

Identificação de áreas com potencial para a criação de unidades de conservação na Caatinga do Ceará utilizando análise multicritério AHP

Cristiano Alves da Silva ¹
Rodrigo Castro ²
Fábio de Paiva Nunes ²
Samuel Victor da Silva Portela ²

¹ Universidade Federal do Ceará – UFC
Mestrado em Geologia - Bloco 912 - 60455-760 – Fortaleza - CE, Brasil
geocristiano@gmail.com

² Associação Caatinga
Rua Cláudio Manuel Dias Leite, 50 - 60810-130 – Fortaleza – CE, Brasil
caatinga@acaatinga.org.br

Abstract. The only biome exclusively from Brazil, the Caatinga is the major one in the Northeast region. This one has the less total of protected areas. Only 7.8% of the Caatinga is protected, whereas just 1.3% has restricted use, a number below of the national target of 10%, according to Brazil's commitment as a signatory of the International Convention on Biological Diversity. In return, the Caatinga is the one of the champions in the ranking of deforestation in Brazil. Faced with this race against time to preserve what has been left in the Caatinga of the Ceará State, the Caatinga Association, Caatinga Core/ MMA, CONPAM, and SEMACE FUNCEME, with support from TNC, joined efforts to identify areas in this biome of the Ceará with potential for creation of protected areas (restricted and/or sustainable use) composing a mosaic to ensure the conservation of the biodiversity and the provision of environmental services to the region's people. Therefore, it was decided to perform a multicriteria analysis, using the AHP (Analytic Hierarchy Process), where the criteria were established through ecological assumptions based on previous knowledge, not depending so direct biological information. As result, over than 9.000 km² were mapped, and identified several fragments that still preserve their ecological functions, sheltering endemic and endangered species from the Caatinga. Proving indeed, the effectiveness of this methodology as a quick and inexpensive alternative to conducting preliminary studies to identify areas with potential to become protected areas.

Palavras-chave: remote sensing, analytic hierarchy process, multi-criteria analysis, protected area, sensoriamento remoto, processo analítico hierárquico, análise multicriterial, unidades de conservação.

1. Introdução

Único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga é o principal bioma da região Nordeste. Este é um dos biomas menos protegido por Unidade de Conservação (UC). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA, apenas 7,8% do território da Caatinga está protegido por UC, dos quais 1,3% por áreas de proteção integral, um número abaixo da meta nacional de 10%, conforme compromisso do Brasil como signatário da Convenção Internacional de Diversidade Biológica. Em contra partida, a Caatinga é um dos biomas campeões no ranking do desmatamento no Brasil.

A conservação da Caatinga não se restringe apenas a preservação de sua rica diversidade biológica, mas está intimamente associada ao combate da desertificação, processo de degradação ambiental que ocorre em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas. No Brasil, a maior parte das áreas susceptíveis à desertificação estão em zonas originalmente ocupadas por Caatinga, processo que cresce em uma velocidade cada vez mais rápida.

Neste sentido, diante de tal corrida contra o tempo para preservar o pouco que sobrou da Caatinga cearense, o presente estudo apresenta os resultados dos esforços conjuntos da Associação Caatinga, Núcleo do Bioma Caatinga/MMA, CONPAM, SEMACE e FUNCEME, com apoio da TNC, para identificação de áreas na Caatinga cearense com potencial para criação de UC de Proteção Integral e/ou Sustentável, compondo um mosaico de

áreas protegidas que assegure a conservação da biodiversidade e o fornecimento de serviços ambientais às populações sertanejas.

Para tanto, inicialmente foi realizado um amplo levantamento dos dados secundários disponíveis para todo o Estado do Ceará no tocante a cobertura vegetal, recursos hídricos, densidade demográfica, bem como as áreas consideradas como prioritárias para conservação da biodiversidade no Estado do Ceará, mapeadas pelo PROBIO (2007).

A partir da análise destas informações, foram selecionadas duas macrorregiões de grande relevância para a preservação do Bioma Caatinga no Estado do Ceará, sendo a primeira localizada na região do Sertão dos Inhamuns (01), abrangendo uma área de 7.463,13Km² e a segunda macrorregião de estudo contemplando a região denominada como Sertões de Santa Quitéria e Canindé (02), abrangendo uma área de 9.385,67Km² (Figura 1).

