

Proposta de manejo de paisagem na APA do Sana (Macaé-RJ)

Proposal of landscape management of the Environmental Protection Area in Sana, Macaé, RJ

Carlos André Luz Jeronymo*
José Augusto Ferreira da Silva**

Resumo

A Área de Preservação Ambiental (APA) do Sana (Macaé-RJ) sofreu com o processo de desmatamento histórico resultante da economia agropecuária. Recentemente, ela vem sendo ocupada de forma desordenada, em virtude dos seus atrativos turísticos e da especulação imobiliária. Um dos principais impactos negativos observados na região é a fragmentação florestal. Com base no conceito de manejo de paisagem, propõe-se um estudo de identificação dos fragmentos prioritários para a conservação e recuperação no território da APA. Os resultados desse projeto são instrumentos de apoio imprescindíveis para auxiliar o gestor no planejamento ambiental da APA nos processos de monitoramento, fiscalização e manejo.

Palavras-chave: Avaliação Multicriterial. Fragmentos Florestais. Manejo de Paisagem.

Abstract

The Environmental Preservation Area (EPA) in Sana, Macaé, Rio de Janeiro State went through a historical process of deforestation resulting from agriculture and livestock production. Recently, this area has been occupied in unplanned ways, due to its tourist attractions and real estate speculation. A major negative impact in the region is forest fragmentation. Based on the concept of landscape management, we propose a study to identify the priority fragments to conservation and recovery in the EPA. Results of this project are essential support tools to assist the manager in the environmental planning of the EPA in its process of monitoring, inspection and management.

Key words: Multicriteria Evaluation. Forest Fragments. Landscape Management.

* Bacharel em Ciências Biológicas pela UNIRIO, Mestrando em Engenharia Ambiental Profissional no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, IF Fluminense, *campus* Macaé, RJ, Brasil. Laboratório de Geomática e NUPERN. E-mail: carlosjeronymo@gmail.com.

** Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, IF Fluminense, *campus* Macaé, RJ, Brasil. Laboratório de Geomática e NUPERN. E-mail: jaferreirasilva@gmail.com.

Introdução

Conservação, preservação e o manejo de paisagens fragmentadas

A conservação dos recursos naturais é um dos maiores desafios da atualidade, em função dos inúmeros e intensos impactos antrópicos nos ecossistemas naturais (VIANA; PINHEIRO, 1998). No Brasil, um dos processos degradadores dos recursos naturais mais preocupantes é o desmatamento (INPE, 2008; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2010; ZAÚ, 1998). Segundo Dean (1996), o desmatamento é um processo antrópico histórico que resulta do padrão de uso e ocupação das terras e da economia agropecuária. A fragmentação florestal¹ é considerada um dos seus principais impactos negativos (TABARELLI; GASCON, 2005; VIANA, 1995). Ela provoca a redução da cobertura vegetal contínua, perda de hábitat e aumento do efeito de borda². Como consequência, ocorrem transformações físico-químicas³ e biológicas⁴ na dinâmica dos ecossistemas naturais que resultam em uma drástica redução da biodiversidade na região (TABARELLI; GASCON, 2005; VIANA, 1995; SARTORI, 2010; ZAÚ, 1998).

A Mata Atlântica é um dos biomas mais degradados pela agropecuária (DEAN, 1996; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2010; ZAÚ, 1998) e por isso grande parte da sua cobertura vegetal restante encontra-se sob a forma de pequenos fragmentos altamente perturbados, isolados e pouco conhecidos e protegidos (VIANA, 1995; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2010; ZAÚ, 1998).

No país foram criados diversos mecanismos de regulação (legislação ambiental), fiscalização e controle dos recursos naturais (Gestão, planejamento e manejo dos recursos naturais) com intuito de modificar esse quadro de intensa degradação dos recursos naturais e genéticos. Entre as diversas estratégias de controle, o manejo de paisagem é considerado o mais indicado para a manutenção da biodiversidade de uma região (VALENTE, 2005), pois está associado à continuidade dos processos ecológicos interrompidos pela fragmentação dos ecossistemas naturais (DOBROVOLSKI et al., 2006). Além disso, este considera os aspectos ambientais e sociais da região, assim como o padrão estético das florestas, diferente dos outros tipos de manejo (TABARELLI; GASCON, 2005; VIANA, 1995; VIANA; PINHEIRO, 1998; ZAÚ, 1998).

Para efetuar o manejo de paisagem, deve-se conhecer a paisagem local⁵ através

¹“Fragmentação é o processo pelo qual uma grande e contínua área de um ecossistema é reduzida e dividida em duas ou mais manchas de dimensões menores separadas por uma matriz de ecossistemas diferentes do original” (RIBEIRO; BICCA-MARQUES, 2003). Tal processo resulta em uma completa imersão de áreas florestais, isoladas umas das outras, em matrizes não florestais (TABARELLI et al., 2004).

²Área de transição entre duas unidades da paisagem (METZGER, 2001).

³Pex.: turbulência dos ventos, dessecação, intemperismo, lixiviação dos nutrientes e erodibilidade dos solos.

⁴Pex.: alteração no comportamento e nas interações entre espécies; extinções locais, invasão de espécies exóticas e pioneiras, redução dos fluxos gênicos e alterações na estrutura física da vegetação (redução da estabilidade e da capacidade de resiliência).

dos fatores que afetam a dinâmica dos ecossistemas e que causam a degradação da área, sem descartar os aspectos socioambientais da localidade (TABARELLI; GASCON, 2005; VIANA, 1995; VIANA; PINHEIRO, 1998; ZAÚ, 1998). Assim, os decisores podem propor estratégias mais adequadas à realidade da paisagem, além de melhor ordenar os esforços e os recursos disponíveis para o planejamento territorial, o uso de corredores ecológicos e sistemas agroflorestais de alto fluxo de biodiversidade (SARTORI, 2010).

Análise de paisagem

A ecologia de paisagem, ou estudo da paisagem, é definida como o estudo das inter-relações dos fatores contribuintes à formação das unidades de paisagem⁶ e de suas unidades⁷ (ROCHA, 1995). Seu conceito foi introduzido por Carl Troll, em 1939⁸, com base no potencial do uso de fotografias aéreas para a observação de paisagens através de abordagens ecossistêmicas e geográficas (ROCHA, 1995; TURNER; GARDNER, 1990; BUREL; BAUDRY, 2002).

Atualmente, a ecologia de paisagem está relacionada com a interação da estrutura, da função e das alterações ecológicas dos ambientes com seus aspectos culturais, sociais, políticos e ambientais. Além disso, a abordagem de paisagens varia conforme o caráter de estudo, a escala do trabalho, a temporalidade e a espacialidade. Com isso, o pesquisador tem uma visão mais holística da formação da paisagem, pois há um maior entendimento da diversidade biótica, da evolução biofísica do ambiente e da história das culturas precedentes (METZGER, 2001; ROCHA, 1995; VALENTE, 2005; VETTORAZZI, 2006).

Neste contexto, a ótica humana é essencial à caracterização da estrutura da paisagem, pois os arranjos espaciais, suas características e feições são detectadas conforme a escala de percepção do observador⁹, neste caso a escala da paisagem (METZGER, 2001). Desta forma, a escala é fundamental, pois, conforme o ângulo de

⁵ Mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação. Uma paisagem pode se apresentar sob forma de mosaico, contendo manchas, corredores e matriz, ou sob forma de gradiente (METZGER, 2001).

⁶ "Cada tipo de componente da paisagem (unidades de recobrimento e uso do território, ecossistemas, tipos de vegetação, por exemplo). (Obs.: Na abordagem geográfica, a unidade da paisagem é em geral definida como um espaço de terreno com características hidrogeomorfológicas e história de modificação humana semelhantes. De certa forma, a "unidade da paisagem" da abordagem geográfica pode ser considerada como uma "paisagem" dentro da abordagem ecológica, pois ela é composta por um mosaico com diferentes usos e coberturas.)" (METZGER, 2001).

⁷ Componente formador da unidade de paisagem. Ex.: componentes de um ecossistema.

