

Modelo de Multicritério Aditivo na análise da aptidão ao uso público do Parque Nacional Serra da Canastra

Marcos Cicarini Hott ^{1,2}
Luiz Otávio Moras Filho ¹
Marco Aurélio Leite Fontes ¹
Aline Aparecida Silva Pereira ¹
Cláudia de Oliveira Gonçalves Nogueira ¹
Luís Marcelo Tavares de Carvalho ¹

¹ Universidade Federal de Lavras – UFLA / DCF
Campus Universitário – 37.200-000 - Lavras - MG, Brasil
{lomf_22, alyneaspereira}@hotmail.com; {fontes, passarinho}@dcf.ufla.br;
claudiaogn@gmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – 36.038-330 – Juiz de Fora - MG, Brasil
marcos.hott@embrapa.br

Abstract. The National Park of Serra da Canastra was established to protect the headwaters of the São Francisco River and associated ecosystems, which is much visited due to many tourist attractions such as waterfalls and flora and fauna observation. Because of its large territorial dimensions and the risk arising from the rough topography and the occurrence of fire, was required the derivation of mapping classes of suitability for public use through data on altimetry and park infrastructure as well as define the use of GIS tools. Through weighting method of geographic layers, from the Multicriteria Additive Model were generated suitability classes, which it could to facilitate the elaboration of policies for the park. From the adopted methodology and the available data used in defining the classes of suitability, or risk factors for public use, it was possible to map and define regions more favorable for visitation areas, which could support the planning of trails in the park, along with others informations such as visibility and vegetation. Action planning in the park can be facilitated with the final map produced, which indicated a predominance of the Moderate class, with 32.74% of the effective use of the park. Due to the subjectivity of assigning weights and grades in this assessment, it indicates the need for careful analysis of the parameters and factors when adopt this method.

Palavras-chave: Multicriteria Additive Model, GIS, Serra da Canastra National Park, public use, Modelo de Multicritério Aditivo, SIG, Parque Nacional Serra da Canastra, uso público.

1. Introdução

No Brasil, o IBAMA (2002) conceitua uso público como as atividades educativas, recreativas e de interpretação ambiental realizadas em contato com a natureza de acordo com as especificações nos planos de manejo das unidades de conservação. Seu principal objetivo é propiciar ao visitante a oportunidade de conhecer, de forma lúdica, os atributos e os valores ambientais protegidos pela UC. O uso público ou a visitação podem acontecer tanto em áreas naturais públicas, como é o caso do Parque Nacional Serra da Canastra (lei e regulamentação em Brasil, 1972 e 2000), quanto privadas.

Contudo, nota-se que na maioria dos casos a gestão dessas unidades de conservação não é tão eficiente quanto deveria. Isso se deve, principalmente, à dificuldade dos órgãos governamentais em proporcionar os instrumentos adequados ao manejo e proteção dessas áreas. Vários são os problemas enfrentados pelos gestores das UCs no Brasil, tais como regularização fundiária, escassez de funcionários, problemas com as comunidades do entorno, dentre outros. (MMA, 2007; Faria, 2007)

Esta discussão já vem acontecendo desde a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) pela Lei 9985 de 2000, que orienta a participação das populações

tradicionais nos conselhos deliberativos, na elaboração do Plano de Manejo de UC criadas como a Reserva de Desenvolvimento (RDS) e também nas Reservas Extrativistas (RESEX) e os Parques Nacionais (PARNA).

O planejamento da utilização pública em Unidades de Conservação é fundamental na elaboração do Plano de Manejo destas unidades. Dessa forma, as informações disponíveis acerca do meio físico, fauna, flora e aspectos sociais são úteis para orientar os métodos e procedimentos a serem adotados em sua execução.

O Parque Nacional da Serra da Canastra, objeto deste estudo, é dividido em duas partes, uma delas é o Chapadão da Canastra, com situação fundiária regularizada e com plano de manejo (ICMBio, 2005). A outra área é conhecida como Chapadão da Babilônia, ocupando a maior área do parque, mas em situação de regularização, com pendências fundiárias.