Posteriormente foi realizada uma análise multicritério, utilizando o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) ou Processo Analítico Hierárquico, utilizando como base critérios estabelecidos através de suposições ecológicas fundamentadas em conhecimentos prévios, não dependendo assim de informações biológicas diretas.

Sendo assim, neste artigo será demonstrada a aplicação desta metodologia na macrorregião (2) localizada na região denominada como Sertões de Santa Quitéria e Canindé, uma vez que esta apresentou os melhores resultados no tocante ao potencial para criação de UC, sendo considerada como prioritária para a criação futura de uma ou mais propostas destas áreas protegidas.

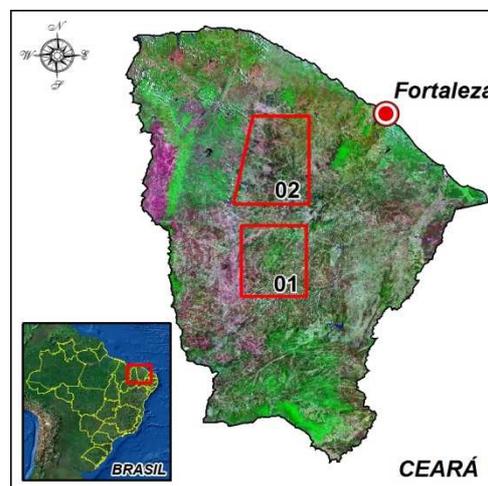


Figura 1. Localização da área de estudo.

2. Metodologia

Para atingir o objetivo de determinar o potencial para criação de UC na área de estudo, foi realizada uma análise multicritério como procedimento para avaliar e combinar diversos critérios para suporte no processo de decisão (SILVA et al. 2004).

Considerando que a finalidade maior de uma UC seja manter o suporte aos processos ecológicos capazes de garantir a biodiversidade local e contribuir no nível regional, a princípio os critérios a serem considerados para criação de uma UC devem fazer o uso combinado dos três níveis básicos das abordagens biológicas: nível de espécie, nível de comunidade e nível ecossistêmico, aumentando assim a chance de conservação efetiva da biodiversidade (TABARELLI et al 2003).

Entretanto, tal levantamento é demorado e complicado para ser aplicado em grandes extensões geográficas, correndo o risco de não ter o levantamento das informações sobre os aspectos biológicos antes que estes organismos ou seu habitat sejam extintos.

Diante de tal corrida contra o tempo para preservar o pouco que sobrou da Caatinga cearense, optou-se por realizar uma análise multicritério, onde os critérios foram estabelecidos através de suposições ecológicas fundamentadas em conhecimentos prévios, não dependendo assim de informações biológicas diretas.

Neste contexto, com base na experiência dos técnicos envolvidos neste trabalho foram estabelecidos seis critérios fundamentais para determinar o potencial de uma área para criação de unidades de conservação, são eles:

- Áreas Suscetíveis a Desertificação;
- Densidade Demográfica;

- Densidade e Proximidade da Malha Viária;
- Densidade e Proximidade dos Núcleos Urbanos;
- Vegetação;
- Densidade e Proximidade dos Fragmentos Conservados.

Dentre os diversos métodos multicritério passíveis de integração destes critérios em ambiente SIG - Sistema de Informação Geográfica, foi escolhido o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) ou Processo Analítico Hierárquico, desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70, e definida por ele como reflexo do que parece ser o método natural de funcionamento da mente humana. Isso porque, ao defrontar-se com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, ela os agrega em grupos, segundo prioridades comuns. Essa decomposição do problema em grupos, ou níveis, foi definida por ele como hierarquia, isto é, um sistema de níveis estratificados, cada um consistindo em tantos elementos, ou fatores. (SAATY, 1991).

Neste contexto, o modelo hierárquico de Saaty (1980) consiste basicamente em um processo de escolha baseada na lógica de comparação par a par (*pairwise comparison*), em que diferentes fatores que influenciam na tomada de decisão são organizados hierarquicamente, e comparados entre si, e um valor de importância relativa (peso) é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida que expressa a intensidade com que um fator predomina sobre outro, em relação à tomada de decisão.

