

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Mayara Gomes da Silva

**Mudança de paisagem e impactos nos serviços
ecossistêmicos: Um estudo na Reserva Biológica
Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará**

Belém
2020

Mayara Gomes da Silva

Mudança de paisagem e impactos nos serviços ecossistêmicos: Um estudo na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Gundisalvo Piratoba Morales.

Coorientador(a): Profa. Dra. Norma Ely Santos Beltrão.

Belém
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

S586m Silva, Mayara Gomes

Mudança de paisagem e impactos nos serviços ecossistêmicos: um estudo na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará. / Mayara Gomes da Silva; Orientador Gundisalvo Piratoba Morales. -- Belém, 2020.
55 f. : il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2020.

1. Biodiversidade. 2. Unidades de Conservação (PA). 3. Recursos naturais. 4. Solo. 5. Serviços ecossistêmicos. 6. Proteção ambiental. I. Morales, Gundisalvo Piratoba. II. Título.

CDD 333.95

Mayara Gomes da Silva

Mudança de paisagem e impactos nos serviços ecossistêmicos: Um estudo na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará


Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Data da defesa: 14/02/2020

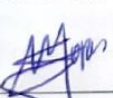
Banca Examinadora


_____ – Orientador(a)

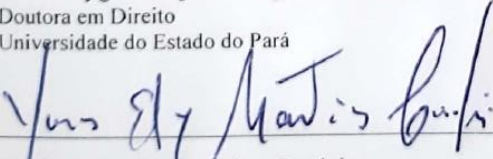
Prof. Gundi Salvo Piratoba Morales
Doutor em Geologia e Geoquímica.
Universidade do Estado do Pará


_____ – 1º Examinador(a)

Prof. Heriberto Wagner Amanajás Pena
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade do Estado do Pará


_____ – 2º Examinador(a)

Profa. Sygla Rejane Magalhães Lopes
Doutora em Direito
Universidade do Estado do Pará


_____ – 3º Examinador(a)

Prof. Yvens Ely Martins Cordeiro
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal do Pará

_____ – Suplente

Profa. Jéssica Herzog Viana
Doutora em Entomologia
Universidade do Estado do Pará

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o grande responsável por todas as graças alcançadas e pela força para superar as dificuldades.

Agradeço aos meus pais, Baltazar e Socorro, por todo esforço desde sempre, incentivo e carinho que foram essenciais para a minha formação como pessoa, engenheira ambiental e agora, mestre. À minha irmã Mônica, por todo o auxílio, paciência e amor.

Agradeço à Universidade do Estado do Pará pela oportunidade de crescer profissionalmente.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gundisalvo Piratoba Morales, que constantemente se mostrou disposto a me auxiliar e compartilhar seus conhecimentos. À minha coorientadora Profa. Dra. Norma Ely Santos Beltrão pelos ensinamentos, conselhos, paciência, e principalmente por todo incentivo para seguir a profissão dos meus sonhos.

Ao coordenador da Pós-graduação, Prof. Dr. Altem Nascimento por todo amparo, acolhimento, cuidado e ensinamentos.

Às secretárias da Pós-graduação, por serem tão solícitas e amáveis no nosso dia-a-dia, Lionete e Fabrícia.

Aos meus amigos do PPGCA, Gabrielle, Ariadne, Jade, Edyrlli, Marcelo, Mônica, Hellem, Bárbara, Paulo Weslem, Davison, Renata, pela parceria e companheirismo concedidos ao longo deste período.

Agradeço também aos meus amigos “Isterprises” e minhas amigas Bárbara, Mayra, Mayara, Maiana, Bruna, Marjorie, Ana Beatriz, Flávia, Ana Larissa e Izabela que tanto me apoiaram e acreditaram no meu potencial.

RESUMO

A floresta amazônica, a maior floresta tropical do mundo, é detentora de uma das maiores biodiversidades e dos recursos naturais do planeta. Dessa forma, as unidades de conservação – UCs foram criadas na tentativa de proteger esses recursos naturais e serviços ecossistêmicos – SEs associados a eles. As UCs asseguram a manutenção de uma série de funções, cujos benefícios são usufruídos pela população e por setores econômicos sem percebê-los. Considerando tais benefícios, o termo “serviços ecossistêmicos” (*ecosystem services*) são as características, funções ou processos ecológicos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano. No entanto, apesar de toda a relevância desses serviços, ainda existe uma escassez de indicadores que expressem seus reais benefícios para o bem-estar humano. Logo, o estudo em questão objetiva realizar o mapeamento dos serviços ecossistêmicos e valoração econômica em função do uso e ocupação do solo na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, localizada no estado do Pará, no período de 1985 a 2017. A metodologia escolhida baseou-se no estudo de Burkhard *et al.* (2009), nas mudanças nos padrões de uso do solo da classificação realizada pelo Projeto MapBiomas e valoração dos serviços ecossistêmicos por meio do método *Benefit Transfer*, utilizando coeficientes de valor de bens e serviços ecossistêmicos obtidos por de Groot *et al.* (2012) e Costanza *et al.* (2014). Os resultados encontrados mostraram um alto potencial de oferta na reserva, principalmente em áreas naturais e a perda no fornecimento de serviços de regulação e culturais em áreas alteradas e uma diminuição de mais de 25 mil hectares de formação florestal apesar de apresentar altos e baixos durante o período analisado e uma perda superior a US\$ 130 milhões em relação aos serviços ecossistêmicos de 1985 a 2017, possivelmente por conta da alteração nos padrões naturais de uso no interior dessa unidade de conservação. Conclui-se, portanto, que o monitoramento e a valoração além de indicar que a área tem seus serviços ecossistêmicos ameaçados e necessitam de atenção, atribui valor aos benefícios fornecidos pela floresta, como forma de estimular a criação de políticas públicas e sensibilizar a comunidade sobre a relevância dos recursos naturais e serviços intangíveis prestados pela floresta, fundamentais para a manutenção do bioma e para assegurar a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo; *Benefit Transfer*; Unidade de Conservação.