Toda a área do parque já regularizada é aberta a visitação tendo como atrativos principais a nascente histórica do Rio São Francisco, o Curral de Pedras, as cachoeiras de Rolinhos e Casca D'anta, sendo esta um atrativo composto da parte alta e da parte baixa, existindo aí uma trilha, atualmente em estado precário, que liga a parte alta a parte baixa da cachoeira. Todos estes atrativos são visitados anualmente por cerca de 40.000 visitantes, que passam por uma de suas quatro portarias.

Porém, existe uma área em que a situação fundiária foi recentemente regularizada e que oferece atrativos para visitação, porém sem acesso por meio de trilha ou estrada. Sendo assim, o estudo visa à determinação de áreas de aptidão ao uso público com maior possibilidade de acesso seguro.

Assim, para esse estudo utilizou-se os dados fornecidos pelo ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) e informações disponíveis em bases de dados de sensoriamento remoto. A partir dos dados espaciais disponíveis o objetivo deste trabalho foi utilizar o Modelo de Multicritério Aditivo para a geração do mapa de aptidão e recomendação para o uso público no parque, considerando a segurança do visitante e pontos de maior interesse, além de fornecer maior subsídio a tomada de decisões no gerenciamento do parque. O SIG (Sistema de Informações Geográficas) tem facilitado sobremaneira a tomada de decisão no manejo dos mais diversos tipos de recursos e a avaliação por Multicritério se apresenta como um método eficiente para seleção e classificação de áreas aptas a uma determinada função no espaço geográfico. Em Carver (1991) utilizou-se a avaliação por multicritério para a seleção de áreas para descarte de material radioativo no Reino Unido, e Riad et al. (2011) adotou os princípios do Multicritério para utilizar a lógica fuzzy na análise de áreas apropriadas à recarga hídrica. Deste modo, são diversos os exemplos da utilização do Modelo de Multicritério para análises ambientais.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são softwares que detém ferramental para tratamento da informação espacial com o intuito de geração de cartografia digital e com isso possibilitar a tomada de decisão e planejamento no uso de recursos naturais ou antrópicos. Os modelos de dados principais são o vetorial e matricial (raster) a partir dos quais se pode fazer análises e obter-se métricas sobre o uso e cobertura das terras, as quais permitem a produção de mapas, dados e inteligência a respeito dos alvos de estudo. A partir de dados de sensoriamento remoto, obtidos de satélites e sensores ópticos, por radar, de base orbital, sub-orbital ou aérea, é possível gerar grande quantidade de informação e processando-as de maneira bastante eficiente através de procedimentos incorporados em softwares de tratamento de imagens (Novo, 1998; Moreira, 2005; Jensen, 2009).

O suporte à decisão por Multicritério é amplamente utilizado na análise de aptidão e uso das terras, sendo abordado por diversos autores, onde a integração com o SIG é fundamental para a obtenção de rápidos resultados e possibilidade de repetição de operações com diversos mapas de interesse (Jankowski, 1995; Malczewski, 1999; Valladares e Faria, 2004). As operações efetuadas no ambiente do SIG visam realizar um somatório cujo resultado

representa um índice de risco ou aptidão a uma determinada atividade, ponderada por fatores que se julgam importantes no fenômeno estudado. Dessa forma, os pesos dados aos mapas desses fatores implicam no modo como influenciarão o resultado final, juntamente com as notas ou gradações distribuídas ao longo do espaço de análise.

Diante disso, o presente trabalho consiste na utilização do modelo de Multicritério Aditivo no intuito de identificar áreas aptas ao uso público, fornecendo informações importantes que poderão auxiliar na criação de políticas públicas ambientais e à própria gestão do parque.

2. Metodologia de Trabalho

Com o intuito de estudar alguns fatores importantes na utilização do parque realizou-se a pesquisa da base de dados disponível e do ferramental apropriado para análise da aptidão e risco à utilização pública.