⁸ "A Ecologia de Paisagem abrange uma entidade total (integral) de uma determinada área, considerando o complexo efeito entre as biocenoses e as relações com o meio, encontrando-se esta relação em um determinado padrão de distribuição em diferentes ordens de grandeza".

⁹ Escala de percepção. Escala espacial e temporal na qual cada espécie percebe a paisagem em função de suas características ecológicas (tamanho de território, especificidade do habitat, capacidade de locomoção etc.) (METZGER, 2001).

¹⁰ Pex.: Fotografias aéreas e imagens de satélites, em uma altitude do ponto de visão intermediária proporcionam um detalhamento das estruturas da paisagem, a partir de agrupamentos de feições e cores. Conforme a altitude do ponto de visão aumenta é revelado um padrão de mosaico, ou colcha de retalhos (*patchwork*), onde os elementos estruturais são mais homogêneos, ou seja, sem um detalhamento interno (LANG; BLASCHKE, 2009).

visada se modifica, surgem novos padrões espaciais, o que possibilita ao observador perceber ou não relações estruturais antes ocultas, ter uma vista mais universal da vizinhança e perder o ajustamento imediato à paisagem¹⁰ (LANG; BLASCHKE, 2009).

Diversos autores afirmam que as características estruturais de uma paisagem são observáveis, descritíveis e quantificáveis. Deste modo, conhecê-las e estudá-las é considerado a base da ecologia de paisagem e de uma boa estratégia para manutenção da qualidade ambiental¹¹ (LIMA et al., 2004; PRIMACK; RODRIGUES, 2001), já que tais características podem explicar os processos formadores, transformadores e de desenvolvimento de uma paisagem (TURNER; GARDNER; O'NEILL, 2001; FARINA, 1998; LANG; BLASCHKE, 2009). Isso só é possível, pois os processos e a estrutura de uma paisagem se relacionam em um jogo alternado de causa e efeito (*cause and consequence*). Neste caso, os processos geram padrões¹² e estruturas, mas também são alterados por estruturas dominantes (LANG; BLASCHKE, 2009).

Segundo Cavalcanti (2004), a paisagem resulta da divisão das feições dos diferentes compartimentos, ou fatores da paisagem¹³, em combinações específicas espacialmente variáveis. A partir dessa definição, a estrutura da paisagem pode ser entendida como “a configuração específica dos elementos da paisagem¹⁴ no que se refere ao seu tamanho e forma, ao seu tipo e distribuição quantitativa, assim como ao seu arranjo de espaço” (LANG; BLASCHKE, 2009).

A ocorrência simultânea e a inter-relação dos fatores da paisagem de um local resultam na estrutura vertical da paisagem (CAVALCANTI, 2004) que, quando é uma unidade espacial homogênea, passa a ser chamada de ecótopo¹⁵ (BERTRAND, 2004). A importância dele para os estudos de paisagem está diretamente relacionada ao seu reconhecimento em uma imagem de satélite através do Sensoriamento Remoto e dos SIG (LANG; BLASCHKE, 2009).

A estrutura da paisagem horizontal é avaliada por procedimentos imageadores ou delimitadores, e é caracterizada pelas medidas de estrutura do espaço relacionadas ao conceito de Mancha-Corredor-Matriz¹⁶ (LANG; BLASCHKE, 2009; METZGER, 2001). O ordenamento das manchas, em relação à matriz e aos corredores, é responsável

¹⁰ A qualidade da paisagem, área de conhecimento mais específica, faz referência ao grau de equilíbrio ambiental de uma área, ou seja, o nível de impacto negativo na dinâmica dos ecossistemas e do fator visual em um determinado local (LIMA et al., 2004; SILVA, 1999; XAVIER-DA-SILVA, 2001).

¹¹ Forma, dominância, conectividade e configuração (JENSEN, 2009).

¹² Rochas, solo, água, relevo, clima e biodiversidade (CAVALCANTI, 2004).

¹³ “Trata-se de cada mancha, corredor ou área da matriz. Uma unidade da paisagem pode apresentar vários elementos numa paisagem. Por exemplo, uma unidade “mata” pode ter vários fragmentos e alguns corredores” (METZGER, 2001).

¹⁴ “Recorte de paisagem considerado homogêneo, caracterizado por estruturas e processos. Totalidade sistêmica sobre o organismo” (LANG; BLASCHKE, 2009).

¹⁵ Matriz: “elemento estendido da paisagem relativamente homogêneo, que inclui manchas ou corredores de diferentes tipos” (FORMAM; GODRON (1986, p. 159). Manchas (*patches*): “Áreas homogêneas (numa determinada escala) de uma unidade da paisagem, que se distinguem das unidades vizinhas e têm extensões espaciais reduzidas e não-lineares” (METZGER, 2001). Corredores: “Áreas homogêneas (numa determinada escala) de uma unidade da paisagem, que se distinguem das unidades vizinhas e que apresentam disposição espacial linear. Em estudos de fragmentação, consideram-se corredor apenas os elementos lineares que ligam dois fragmentos anteriormente conectados” (METZGER, 2001).

pela formação do padrão estrutural da paisagem horizontal, ou padrão de manchas. Quando estas são equivalentes em escala e hierarquia forma-se um padrão textural, que, dependendo da escala de observação, tem seu limite mais ou menos nítido, o que facilita a interpretação visual de imagens e aumenta o desempenho dos classificadores digitais (LAGO et al., 2001). As relações entre as manchas são avaliadas por meio das suas localizações e especificamente pelas relações de proximidade da área central, ou relações córicas¹⁷ (ALMEIDA, 2008), que podem ser geocológicas¹⁸, de tipificação de manchas¹⁹ e antrópicas (LANG; BLASCHKE, 2009). Por isso, as manchas são consideradas fundamentais para aplicação das medidas da estrutura da paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009).

A metodologia para a quantificação e medição da estrutura e do espaço da paisagem (padrão espacial de fragmentação da paisagem) envolve as chamadas métricas da paisagem (*landscape metrics*) (LANG; BLASCHKE, 2009). Essas medidas proporcionam ao decisor descobrir as relações de causa e efeito entre os processos e padrões estruturais (*pattern and process*) na paisagem (TURNER; GARDNER; O'NEIL, 2001). As principais categorias da análise estrutural-espacial da paisagem e métricas foram listadas por Langanke et al. (2005) e McGarigal (2002). Os autores também descreveram o potencial geral de indicação, a necessidade de parametrização, a ambivalência, a falta de condições de serem inequívocas em relação a fatores influenciadores, a interpretação e o contexto²⁰ das métricas.

As métricas de paisagem são ferramentas que fornecem subsídios úteis à otimização do planejamento ambiental (BOTEQUILHA LEITÃO; AHERN, 2002). Entretanto, elas dependem de dados, precisos e exatos, das características espaciais para que os resultados das análises não se tornem genéricos demais ou incoerentes, o que pode comprometer todo o processo (LANG; BLASCHKE, 2009). Lang e Blaschke (2009) ainda destacam que, como o ambiente não é estático durante o cálculo das métricas, deve-se ter uma compreensão dos processos a elas associados. Caso isso não ocorra, a gestão da paisagem pode ser errônea ou ineficiente.

O Geoprocessamento, o Sensoriamento Remoto e os SIG integrados vêm atender a demanda de aquisição de dados espaciais (LANG; BLASCHKE, 2009). Além disso, a integração dessas tecnologias proporciona ao pesquisador uma visão mais holística voltada para a análise, gestão e planejamento da paisagem, em função das características inerentes de um SIG²¹, (LANG; BLASCHKE, 2009; ZEV NAVEH apud BASTIAN; STEINHARDT, 2002, p. 25). Segundo Lima et al. (2004), Silva (1999) e Xavier-da-Silva (2001), os SIG também possibilitam a integração das métricas da paisagem durante

¹⁷ Relações de posição e interconexões com fenômenos geográficos da vizinhança (NEFF, 1967 apud LANG; BLASCHKE, 2009).

