

# DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM AMBIENTES SERRANOS NA CAATINGA – ESTUDO NA SERRA DA FORMIGA (RN, BRASIL)

Alisson Medeiros de Oliveira. Mestre em Geografia (UFRN).  
[alissongeoliveira@gmail.com](mailto:alissongeoliveira@gmail.com)

Paulo Jerônimo Lucena de Oliveira. Mestre em Geografia (UFRN).  
[paulojeronimo.geo@gmail.com](mailto:paulojeronimo.geo@gmail.com)

Diógenes Félix da Silva Costa. Doutor em Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas (Univer. Aveiro – UA)  
[diogenesgeo@gmail.com](mailto:diogenesgeo@gmail.com)

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi identificar e mapear as Áreas de Preservação Permanente - APPs no maciço residual cristalino Serra da Formiga (Estado do Rio Grande do Norte). Com auxílio de imagens de satélite (ALOS e Sentinel 2B) manipuladas em um Sistema de Informações Geográficas, aplicou-se os parâmetros da Lei Federal 12.651/2012 e foram delimitadas as APPs com base em dados de hipsografia, rede de drenagem local e os tipos de uso e cobertura da terra na área (Caatinga arbórea, Caatinga arbustiva e Solo exposto/Agropecuária/Pastagem). As APPs com maior abrangência foram as de margens de rios (20,5 km<sup>2</sup>), seguidas pelas de topo de serra (11,2 km<sup>2</sup>) e a de encostas (0,19 km<sup>2</sup>), totalizando 39,96% da área de estudo. Foi observado que a área total de conflitos entre APPs e usos e cobertura somam 0,49 km<sup>2</sup>, considerado um valor baixo em relação a extensão total das APPs. Estes resultados expressam a complexidade dos mapeamentos de áreas protegidas por leis ambientais em regiões semiáridas neotropicais, tendo em vista a sazonalidade do fluxo hídrico e o caráter xerófilo do ecossistema vegetal, os quais devem ser destacados como elementos fundamentais para a validação destes importantes instrumentos de ordenamento territorial.

**Palavras-chave:** Ecossistemas semiáridos; Conservação; SIG; Direito Ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

As regiões serranas e brejos de altitude são áreas que apresentam feições geomorfológicas com cotas altitudinais que ultrapassam 600m e expõem as encostas aos ventos úmidos de sudeste, apresentando condicionantes para manter uma cobertura vegetal arbórea semi-decidual com diversidade de espécies (ANDRADE-LIMA, 1960; ANDRADE; LINS 1986), o que pode ser corroborado por diversos estudos (e.g. RODAL; NASCIMENTO, 2002; RODAL et al., 2005; TABARELLI; SANTOS, 2004; SOUZA; OLIVEIRA, 2006; MORO et al., 2015; SILVA; SOUZA, 2018).

No âmbito da conservação destes ambientes, a necessidade de evitar a degradação de ecossistemas de Caatinga é considerada extrema, tendo em vista que o esse bioma tem 80% da sua cobertura vegetal modificada (SILVA, 2004; FREIRE et al., 2018). Levando em consideração sua área total (cerca de 844 mil quilômetros

quadrados), destaca-se que apenas 36% estão em unidades de conservação (UCs), sendo 1% dentro das áreas de proteção integral (FREIRE et al., 2018).

Recentemente, a comunidade científica tem realizado esforços para destacar a importância dos ambientes serranos do semiárido para a conservação, havendo a intensificação de estudos apontando características ambientais que potencializam as ações de planejamento ambiental (e.g. BASTOS; CORDEIRO; SILVA, 2017; GOMES; PAIVA; OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA; COSTA, 2019).

Observa-se que as pesquisas realizadas neste âmbito têm feito apontamentos construtivos e exitosos com auxílio das geotecnologias, tais como análises temporais de ambientes serranos mensurando a degradação ambiental (e.g. LIMA, 2014; BARBOSA; CARVALHO; CAMACHO, 2017) e estudos propondo a recuperação de áreas degradadas (e.g. GONÇALVES; CHAGAS, 2017). Todavia, muitos estudos sobre conservação da Caatinga ainda são realizados em ampla escala, não incluindo especificamente o dispositivo legal das Áreas de Preservação Permanente (Lei Federal 12.651/2012) em abordagens locais/regionais (BELÉM; CARVALHO, 2013; FERRAZ et al., 2013; SILVA et al., 2013; APGAUÁ et al., 2015).

Este fato se traduz de forma preocupante em virtude da exclusão cartográfica de importantes áreas com fragilidade ecodinâmica elevada e que devem ser consideradas para a definição de áreas prioritárias para a conservação em escala municipal/regional (e.g. COSTA; GUEDES; ROCHA, 2014). Isso acaba dificultando a aplicação dos trabalhos por tomadores de decisão (ex. encostas, margens das drenagens, inselbergs, platôs, cristas, etc.).

Na perspectiva de contribuir com a discussão metodológica para a conservação da Caatinga em escala de maior detalhe, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar uma metodologia para delimitação de Áreas de Preservação Permanentes com auxílio de Sistema de Informações Geográficas, com vistas em sua aplicação na conservação.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A aplicação metodológica nesta pesquisa teve como área de estudo a serra da Formiga, localizada entre os municípios de Caicó-RN e Cruzeta-RN, abrangendo uma área de 80,2 km<sup>2</sup> (Figura 01). O clima do ambiente estudado é o semiárido mediano,

com 6 a 7 meses secos, sendo que o sistema atmosférico atuante é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que produz chuvas no período de janeiro a abril (DINIZ; PEREIRA, 2015).