A partir dos dados em formato *Shapefile*, vetores de pontos, alinhamentos ou poligonais, e projeção utilizada UTM, Datum SAD 69, obteve-se uma área de 197.788,44 ha, sendo que a área de efetivo uso público possui 71.360,64 ha, localizado próximo a municípios como São Roque de Minas. Na Figura 1 observam-se a área de uso efetivo, conforme ICMBio, e composição colorida, falsa-cor, a partir de bandas do satélite TM / Landsat-5. Dotada de um relevo acidentado, a informação altimétrica é fundamental na tomada de decisão quanto ao caminhamento turístico na UC. Utilizando-se um modelo digital de elevação (MDE) oriundo do projeto de levantamento SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* – o qual obteve a altitude em 80% da superfície terrestre por meio de uma plataforma sub-orbital e antenas de radar, reamostrados e disponibilizados para uma resolução espacial de 90 m (USGS, 2000) (Figura 2). Assim, a partir do MDE foi gerado mapa de declividades, utilizado na análise de aptidão para o uso público, em conjunto com os pontos de visitação, portarias, eixos de acessos terrestres e hidrografia na área de uso efetivo, como forma de elencar as áreas que possibilitam melhor acesso aos recursos, disponibilidade de água e lazer.

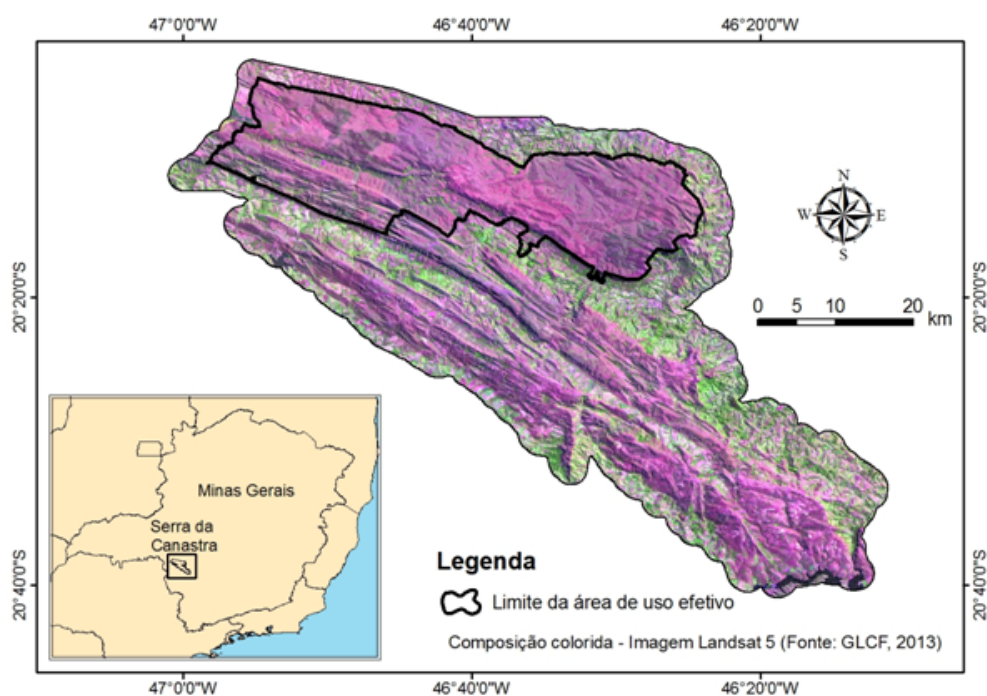


Figura 1. Localização da área de estudo (Fonte: GLCF, 2013).