ABSTRACT

The Amazon rainforest, the largest tropical forest in the world, holds one of the largest biodiversities and natural resources on the planet. In this way, conservation units were created in an attempt to protect these natural resources and ecosystem services associated with them. The UCs ensure the maintenance of a series of functions, the benefits of which are enjoyed by the population and economic sectors without realizing them. Considering such benefits, the term “ecosystem services” are the characteristics, functions or ecological processes that directly or indirectly contribute to human well-being. However, despite all the relevance of these services, there is still a scarcity of indicators that express their real benefits for human well-being. Therefore, the study in question aims to map ecosystem services and economic valuation according to the land use in the Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, located in the state of Pará, from 1985 to 2017. The methodology chosen was based on in the study by Burkhard et al. (2009), in the changes in land use patterns of the classification carried out by the MapBiomass Project and valuation of ecosystem services using the Benefit Transfer method, using value coefficients of ecosystem goods and services obtained by de Groot et al. (2012) and Costanza et al. (2014). The results found showed a high supply potential in this area, mainly in natural areas and the loss in the provision of regulation and cultural services in altered areas and a decrease of more than 25 thousand hectares of forest formation despite presenting ups and downs during the analyzed period and a loss of more than US\$ 130 million in relation to ecosystem services from 1985 to 2017, possibly due to the change in natural patterns of use within this conservation unit. It is concluded, therefore, that monitoring and valuation, in addition to indicating that the area has its ecosystem services threatened and need attention, attaches value to the benefits provided by the forest, as a way of stimulating the creation of public policies and sensitizing the community about the relevance of natural resources and intangible services provided by the forest, which are essential for the maintenance of the biome and for ensuring the quality of life of the population

Keywords: Land use; Benefit Transfer; Conservation Unit.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1	Mapa de localização da RBNSC	16
Figura 2	Procedimentos realizados para o desenvolvimento da pesquisa	17
Figura 3	Mapa de uso e ocupação do solo referente ao ano de 2017	21
Figura 4	Gráfico da oferta de SEs em cada categoria	23
Figura 5	Mapas da distribuição espacial da oferta de SEs	24
Figura 6	Mapa da oferta de SEs na RBNSC	25

ARTIGO 2

Figura 1	Mapa de localização da RBNSC	37
Figura 2	Uso e ocupação da terra na RBNSC	41

LISTA DE ABREVIATURAS

APs	Áreas Protegidas
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
GEE	<i>Google Earth Engine</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
Mapbiomas	Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil
MEA	<i>Millennium Ecosystem Assessment</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PIC	Programa Integrado de Colonização
RBNSC	Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo
SEs	Serviços Ecológicos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity Project</i>
TIs	Terras Indígenas
UCs	Unidades de Conservação
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
REFERÊNCIAS.....	12
AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS OFERTADOS PELA RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO, PARÁ, BRASIL	16
Introdução	16
Área de estudo	19
Material e métodos.....	20
Coleta e análise de dados.....	20
Resultados e discussão	23
Considerações finais.....	31
Referências Bibliográficas.....	32
VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	37
1. Introdução.....	38
2. Material e métodos.....	39
2.1 Área de estudo.....	39
2.2 Coleta e análise dos dados	40
3. Resultados e discussão.....	42
4. Considerações finais	49
Referências	49
CONCLUSÕES GERAIS.....	54
ANEXOS.....	55
NORMAS DA REVISTA (ARTIGO 1)	55
NORMAS DA REVISTA (ARTIGO 2)	55

1 INTRODUÇÃO GERAL

A floresta amazônica, considerada a maior floresta tropical do mundo, com uma extensão de aproximadamente 6,9 milhões de km² possui uma das maiores biodiversidades e fonte de recursos naturais do planeta (CASTRO; ANDRADE, 2016). Dentre outras razões, esse é um dos motivos que tem possibilitado crescimento econômico ao país, porém, essa fonte de recursos necessita ser gerida de forma eficaz para garantir a produção de riquezas a longo prazo (MEDEIROS *et al.*, 2011).

Dessa maneira, a criação de Áreas Protegidas – APs (Unidades de Conservação - UCs e Terras Indígenas – TIs) tem sido uma das alternativas mais eficientes contra a exploração, preservando a Amazônia (ARAÚJO *et al.*, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2011). Com o propósito de auxiliar na criação, gestão e estabelecer mecanismos que regulamentam as UCs, surgiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (BRASIL, 2000).

O SNUC foi instituído com a promulgação da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, o qual categorizou as UCs em uso sustentável e de proteção integral. As Reservas Biológicas - Rebio, pertencentes ao grupo de proteção integral, tem como objetivo principal a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais (BRASIL, 2000).

As UCs de forma geral desempenham uma série de funções, cujos benefícios são usufruídos pela população e por setores econômicos sem percebê-los, como por exemplo: a qualidade e quantidade de água que compõe os reservatórios das usinas hidrelétricas, o mercado do turismo favorecido pela proteção de paisagens, como também a manutenção dos serviços ecossistêmicos (SEs) (MEDEIROS *et al.*, 2011).

Considerando tais benefícios, o termo “serviços ecossistêmicos” (*ecosystem services*) especificamente, pode ser entendido como características, funções ou processos ecológicos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, portanto, são considerados a interface básica entre o capital natural e o bem-estar humano (COSTANZA *et al.*, 1997; DAILY, 1997; *Millennium Ecosystem Assessment*- MEA, 2005).