O processo de decisão utilizando AHP neste estudo desenvolve-se ao longo de sete etapas, agrupadas em quatro estágios, conforme ilustrado na Figura 2 e detalhado na sequência.

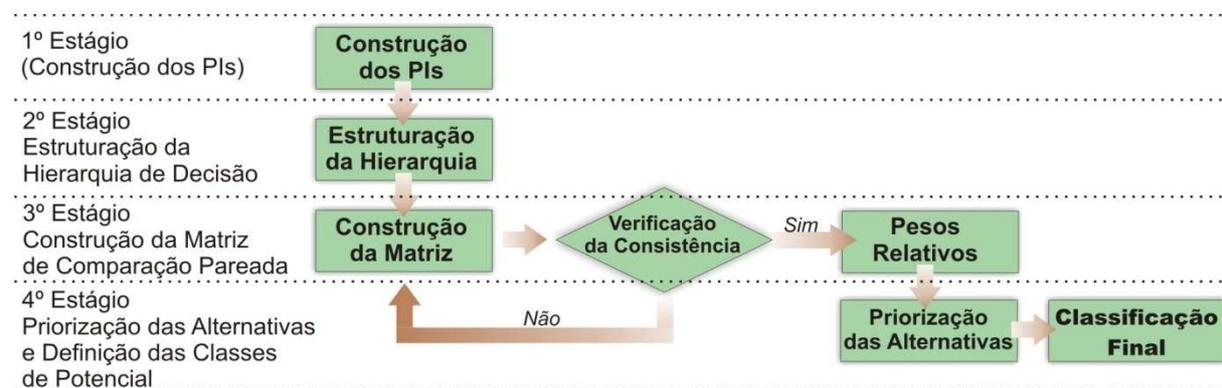


Figura 2. Estágios do Processo AHP. Fonte: (SILVA, 2006).

2.1. Estágio 01: Construção dos Planos de Informação – PIs

Como mencionado anteriormente, diante da impossibilidade da realização de um levantamento detalhado dos aspectos biológicos de toda a área de estudo, optou-se por definir as áreas prioritárias para criação de UC com base em suposições ecológicas e informações abióticas disponíveis, tais como: áreas susceptíveis a desertificação; densidade demográfica; densidade e proximidade da malha viária; densidade e proximidade de núcleos urbanos; vegetação; e densidade e proximidade dos fragmentos conservados, sendo estes fatores considerados determinantes para identificação das áreas onde os processos ecológicos ainda estão preservados.

Todos estes fatores foram mapeados passando a compor um Plano de Informação - PI, que será integrado através da técnica AHP com o intuito de determinar o potencial para criação de UC da área de estudo.

Neste contexto, segue na Figura 3 os PIs mapeados e no Quadro 1 suas respectivas descrições.