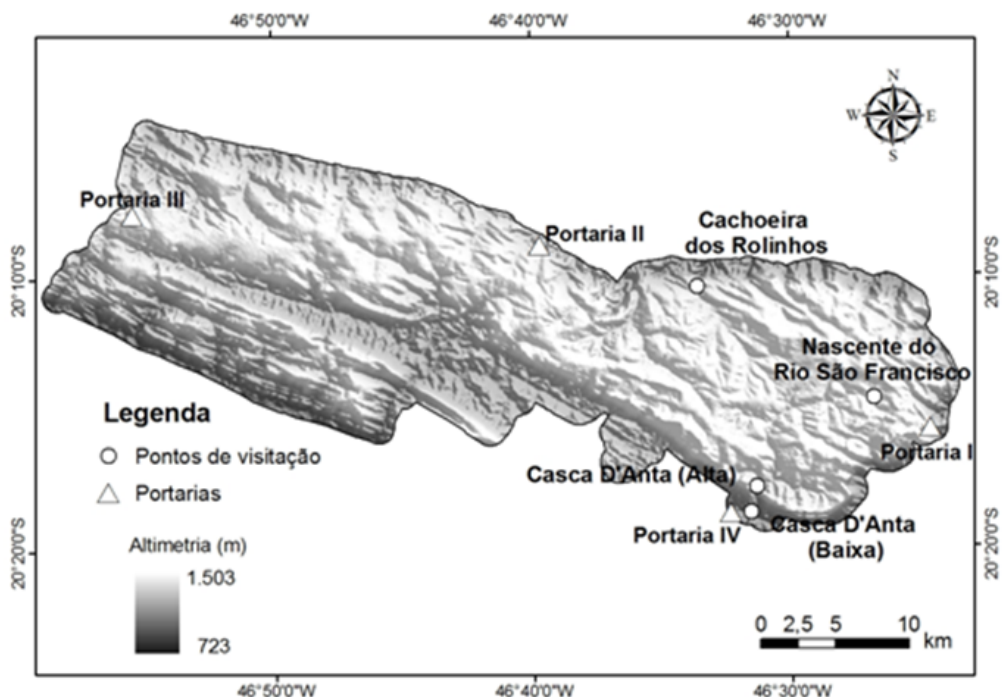


Figura 2. Altimetria e pontos de interesse na área de uso público efetivo do parque (Fonte: USGS, 2000; ICMBio, 2013).

Para o estudo de caso em questão utilizou-se o método do Multicritério aditivo (Xavier-da-Silva, 1992), integrando SIG, dados de sensoriamento remoto e critérios de decisão, com uso de raster, pesos e notas às variáveis de interesse colocados num algoritmo de decisão, conforme a Equação 1, tal como apresentado a seguir:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k) \quad (1)$$

Onde:

A_{ij} é uma célula do raster

n é o número de camadas ou mapas

P é o peso atribuído ao parâmetro (valor de 0 a 1)

N é a nota atribuída ao fator ao parâmetro espacial de interesse

A partir do processo aditivo por Multicritério, o qual funciona como um método de ponderação de camadas ou planos de informação, foram adotados notas (N) de 1 a 7, sendo os números menores indicando as declividades ou distâncias mais apropriadas à utilização pública, trânsito, segurança e proximidade aos pontos de interesse. Foi atribuído peso de 0,35 ao mapa de declividade, 0,25 ao mapa de distância aos acessos terrestres, 0,20 ao mapa de distância a hidrografia, 0,15 ao mapa de distância aos pontos turísticos obtidos e 0,5 ao de distância às portarias, totalizando peso 1, ou 100% no cômputo dos fatores que influenciam o fenômeno da aptidão ao uso, com base nos mapas obtidos. A Figura 3 representa em forma de um fluxograma simplificado das operações no SIG, a partir do qual se seguiu o método aditivo ao Multicritério, com a apresentação esquemática de alguns planos de informação em camadas para análise no SIG.