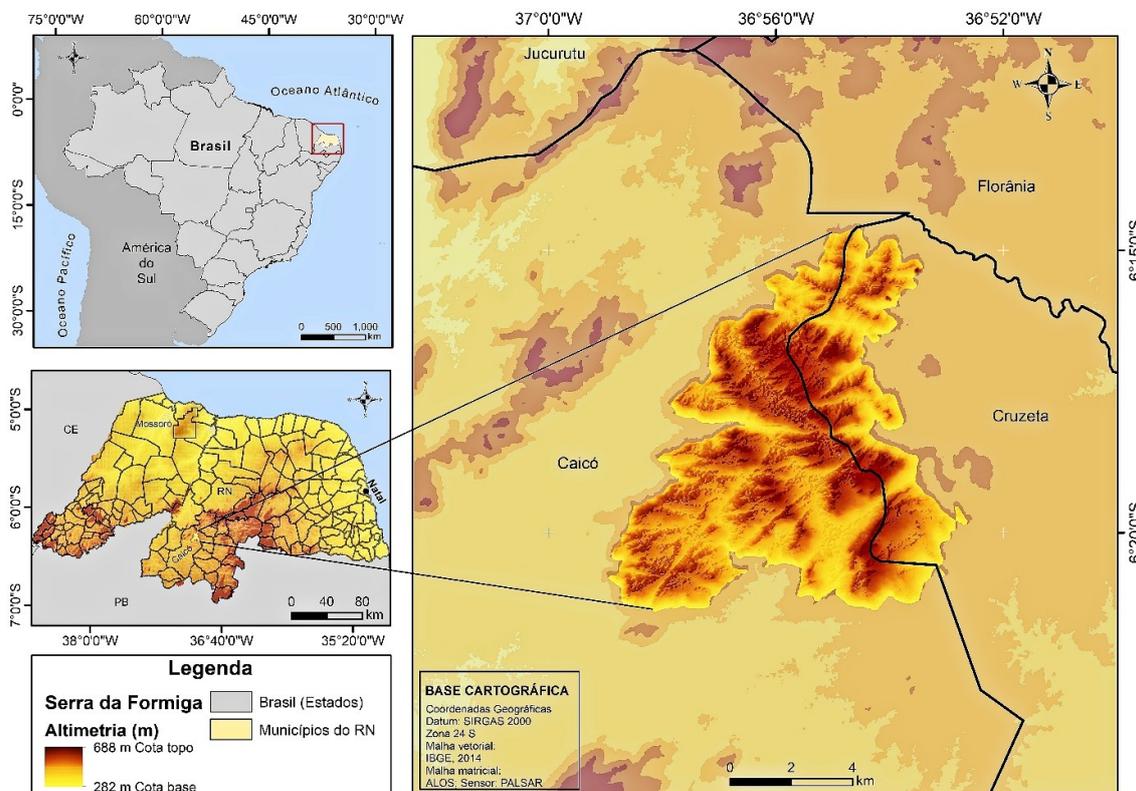


Figura 01: Mapa de localização da serra da Formiga (RN).  
Fonte: Elaborado pelos autores.

No contexto geológico e geomorfológico, o ambiente serrano representa um maciço residual cristalino, formado por rochas ígneas graníticas e metamórficas tipo gnaisses da província da Borborema, com elevações entre 311 m (cota de base) e 688 m (cota média do topo) (MAIA; BEZERRA, 2014). Do ponto de vista da fitogeografia, a área de estudo está inserida na Ecorregião da Depressão Sertaneja Setentrional (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002) e floristicamente ligada a região florística das depressões Sertaneja e do São Francisco (SILVA; SOUZA, 2018), caracterizada por variações na biomassa arbórea-arbustiva xerófitas densa (COSTA et al., 2002; BEZERRA JÚNIOR; SILVA, 2007), com fisionomias de Caatinga presentes em cristas serranas da Borborema (RODAL; BARBOSA; THOMAS, 2008).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa se desenvolveu em 03 etapas: 1) Revisão e levantamento bibliográfico e montagem da base cartográfica; 2) Geração de mapas, tabelas e dados para a área de estudo; 3) Cruzamento de informações e interpretação dos resultados.

Foram usadas as imagens espectrais (bandas 04 e 08) do satélite Sentinel -2B, com resolução espacial 10 metros (Data: 21/04/2018, Tile number: T24MYU e sensor MSI). A calibração radiométrica e correção atmosférica foi realizada através do método *Dark-Object Subtraction 1 – DOS1* (CHAVEZ-JR, 1988) no plugin *Semi-Automatic Correction* do software QGIS versão 2.10.1 (QGIS Development Team, 2020). Com auxílio da calculadora raster, foi calculado o SAVI - *Soil Adjusted Vegetation Index* (HUETE; JACKSON; POST, 1985) para a segmentação das classes de cobertura da terra. Considerando-se a fórmula deste índice  $((NIR-RED/NIR+RED+L)*1+L)$  e a tipologia de cobertura vegetal da área, adotou-se o valor de densidade média de 0,5 para a constante “L”, onde “NIR - Near-infrared” corresponde a banda 08 e “RED” a banda 04, respectivamente.