¹⁸ Aspectos abióticos e geomorfológicos (LANG; BLASCHKE, 2009).

¹⁹ Aspectos bióticos e de ecologia (LANG; BLASCHKE, 2009).

²⁰ Para uma referência mais completa consultar FRAGSTATS© e Ritters et al., (1995).

²¹ Armazenar, atualizar e manipular os dados em diferentes camadas temáticas de forma independente.

as análises da estrutura da paisagem, o que facilita o diagnóstico da dinâmica espaço-temporal da geodiversidade local. A partir disso, o planejamento e o manejo da paisagem se tornam mais confiáveis e dinâmicos, pois as informações geradas são utilizadas na criação e análise de modelos representativos da variabilidade ambiental de uma área (LIMA et al., 2004; SILVA, 1999; XAVIER-DA-SILVA, 2001).

As avaliações desses modelos possibilitam recomendações quanto ao uso atual e futuro dos recursos ambientais. Com isso, uma área florestal pode ser gerida de forma racional e metódica, pois há um acompanhamento da evolução dos fenômenos de interesse da localidade e uma comparação das situações encontradas no presente com as que forem previstas pelo planejamento ambiental da paisagem. Por fim, caso seja necessário, uma intervenção na área pode ser orientada²² mediante o consentimento da autoridade competente (LIMA et al., 2004; SILVA, 1999; XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Geotecnologias, SIG e Análise de Paisagem

As geotecnologias (Sensoriamento Remoto, Geoestatística e Geoprocessamento) são consideradas as ferramentas mais consagradas nos estudos da paisagem, pois adaptam as informações da superfície da Terra mediante a uma aproximação dos meios bióticos e abióticos. Assim, essas tecnologias possibilitam a extração de dados espacialmente georreferenciados necessários à construção de um modelo da realidade (LIMA et al., 2004; SILVA, 1999; XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Os SIG são ferramentas computacionais para Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes (cartografia, sensores remotos e fotos aéreas) e criar bancos de dados georreferenciados. Esses sistemas possibilitam a aquisição, o manejo de dados espacialmente georreferenciados e a análise da territorialidade dos fenômenos neles representados. Desta forma, com o uso dos SIG, é possível automatizar a produção de documentos cartográficos, o que permite o desenvolvimento de mapas mais precisos e de forma mais ágil (EASTMAN et al., 1995; PINTO, 2010; XAVIER-DA-SILVA, 2001; 2004).

Os SIG são tecnologias computacionais orientadas geograficamente capazes de proporcionar ao usuário a possibilidade de expedir instruções continuamente e ao mesmo tempo receber as respostas na forma de gráficos (SILVA, 2007). A utilização desses sistemas interativos e a sua necessidade estão relacionadas à imensa capacidade de processamento e à manipulação de banco de dados georreferenciados e não espaciais, além das operações que dão suporte a análises espaciais e à tomada de decisão. Desta forma, o uso dos SIG pode facilitar e acelerar as tarefas e projetos de gestão e planejamento de paisagens (LANG; BLASCHKE, 2009; SILVA, 2007).

²²Estratégias de recuperação de áreas degradadas (RAD) ou de manejo.

Abordagem Multicriterial

Apesar de suas inúmeras aplicações, os SIG são ferramentas limitadas no domínio do auxílio à decisão espacial, pois falta neles o poder analítico multicriterial. Quando os problemas espaciais estão envolvidos com diferentes espaços, critérios ou objetivos conflitantes, a deficiência na análise da problemática se torna evidente. Para resolução de tal problema foi desenvolvida a Avaliação Multicritério (AMC), uma ferramenta matemática de apoio à decisão (EASTMAN et al., 1995).

Durante a AMC é possível integrar temáticas de diversas esferas, de forma compatível com os múltiplos objetivos e critérios simultaneamente, mesmo aqueles com frequências opostas (em conflito). Segundo Eastman (1995) e Eastman et al. (1995), Riveira (2007), Pinto (2010) e Xavier-da-Silva (2001; 2000), essa ferramenta matemática orienta a tomada de decisão a descrever, ordenar, hierarquizar, selecionar ou descartar objetos com base em uma avaliação com vários critérios que podem representar objetivos, metas, valores de referência, níveis de aspiração ou utilidade. A integração da AMC com os SIG, ao contrário do procedimento convencional de sobreposição de mapas temáticos (*overlay*), possibilita o cruzamento de planos de informação para a priorização de áreas (EASTMAN, 2001; VALENTE, 2005; VETTORAZZI, 2006). Em tal processo, o SIG combina e transforma os dados espaciais dos planos de informação em mapas para tomada de decisão, nos quais os pesos dos critérios é que definem as relações entre os dados de entrada e os de saída (MALCZEWSKI, 1999). Os critérios são divididos em duas categorias: fatores e restrições. Os fatores são as características primordiais à tomada de decisão e críticas ao funcionamento de um hábitat. As restrições são aquelas que excluem ou limitam espacialmente as possibilidades durante a análise de uma área (EASTMAN et al., 1993; RANDHIR et al., 2001).

A definição de áreas prioritárias na conservação e preservação florestal

A definição de áreas prioritárias na conservação e preservação florestal, com base no uso de SIG, tem facilitado o planejamento, a otimização e o sucesso de ações de manejo, conservação e preservação florestal (KANGAS et al., 2000, VLAHOS; HERBST, 2000). Segundo Collins et al. (2001), a análise de áreas prioritárias proporciona um arranjo mais adequado do padrão espacial do uso das terras de acordo com os fatores, objetivos das análises e as atividades. Além disso, orienta uma tomada de decisão quanto o nível do risco, da suscetibilidade ou da prioridade (KANGAS et al., 2000, VLAHOS; HERBST, 2000).

De acordo com Valente (2005), diversos autores aplicaram esse processo de tomada de decisão em diversas formas de planejamento físico-regional, inclusive aqueles relacionados a fragmentos florestais. As metodologias utilizadas por eles para

abordar os fatores, restrições e os objetivos foram as mais variadas²³. A autora descreve e compara de forma detalhada em sua tese as diversas abordagens metodológicas para a definição de áreas prioritárias na conservação e preservação florestal integradas ao uso do SIG. Após a comparação dos diversos passos metodológicos, a autora concluiu que uma AMC, com a combinação dos mapas de fatores mediada pelo Método da Média Ponderada Ordenada (MPO), com a padronização dos fatores para uma escala numérica comum, com base na lógica *fuzzy* e redes neurais, com a definição e a compensação dos pesos realizada por uma Comparação Pareada, constitui a melhor metodologia para definição de áreas prioritárias na conservação e preservação florestal, na busca pelo incremento à biodiversidade. A autora também ressalta a importância de se realizar uma Análise de Sensibilidade das incertezas causadas pelos fatores, pesos e prioridades a fim de dar uma maior robustez às soluções obtidas através da tomada de decisão.

A Combinação Linear Ponderada (CLP) é uma metodologia de padronização dos fatores para uma escala numérica comum (normalização), na qual os fatores recebem pesos e são combinados por uma média ponderada. Como resultado tem-se um mapa de prioridades limitado pelas restrições booleanas (EASTMAN, 2001). A normalização possibilita a conversão do conjunto de dados em outro comparável, expresso em uma escala normalizada (MALCZEWSKI, 1999). Quando esse processo segue a lógica *fuzzy*, o conjunto ordinário é generalizado em um domínio contínuo com graus de pertinência que variam de 0 a 255 *bytes* (EASTMAN, 2001). Como a pertinência de um fenômeno é relativa, a representação da paisagem no mapa final torna-se contínua, pois há uma diminuição da subjetividade provocada pela imprecisão do mundo real (CALIJURI et al., 2002; CHEN et al., 2001).

A Média Ponderada Ordenada é um passo além da Combinação Linear Ponderada. Nela há um segundo grupo de pesos ponderando a normalização, os chamados pesos de ordenação (EASTMAN, 1997). Estes são aplicados em um ranqueamento progressivo e crescente dos fatores em cada *pixel*, ou seja, os fatores de menor *score* no *pixel* recebem menores pesos (EASTMAN, 2001). Desta forma, a maneira na qual os pesos de compensação são agregados é controlada e o nível de compensação necessária entre os fatores é determinado (JIANG; EASTMAN, 2000).