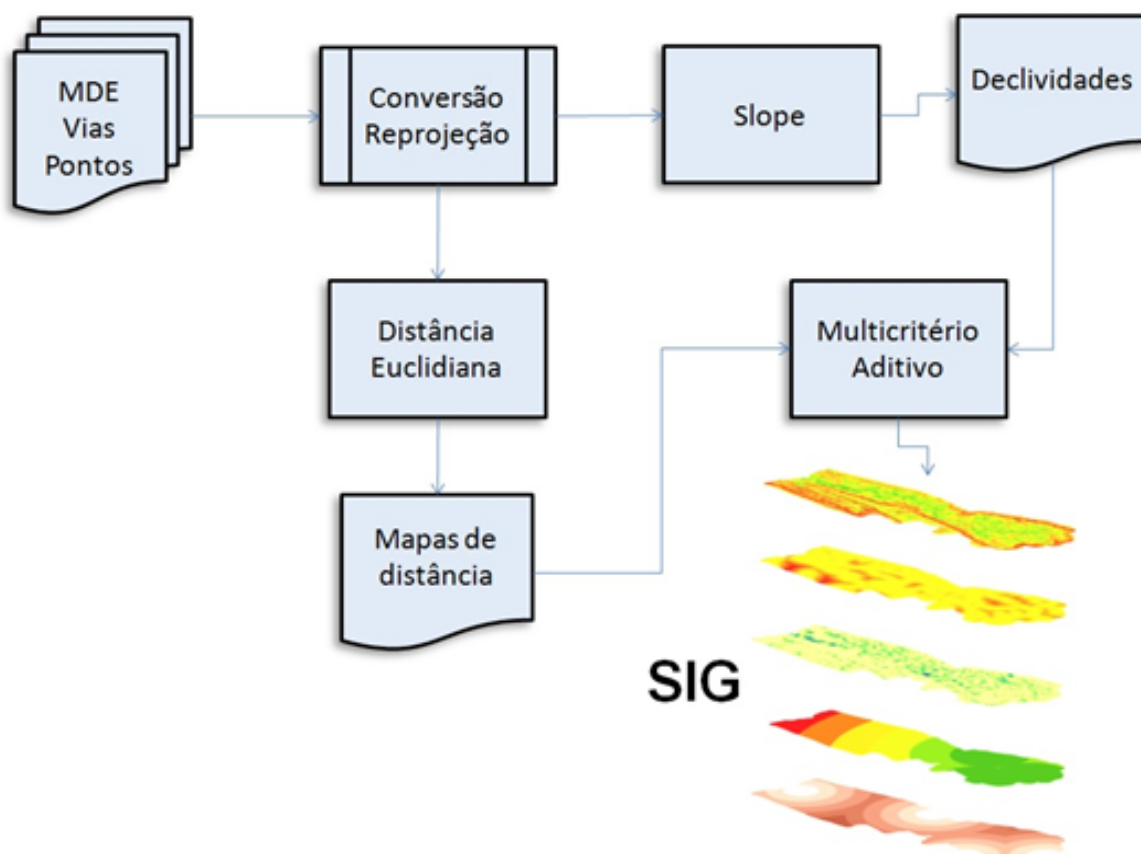


Figura 3. Fluxograma das operações.

3. Resultados e Discussão

As propostas para criações de novas trilhas e novos atrativos tem chegado ao parque com o intuito de minimizar os impactos ocasionados pelo alto número de visitantes que acessam a cachoeira e suas trilhas e proporcionar ao visitante um uso educacional, recreativo e pessoal do parque.

Com a problemática apresentada pelo parque, percebeu-se a necessidade da busca por soluções que visem à melhoria das atuais trilhas e a criação de novas, visto essa como uma alternativa de diminuir os impactos nas atuais trilhas, distribuindo o número de visitantes pelas trilhas e atrativos oferecidos.

A proximidade aos acessos terrestres e água, bem como as classes de menor declividade, foi de fundamental importância na determinação das áreas com maior aptidão ao uso público, ou como favorecimento ao trânsito na área do Parque. Não menos importantes, mas definidos como de menor peso na trafegabilidade na área, a proximidade aos principais pontos de visitação e aos pontos de apoio representados pelas portarias muitas vezes são pontos-alvo, e, assim, normalmente já detém vias de acesso associadas, os quais são dotados nessa análise de peso maior.

É exibido na Figura 4 o mapa final de aptidão à visitação e uso público, com base nos dados obtidos, a partir do qual poderão ser traçadas ou interpretadas zonas mais favoráveis às ações de visitação pública. As zonas ou classes foram geradas considerando proximidade aos acessos terrestres e disponibilidade de água, além de pontos de apoio (portarias) e de alvos na visitação, e principalmente classes de declividades, como mapa de fricção numa eventual análise de otimização ou de mapas de custo, na derivação de potencial de trilhas. Devido ao

potencial de incêndios na região, a proximidade aos acessos, água e meios para um tráfego mais rápido são fatores importantes na aptidão à visitação pública.