PI	DEFINIÇÃO	SUPOSIÇÃO ECOLÓGICA	BASE CARTOGRÁFICA	MÉTODO
Áreas Susceptíveis a Desertificação	Desertificação é um processo dinâmico, onde um conjunto de fenômenos conduz determinadas áreas a se transformarem em desertos ou a ela se assemelharem. Resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas. (PAE-CE, 2010)	Quanto menor o nível de desertificação maior potencial para criação de UC.	Mapeamento de Áreas Susceptíveis a Desertificação e Núcleos Configurados de Desertificação do Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAE-CE (2010).	Recorte do mapeamento realizado pelo PAE -CE (2010).
Densidade Demográfica	É a relação entre a população e a área ocupada, geralmente medida em habitantes por quilômetro quadrado.	Quanto menor a densidade demográfica maior potencial para criação de UC.	Dados preliminares do último censo realizado pelo IBGE, por setor censitário, realizado no ano de 2010.	Fatiamento do atributo densidade demográfica dos setores censitários.
Densidade e Proximidade da Malha Viária	Foram consideradas como malha viária as vias de acesso compostas por rodovias pavimentadas, estradas implantadas e de leito natural.	Quanto maior à distância e menor a densidade das estradas, menor a pressão sobre os processos ecológicos capazes de garantir a biodiversidade local, logo maior o potencial para criação de UC.	Mapeamento da malha viária cearense, realizado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, na escala de 1: 100.000, publicado em 2000, e atualizado em 2011.	Foi utilizado o estimador de Kernel no <i>software</i> TerraView, para gerar uma superfície interpolada que reflète a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo.
Densidade e Proximidade de Núcleos Urbanos	Aglomerados urbanos enquadrados nas três classes definidas pelo IBGE como “situação urbana”. (Área urbanizada de cidade ou vila; área não-urbanizada de cidade ou vila; área urbana isolada)	Quanto mais distante de um núcleo urbano, menor a pressão sobre a biodiversidade local, logo quanto menor a densidade dos núcleos urbanos em uma determinada região maior o potencial para criação de UC.	Malha dos setores censitários mapeada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no ano de 2010.	Foi utilizado o estimador de Kernel no <i>software</i> TerraView, para gerar uma superfície interpolada que reflète a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo.
Vegetação	Formações florestais do Bioma Caatinga no Estado do Ceará. Único Plano de Informação que apresenta aspectos biológicos diretos, daí a grande importância deste PI neste estudo.	Quanto mais avançado o estágio de conservação de um fragmento, maior probabilidade de manutenção das funções ecológicas locais, principalmente da fauna, logo maior o potencial para criação de UC.	Mapeamentos das fitofisionomias do Estado do Ceará realizado pela FUNCEME; Imagens Orbitais do Satélite Landsat-5; Mapeamento dos fragmentos de mata atlântica do Estado do Ceará realizado pela SOS Mata Atlântica em 2008.	Escalonamento das fitofisionomias mapeadas pela FUNCEME em: estágio inicial, intermediário e avançado de regeneração. Utilizando como base um NDVI de uma imagem Landsat-5.
Densidade e Proximidade dos Fragmentos Conservados	Fragmentos mapeados no PI de Vegetação classificados como em estágio avançado de regeneração de acordo com a resposta obtida no NDVI.	Quanto mais próximo de um fragmento em estágio avançado de regeneração, maior o potencial para criação de UC, uma vez que estas áreas são verdadeiros bancos genéticos que podem ajudar na regeneração das áreas circunvizinhas.	Fragmentos classificados como em estágio avançado de regeneração no PI de Vegetação, com área superior a 500ha.	Foi utilizado o estimador de Kernel no <i>software</i> TerraView, para gerar uma superfície interpolada que reflète a intensidade pontual do processo em toda a região de estudo.

Quadro 01. Descrição dos Planos de Informação.