A definição e a compensação dos pesos dos fatores é um processo decisório que, segundo Chen et al. (2001), Malczewski (1999), Kangas et al. (2000), deve contar com a participação de especialistas de diferentes áreas, relevantes ao projeto (Técnica Participatória). Valente (2005) e Vettorazzi (2006) destacam a importância de os fatores, restrições e seus pesos serem escolhidos e ajustados conforme a realidade local e do objetivo, pois isso proporciona uma maior flexibilidade e robustez ao método, tornando-o uma ferramenta mais confiável de análise da paisagem. O emprego da

²³ O Booleano; o do Ponto Ideal; o da Combinação Linear Ponderada; o da Análise de Concordância; e o da Média Ponderada Ordenada (MALCZEWSKI, 2000).

Técnica Participatória é fundamental para se ter uma maior confiança dos resultados, pois a priorização de áreas ocorre em um contexto socioeconômico e ambiental de forma multi e interdisciplinar (VALENTE, 2005). O método de tomada de decisão considerado mais indicado para definição de pesos é a Combinação Pareada (MALCZEWSKI, 2004). Desenvolvido por Saaty (1977) no contexto de Processo Hierárquico Analítico, esse método possibilita derivar os valores atribuídos aos fatores em uma escala contínua de nove pontos, compará-los entre si, dois a dois, em uma matriz de comparação e classificá-los segundo a importância relativa entre eles (EASTMAN, 2001). A consistência dessa matriz é avaliada pela sua Taxa de Consistência (TC), que indica, em porcentagem, a aleatoriedade na geração dos valores de comparação entre os fatores. Caso os fatores não estejam abaixo de 10%, a matriz de comparação deve ser reorganizada (SAATY, 1980). Desta forma, a Combinação Pareada confere uma maior robustez ao processo de priorização, pois os pesos atribuídos aos fatores representam melhor as características da paisagem (MENDOZA; PRABHU, 2000).

A Análise de Sensibilidade é um processo exploratório que busca avaliar a influência e a importância dos fatores e pesos no padrão de distribuição dos mapas de prioridades através de sucessivas alterações nas entradas e saídas (STORE; KANGAS, 2001). Segundo Malczewski (1999; 2000), o processo nas entradas são omissões de fatores e modificações de pesos, um a um, com intuito de verificar a importância e a influência dessas alterações nos mapas de priorização. Caso tais alterações não sejam significativas, o ordenamento é considerado robusto. Malczewski (1999) ainda relata que, caso o procedimento anterior seja insatisfatório, poderão ser utilizadas as informações das soluções e alternativas (saídas) na etapa de formulação do problema.

Paisagem da APA do Sana

O processo histórico de ocupação no Brasil levou a Mata Atlântica a uma drástica redução de sua cobertura vegetal original, hoje encontrada em maior parte de forma fragmentada (forma de mosaicos ambientais) e pouco extensa e a uma degradação dos seus solos (MARINHO, 2011; VIANA, 1995; ZAÚ, 1998).

A região do Sana (6º Distrito de Macaé) representa bem essa degradação ocasionada pelos ciclos econômicos da exploração de madeira de lei, café, gado, e banana. Os morros e encostas íngremes da região foram desmatados para a ampliação dos cafezais e pastagens, o que fragmentou suas matas em grandes manchas a céu aberto, degradou seus solos e reduziu a vazão das suas águas superficiais (DEAN, 1996; MARINHO, 2011; PMM, 2003).

Nas últimas décadas devido aos seus atributos paisagísticos, a área do Sana vem tendo sua ocupação incrementada, graças à procura intensa de turistas por atrativos naturais para o lazer e de trabalhadores de Macaé para moradia (CAMPOS, 2009; REGO,

2008; PMM, 2003; MACAÉ, 2006). Os principais problemas ambientais associados ao uso conflitivo das terras pelo turismo, agropecuária e urbanização em relação ao zoneamento ambiental da APA e a Lei Municipal nº 2.560 de 2004, que institui normas de parcelamento, o uso, a ocupação do solo e a construção são: a criação de loteamentos e construções irregulares; a poluição e redução dos corpos hídricos; a ocupação desordenada na faixa marginal de proteção (FMP) e entorno dos rios; a criação de gado em áreas suscetíveis à erosão; o uso de agrotóxicos; o desmatamento progressivo e lento para plantio e aumento de pastagem; e os transtornos decorrentes do perfil e quantidade de turistas (CAMPOS, 2009; REGO, 2008; PMM, 2003).

Apesar desse quadro, o Sana ainda mantém importantes remanescentes florestais e variada fauna que foram preservados em função da redução do desmatamento e da atuação pela preservação da natureza por parte de alguns grupos de agentes locais²⁴ (PMM, 2003). A mobilização político-social desses agentes culminou na criação de uma Unidade de Conservação (UC) municipal, através da Lei Municipal nº 2.172, de 30 de novembro de 2001, que transformou o 6º Distrito de Macaé em uma Área de Preservação Ambiental municipal, UC de uso sustentável prevista pelos Arts. 3º, II, 7º e 14º da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências (SNUC), e regulada pelo Plano de Manejo e seu zoneamento ambiental previsto pelo Art. 27º da mesma lei (MARINHO, 2011) e a Lei Municipal nº 2.560.

Mesmo com os inúmeros avanços na temática socioambiental obtidos pelos agentes locais da região, não foram encontrados estudos de diagnóstico ambiental e monitoramento da paisagem do Sana publicados. Um estudo do gênero foi desenvolvido em 2002 pelo Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, coordenado pelo professor doutor Jorge Xavier da Silva, entretanto o mesmo não foi publicado. Além disso, o Plano de Manejo e seu zoneamento ambiental não foram revisados após um ano da sua publicação como consta no item de recomendações e diretrizes do Plano de Manejo fase um (PMM, 2003). Portanto, um diagnóstico ambiental, com base na análise de paisagem é fundamental para esses documentos que devem ser mais aprofundados em sua fase dois. Um diagnóstico ambiental da paisagem do Sana realizado através da análise das áreas prioritárias para conservação e recuperação, com foco no incremento da biodiversidade e na resolução de conflitos de uso das terras também é uma demanda do Plano Diretor da Serra de Macaé estabelecida na Câmara técnica responsável pela confecção do projeto de lei do mesmo. A lei pretende atender as demandas e expectativas dos moradores da serra de Macaé,

²⁴ Segundo PMM (2001) apud Marinho (2011) "A mobilização social para a criação da UC, APA do Sana, envolveu além do poder público, entidades representativas locais, são elas: Associação Comercial Agropastoril e Ecoturística do Sana (ACAETS); Associação de Moradores do Sana (AMA-SANA); Grupo de Defesa Ambiental Pequena Semente (ONG Pequena Semente); Associação de Amigos da Região do Peito do Pombo e Associação de Moradores Proprietários Rurais e Ecoturística da Cabeceira do Sana (AMPRET)."

inclusive em relação à ocupação irregular e às demandas legais de estudos e projetos da APA do Sana.

Legislação Ambiental Pertinente

O Art. 225º, §1º, I, II, III, VII, da Constituição Federal (1988) contextualiza o Sana, em nível federal, como uma área a que todos devem preservar, proteger e restaurar, pois o meio ambiente ecologicamente equilibrado é considerado um direito fundamental do homem e das futuras gerações. Além disso, a região contém representantes da flora e da fauna do bioma da Mata Atlântica, que é considerado patrimônio nacional, de utilização regida por lei específica (Lei da Mata Atlântica - Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006) e preservação assegurada pela Constituição (Art. 225º, §4º, da Constituição Federal de 1988). Desta forma, a criação de uma UC no Sana se tornou um marco regulatório, que possibilita ao município, aos gestores e a toda a coletividade o direito e o dever de “preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e promover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas”, “preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País...” e “proteger a fauna e a flora...” desta região rica em biodiversidade e intensamente degradada pela ação humana (Art. 225º, § 1º, I, II, VII, da Constituição Federal de 1988).