As classificações dos SEs tem sido desenvolvidas para análise científica, mapeamento, valoração econômica e para elaboração de políticas (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2013; LANDERS; NAHLIK, 2013; MEA, 2005; US *Environmental Protection Agency*, 2015). Dentre elas, a proveniente do projeto “A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade” (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*

Project – TEEB) é considerada o centro da maioria das classificações atuais, visto que acrescentou outros aspectos econômicos dos serviços ecossistêmicos ao anteriormente desenvolvido pelo MEA em 2005. Foi proposto uma tipologia de 22 serviços ecossistêmicos, enquadrados em quatro categorias: serviços de provisão, de regulação, de suporte e culturais (COSTANZA *et al.*, 2017; MEA, 2005; SANTOS; HERREROS; BELTRÃO, 2017).

De certa forma, a identificação e mapeamento dos SEs são utilizados para o fornecimento de informações importantes que irão subsidiar estudos subsequentes, além de auxiliar na tomada de decisão e sensibilizando a população acerca da relevância da biodiversidade e da oferta dos serviços ecossistêmicos na natureza (BURKHARD *et al.*, 2013; BURKHARD; MAES, 2017; CROSSMAN *et al.*, 2013). Considerando que o capital natural é fonte vital de serviços e bens ao homem e estão intimamente relacionados, o mapeamento de SEs também é utilizado como forma de conscientização, visto que a degradação de ecossistemas impacta diretamente sistemas sociais e econômicos (CONSTANZA *et al.*, 1997; DAILY, 1997; WOLFF *et al.*, 2015; MALINGA *et al.*, 2015; MAES *et al.*, 2011)

Estudos revelam que apesar dos ecossistemas apresentarem valor ecológico, sociocultural e econômico, os serviços ecossistêmicos não possuem indicadores que expressem seus reais benefícios para o bem-estar humano, levando a ausência de incentivos à sua preservação e utilização de forma racional pelos agentes econômicos (CASTRO; ANDRADE, 2016; CROSSMAN; BRYAN, 2009; CROSSMAN; BRYAN; SUMMERS, 2011). Portanto, atribuir valor aos serviços ecossistêmicos em unidades monetárias, torna-se um importante instrumento na conscientização acerca da utilização sustentável dos recursos naturais (CROSSMAN; BRYAN, 2009; CROSSMAN; BRYAN; SUMMERS, 2011).

A valoração econômica consiste em atribuir um valor monetário aos recursos ambientais, de forma que os custos externos gerados por um determinado agente, venham a ser internalizados nos preços estipulados (CASTRO; ANDRADE, 2016). De acordo com esses autores, existem diversos métodos de avaliação dos serviços ecossistêmicos, como a transferência de benefícios (*Benefit Transfer*), que consiste na estimativa de valor econômico de um local para aplicação em outro ambiente com características similares.

A técnica de valoração de um determinado ambiente auxilia na criação e implantação de políticas de preservação e/ou conservação ambiental (SOUSA; CUNHA, 2013). Aliado a isso, utiliza-se produtos de sensoriamento remoto (GAO *et al.*, 2001;

LOPES *et al.*, 2010), que propiciam a identificação das mudanças da cobertura da terra. Essas alterações no uso do solo são consideradas como um dos mais importantes fatores de transformação dos ecossistemas e seus serviços, principalmente o desmatamento, considerado o principal motivador da perda de SEs na Amazônia brasileira (WANG *et al.*, 2015; CASTRO; ANDRADE, 2016).

Nas UCs da Amazônia Legal, o percentual de desflorestamento dobrou de 6% para 12% entre 2008 e 2015 (ARAÚJO *et al.*, 2017). As UCs de proteção integral especificamente, sofrem grandes pressões devido à expansão agrícola e ocupação urbana, dentre elas temos a Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo - RBNSC, localizada no estado do Pará (ZAMADEI *et al.*, 2019). De acordo com o autor supracitado, houve a necessidade de implantação da Rebio devido a sua significativa importância ambiental, principalmente pela heterogeneidade e peculiaridade ambiental presente na área, tal como por proteger centenas de nascentes perenes formadoras de importantes rios das bacias do Xingu e do Tapajós, como o Cristalino (Anta), Ipiranga, entre outros.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2009), a reserva garante a manutenção de grandes blocos de vegetação nativa na região do Arco do Desmatamento, às margens da BR-163, mantendo inclusive a diversidade genética das formações florestais que sofrem maior pressão de exploração econômica. Além disso, essa região foi considerada como prioritária desde as primeiras propostas de conservação em larga escala para a Amazônia (MMA, 2009).

A RBNSC, assim como muitas outras UCs, tem sofrido transformações principalmente por conta da retirada da vegetação nativa na área (MMA, 2009). Dados do MMA (2009) alertam sobre a preservação da Rebio, visto que até o ano de 2009, aproximadamente 6% da reserva já havia sido transformada em pastagem, levando a diversos outros impactos ambientais como queimadas, assoreamento de rios, abertura de estradas, outros.

As hipóteses norteadoras desse estudo são: (i) a partir da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, é possível extrair dados para mapear e quantificar os serviços ecossistêmicos tal como o seu valor econômico e; (ii) há uma crescente perda de valor dos serviços ecossistêmicos em unidades de conservação quando se verifica a ocorrência de degradação ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar o mapeamento dos serviços ecossistêmicos e valoração econômica em função do uso e ocupação do solo na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, no período de 1985 a 2017.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e mapear a oferta dos serviços ecossistêmicos atuais na RBNSC;
- Identificar as mudanças de uso e ocupação do solo na RBNSC, de 1985 a 2017;
- Valorar os serviços ecossistêmicos prestados pela floresta na RBNSC, tal como analisar a evolução dos quantitativos de serviços ecossistêmicos afetados pela dinâmica do uso da terra.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “economia dos ecossistemas”. **Economia**, v. 12. n. 1. p. 3–26. 2011.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R.; FASIABEN, M. C. R.; GARCIA, J. R. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. n. 25. p. 53-71. jan./jun. 2012.