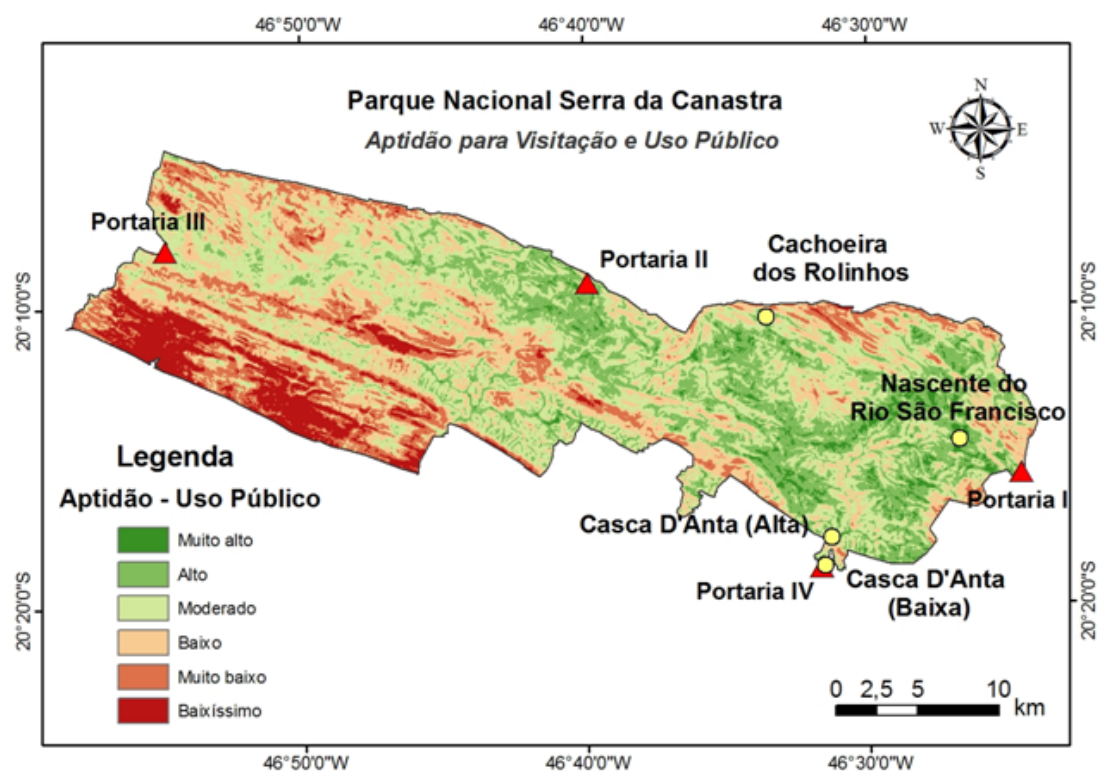


Figura 4. Mapa final de aptidão ao uso público do parque, com base nas camadas de informações disponíveis.

Na Tabela 1 observa-se a distribuição das classes de aptidão a partir da área calculada tomando-se por base a área total do arquivo vetorial projetado em UTM datum SAD69, no fuso 22 Sul. A maior parte do parque estaria na área de uso “Moderado” (32,74%), onde, mesmo quando distante dos pontos de visitação ou de apoio, destaca-se pelas declividades baixas e boa proximidade aos acessos terrestres e hidrografia. As classes de aptidão e uso “Muito alto” (com baixas declividades, muita proximidade aos acessos, pontos de apoio, visitação e água) e “Baixíssimo” (com altas declividades, com pouca proximidade aos acessos, pontos de apoio, visitação e água) se apresentam com um pequeno percentual de área.

Tabela 1. Área das classes de aptidão e recomendação à utilização pública.

Classe de Aptidão	Área (ha)	Área (%)
Muito alto	1.822,24	2,55
Alto	15.198,84	21,3
Moderado	23.364,27	32,74
Baixo	17.197,56	24,1
Muito baixo	9.118,62	12,78
Baixíssimo	4.659,11	6,53
Total	71.360,64	100,00

Na inclusão de novos dados ou pontos interesse na visitação, assim como outros fatores que possam influenciar a aptidão e risco de uso, os pesos devem ser redistribuídos entre os mapas de tal forma que novamente totalize o valor 1. Esse critério de distribuição de pesos, quase sempre subjetivo, é a grande limitação do método, pois, dependendo do número de mapas torna-se difícil essa determinação, ocasionando a obrigatoriedade do conhecimento, muitas vezes profundo, acerca dos parâmetros e fatores que influenciam o fenômeno geográfico estudado. A definição das notas atribuídas às gradações ou classes, dentro de capa mapa, também é fonte de subjetividade, pois sempre observa-se a distribuição dos dados e o caráter da informação mapeada, em consonância do que depreende-se como importante no favorecimento à atividade e seus limiares, tal como na determinação das classes de distância aos acessos terrestres, por exemplo.