A sub-bacia hidrográfica do rio Sana é uma área extensa, constituída por terras públicas e privadas, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos paisagísticos importantes à qualidade de vida e ao bem-estar das populações humanas e coberta por vegetação do bioma da Mata Atlântica em diversos graus de sucessão e degradação. Desta forma, sua área possui características socioambientais de uma região de uso sustentável (Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000).

Assim, a lei de criação da APA tornou o 6º distrito de Macaé (Sana) em uma UC compatível com a realidade socioambiental da região, pois o objetivo de conservar e proteger a natureza com o uso sustentável da parcela dos seus recursos naturais e estabelecer normas e restrições para a utilização de propriedades privadas localizadas na região (Art. 7º, §2º, 15º, da Lei Federal nº 9.985) é considerado ideal para uma área como o Sana que tem problemas com ocupação desordenada em áreas de Áreas de Preservação Permanente (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965) (APP), de risco e de Mata Atlântica, além do turismo predatório e de várias áreas degradadas por ação humana (CAMPOS, 2009; COZZOLINO; IRVING, 2004; MARINHO, 2011; PMM, 2003).

Apesar disto, Cozzolino; Irving (2004) ponderam que a implantação da APA e a criação do seu Plano de Manejo não resolvem os problemas ambientais de uma região, pois a legislação que rege esse tipo de UC é bastante genérica. Desta forma, cabe ao Conselho Gestor se organizar e mediar o ordenamento territorial através do zoneamento das atividades permitidas, restritivas e proibitivas, instituir e revisar o planejamento

ambiental e interceder nos conflitos que possam gerar apreensão entre a população local (COZZOLINO; IRVING, 2004; MARINHO, 2011).

Cozzolino; Irving (2004) atentam que para uma região como o Sana, que possui conflitos entre atores sociais atuantes na preservação da região e os agricultores tradicionais e comerciantes, torna-se necessário estabelecer um modelo de gestão dos recursos naturais que permita compatibilizar a produção agrícola com a vocação turística e o desenvolvimento com o uso racional dos recursos naturais. Caso isto não ocorra, as ações dos gestores não passariam de um ordenamento territorial, que só funcionará caso os proprietários das terras concordem com o zoneamento ambiental da APA. Segundo Cozzolino; Irving (2004) e Marinho (2011) para alcançar esse objetivo é necessário a atuação participativa dos diversos segmentos da sociedade civil, dos empresários, do órgão gestor da UC e do Conselho Gestor na forma de conexões institucionais transescalares horizontais e verticais (VIEIRA et al., 2005), a fim de que as ações possam refletir positivamente os anseios da comunidade na forma de fomento ao turismo e à agricultura familiar sustentáveis, além de ações de educação ambiental, que são importantes formadoras de opinião e de sensibilização à questão da conservação e da participação cidadã.

A gestão ambiental participativa é um instrumento previsto em diversos mecanismos legais, dentre os da esfera federal, temos a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA - Art. 2º, X da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981), o SNUC (Art. 5º III, IV, V da Lei Federal nº 9.985) e o Decreto nº 4.340 de 22 de agosto de 2002 e na esfera municipal na Lei Orgânica do Município de Macaé no Decreto Municipal nº 075 de 2002 que institui o Conselho Gestor da APA do Sana restrito à Lei Complementar Municipal nº 027 de 2001 e ao seu regimento interno (Decreto n.o 099 de 2010).

O estabelecimento desse tipo de gestão por parte dos órgãos executores, dos gestores e dos pesquisadores ainda é incipiente. Segundo Vieira et al. (2005), isto empobrece as ações e estudos ambientais pela falta de contextualização com a realidade e os agentes locais. Marinho (2011) relata que apesar de o Conselho Gestor da APA do Sana ser composto pela comunidade, usuários e poder público e ser considerado um fórum de consulta, deliberação e normatização pelo seu decreto regulamentador, ele não atende às expectativas de gestão ambiental participativa citada nesses regulamentos. O Autor expõe como causadora dessa ingerência a dificuldade na definição da atribuição do conselho (consultiva, deliberativa ou normativa) que prejudica a tomada de decisão por parte dos conselheiros. Outro problema que dificulta a gestão participativa da APA é a não homologação desse direito por parte do órgão executor (MARINHO, 2011). Como consequência, o processo de territorialização anterior à criação da APA não se alterou e a região continua a apresentar uma apropriação do espaço de forma desordenada e um turismo predatório, o que é conflitante com o Plano de Manejo e o Zoneamento da APA (MARINHO, 2011).

A fim de solucionar os conflitos da APA do Sana, Marinho (2011) expõe algumas soluções.

[...] é possível minimizar os impactos diretos provocados pelo desenvolvimento e expansão do turismo através de ações locais como a educação ambiental do turista através uso de trilhas interpretativas, intensificação da fiscalização por parte do Poder Público, a definição da ingerência do Conselho Gestor como deliberativo, a desvinculação da composição do Conselho Gestor a vontade do Poder Executivo, o estabelecimento do aporte de verbas públicas para a UC a fim de instrumentalizar o Conselho Gestor, a inserção da educação ambiental para a gestão territorial local nos Projetos Políticos Pedagógicos das escolas presentes na UC e a criação de cooperativas voltadas para o atendimento das demandas de trabalho geradas pelo turismo.

Essas ações citadas por Marinho (2011) são importantes para o planejamento ambiental da APA do Sana nos processos de monitoramento, fiscalização e manejos que favoreçam atividades agrícolas para fortalecimento da economia local, além de subsidiarem a tomada de decisão na resolução dos conflitos regionais baseados no uso das terras. Dentro desta perspectiva, a identificação de áreas prioritárias para conservação e recuperação com foco no incremento da biodiversidade e na resolução de conflitos entra como mais uma estratégia para instrumentalizar o gestor da APA. Essa técnica quando somada a uma consulta pública poderá auxiliar o zoneamento da UC a melhor representar um modelo da realidade local. Desta forma, o planejamento ambiental e a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e suas áreas protegidas na APA se tornam mais rápidos e eficientes, o que é apoiado e regulado pelas diversas esferas do poder: Constituição Federal do Brasil, Código Florestal (Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965), Lei da Mata Atlântica, PNMA, SNUC, Constituição do Estado do Rio de Janeiro de 5 de outubro de 1989, Lei Orgânica do Município de Macaé de 1 de julho de 2011, Código Ambiental de Macaé (Lei Municipal Complementar nº 027 de 2001), Plano Diretor do Município de Macaé (nº 076 de 2006) e a Lei municipal de criação da SANAPA. Além disso, a consulta pública empodera a população local, pois leva em consideração a visão do espaço e da problemática ambiental dos agentes locais na confecção do mapa final.

Limites da APA do Sana

O Plano de Manejo (PMM, 2003) considera a sub-bacia hidrográfica do rio Sana como região geográfica limítrofe da APA do Sana, portanto área semelhante ao 6º Distrito de Macaé. Entretanto, existe uma incoerência na delimitação do plano de manejo com a especificada pela Lei Municipal nº 2.172.

A Lei Municipal nº 2.172 que cria a APA do Sana dispõe:

Fica criada a Área de Preservação Ambiental do Sana – APA do Sana – área esta compreendida por toda extensão contida no 6º distrito de Macaé, com fundamento em dispositivos constitucionais, diplomas legais pertinentes, bem como na resolução CONAMA nº10, de 14 de dezembro de 1988, a qual também orienta e fundamenta esta Lei Municipal.