ARAÚJO, E.; BARRETO, P.; BAIMA, S.; GOMES, M. **Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015)**. Belém. Imazon. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei 9.985, de 18 De Julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília – DF. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em 20 de outubro de 2018.

BURKHARD, B.; CROSSMAN, N.; NEDKOV, S.; PETZ, K.; ALKEMADE, R. Mapping and modelling ecosystem services for science, policy and practice. **Ecosystem Services**, 4, 1–3, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.04.005>.

BURKHARD, B.; MAES, J. **Mapping Ecosystem Services**. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp., 2017.

CASTRO, A. S.; ANDRADE, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**. v. 12. n. 1. p. 1–15. 2016.

COSTANZA, R.; D’ARGE, R.; de GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O’NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONKK, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. **Nature**. v. 387. p. 253 – 260. 1997.

- COSTANZA, R.; de GROOT, R.; SUTTON, P.; PLOEG, S. VAN DER.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, J.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**. v. 26. p. 152 – 158. 2014.
- COSTANZA, R.; de GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**. v. 28. p. 1–16. 2017.
- CRESPIN, S. J.; SIMONETTI, J. A. Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. **Ecosystem Services**. v. 17. p. 5-13. 2016.
- CROSSMAN, N. D.; BRYAN, B. A. Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing land scape multi-functionality. **Ecological Economics**. v. 68. p. 654–668. 2009.
- CROSSMAN, N. D.; BRYAN, B. A.; SUMMERS, D. M. Carbon payment sand low-cost conservation. **Conservation Biology**. v. 25. p. 835–845. 2011.
- CROSSMAN, N. D.; BURKHARD, B.; NEDKOV, S.; WILLEMEN, L.; PETZ, K.; PALOMO, I.; DRAKOU, E. G.; MARTÍN-LOPEZ, B.; MCPHEARSON, T.; BOYANOVA, K.; ALKEMADE, R.; EGOH, B.; DUNBAR, M. B.; MAES, J. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. **Ecosystem Services**, 4, 4–14, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.001>.
- DAILY, G. C. **Nature's services: societal dependence on natural systems**. Washington DC: Island Press. 1997.
- de GROOT, R. S.; BRANDER, L.; PLOEG, S. VAN DER.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; MC VITTIE, L.; PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L.C.; BRINKM, P.; VAN BEUKERING, P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**. v. 1. p. 50 – 61. 2012.
- FLORENZANO, G. T. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo, Oficina de Textos.128p. 2011.
- GAO, J.; ZHA, Y.; NI, S. Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, northwestern China using remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v.22. p.3783-3795. 2001.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update. **Nottingham: European Environment Agency**. EEA Framework Contract no. EEA/IEA/09/003. 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 13 de outubro de 2018.
- ISA. Instituto Socioambiental. 2017. Disponível em: < <https://uc.socioambiental.org/>>. Acesso em 20 de setembro de 2018.
- LANDERS, D.; NAHLIK, A. Final ecosystem goods and services classification system (FEGS-CS). U.S. **Environmental Protection Agency**. Washington, DC, EPA/600/R-13/ORD-004914. 2013.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. **The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data**. v. 33. n.1. p 159-174. 1977.

LOPES, F.; MIELNICZUK, J.; OLIVEIRA, E. S.; TORNQUIST, C. G. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14. p. 1038-1044. 2010.

MAES, J.; PARACCHINI, M. L.; ZULIAN, G. **Towards an atlas of ecosystem services**. A European assessment of the provision of ecosystem services, JRC Scientific and Technical Reports. 2011.

MALINGA, R.; GORDON, L. J.; JEWITT, G.; LINDBORG, R. Mapping ecosystem services across scales and continents - A review. **Ecosystem Services**, 13, 57–63, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.006>

MEA. **Millennium Ecosystem Assessment**. Ecosystems and Human well-being. Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005.

MEDEIROS, R.; YOUNG, C.E.F.; PAVESE, H. B.; ARAÚJO, F. F. S. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo**. Brasília: UNEP-WCMC. 44p. 2011.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_nascentes_da_serra_do_cachimbo.pdf>. Acesso em 20 de outubro de 2018.

SANTOS, N. G.; HERREROS, M. M. A. G.; BELTRÃO, N. E. S. O custo do desmatamento em um município verde: uma análise a partir de dados globais. **VIII Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Gestão Organizacional e Desenvolvimento: do Global ao Local**. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326827386_O_CUSTO_DO_DESMATAMENTO_EM_UM_MUNICIPIO_VERDE_UMA_ANALISE_A_PARTIR_DE_DADOS_GLOBAIS>. Acesso em 25 de outubro de 2018.

TEEB. **Integrando a Economia da Natureza: uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB**. 2010.

WANG, Z.; WANG, Z.; ZHANG, B.; LU, C.; REN, C. Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. **Ecological Processes**. v. 4. n. 1. p. 11. 2015.

WOLFF, S.; SCHULP, C. J. E.; VERBURG, P. H. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. **Ecological Indicators**, 55, 159–171, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.016>

ZAMADEI, T.; HEIMANN, J. P.; PIRES, P. T. L. Recategorização de Unidades de Conservação: Estudo de Caso Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo – PA, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 1796-1808, 2019.