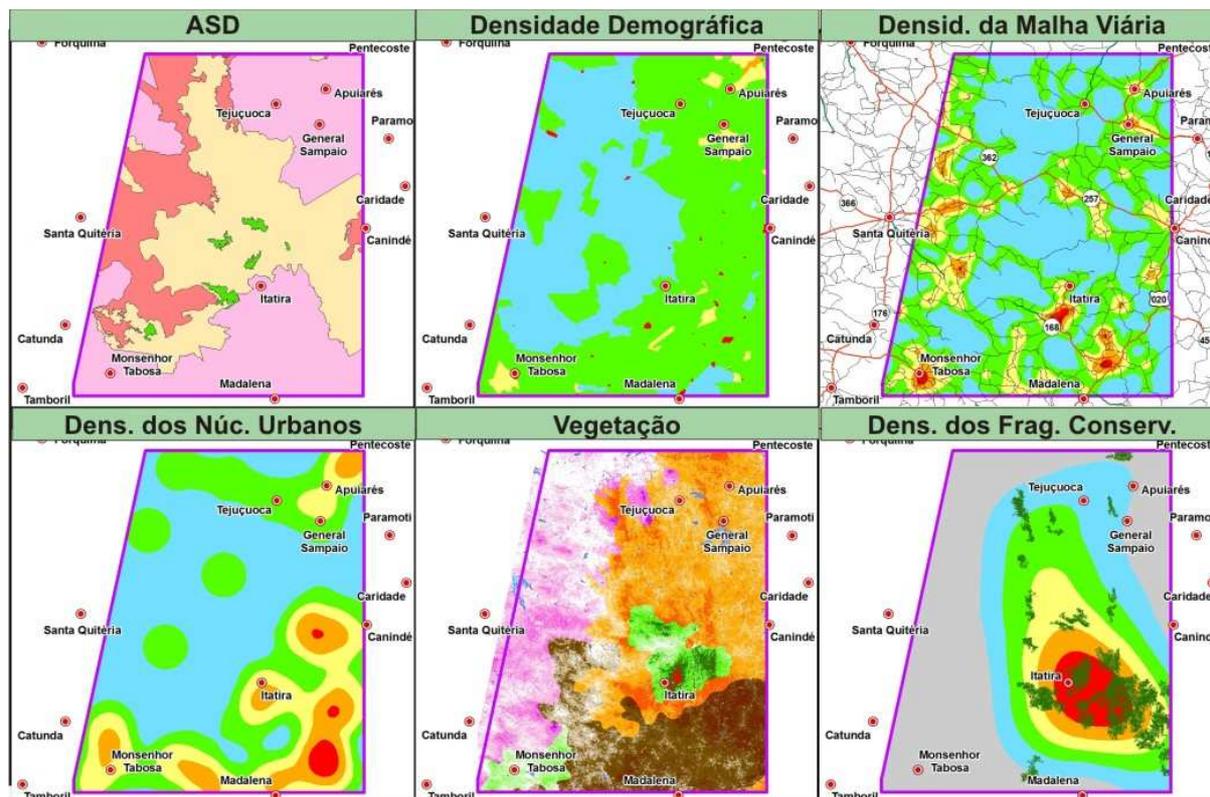


Figura 3: Planos de Informação mapeados.

2.2. Estágio 02: Estruturação da Hierarquia de Decisão

Esta etapa consiste na estruturação de uma hierarquia dos fatores determinantes para identificação do potencial para criação de UC na área de estudo, possibilitando definir a influência mutua entre os mesmos, onde as entidades de um grupo influenciam as de outro e são influenciadas pelas entidades de apenas outro.

Neste contexto, no topo da hierarquia está o objetivo, no caso definir o potencial para criação de UC, e no segundo nível estão os seis fatores mapeados que irão determinar as classes de potencial para criação de UC:

Nos níveis mais inferiores esses atributos são mais detalhados. Neste sentido, os elementos com características mais gerais são alocados nos níveis superiores, enquanto os que caracterizam especificamente o problema são dispostos nos níveis de base.

2.3. Estágio 03: Construção da Matriz de Comparação Pareada

De acordo com Silva *et al.* (2004) a técnica AHP baseia-se numa matriz quadrada de $n \times n$, de comparação entre os n critérios, onde as linhas e as colunas correspondem aos critérios, sendo o resultado igual à importância relativa do critério da linha face ao critério da coluna.

Neste contexto, os valores de entrada nas matrizes foram obtidos com base na comparação dois-a-dois dos fatores, avaliando seu grau de influência em relação ao objetivo de identificar o potencial para criação de UC. A partir desta comparação pareada foi definido o critério de importância relativa entre os fatores, conforme uma escala pré-definida de 1 a 9, onde o valor 1 equivale ao mínimo, e 9 o máximo de importância de um fator em relação ao outro.

De cada matriz de comparação pareada foram extraídos seus autovetores, que correspondem ao grau de importância relativa para cada fator considerado. Os autovetores resultantes da matriz de comparação dos atributos do segundo nível da hierarquia, no caso os PIs, são denominados NOTAS e os resultantes da matriz de cada conjunto de atributos do terceiro nível, ou seja, as feições mapeadas em cada PI, são chamados de PESOS.

Neste contexto, segue no Quadro 2, as NOTAS e PESOS obtidos nas matrizes de comparação pareada, representando o grau de influência exercido por cada fator para determinação do objetivo.

Matriz de Comparação Pareada dos PIs	
PI	NOTA
Áreas Susceptíveis a Desertificação -ASD	0,1656
Densidade Demográfica	0,1116
Densidade e Proximidade da Malha Viária	0,0501
Densidade e Proximidade de Núcleos Urbanos	0,0664
Vegetação	0,3935
Densidade e Proximidade dos Fragmentos Conservados	0,2128