Os dados referentes a drenagem, curvas do nível e altimetria foram obtidos no QGIS com base na imagem de radar do satélite ALOS - Advanced Land Observing Satellite/Sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros (Data: 06/05/2009, Órbita Absoluta: 17474, Ângulo: 23,1°), obtidas gratuitamente através da plataforma *Alaska Satellite Facility – ASF DAAC* (<https://www.asf.alaska.edu>). A partir destes dados, foram delimitadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs), tendo como base os critérios descritos na Lei Federal nº 12.651/2012.

Considerando-se a extensão dos canais fluviais da rede de drenagem (verificou-se que as drenagens presentes na área de estudo são efêmeras e de primeira ordem) e seu enquadramento na respectiva lei, aplicou-se o valor de 30m para APPs de margens de rio, utilizando-se o comando “*buffer*” no QGIS. Todos os dados numéricos foram manipulados e armazenados em planilhas eletrônicas do OpenOffice.org Calc/Apache OpenOffice v. 4.1.5 (2013 GNU Lesser General Public License v.3<sup>®</sup>).

No intuito de relacionar as formas de usos e cobertura da terra com as APPs, utilizou-se novamente a calculadora raster para realizar um *overlayer* entre os arquivos gerados, com o objetivo de indicar áreas prioritárias para intervenção e para a conservação. A sobreposição entre APPs e Caatinga arbórea geraram classes prioritárias

para a conservação, sendo que a fisionomia de Caatinga arbórea recebeu peso de 60%, enquanto as Áreas de Preservação Ambiental receberam 40%. Dessa forma, as áreas de cobertura vegetal arbórea foram unidas com todos os tipos de APPs. Já a sobreposição entre as Áreas de Preservação e Solo exposto/Agropecuária/Pasto foram convertidas em áreas prioritárias para a intervenção. Estes receberam peso de 20% ao passo que aqueles receberam 80% de peso.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As classes de cobertura vegetal para área de estudo foram 03: a Caatinga arbórea, a Caatinga arbustiva e Solo exposto/Agropecuária/Pasto. A mais abrangente foi a Caatinga arbustiva (52,52% do total), seguida pela Caatinga arbórea (44,83%) e Solo exposto/Agropecuária/Pasto (2,66%). A seguir, a Tabela 01 dispõe as áreas abrangidas pelas formas de usos e coberturas mapeadas, e em seguida, a Figura 02 mostra a distribuição espacial de cada classe para este estudo.

<b>Formas de usos e cobertura</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
Caatinga arbórea	35,95
Caatinga arbustiva	42,12
Solo exposto/Agropecuária/Pasto	2,13
<b>Total</b>	<b>80,20</b>

Tabela 01: Áreas de cada classe de cobertura vegetal na Serra da Formiga/RN.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

A serra da Formiga se caracteriza como uma área de relevante interesse ecológico, como pode ser atestado nos resultados dos estudos de Pereira Neto; Silva (2012), onde foi observado o crescimento da diversidade de espécies vegetais da Caatinga ao decorrer do gradiente altitudinal (Depressão sertaneja – topo da serra da Formiga) na área de estudo (Figura 03).