ARTIGO 1

AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
OFERTADOS PELA RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES DA
SERRA DO CACHIMBO, PARÁ, BRASIL

*Artigo submetido ao periódico Geosul (ISSN: 2177-5230).
Formatado de acordo com normas da revista.*

AValiação e Mapeamento dos Serviços Ecossistêmicos Ofertados pela Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará, Brasil

Resumo: A identificação, classificação e mapeamento de serviços ecossistêmicos fornecem uma visão geral dos ecossistemas, além de salientar a relevância da biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas de forma eficaz. O presente estudo objetivou identificar os SEs e localizá-los espacialmente na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo considerando as condições e classes de uso da terra observadas no ano de 2017. A metodologia escolhida baseou-se no estudo de Burkhard *et al.* (2009) e os resultados encontrados mostraram um alto potencial de oferta na reserva, principalmente em áreas naturais e a perda no fornecimento de serviços de regulação e culturais em áreas alteradas. Conclui-se que a área tem seus serviços ecossistêmicos ameaçados e necessitam de atenção para evitar maior comprometimento da dinâmica natural na reserva.

Palavras-chave: Unidades de Conservação. Uso do solo. Capital Natural.

ASSESSING AND MAPPING ECOSYSTEM SERVICES SUPPLY BY BIOLOGICAL RESERVE NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO, PARÁ, BRAZIL

Abstract: Identifying, classifying and mapping the ecosystem services provide an overview of ecosystems, as well as highlight the relevance of biodiversity and of their effective functioning. This study aimed to identify the ES and locate them spatially in the Nascentes da Serra do Cachimbo Biological Reserve considering the conditions and land use classes observed in 2017. The chosen methodology was based on the study by Burkhard *et al.* (2009) and the results showed a high supply potential in the reserve, especially in natural areas and the loss of provision of cultural and regulatory services. It is concluded that the area has its ecosystem services threatened and need attention to avoid further compromise of the natural dynamics in the reserve.

Keywords: Conservation Units. Land Use. Natural Capital.

Introdução

O capital natural é uma fonte vital para a provisão de diversos serviços ecossistêmicos - SEs, os quais podem ser entendidos como características, funções ou processos ecológicos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano (CONSTANZA *et al.*, 1997; DAILY, 1997; *MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT* - MEA, 2005). A provisão de água e alimentos, regulação climática, manutenção da diversidade genética, opções de recreação, entre outros, são

exemplos de benefícios fornecidos pelo meio ambiente (DAILY, 1997; LIU *et al.*, 2016; CRESPI; SIMONETTI, 2016).

A identificação e a classificação dos serviços ecossistêmicos fornecem uma visão geral das principais funções e produtos atribuídos aos ecossistemas, tal como suas estruturas ecológicas e processos associados (DE GROOT *et al.*, 2002). Além disso, a identificação dos SEs contribui para reforçar acerca da relevância da biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas, e auxilia na alocação eficientes dos recursos naturais. (DE GROOT *et al.*, 2010; ALKEMADE *et al.*, 2014; HEAL *et al.*, 2005).

Dessa forma, o mapeamento de serviços ecossistêmicos vem ganhando notoriedade e tem sido cada vez mais utilizado para fornecer informações na tomada de decisão, auxiliando no aumento da conscientização da população e na criação de estratégias para conservação, visto que a perda de SEs implica na perda de benefícios da natureza ao homem, que em muitos casos, impacta os sistemas sociais e econômicos (BURKHARD *et al.*, 2013; BURKHARD; MAES, 2017; CROSSMAN *et al.*, 2013; WOLFF *et al.*, 2015; MALINGA *et al.*, 2015; MAES *et al.*, 2011). No que tange às florestas tropicais, diversos estudos vêm desenvolvendo o mapeamento de SEs (MILHEIRAS; MACE, 2019; LE CLEC'H *et al.*, 2018; RAMIREZ-GOMEZ *et al.*, 2015).

Especificamente a identificação, mapeamento e avaliação dos serviços ofertados pelas florestas tropicais se diferem entre os vários métodos existentes, como utilização de ferramentas de mapeamento participativo, mapeamento de SEs de provisão a partir de indicadores selecionados, entre outros (RAMIREZ-GOMEZ *et al.*, 2015; LE CLEC'H *et al.*, 2018). Sendo assim, observa-se o uso de mapas como um dos elementos essenciais para visualização desses serviços possibilitando sua espacialização no tempo e espaço, identificando áreas que devem ser conservadas devido à grande oferta de SEs (KANDZIORA *et al.*, 2013; TROY; WILSON, 2006; BALVANERA *et al.*, 2001).

Nessa perspectiva, Burkhard *et al.* (2009) propuseram um método de mapeamento que associa a opinião de profissionais sobre SEs e ferramentas de geoprocessamento na elaboração da matriz de SEs e mapas temáticos (SOHEL *et al.*, 2015). Esse mapeamento pode revelar consequências decorrentes das mudanças do uso e ocupação do solo, que ocorrem através de atividades antrópicas e geram

efeitos nos ecossistemas naturais, afetando diretamente a oferta dos SEs (KAUSHAL *et al.*, 2017; CROSSMAN *et al.*, 2012).

Na tentativa de garantir a oferta de serviços ecossistêmicos, as Unidades de Conservação – UCs são espaços territoriais com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo Poder Público (BRASIL, 2000). Essas áreas além protegerem a diversidade biológica, funcionam como fonte de SEs, que beneficia direta ou indiretamente as sociedades humanas, em particular as que estão mais próximas a essas áreas com a provisão de água e alimentos, manutenção da biodiversidade, regulação climática, proteção do solo, outros (YOUNG; MEDEIROS, 2018).

Apesar da grande importância da criação e manutenção das UCs na região Amazônica, elas estão sob constante pressão através de atividades agropecuárias, exploração ilegal madeireira, entre outros (BAIMA *et al.*, 2018). Tais atividades quando desenvolvidas dentro de áreas protegidas, contribuem para o desmatamento, considerada a principal perda dos SEs na Amazônia brasileira (CASTRO; ANDRADE, 2016).