Matriz de Comparação Pareada dos Atributos dos PIs			
PI de Áreas Susceptíveis a Desertificação	PESO	PI de Vegetação	PESO
ASD/NC – Grave	0,0587	Caatinga Arbustiva Aberta em Estágio Inicial de Regeneração	0,0233
ASD/NC – Moderada	0,2747	Caatinga Arbustiva Aberta em Estágio Intermediário de Regeneração	0,0573
ASD/NC – Baixa	0,3594	Caatinga Arbustiva Aberta em Estágio Avançado de Regeneração	0,1061
ASD- Grave/Muito Grave	0,3072	Caatinga Arbustiva Densa em Estágio Inicial de Regeneração	0,0229
PI de Densidade Demográfica	PESO	Caatinga Arbustiva Densa em Estágio Intermediário de Regeneração	0,0573
Muito Alta	0,0385	Caatinga Arbustiva Densa em Estágio Avançado de Regeneração	0,1061
Alta	0,0621	Caatinga Arbórea em Estágio Inicial de Regeneração	0,0229
Moderada	0,2022	Caatinga Arbórea em Estágio Intermediário de Regeneração	0,0573
Baixa	0,3064	Caatinga Arbórea em Estágio Avançado de Regeneração	0,1061
Muito Baixa	0,3908	Mata Seca em Estágio Inicial de Regeneração	0,0573
PI de Densidade e Proximidade da Malha Viária	PESO	Mata Seca em Estágio Intermediário de Regeneração	0,1061
Muito Alta	0,0533	Mata Seca em Estágio Avançado de Regeneração	0,1253
Alta	0,0715	Mata Úmida (Macrorregião 02)	0,1521
Moderada	0,2149		
Baixa	0,2808		
Muito Baixa	0,3794		
PI de Densidade e Proximidade de Núcleos Urbanos	PESO		
Muito Alta	0,0628		
Alta	0,0977		
Moderada	0,1773		
Baixa	0,2847		
Muito Baixa	0,3775		
PI de Densidade e Proximidade dos Fragmentos Conservados	PESO		
Fragmento	0,3211		
Muito Alta	0,2033		
Alta	0,1652		
Moderada	0,1311		
Baixa	0,1015		
Muito Baixa	0,0501		
Isolada	0,0277		

Quadro 2. Resultado das Matrizes de Comparação Pareada.

2.4. Estágio 04: Priorização das Alternativas e Definição das Classes de Potencial

Este estágio é o último do processo de decisão utilizando o método AHP. Nesta etapa os autovetores, NOTAS e PESOS, resultantes das matrizes de avaliação são utilizados para compor a classificação final, ou seja, o PI resultante do cruzamento dos PIs mapeados, refletindo neste o potencial para criação de UC na área de estudo.

Para realizar o cruzamento dos PIs foi utilizado o formato *raster*. Neste formato cada *pixel* do PI resultante é fruto do cruzamento dos *pixels* dos outros PIs existentes na mesma coordenada x,y, onde cada *pixel* contém o PESO definido por sua matriz.

O resultado desta operação foi um PI no formato *raster* com valores variando entre 0,04575 e 0,29235, onde quanto maior o valor, maior o potencial para criação de UC, como pode ser observado na Figura 4.