Nesta lei fica estabelecido que o limite do 6º Distrito de Macaé, criado pela Lei Municipal nº 554 (MACAÉ, 1902), é a região geográfica limítrofe da APA do Sana. Entretanto, foi verificado no zoneamento ambiental desta UC (PMM, 2003; MACAÉ, 2004), instrumento de gestão certificado pelo Art. 6º da Lei Municipal nº 2.172, que os limites da sub-bacia hidrográfica do rio Sana não são semelhantes geograficamente aos limites definidos para o 6º distrito de Macaé. Além disso, as coordenadas geográficas UTM atribuídas pela prefeitura de Macaé ao distrito do Sana são inexistentes e as da sub-bacia hidrográfica no Plano de Manejo possuem um erro de georreferenciamento e de delimitação que em alguns pontos ultrapassa 500 metros. Desta forma, deve ser revisada a delimitação da sub-bacia hidrográfica do Sana a fim de retificar os limites geográficos contidos no Plano de Manejo. Como os limites da sub-bacia do rio Sana não são os mesmos do distrito do Sana, o plano de manejo deverá ser revisado e os limites geográficos da APA contidos nele devem ser modificados para os do 6º distrito de Macaé.

Caracterização da APA do Sana

A APA do Sana (Figura 1) é localizada na região Norte Fluminense, a oeste do município de Macaé, tem 11.802 hectares e abrange todo o 6º Distrito de Macaé (23K 790240 7528426). O Arraial do Sana localiza-se no Vale Sopé da Serra de Macaé (300 m de altitude), próximo a Serra dos Três Bicos, ambas extensões da Serra do Mar (PMM, 2003). O zoneamento ambiental divide a APA em cinco zonas que regulam o uso e ocupação das suas terras conforme suas características ambientais e sociais (Quadro 1 e Figura 1).

Por ser constituinte da Serra do Mar, a região reflete a influência dos agentes internos, causadores dos dobramentos e falhamentos arqueozóicos e proterozóicos, dos sucessivos ciclos erosivos (no Paleozóico e Mesozóico), da reativação de falhas e da remobilização de blocos, ambos no Terciário (PMM, 2003). A região tem um relevo formado por montanhas com encostas íngremes dissecadas por grotões úmidos, onde estão os córregos (caracterizados por corredeiras rochosas, na maior parte de suas extensões). Sua topografia, acidentada, é formada por “vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e cumeadas paralelas, relevo com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes”. A cota altimétrica varia de 190 metros a 1.800 metros (PMM, 2003).

Quadro 1: Enquadramento tipológico das Zonas ambientais gerais do Plano de Manejo da APA do Sana (adaptado de PMM, 2003).

ZPVS	Zona de Preservação da Vida Silvestre	Aquelas em que se encontram os remanescentes de vegetação primária e secundária em estágio avançado de regeneração, pouco ou nada alterada, contendo habitats da fauna regional e de representantes importantes da flora da Mata Atlântica, situados ou não em configurações geológicas e geomorfológicas especiais. Nessas áreas serão adotadas posturas de controle rigorosas do espaço, não permitindo novas ocupações, respeitando os parâmetros constitucionais e legislativos.
ZCVS	Zona de Conservação da Vida Silvestre	Aquelas em que se, admite a ocupação do território sob condições especiais de utilização do solo através de manejo sustentado realizado com o emprego de técnicas que propiciem o uso racional dos recursos naturais. Entretanto, incluem-se nessas áreas características do relevo e degradações que indiquem a necessidade de serem instaladas rigorosas medidas de controle de uso do solo, com intuito de reverter processos impactantes existentes.
ZOC	Zona de Ocupação Controlada	Nelas é permitida a ocupação urbana, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação existente. Deverão ter critérios de ocupação definidos de forma prioritária para as especificidades do Sana, evitando-se, assim, a ocupação do território de forma desordenada.
ZUAp	Zona de Uso Agropecuário	Nelas são permitidos os usos com características rurais, para o desenvolvimento e manutenção das propriedades agrícolas e de criações animais, observando as restrições impostas pela legislação, sobretudo quanto à reserva legal e às áreas de preservação permanente de cada propriedade. Restrições ao uso de defensivos agrícolas também caracterizam essa categoria, em função do complexo manancial hídrico da região.
ZUE	Zona de Uso Especial	São propriedades privadas, gravadas com perpetuidade, com o objetivo de conservar a biodiversidade.

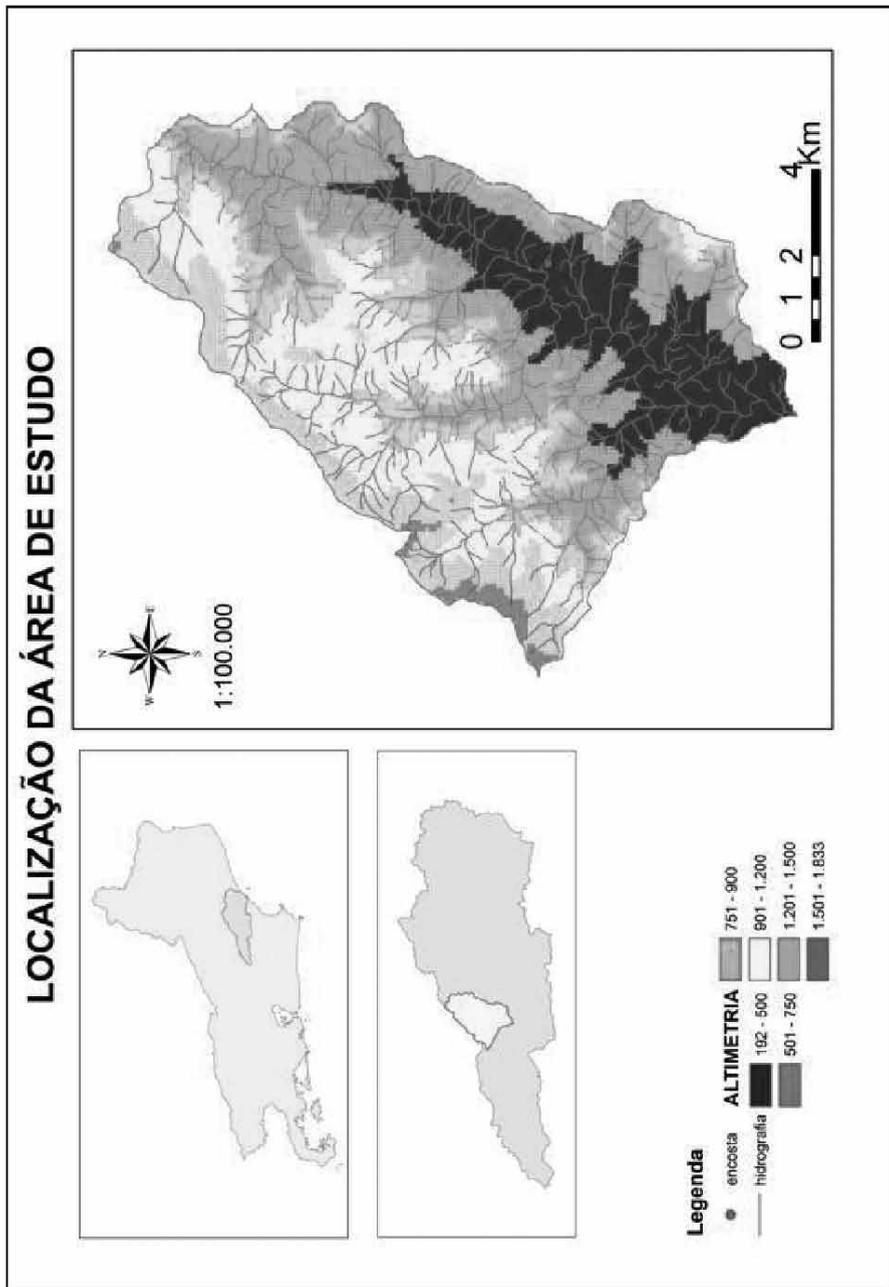


Figura 2: Sub-bacia do rio do Sana
Fonte: Lima (2008)

Os tipos de solo encontrados na APA do Sana são os cambissolos háplicos, argissolos amarelos, latossolos vermelho-amarelos, neossolos flúvicos e associações de argissolos amarelos com latossolos amarelos (LIMA, 2008).