O estado do Pará é o 2º maior estado da região Amazônica em área territorial, e também o que possui mais áreas designadas para UCs federais (KZAM *et al.*, 2018; INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL - ISA, 2019). Como recorte amostral para entendimento deste contexto, tem-se a Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo – RBNSC, unidade de conservação de proteção integral, que em 2018 figurou como a 12ª UC mais desmatada da Amazônia, onde a exploração madeireira e pecuária são apontados como as principais causas dessas alterações (BAIMA *et al.*, 2018; BRASIL, 2009), e apesar dos dados mostrarem expansão da degradação nessa UC, ainda são escassos os estudos sobre a dinâmica do uso da terra na Rebio.

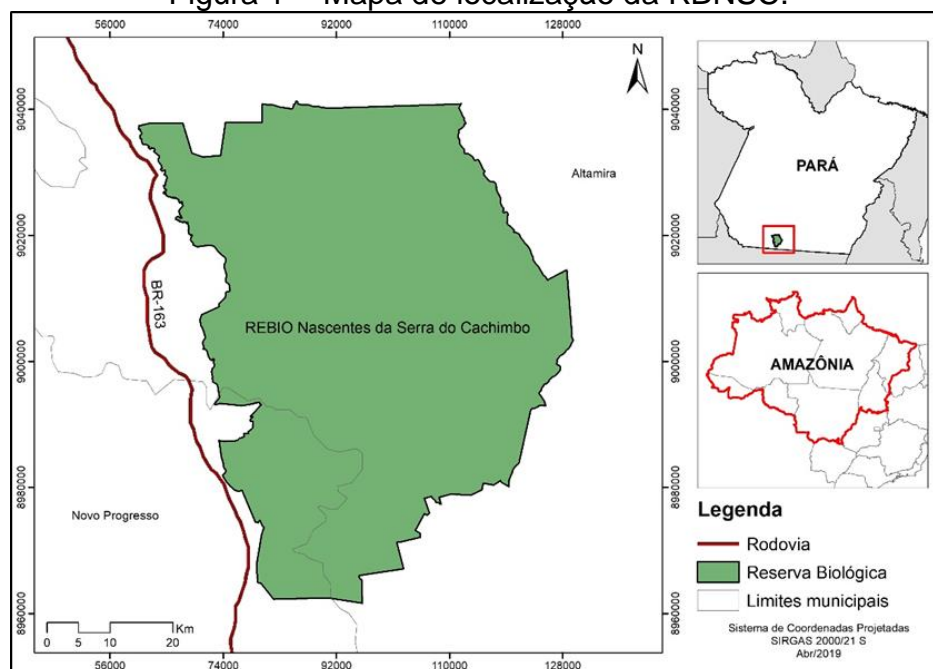
Tendo em vista o crescente processo de degradação florestal e a perda de serviços ecossistêmicos, faz-se necessário compreender o impacto da dinâmica de uso da terra na Rebio em estudo na oferta de SEs. Para alcançar esse objetivo propõe-se nesta pesquisa, identificar o potencial de oferta de SEs e localizá-los espacialmente na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo considerando as condições e classes de uso da terra observadas no ano de 2017. Ao associar classes de uso com os SEs intrínsecos, espera-se reforçar a importância da área

protegida dados as perdas dos benefícios ofertados pelas florestas e seus impactos nos sistemas humanos e naturais.

Área de estudo

A RBNSC está localizada no sul do Pará, entre as coordenadas geográficas de latitude $8^{\circ}39'41''$ / $9^{\circ}22'14''$ (Sul) e longitude $54^{\circ}59'44''$ / $54^{\circ}22'36''$ (Oeste), abrangendo parte dos municípios de Altamira e Novo Progresso, adjacente à BR-163, conforme Figura 1 (BRASIL, 2009). A reserva, pertencente à categoria de proteção integral, foi criada pelo Decreto de 20 de maio de 2005, com o objetivo de preservar os ecossistemas naturais existentes, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades controladas de educação ambiental (BRASIL, 2005).

Figura 1 - Mapa de localização da RBNSC.



Fonte: IBGE (2017); ISA (2017).

Conforme o mapeamento descrito no Plano de Manejo da unidade, a área apresenta um mosaico de formações vegetais, composto sobretudo de Floresta Ombrófila Sub-Montana e Campinaranas, além de pequenas manchas de Floresta Estacional e áreas antropogênicas (BRASIL, 2009). A pedologia é caracterizada por Argissolos, Neossolos e Afloramento Rochoso e as rochas são predominantemente ígneas e sedimentares (BRASIL, 2009). O clima varia entre o equatorial úmido e o tropical, Af e Aw na classificação de Köppen respectivamente (BRASIL, 2009). A

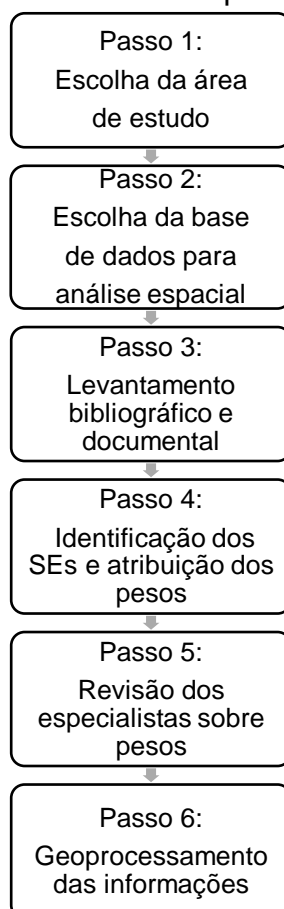
pluviosidade apresenta-se variável, entre 1800 mm a 2200 mm por ano e a temperatura média anual de 22°C (BRASIL, 2009; CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO – CNUC, 2019).

Material e métodos

Coleta e análise de dados

A metodologia escolhida baseou-se no estudo de Burkhard *et al.* (2009) utilizando procedimentos importantes para atingir o objetivo da pesquisa, como escolha da área de estudo e da base de dados para análise espacial do uso da terra, levantamento bibliográfico e documental, identificação dos SEs e atribuição de pesos, revisão dos especialistas sobre os pesos de cada serviço associado à classe e uso de técnicas de geoprocessamento para mapear e espacializar as informações, conforme descrito na Figura 2.