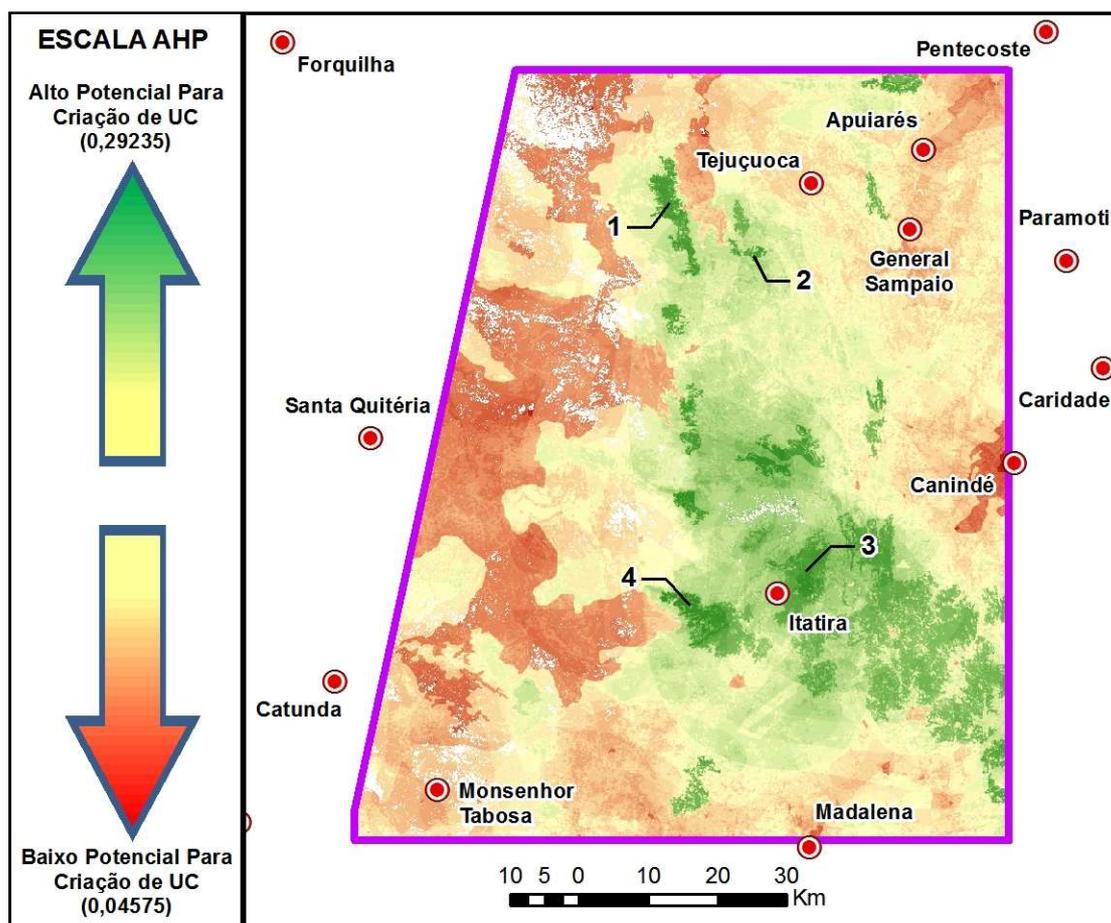


Figura 4. Resultado da aplicação do método AHP.

3. Resultados e Discussão

Como foi possível observar na Figura 4, no resultado da aplicação do método AHP, foram identificados diversos fragmentos classificados como de alto potencial para criação de UC.

De posse deste resultado foi realizada verificações *in loco* nas áreas mapeadas como de alto potencial para criação de UC e o resultado foi à identificação de fragmentos florestais ainda preservados de (Mata Úmida, Mata Seca, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Densa e Caatinga Arbustiva Aberta). Nestes locais foi possível encontrar várias espécies de fauna raras no Ceará, endêmicas do Bioma Caatinga e ameaçadas de extinção.

Tal fato denota a eficácia desta metodologia, como uma alternativa rápida e barata para realização de estudos preliminares para identificação de áreas com potencial para preservação, uma vez que, com base em suposições ecológicas e informações abióticas, foi possível identificar com precisão tais áreas, que atualmente funcionam como verdadeiras ilhas, sendo algumas, o último refúgio de muitas espécies. Justificando assim, a necessidade de criação de um mosaico de UCs, contemplando categorias de proteção integral nas áreas identificadas como refúgio da vida silvestre e de uso sustentável nos fragmentos de mata que além de refúgio para a fauna possuem a função de garantir o suprimento hídrico das comunidades locais impedindo o avanço das áreas em processo de desertificação.

No Quadro 3 é apresentado um resumo dos aspectos biológicos, potencialidades e ameaças, aferidas em quatro dos pontos vistoriados em campo, identificados utilizando o método AHP, conforme ilustrado na Figura 4.