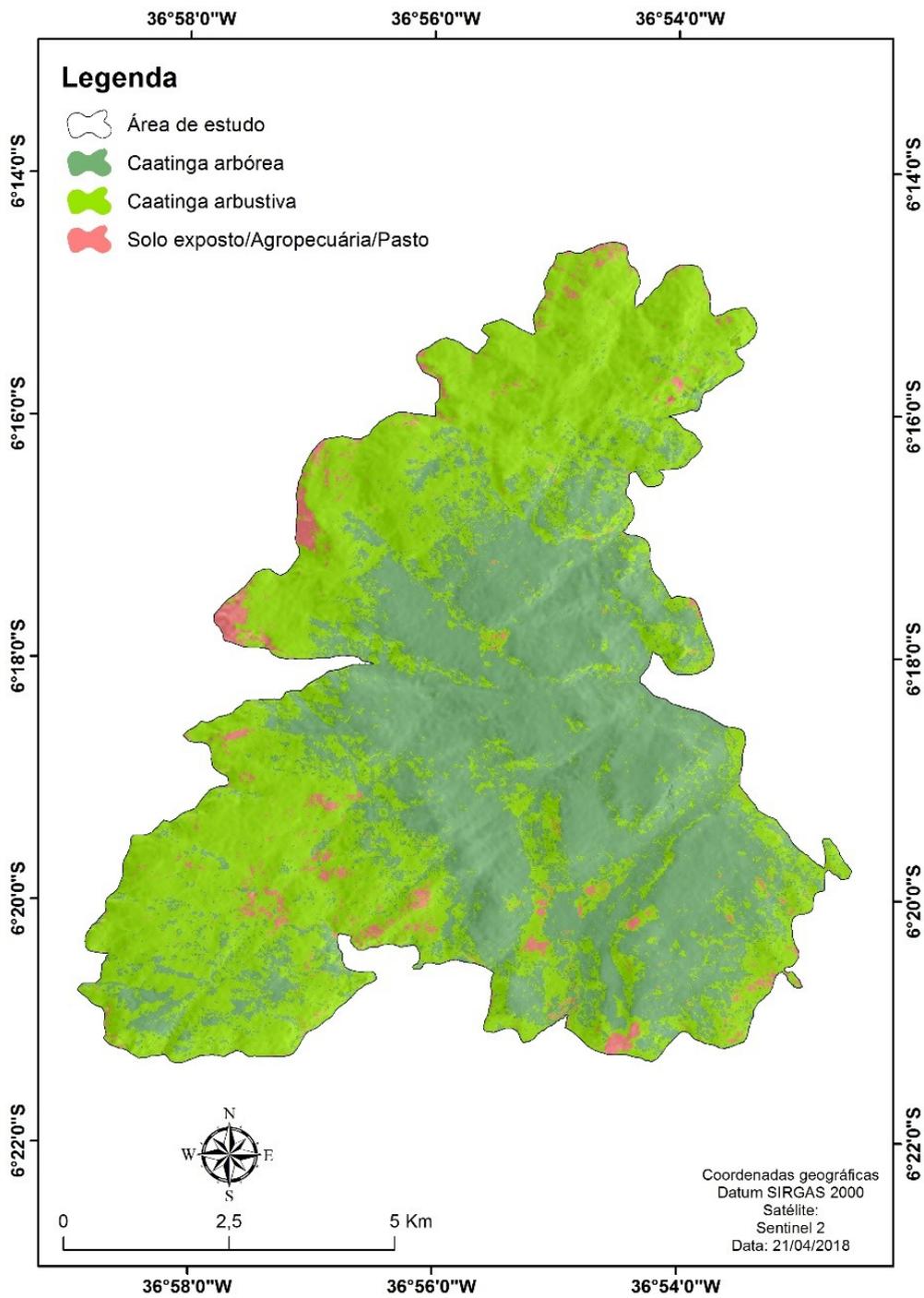


Figura 02: Mapa de vegetação da serra da Formiga/RN.  
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 03: Fisionomias de Caatinga encontradas na serra da Formiga/RN: 03A - fragmento de Caatinga arbórea; 03B - visão panorâmica da transição entre a classe Solo exposto/Agropecuária/Pasto e a Caatinga arbustiva. Fonte: Elaborado pelos autores.

A serra da Formiga, no que tange as formas cobertura da terra, encontra-se em estado de conservação mais avançado se comparado com outros ambientes serranos do Nordeste setentrional, tais como a serra de Martins (e.g. GUEDES, 2017; BARBOSA; CARVALHO; CAMACHO, 2017), brejos de altitude do planalto da Borborema-PB/PE (e.g. PORTO et al., 2004) e demais ambientes do tipo (e.g. LIMA, 2004; ABREU; BARBOSA, 2016; OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA; COSTA, 2019). Tal fato condiciona uma maior área total ocupada pelas APPs na serra da Formiga, correspondendo a 39,96% da área de estudo (Tabela 02). A maior abrangência ficou com a APP de drenagem (extensão máxima na calha 10m), seguida pela do tipo de topo de serra (35,22%), e por fim, a de encostas – 0,59% (Figura 04).

APPs (Lei nº 12.651)	Área (km <sup>2</sup> )
APPs Encostas	0,19
APPs Topo de serra	11,29
APPs Riachos	20,57
<b>Total</b>	<b>32,05</b>

Tabela 02: Tipos de APPs identificadas na Serra da Formiga/RN.  
 Fonte: Elaborado pelos autores.

