA, Forest service, Pacific Northwest Research Station. 1995. 122p.
- McHARG, I. **Design with nature**. 25th anniversary edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. 1969. 197p.

METROPOLITAN BOROUGH OF WIRRAL.
Birkenhead Park's History. Disponível em:
<http://www.wirral.gov.uk/er/birkenheadpark_history.htm>, 2001. Acesso em: 14/jun/2004.

MILLER, W.; COLLINS, M. G.; STEINER, F. R. & COOK, E. An approach for greenway suitability analysis. **Landscape and Urban Planning**, v.42, p. 91-105, 1998.

PENTEADO, M. M. Geomorfologia do Setor Centro-Occidental da Depressão Periférica Paulista. São Paulo, Instituto de geologia – USP: **Série Teses e Monografias**, v.22, 86p., 1976.

SHANNON, S.; SMARDON, R. & KNUDSON, M. Using visual assessment as a foundation for greenways planning in the St. Lawrence River Valley. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p.357-371, 1995.

SMITH, D. S. & HELLMUND, P. L. **Ecology of Greenways.** Minneapolis, MN: University of Minnesota Press. 1993. 222p.

SPIRIDONOV, A. I. **Principios de la metodología de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico.** Tomo I. La Habana: Universidad de La Habana, Facultad de Geografía. 1981. 226p.

STEHMAN, S.V. Comparison of systematic and random sampling for estimating the accuracy of maps generated from remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.58, n.9, p.1343-1350, 1992.

STEINER, F., YOUNG, G. & ZUBE, E. Ecological planning: Retrospect and prospect. **Landscape Journal**, v.7, n.1, p.31-39, 1988.

TRICART, J. **Principes et methods de la geomorphologie.** Paris: Masson. 1965. 496p.

TZOLOVA, G. V. An experiment in greenway analysis and assessment: the Danube River. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p.283-294, 1995.

VOOGD, H. **Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning.** London: Pion, Ltd. 1983.

XIANG, W. N. A GIS based method for trail alignment planning. **Landscape and Urban Planning**, v.35, p.11-23, 1996.

YAHNER, T. G.; KOROSTOFF, N.; JONSON, T. P.; BATTAGLIA, A. M. & JONES, D. R. Cultural landscapes and landscape ecology in contemporary greenway planning, design and management: a case study. **Landscape and Urban Planning**, v.33, p. 295-316, 1995.