Figura 2 - Procedimentos realizados para o desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaboração própria, 2019/Adaptado de Zhang e Ramírez (2019).

A análise do uso do solo baseou-se na classificação realizada pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil - MapBiomias. O MapBiomias é um projeto que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados de imagens capturadas pelo satélite Landsat, desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* – GEE para todo o território do Brasil (MAPBIOMAS, 2019).

Foi utilizada a imagem classificada referente ao ano de 2017, último ano mapeado pelo projeto, a qual foi extraída pela plataforma do GEE e processada no software ArcMap 10.5. Foram identificadas seis diferentes classes de uso: Formação Florestal; Outra Formação Natural Não Florestal; Agropecuária; Área Não Vegetada; Rio, Lago e Oceano; Não Observado. As classes identificadas foram usadas para determinar, qual a capacidade de determinada classe em fornecer os SEs, baseado no estudo de Burkhard *et al.* (2013).

Utilizou-se a classificação apresentada pelo projeto *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* - TEEB (2010) para a identificação dos serviços oferecidos pela Rebio, que propôs 22 serviços, dentro de 4 diferentes categorias: serviços de provisão, de regulação, de manutenção e culturais, conforme descrito no Quadro 1. Essa classificação, segundo Gómez-Baggethun e Barton (2013), foi baseada em categorizações anteriores apresentadas por Daily (1997), de Groot *et al.* (2002) e MEA (2003).

Quadro 1 - Classificação dos SEs

Categorias	Nº	Serviços Ecosistêmicos
Provisão	1	Provisão de alimentos
	2	Fornecimento de água
	3	Matéria-prima
	4	Recursos genéticas
	5	Recursos medicinais
	6	Recursos ornamentais
Regulação	7	Regulação da qualidade do ar

	8	Regulação climática
	9	Moderação de eventos extremos
	10	Regulação do fluxo de água
	11	Tratamento de efluentes
	12	Prevenção de erosão
	13	Ciclagem de nutrientes
	14	Polinização
	15	Controle Biológico
Manutenção	16	Manutenção da diversidade genética
	17	Habitat para espécies
Culturais	18	Informação estética
	19	Recreação
	20	Inspiração para cultura, arte e design
	21	Experiência espiritual
	22	Desenvolvimento cognitivo

Fonte: Adaptado de TEEB (2010).

A metodologia, baseada no estudo Burkhard *et al.* (2009), consistiu na atribuição de pesos aos SEs de acordo com a capacidade da classe de uso em prover determinado serviço e na opinião de especialistas da área, configurando uma análise subjetiva, realizado também em estudos de Zhang e Ramírez (2019), Depellegrin *et al.* (2016) e Soheli *et al.* (2015). A atribuição dos pesos foi realizada durante os meses de maio e junho de 2019, onde três especialistas com formações relacionadas ao meio ambiente – engenheiros florestais e engenheiro ambiental, contribuíram para a determinação dos pesos relacionando as classes de uso com os SEs. Logo, os pesos variavam em uma escala de 0 a 5, onde 0 representava sem capacidade de prover o serviço, 1 baixa relevância, 2 relevante capacidade, 3 média relevância, 4 alta relevância e 5 muito alta relevância em prover o SE, onde profissionais avaliaram

individualmente e posteriormente foi atribuído o peso que estava em concordância com a opinião do grupo de especialistas, em conformidade com o método usado por Zhang e Ramírez (2019).

A partir dos resultados obtidos com a aplicação de atribuição de pesos, foram elaborados primeiramente quatro mapas temáticos para demonstrar o potencial de oferta dos serviços ecossistêmicos de cada uma das quatro classes: provisão, regulação, manutenção e culturais. A partir de então, utilizou-se o processo de álgebra de mapas no *software* ArcGis 10.5, para representar de uma forma geral a oferta de todos os SEs nessa área. Além disso, elaborou-se quadros e gráficos no *software* Microsoft Office Excel 2016 para melhor representação dos resultados.

Resultados e discussão

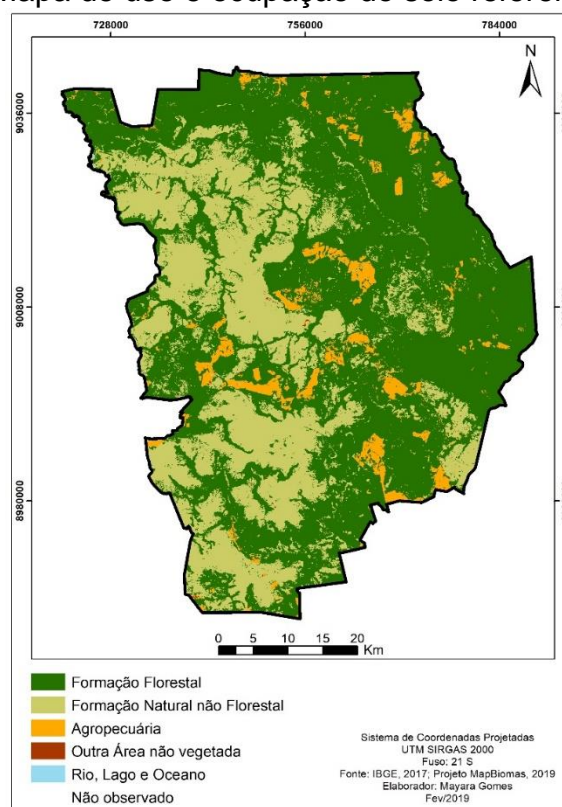
Figura 3 mostra o mapa temático em relação às classes de uso da terra na RBNSC, onde apresenta principalmente “formação florestal” e “formação natural não florestal”, caracterizadas como floresta ombrófila e campinarana respectivamente. Por outro lado, podem ser observadas áreas representativas de atividade agrícola e pecuária no interior da UC, próximo de áreas de floresta densa. Além disso, o projeto MapBiomias atribui a classe “outra área não vegetada” às áreas com predomínio de vias, estradas e construções, e a classe “rio, lago e oceano” referente aos corpos hídricos.