Os cambissolos são caracterizados pela sua alta suscetibilidade aos processos erosivos. (PEREIRA et al., 1994). Na região da sub-bacia do Sana são característicos pela predominância da fração areia em superfície e a verificação de gradiente textural (LIMA, 2008).

Na APA o perfil dos Latossolos é normalmente mais profundo, com um característico teor álico (saturação com alumínio superior a 50%) e, com um grau de intemperismo avançado e poucas reservas de elementos nutritivos para plantas. No geral esse padrão pedológico regional é comum a um relevo forte, ondulado e montanhoso, típico da APA do Sana (PMM, 2003).

Na região do Sana existem diversas áreas degradadas pela sua exploração histórica (café, gado, banana, ocupações irregulares das encostas e margens de corpos hídricos) (Figura 3), que em sinergia com o relevo forte, ondulado e montanhoso, favoreceu processos de intemperismo, lixiviação e erosão (Figura 4) (PMM, 2003).



Figura 3: Casa sobre o leito do corpo hídrico (FMP) na área da cabeceira do rio Sana
Fonte: Marinho (2011)

A cobertura vegetal original da APA é a Floresta Ombrófila Densa, com ocorrência dos seus três subtipos (Floresta Submontana - até 500 m de altitude; Floresta Montana - acima de 500 m e até 1.500 m; Floresta Alto-montana - acima de 1.500 m), característica do bioma de Mata Atlântica. A região, ainda detém remanescentes de floresta primária, embora predomine a vegetação antropotizada. A cobertura vegetal (Figura 5) é tipicamente formada por mosaicos florísticos constituídos por pastos, lavouras, fragmentos de florestas (primária e secundária), em diversos estágios de sucessão florestal (PMM, 2003).

A caracterização da fauna da APA do Sana ainda é incipiente, mas a região da Serra de Macaé possui uma alta diversidade de espécies, com diversos registros que constam na Lista Oficial de Animais Ameaçados de Extinção, do IBAMA (PMM, 2003).



Figura 4: Terracetes de pisoteio de gado, com exposição do solo, indicando degradação
Fonte: Lima (2008)



Figura 5: Fragmentos florestais na APA do Sana
Fonte: PMM (2003)

Conclusões

- Deve ser revisada a delimitação da sub-bacia hidrográfica do Sana a fim de adequar os limites geográficos da delimitação contida no Plano de Manejo.
- O limite geográfico da APA do Sana deve ser revisado, pois os limites geográficos da sub-bacia do rio Sana não são os mesmos do distrito do Sana. Desta forma, os limites da sub-bacia devem ser substituídos pelos do distrito e devem estar adequadamente georreferenciados.
- A Análise Multicritério, com a combinação dos mapas de fatores mediada pelo Método da Média Ponderada Ordenada (MPO), a padronização dos fatores para uma escala numérica comum, com base na lógica *fuzzy* e redes neurais, a definição e a compensação dos pesos realizada por uma Comparação Pareada, constitui a melhor metodologia para definição de áreas prioritárias na conservação e preservação florestal, na busca pelo incremento à biodiversidade.
- A definição de áreas prioritárias, com base no uso de SIG, facilita o planejamento, a otimização e o sucesso de ações de manejo, conservação e preservação florestal, além de proporcionar um arranjo mais adequado do padrão espacial do uso das terras de acordo com os fatores, objetivos das análises e as atividades (Zoneamento Ambiental).

Além disso, orienta uma tomada de decisão quanto ao nível do risco, da suscetibilidade ou da prioridade das áreas.

- O mapa de fragmentos florestais prioritários para conservação e recuperação é importante para o planejamento ambiental da APA do Sana nos processos de monitoramento, fiscalização e manejo que favoreçam atividades agrícolas para fortalecimento da economia local, além de subsidiar a tomada de decisão na resolução dos conflitos regionais baseados no uso das terras, com especial foco na formação dos corredores ecológicos. Essa pesquisa além de ser importante para a gestão da APA é uma demanda do Plano Diretor da Serra de Macaé.

Referências

ALMEIDA, C.G. Análise espacial dos fragmentos na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Programa de Pós-graduação em Gestão de Território, 2008. 72p.

BASTIAN, O.; STEINHARDT, U. Development and perspectives of Landscape ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico, Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.

BOTEQUILHA LEITÃO, A.; AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. Landscape and Urban Planning, v.59, p. 65-93, 2002.

BUREL, F.; BAUDRY, J. Ecologia del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. 353p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225º, par. 1º, incisos I, II, III E VII da Constituição Federal, institui o Sistema

Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. Constituição (1988). Artigo n°225, Capítulo VI, do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto n° 4.340, de 22 de agosto 2002. Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm>. Acesso em: 30 maio 2011.

CALJURI, M.L.; MELO, A.L.O.; LORENTZ, J.F. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. Informática Pública, v.4, n.2, p.231-250, 2000.

CAMPOS, F. L. M. Áreas de Preservação Permanente: Efetividade da legislação e novas propostas para gestão ambiental territorial. 2009. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2008.

CAVALCANTI, A.P.B. Análise integrada das Unidades Paisagísticas na planície deltaica do Rio Parnaíba – Piauí/Maranhão. Mercator - Revista de Geografia da UFC, v.3, n. 6, 2004.

CHEN, K.P.; BLONG, R.; JACOBSON, C. MCE-RISK: Integrating Multicriteria Evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. Environmental Modelling & Software, v.16, n.4, p.387-397, 2001.

COLLINS, M.G.; STEINER, F.R.; RUSHMAN, M.J. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. Environmental Management, v.28, n.5, p.611-621, 2001.

COZZOLINO, L. F. F.; IRVING, M. A. A APA do Sana (Macaé, RJ) na perspectiva da população local. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 7., 2004, Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: [Sn], 2004. p. 23-25.

DEAN, W. A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

DOBROVOLSKI, R.; BOTH, R.; COELHO, I.P.; STOLZ, J.F.B.; SCHÜSSLER, G.; RODRIGUES, G.G.; GEURRA, T.; HARTZ, S.M. Levantamento de áreas prioritárias para a conservação da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS, Brasil) e seu entorno. Revista Brasileira Biociências, v.4, p.7-14, 2006.

EASTMAN, J.R. Decision support: decision strategy analysis. Idrisi 32 release 2: guide to GIS and image processing. Worcester: Clark Labs, Clark University, 2001. v.2. 22 p.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows, Version 2.0. Tutorial exercises. Worcester: Clark University, 1997. 93 p.

EASTMAN, J.R. Idrisi for Windows user's guide. Worcester: Clark University, 1995. 109p.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; K' KYEM, P.A.; TOLEDANO, J. Raster procedures for multi-criteria/ multi-objective decisions. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 61, n. 5, p. 539-547, 1995.

EASTMAN, J.R.; KYEM, P.A.K.; TOLEDANO, J. GIS and decision making: Explorations in Geographic Information Systems Technology. Genebra: UNITAR,1993. 112p.

FARINA, A. Principles and methods in landscape ecology. Londres: Chapman & Hall, 1998. 235p.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia de paisagem. Revista Árvore, v.27, n.4, p.575-583, 2003.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. Landscape ecology. Cambridge: University Press, 1986.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010: dados parciais dos estados avaliados até maio de 2010. São Paulo, 2010. 60 p.

JIANG, H.; EASTMAN, J.R. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. International Journal of Geographical Information Science, v.14, n.2, p.173-184, 2000.

KANGAS, J.; STORE, R.; LESKINEN, P.; MEHTÄTALO, L. Improving the quality of landscape ecological forest planning by utilising advanced decision-support tools. Forest Ecology and Management, v.132, p.157-171, 2000.

LAGO, F.P.L.S.; CHAVES, H.M.L.; GALVÃO, W.S. Avaliação da estrutura da paisagem para o Parque Nacional Grande Sertão Veredas, através de análise de imagens de sensorimanto remoto. In: X SBSR, 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... [SI]: INPE, 2001.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33, p.159-174, 1977.

LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da Paisagem com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LANGANKE, T.; ROSSNER, G.; VRSČAJ, B.; LANG, S.; MITCHLEY, J. Selection and application of spatial indicators for nature conservation at different institutional levels – experiences from the SPIN project. Journal for Nature Conservation, v.13, n. 2-3, p.101-114, 2005.

LATHROP, JR. R. G.; BOGNAR, J. A. Applying GIS and landscape ecological principles to evaluate land conservation alternatives. Landscape and Urban Planning, v. 41, p. 27-41, 1998.

LIMA, ELAINE DE CACIA DE; SANQUETTA, CARLOS ROBERTO; KIRCHNER, FLÁVIO FELIPE; FERRETTI, ELIANE REGINA. Qualidade da paisagem: Estudo de caso na floresta ombrófila mista. Revista Floresta, Curitiba, v.34, n.1, p. 45-56, 2004.

LIMA, L.D.M. Suscetibilidade à erosão dos solos nas sub bacias do médio e alto cursos

da bacia do Rio Macaé/RJ. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Geografia, 2008. 127p.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Orgânica do Município de Macaé, de 1 de julho de 2008. Disponível em: <<http://www.sistemas2.macaee.rj.gov.br:82/apps/op/midia/legislacao/lom.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2011.

MACAÉ. Prefeitura Municipal de Macaé. Lei nº 076 de 10 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor do Município de Macaé. Disponível em: <http://www.macaee.rj.gov.br/downloads_ver.php?arquivo=midia/conteudo/arquivos/1270002165.pdf>. Acesso em: 30 maio 2011.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Municipal nº 2.560, de 2004. Dispõe sobre a legislação específica da Área de Proteção Ambiental do Sana, que compreende o território do 6º distrito do município de Macaé e institui normas para o parcelamento, o uso e a ocupação do solo e a construção, e dá outras providências. Mimeografado.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Municipal nº 2.172, de 30 de novembro de 2001. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA do Sana. Mimeografado.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Municipal nº 554, de 31 de outubro de 1902. Cria um novo distrito com a denominação de Sana, no município de Macaé - APA do Sana. Mimeografado.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Complementar nº 027 de 2001. Dispõe sobre o Código Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.fundoambientalmacaee.rj.gov.br/adm/pdfs/CODIGO_MUNICIPAL_DE_MEIO_AMBIENTE - MACAE.pdf](http://www.fundoambientalmacaee.rj.gov.br/adm/pdfs/CODIGO_MUNICIPAL_DE_MEIO_AMBIENTE_-_MACAE.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2011.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Decreto Municipal nº 075 de 2002. Cria o Conselho Gestor da APA do SANA. Mimeografado.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Decreto Municipal nº 099 de 2010. Homologa o novo Regimento Interno do Conselho Gestor da APA do SANA. Disponível em: <http://www.fundoambientalmacaee.rj.gov.br/adm/pdfs/NOVO_REGIMENTO_INERNO_SANAPA.pdf>. Acesso em: 30 maio 2011.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in Planning, v.62, p.3-65, 2004.

MALCZEWSKI, J. On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches. Transactions in GIS, v.4, n.1, p.5-22, 2000.

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

MARINHO, P. A. Unidade de Conservação ambiental de uso sustentável: APA do Sana, um instrumento de intervenção territorial tácito? 2011. 85 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Geografia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

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

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens ? Biota Neotropica, v. 1, n. 1 e 2, 2001.

PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Solos altamente suscetíveis à erosão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. JABOTICABAL, 9., 1994, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Jaboticabal – SP. 1994.

PINTO, ROBERTO CARLOS. Sistemas de Informações Geográficas aplicados à verificação de aptidão de áreas selecionadas para implantação de parque público de lazer. Estudo de caso: Paranaguá – PR. Curitiba, 2010. 125p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. Biologia da conservação. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 328 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Plano de Manejo da APA do Sana - fase 1. Macaé, ONG Viva Rio, Rio de Janeiro, 2003. 123 p. Mimeografado.

RANDHIR, T. O.; CONNOR, R.O.; PENNER, P.R.; GOODWIN, D.W. A watershedbased land prioritization model for water supply protection. Forest Ecology and Management, v.143, p.47-56, 2001.

REGO, V. V. B. S. Paraísos perdidos ou preservados: a conquista da cidadania em áreas de

proteção ambiental. Mudanças ambientais globais: a contribuição da ANPAS ao debate. In: ENCONTRO DA ANPAS, 6., 2008, Brasília.

RIBEIRO, S.; BICCA-MARQUES, J. C. Influência de características da paisagem sobre a ocorrência do bugio-ruivo, *Alouatta guariba clamitans*, em fragmentos florestais no sul do Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. Anais...

RITTERS, K.H., O'NEILL, R.V., HUNSAKER, C.T., WICKHAM, J.D, YANKEE, D.H., TIMMINS, S.P., JONES, K.B.; JACKSON, B.L. A Factor Analysis of Landscape Pattern and Structure Metrics. Landscape Ecology, v. 10, n.1, p.23-29, 1995.

RIVERA, H. Ordenamento territorial de áreas florestais utilizando Avaliação Multicritério apoiada por Geoprocessamento, fitossociologia e Análise Multivariada. Curitiba, 2007. 206f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias Curitiba, 2007.

ROCHA, C. H. Ecologia da Paisagem e Manejo Sustentável em Bacias Hidrográficas: estudo do Rio São Jorge nos Campos Gerais do Paraná. Curitiba, 1995. 176p. Dissertação (Mestrado em Solos) Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, 1995.

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

SAATY, L. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, San Diego, v. 15, p. 234-281, 1977.

SÃO PAULO. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Coordenação Geral de Observação da Terra. Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites: sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e queimadas 2007-2008. São José dos Campos, 2008. 47 p.

SARTORI, A. A. C. Análise Multicritérios na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais. 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, 2010.

SILVA, A.B. Sistemas de informação geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas: Ed. Unicamp, 1999. 236 p.

SILVA, R.M. Introdução ao Geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações. Nova Hamburgo: Feevale, 2007.176 p.

STORE, R.; KANGAS, J. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. Landscape and Urban Planning, v.55, p.79-93, 2001.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. Megadiversidade, v. 1, p. 181-188, 2005.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. Biodiversity and Conservation, v.13, p. 1419-1425, 2004.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H. ; O'NEIL R.V. Landscape ecology: Theory and practice – pattern and process. New York: Springer, 2001.

TURNER, M.G.; GARDNER, R. H. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. New York: Springer Verlag, 1990. 536p.

VALENTE, R. de O. A. Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da Abordagem Multicriterial em ambiente SIG. 2005. 121p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

VERGARA, O.R.; D'ALGE, J.C.L. Metodologia para a atualização de cartas topográficas com produtos de Sensoriamento Remoto e SIG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., 1995, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE, 1995. p. 741-747. v: Sensoriamento Remoto.

VETTORAZZI, C. A. Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos. Tese (Livre Docente do Departamento de Engenharia Rural, na especialidade/ disciplina Topografia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006.

VIANA, V.M. Conservação da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensamente cultivadas. Conservation International do Brasil/Universidade Federal de Minas Gerais/ University of Florida. In: _____. Abordagens interdisciplinares

para a Conservação da Biodiversidade e Dinâmica do Uso da Terra no Novo Mundo. Gainesville: [Sn], 1995. p. 135-154.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Série Técnica IPEF, v.12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VIEIRA, P.F.; BERKES, F.; SEIXAS, C.S. Gestão Integrada e Participativa de Recursos Naturais: Conceitos, Métodos e Experiências. Florianópolis: APED, 2005. p. 295-377.

VLAHOS, N.; HERBST, J. Prioritizing watershed land for conservation: a case study in the Hammonasset watershed, Connecticut. Journal of New England Water Works Association, v.144, p.10-25, 2000.

XAVIER-DA-SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. (Org.). Geoprocessamento e Análise Ambiental - Aplicações. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. v. 01. 368 p.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento para análise ambiental. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v. 1. 228 p.

ZAÚ, A. S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. Floresta e Ambiente, v. 5, n. 1, p. 160 – 70, 1998.