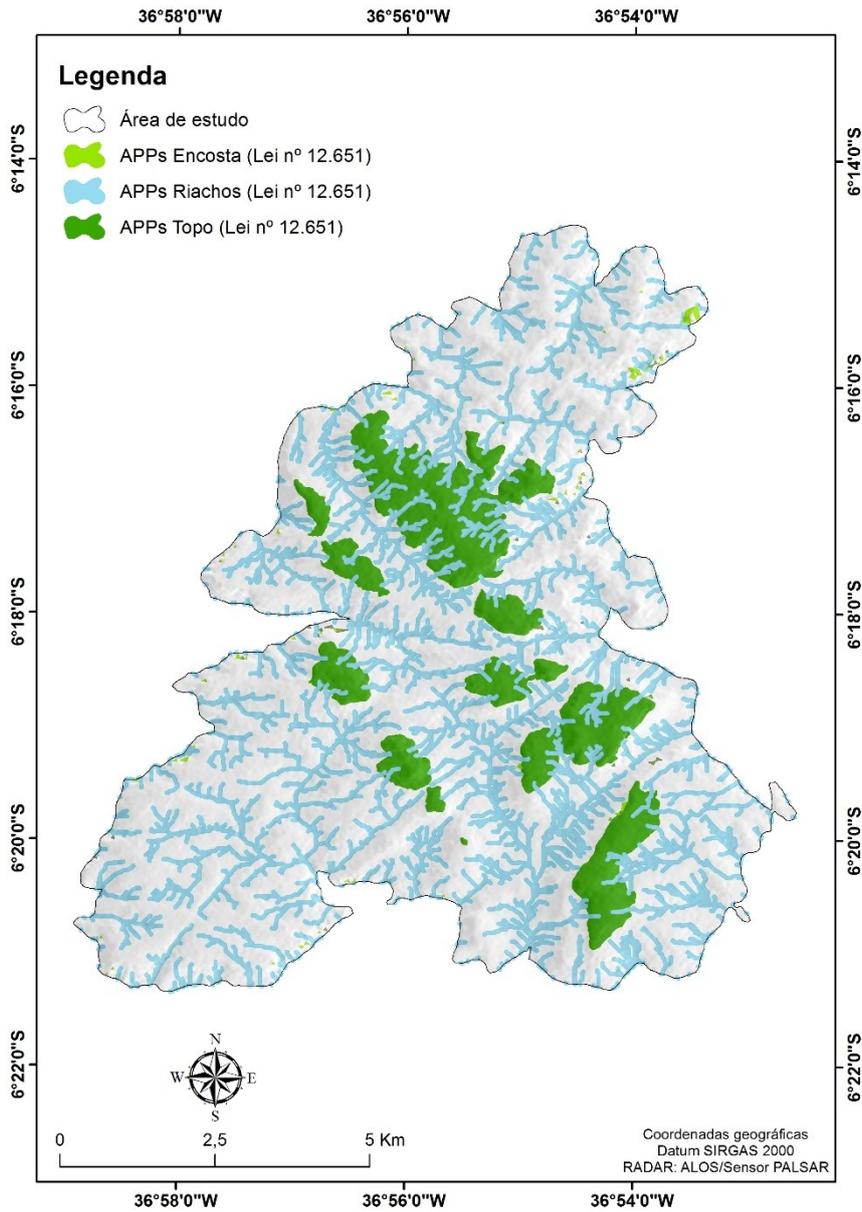


Figura 04: Mapa das APPs da serra da Formiga/RN.  
 Fonte: Elaborado pelos autores.

No tocante aos conflitos entre as formas de usos e cobertura da terra e as APPs para a ambiente de estudo, foi observado que área total de incompatibilidade soma 0,49 km<sup>2</sup> (Figura 05), um valor pouco significativo quando comparado com a situação de APPs de outros ambientes no semiárido, tais como margens de açudes (e.g. COSTA; GUEDES; ROCHA, 2014), margem de rios (e.g. SILVA et al., 2015) e ambiente serrano (e.g. BEZERRA et al., 2008). As áreas conflitantes podem ser consideradas como prioritárias para intervenção, seja por ações de ordem prática, como métodos de controle de erosão e restauração florestal, assim como por ações de isolamento ou restrições de usos. No que tange aos fragmentos resultantes da união entre ambientes de Catinga mais conservados (Caatinga arbórea) e as APPs, cujo o tamanho é de 48,7 km<sup>2</sup>, estes apresentaram conectividade, tornando-os apropriados para a conservação.

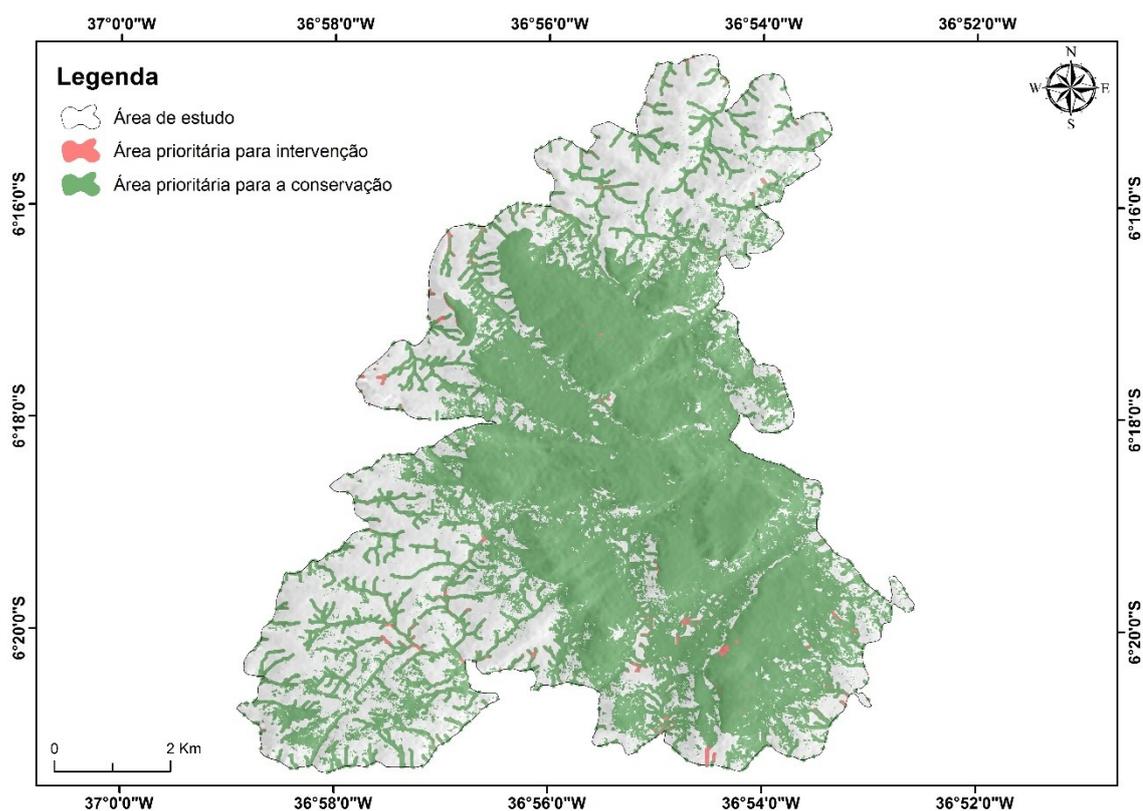


Figura 05: Áreas prioritárias para a conservação serra da Formiga/RN.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estes resultados implicam em reconhecer que a serra da Formiga apresenta um elevado potencial para a conservação por meio das APPs, haja vista que a área destes tem sobreposição inexpressiva com usos conflituosos, e que este ambiente

estudado se encontra localizado em uma bacia hidrográfica com instabilidade ambiental em virtude da degradação do meio ambiente (PEREIRA NETO; FERNANDES, 2016) e próximo a um polo de desertificação (INSA, 2014).