Ponto	Local	Aspectos Biológicos	Potencialidades	Ameaças
1	Serra da Santa Luzia (Município de Irauçuba - CE)	Flora: Fragmento de aproximadamente 4.000ha de Caatinga Arbustiva Densa em estágio avançado de regeneração. Fauna: Foram identificadas diversas espécies da Caatinga, algumas raras no contexto do Ceará, como: Papagaio-verdadeiro (<i>Amazona aestiva</i>); jacú-verdadeiro (<i>Penelope jacucaca</i>); macaco-prego (<i>Cebus apela</i>); veado (<i>Mazama sp.</i>); e porco-do-mato (<i>Tayassu tajacu</i>).	Localizado em um maciço residual de topografia acidentada, este fragmento, além de refúgio de várias espécies da fauna e flora da Caatinga, é detentor de diversas nascentes, algumas perenes, que abastecem as comunidades que vivem no sopé da serra.	A área foi invadida recentemente por Sem Terras, e está em processo de desapropriação pelo INCRA. Foram identificados vários acampamentos de caçadores e relatos, por parte dos moradores, de tráfego de animais silvestres como o papagaio.
2	Furna dos Ossos (Município de Tejuococa - CE)	Flora: Fragmento de aproximadamente 600ha de Caatinga Arbustiva Aberta em estágio avançado de regeneração com presença de indivíduos arbóreos ameaçados de extinção como a aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i>). Fauna: A fauna local está bastante degradada, mas ainda é possível encontrar associada aos paredões rochosos, espécies endêmicas do Nordeste como o mocó (<i>Kerodon rupestris</i>); e diversas espécies de morcegos que habitam as cavernas da região.	Grande potencial turístico, dotado de grande beleza cênica. Várias formações rochosas com formas que lembram animais e figuras humanas, como a pedra do jacaré e do índio. Potencial espeleológico como a gruta da borboleta e a gruta do sino, dentre outras belezas.	Devido à falta de controle no acesso as grutas, foram identificadas várias agressões, como pichações, lixo e quebra de espeleotemas.
3	Serra do Valtuburi (Município de Itaitira - CE)	Flora: Mosaico de fragmentos de um enclave úmido de altitude. Fauna: Foram identificadas várias espécies de mata úmida, algumas classificadas pelo MMA como vulneráveis como a Maria-do-Nordeste (<i>Hemitriccus mirandae</i>), status: VU/EM – MMA/IUCN; Pica-pau-anão-da-caatinga (<i>Picumnus limae</i>), status: VU – MMA; e vira-folha (<i>Sclerurus scansor</i>), status: VU – MMA.	Devido ao clima diferenciado da região, propiciado pela altitude que em alguns locais supera os 900m, a região é habitat de várias espécies de mata úmida, mas também funciona como refúgio de várias espécies da Caatinga, principalmente nos períodos de estiagem.	Essa fitofisionomia encontra-se fragmentada e extremamente ameaçada, devido à retirada de madeira e pelo avanço da agricultura, principalmente da banana. Esta região refugia uma fauna muito especial, porém muito ameaçada de desaparecer por conta da perda de habitat e pela caça indiscriminada.
4	Serra do Céu (Município de Itaitira - CE)	Flora: Caatinga Arbustiva Densa, preservada nas encostas escarpadas. Fauna: Foram identificadas diversas espécies endêmicas da Caatinga, como Beija-flor rabo-branco-de-cauda-larga (<i>Anopetia gounellei</i>), e algumas raras no Ceará, como a maracanã-verdadeira (<i>Primolius maracana</i>), além de algumas localidades de Parambú/CE, talvez este seja o último refúgio da maracanã-verdadeira no Estado. Também foram identificadas espécies migratórias como a avoante (<i>Zenaida auriculata</i>).	Além de sua importância para a fauna local e migratória, esta região é dotada de diversas nascentes, algumas perenes, que abastecem as comunidades que vivem no sopé da serra.	Dos fragmentos identificados neste estudo, este é um dos mais ameaçados pelo desmatamento e principalmente pela caça. Foram identificados dezenas de acampamentos de caçadores. Segundo os moradores locais, a região é um "ponto turístico de caça", principalmente no período migratório da avoante, atraindo caçadores de toda a região.

Quadro 3. Resumo das vistorias de campo realizadas nas áreas identificadas pelo método AHP.

Referências Bibliográficas

PROBIO. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. Ministério do Meio Ambiente - Brasília: MMA, 2007.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-hill, 1980. 287 p.

SILVA, A. N. R. et al. SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais. São Carlos: Ed. Do Autores, 2004.

Silva, Cristiano Alves da. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento de vulnerabilidade ambiental: uma análise integrada do ambiente para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. Fortaleza, 2006.135p.

Tabarelli, Marcelo et. al. Ecologia e conservação da caatinga. Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

SAATY, T. L. Método de Análise Hierárquica. São Paulo: McGraw-hill, Makron, 1991. Tradução e Revisão Técnica Wainer da Silveira e Silva.