4. Conclusões

Houve uma predominância da classe de aptidão ao uso público Moderado, resultado da conjunção de fatores físico e socioambientais medianamente favoráveis à visitação, considerando uma ponderação entre as facilidades e dificuldades mapeadas.

A partir da metodologia adotada e dos dados disponíveis, utilizados como fatores preponderantes na definição das classes de aptidão ou risco de uso público, foi possível mapear e definir-se zonas mais favoráveis à visitação, as quais poderiam, em conjunto com outras informações como visibilidade e cobertura vegetal, viabilizar o planejamento de trilhas no parque.

O método de Multicritério aditivo permitiu medir o impacto final do somatório dos parâmetros utilizados na análise de aptidão. O planejamento de ações no parque poderá ser facilitado com o mapa final produzido, sendo um objeto de retroalimentação em ajustes eventuais ao plano de manejo. Devido à subjetividade da atribuição de pesos e notas nesta avaliação denota-se a necessidade da análise criteriosa dos parâmetros e fatores quando da adoção desse método.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais e ao ICMBio.

Referências Bibliográficas

Brasil. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 05 ago. 2013.

Brasil. **Decreto n. 70.355, de Abril de 1972.** Cria o Parque Nacional da Serra da Canastra, no Estado de Minas Gerais, com os limites que especifica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=121097>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

Carver, S. J., 1991, Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Systems**, v.5, n.3, p. 321-339, 1991.

Faria, H. H. **Avaliação do desempenho gerencial de unidades de conservação: a técnica a serviço de gestões eficazes.** In: ARAÚJO, M. A. R. Unidades de Conservação no Brasil: Da República à Gestão de Classe Mundial. Belo Horizonte: SEGRAC, p.139-160, 2007.

GLCF, 2013. Global Land Cover Facility (GLCF) Landsat. Earth science data interface (ESDI). Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em 15 Jan., 2014.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Bases, princípios e diretrizes: Diretoria de Unidades de Conservação e Vida Silvestre**, 2002. Disponível em: <<http://www2.ibama.gov.br/unidades/parques/index0.htm>>. Acesso em: 18 Ago. 2013.

- Jankowski, P. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 9, n. 3, p. 251–273. 1995.
- Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução (INPE): Epiphânio, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Santos, A.R.; Rudorff, B.F.T; Almeida, C.M.; Galvão, L.S. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.
- Malczewski, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Management effectiveness of Brazil's federal protected areas implementation of the Rappam Methodology Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management**. Organized by Cristina Aragão Onaga, Maria Auxiliadora Drumon, Translated by Adriana Casanova Guedes de Almeida. Brasília, DF: MMA; IBAMA, 2007.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa: Ed. UFV, 2005.
- Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998.
- Parra, J. A. S. **Análise das diretrizes da biodiversidade em programas de uso público em cinco unidades de conservação de proteção integral do estado de São Paulo**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos 2007.
- Riad, P. H. S.; Billib, M.; Hassan, A. A.; Salam, M. A.; Din, M. N. Application of the overlay weighted model and Boolean logic to determine the best locations for artificial recharge of groundwater. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.5, n.2, p.57-66, 2011.
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra**. DF: MMA, 2005, 799 p. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm_parna_serra_canastra_1.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2013.
- USGS – United States Geological Survey – **Data Pool**, 2000. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data/data_pool>. Acesso em: 10 jan. 2013
- Xavier-da-Silva, J. Geoprocessamento e Análise Ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 54 (3) 1992. p 47-61. 1992.
- Valladares, G. S.; Faria, A. L. L. SIG na análise do risco de salinização na Bacia do Rio Coruripe, AL. **Engevista**, v.6, n.3, p. 86-98, 2004.