Tendo em vista a baixa sobreposição com os usos conflituosos e as APPs da serra da Formiga, concluiu-se que uma possível tomada de decisão em prol da conservação tomando por base toda a extensão ou trechos envolvendo todos os tipos de APPs implicaria em garantir a conectividade dos processos bióticos a abióticos dos habitats interligados. Tal medida entra em conformidade com os resultados de Bezerra et al. (2008), Cardoso; Aquino (2013), Silva et al. (2015) e Costa; Guedes; Rocha (2014), que reforçam a conservação por Áreas de Preservação Permanentes.

A área de estudo se enquadra no atual cenário de conservação da Caatinga em que há uma percepção conservacionista adotando as serras como áreas prioritárias (e.g. OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA; COSTA, 2019). Tal percepção parte de várias considerações sobre a diversidade nestes locais, tal como relação entre diversidade e gradiente altitudinal, que é positiva em ambientes serranos da Caatinga recoberto por florestas (e.g. CAVALCANTE, 2005; RODAL et al., 2005; LIMA et al., 2008; LIMA et al., 2009; LIMA; FREITAS MANSANO, 2011; MEDEIROS, 2016). Há também os que não abrigam relictos florestais, mas sim uma cobertura vegetal de Caatinga que difere florística e fisionomicamente da que recobre a depressão sertaneja – como é o caso da serra da Formiga –, sendo que tais ambientes já apresentam estudos que comprovem sua riqueza em diversidade, quando comparados com as áreas mais rebaixadas do entorno (e.g. OLIVEIRA, 2019; PEREIRA NETO; SILVA, 2012; MORO et al., 2015; MEDEIROS, 2016).

A diversidade em áreas de serras está aliada a condições ambientais distinta de umidade e solos, bem como um grau menor de degradação se comparado com o estado atual de conservação de ecossistemas da depressão sertaneja (MORO et al., 2015; PEREIRA NETO; FERNANDES, 2016; MEDEIROS, 2016; OLIVEIRA, 2019; OLIVEIRA; COSTA, 2019). De maneira semelhante, outros relevos residuais menores em área (e.g. inselbergues) também experimentam aumento de diversidade em relação a depressão sertaneja (e.g. CONCEIÇÃO; PIRANI; MEIRELLES, 2007; PORTO et al., 2008; TOLKE et al., 2011).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os ecossistemas de Caatinga em áreas de serras estão começando a ser mais pesquisados em termos de suas diferentes tipologias de cobertura vegetal, muito em virtude dos esforços de pesquisadores em produzir conhecimento sobre tais ecossistemas. É crescente também as classificações de áreas prioritárias para conservação que incluem serras, secas ou úmidas, como áreas prioritárias. Neste contexto, a atuação conjunta das ferramentas legais com pesquisas científicas oferece a abordagem necessária para avançar tanto com as discussões ambientais quanto com o apoio aos tomadores de decisão no âmbito do planejamento ambiental.

O estágio da cobertura vegetal atual da serra da Formiga/RN possibilita inferir mudanças e interferências históricas do homem nesta paisagem, exemplificada pela fisionomia com maior área ser a Caatinga arbustiva, com 52,52% do total. Pode-se tomar como estratégia a consideração das áreas prioritárias para a conservação definidas no presente estudo, as quais reúnem os fragmentos mais conservados de Caatinga abrangidos por APPs.

Considerando que o objetivo foi alcançado, destaca-se que os avanços deste trabalho foi o de oferecer uma abordagem que viesse ao encontro do debate ambiental sobre as serras no semiárido e também sobre como a legislação ambiental vigente pode ser inserida, de forma a possibilitar discutir a conservação de habitats em uma escala municipal.

Por fim, como a degradação de ambientes serranos ainda se encontra em curso (diferente das Caatingas da depressão sertaneja), é chamado a atenção para a conservação e o uso racional dos recursos naturais em tais ambientes, principalmente no âmbito do cumprimento da Lei nº 12.651 no que diz respeito às APPs, que são importantes instrumentos para a sua conservação.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CERES - Centro de Ensino Superior do Seridó da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a equipe do LABIGEO - Laboratório de Biogeografia/UFRN, pelo apoio logístico e instrumental. P JL Oliveira agradece à CAPES/Ministério da Educação, pela concessão de Bolsa de Pesquisa/Mestrado (CAPES/PPGE/UFRN – 2020/2022); DFS Costa agradece ao CNPq/Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação, pela concessão de Bolsa de Pesquisa Pós-Doutoral Júnior – PDJ (Processo n. 151922/2018-7). Os autores também agradecem aos revisores anônimos pelas valiosas contribuições para a versão final do manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. W. R.; BARBOSA, G. M. Caracterização geoambiental do maciço úmido de Maranguape-Ceará: um estudo preliminar. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, número especial, p. 681-690, 2016.

ANDRADE, G.O.; LINS, R.C. Introdução ao estudo dos “brejos” pernambucanos. In: JATOBÁ, L. (org.) **Estudos nordestinos do meio ambiente**. Recife: Ed. Massangana, 1986. p. 271 – 285.

ANDRADE-LIMA, D. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Arquivo do Instituto de Pesquisas Agrônomicas de Pernambuco**, v. 5, p. 305-341, 1960.

APGAUÁ, D. M. G.; PEREIRA, D. G. S.; SANTOS, R. M.; MENINO, G. C. O.; PIRES, G. G.; FONTES, M. A. L.; TNG, D. Y. P. Floristic variation within seasonally dry tropical forests of the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its conservation implications. **International Forestry Review**, v. 17, n. 2, p. 33-44, 2015.

BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a análise da distribuição espacial da cobertura vegetal na região serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 33, p. 128-143, 2017.

BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N.; SILVA, E. V. Aspectos geoambientais e contribuições para estratégias de planejamento ambiental da Serra de Baturité/CE. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE)**, v. 13, n. 21, p. 163-198, 2017.

BELÉM, R. A.; CARVALHO, V. L. M. Zoneamento ambiental em uma unidade de conservação do Bioma Caatinga: um estudo de caso no Parque Estadual Mata Seca, Manga, norte de Minas Gerais. **Rev. Geografia (UFPE)**, v. 30, n. 3, p. 44-57, 2013.

BEZERRA JÚNIOR, J. G. O.; DA SILVA, N. M. Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Holos**, v. 2, p. 78-91, 2007.

BEZERRA, J. M.; FEITOSA, A. P.; SILVEIRA, C. T. D. L. M.; MOURA, P. C. S. RAMALHO, I. S. Zoneamento ambiental das Áreas de Preservação Permanente do município de Martins, RN. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 113-122, 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**: dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 22/05/2020.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S. Mapeamento dos conflitos de uso nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) da microbacia do riacho do Roncador, Timon (MA). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 3, p. 133-148, 2013.

CAVALCANTE, A. Jardins Suspensos no Sertão. **Scientific American Brasil**, v. 32, p. 66-73, 2005.

CHAVEZ-JR, P. S. An improve dark-subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 459-479, 1988.

COSTA, D. F. S.; GUEDES, J. C. F.; ROCHA, R. M. Estratégia de zoneamento ambiental aplicada à gestão das margens de reservatórios. **Geosul**, v. 29, n. 58, p. 145-160, 2014.

COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indexes. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 4, p.707-715, 2002.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

FERRAZ, R. C.; DE MELLO, A. A.; FERREIRA, R. A.; PRATA, A. P. D. N. Levantamento fitossociológico em área de Caatinga no monumento natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 89-98, 2013.

FREIRE, N. C. F.; MOURA, D. C.; SILVA, J. B.; SOBREIRA, A.; PACHECO, A.; LUBAMBO, C.; MELO, J. I. M. **Atlas das caatingas: o único bioma exclusivamente brasileiro**. Recife: Editora Massangana, 2018. 200 p.

GONÇALVES, M. D. P. M.; CHAGAS, A. O. V. Restauração de áreas na percepção de proprietários rurais do entorno da Reserva Serra das Almas. **Polêm!ca**, v. 17, n. 1, p. 037-053, 2017.

GOMES, R. C.; PAIVA, L. G. G.; DE OLIVEIRA, V. P. V. Elementos naturais que fundamentam a conservação das serras semiáridas do centro-oeste cearense. **Revista de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 118-136, 2017.

GUEDES, J. C. F. **Comparação de índices de vegetação no mapeamento da cobertura da terra no semiárido: estudo de caso no Município de Martins/RN**. 2016. 87 f. Dissertação em Geografia (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2016.

HUETE, A. R.; JACKSON, R. D.; POST, D. F. Spectral response of plat canopies with different soil background. **Remote Sensing of Environment**, v. 17, p. 37-53, 1985.

INSA. **Núcleo de Desertificação Seridó**. 2014. Disponível em: <[http://sigsab.insa.gov.br/static/themes/v1/lib/elfinder/Arquivos/Mapoteca/Núcleo%20de%20Desertificacao%20Serido%20\(Paraiba%20e%20Rio%20Grande%20do%20Norte\)%20Formato%20A1.pdf](http://sigsab.insa.gov.br/static/themes/v1/lib/elfinder/Arquivos/Mapoteca/Núcleo%20de%20Desertificacao%20Serido%20(Paraiba%20e%20Rio%20Grande%20do%20Norte)%20Formato%20A1.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2018.

LIMA, E. C. **Análise e manejo geoambiental das nascentes do alto rio Acaraú: Serra das Matas-CE**. 2004. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza-CE. 2004.

LIMA, J. R.; FREITAS MANSANO, V. A família Leguminosae na Serra de Baturité, Ceará, uma área de Floresta Atlântica no semiárido brasileiro. **Rodriguésia**, v. 62, n. 3, p. 563-613, 2011.

LIMA, D. B. Análise temporal da cobertura e uso da terra como subsídio ao estudo de degradação ambiental da serra da Meruoca–Ceará. **GeoUECE**, v. 3, n. 4, p. 317-318, 2014.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. **Tópicos de geomorfologia estrutural: Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2014. 124 p.

MAIA, R. P.; AMARAL, R. F.; PRAXEDES, S. Geomorfologia do Rio Grande do Norte. In: ALBANO, G. P.; FERREIRA, L. S.; ALVES, A. M. (Orgs.). **Capítulos de Geografia do Rio Grande do Norte**. Natal: Manimbu, 2013. p. 20-59.

MEDEIROS, J. F. **Da análise sistêmica à Serra de Martins: contribuição teórico metodológica aos brejos de altitude**. 2016. 219 fl. Tese de Doutorado em Geografia (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2016.

MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015.

OLIVEIRA, A. M.; COSTA, D. F. S. Fitossociologia em encosta de ambiente serrano do semiárido (serra João do Vale – RN/PB). **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 209-222, 2019.

OLIVEIRA, A. M. **Serviços ecossistêmicos prestados pela cobertura vegetal na Serra de João do Vale (RN/PB)**. 2019. 140 f. Dissertação de mestrado em Geografia (Programa de pós-graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2019.

PEREIRA NETO, M. C.; FERNANDES, E. Instabilidade emergente e aspectos de degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Seridó (RN/PB–Brasil). **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 1, p. 84-97, 2016.

PEREIRA NETO, M. C.; SILVA, N. M. Relevos residuais (maciços, inselbergues e cristas) como refúgios da biodiversidade no Seridó Potiguar. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 262-273, 2012.

PORTO, K. C.; CABRAL, J. J.; TABARELLI, M. **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**: história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 324 p.

QGIS Development Team, 2020. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project: <http://qgis.osgeo.org>. Disponível em: <<https://qgis.osgeo.org> [http://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html](http://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html)&gt;. Acesso em: 11/12/2018.

RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; THOMAS, W. W. Do the seasonal forests in northeastern Brazil represent a single floristic unit? **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 3, p. 467-475, 2008.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. Levantamento florístico da floresta serrana da reserva biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 4, p. 481-500, 2002.

RODAL, M. J. N.; SALES, M. F.; SILVA, M. J. D.; SILVA, A. G. D. Flora de um brejo de altitude na escarpa oriental do planalto da Borborema, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 843-858, 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ANDRADE-LIMA, D.; GOMES, M. A. F. O gradiente vegetacional das caatingas e áreas anexas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n. 1, p. 27-30, 1981.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática, São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 184 p.

SILVA, A. A.; COSTA, D. F. S.; GRIGIO, A. M.; ROCHA, R. M. Análise da paisagem aplicada à caracterização e planejamento ambiental da mata ciliar no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró (Mossoró/RN-Brasil). **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 42, n. 1, p. 300-318, 2015.

SILVA, A. C. D. C.; PRATA, A. P. D. N.; SOUTO, L. S.; MELLO, A. A. D. Aspects of landscape ecology and threats to biodiversity in a protected area in Caatinga, Sergipe. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 479-490, 2013.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. **PLoS One**, v. 13, n. 4, p. e0196130, 2018.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. The Caatinga and desertification. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Mercator**, v. 5, n. 9, p. 86-101, 2006.

TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Uma breve descrição sobre a história natural dos Brejos Nordestinos. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**: história natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 17-24.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2002. 76 p.

## **DELIMITATION OF PERMANENT PRESERVATION AREAS IN THE CAATINGA MOUNTAIN RANGE ENVIRONMENTS - STUDY IN FORMIGA MOUNTAIN RANGE (RN, BRAZIL)**

### **ABSTRACT**

The main objective of this research was to identify and map the PPAs in the Formiga mountain range crystalline massif (Rio Grande do Norte State). With the aid of satellite images (ALOS and Sentinel 2B) manipulated in the Geographic Information System, the parameters of Federal Law 12.651/2012 were applied and PPAs were delimited based on data from hypsography, local drainage network and types of land use/land cover (Caatinga arboreal, Caatinga shrub and exposed Soil/Agriculture/Pasture). The PPAs with the greatest coverage were those on the river margin (20.5 km<sup>2</sup>), followed by the top of the mountains (11.2 km<sup>2</sup>) and the hillsides (0.19 km<sup>2</sup>), totalling 39.96% of the study area. It was observed that the total area of conflicts between PPAs and uses and coverage add up to 0.49 km<sup>2</sup>, considered a low value in relation to the total extension of PPAs. These results express the complexity of the maps of areas protected by environmental laws in neotropical semi-arid regions, considering the seasonality of the water flow and the xerophytic characters of the plant ecosystem, which should be highlighted as historical elements for validation according to the criteria of territorial ordering.

**Key Words:** Semi-arid ecosystems; Conservation; GIS; Environmental law.

## **DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE PRESERVACIÓN PERMANENTES EN AMBIENTES MONTAÑOSOS DE LA CAATINGA - ESTUDIO EN LA SIERRA DE LA FORMIGA (RN, BRASIL)**

### **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue identificar y mapear las Áreas de Preservación Permanentes - APPs en el macizo residual cristalino de la Sierra de la Formiga (Estado de Rio Grande do Norte). Con la ayuda de imágenes satélites (ALOS y Sentinel 2B) manipuladas en un Sistema de Información Geográfica, se aplicaron los parámetros de la Ley Federal 12.651/2012 y se delimitaron las APP en función de los datos de la hipsografía, la red de drenaje local y los tipos del uso de la tierra y la cobertura en el área (Caatinga arbórea, Caatinga arbustiva y Suelo expuesto/Agricultura/Pasto). Las aplicaciones con mayor cobertura fueron aquellas alrededor de los ríos (20,5 km<sup>2</sup>), seguidas por la cima de las sierras (11,2 km<sup>2</sup>) y las laderas (0,19 km<sup>2</sup>), totalizando el 39,96% del área de estudio. Se observó que el área total de conflictos entre las aplicaciones de los usos y la cobertura suman 0,49 km<sup>2</sup>, un resultado considerado un valor bajo en relación a la extensión total de las aplicaciones. Estos resultados expresan la complejidad del mapeo de áreas protegidas por leyes ambientales en regiones semiáridas neotropicales, considerando la estacionalidad del flujo de agua y el carácter xerofílico del ecosistema vegetal, que deben destacarse como elementos fundamentales para la validación de estos importantes instrumentos de planificación territorial.

**Palabras-clave:** Ecosistemas Semiáridos; Conservación; SIG; Derecho Ambiental.

Recebimento: 12/2019

Aceite: 01/2020