Dados do estudo de Baima *et al.* (2018) afirmam que dentro da região amazônica, o estado do Pará foi o que mais desflorestou em unidades de conservação federais entre 2012 e 2017, quase 92 mil hectares. Fato este que está relacionado com a região do estado situada no Arco do Desmatamento, faixa do leste ao sul da região amazônica que recebe maior pressão da fronteira agrícola (BAIMA *et al.*, 2018). Segundo os autores supracitados, rodovias importantes influenciam a pressão por facilitar o deslocamento e escoamento de produção agropecuária, a região da BR-163 (Cuiabá-Santarém) concentra a maior parte das UCs ameaçadas no Pará.

Dessa forma, UCs nas proximidades de estradas são muito mais pressionadas que as distantes, a RBNSC por exemplo, localizada contígua à BR-163, foi a UC de proteção integral com maior desmatamento na Amazônia no período de 2006 a 2017, mais de 167 mil hectares degradados (CARDOSO; SOUZA JR., 2018). O

levantamento realizado para a elaboração do Plano de Manejo em 2009 já ressaltava a pressão que a reserva havia sofrido com o desflorestamento, na grande maioria para a implantação de pastagens, atividade que permanece ocorrendo na área, conforme demonstrado no mapa de uso da terra (Figura 3) (BRASIL, 2009). Além disso, estudos apontam que a RBNSC está dentro da região de compra dos frigoríficos, localizada aos arredores da BR-163, confirmando a atividade pecuária dentro da UC (BAIMA *et al.*, 2018).

Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo referente ao ano de 2017.



Fonte: Autores, 2019.

A partir do mapa de uso e ocupação da terra, pôde-se atribuir pesos para os SEs de acordo com as classes, variando em uma escala de 0 a 5, conforme descrito no Quadro 2. Das seis classes identificadas, duas não apresentaram potencial de oferta de serviços ecossistêmicos, “outra área não vegetada” e “não observado”, obtendo peso 0 em todos os serviços ecossistêmicos. Dentre as demais, “formação florestal” e “formação natural não florestal” foram as que obtiveram maiores pesos, de acordo com a expertise dos especialistas, por apresentarem maior oferta de SEs.

Quadro 2 – Matriz de avaliação de serviços ecossistêmicos de acordo as respectivas classes de uso da terra.

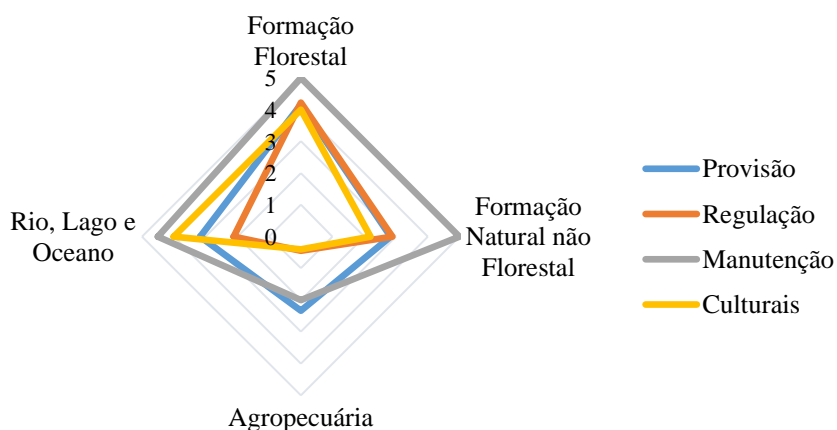
SEs \ Classes	Formação Florestal	Formação Natural não Florestal	Agropecuária	Outra área não vegetada	Rio, Lago e Oceano	Não observado
Provisão						
Provisão de alimentos	5	3	5	0	4	0
Fornecimento de água	0	0	0	0	5	0
Matéria-prima	5	3	5	0	2	0
Recursos genéticas	5	4	2	0	5	0
Recursos medicinais	5	4	2	0	2	0
Recursos ornamentais	5	3	0	0	1	0
Regulação						
Regulação da qualidade do ar	5	3	1	0	3	0
Regulação climática	5	3	1	0	3	0
Moderação de eventos extremos	4	3	0	0	0	0
Regulação do fluxo de água	5	3	0	0	5	0
Tratamento de efluentes	0	0	0	0	4	0
Prevenção de erosão	4	3	0	0	0	0
Ciclagem de nutrientes	5	2	0	0	1	0
Polinização	5	4	0	0	0	0
Controle Biológico	5	5	2	0	3	0
Manutenção						
Manutenção da diversidade genética	5	5	2	0	5	0
Habitat para espécies	5	5	2	0	4	0
Culturais						
Informação estética	5	2	1	0	5	0
Recreação	3	0	0	0	3	0
Inspiração para cultura, arte e design	4	3	1	0	4	0
Experiência espiritual	4	3	0	0	4	0
Desenvolvimento cognitivo	4	3	0	0	4	0

Pesos variam de 0 a 5, representando a capacidade da classe em prover o SE. 0: sem capacidade; 1: baixa relevância; 2: relevante capacidade; 3: média relevância; 4: alta relevância; 5: muito alta relevância.

Fonte: Autores, 2019.

A matriz de avaliação dos SEs resultou em um gráfico de radar para verificação da oferta de cada classe: provisão, regulação, manutenção e culturais, considerando apenas as classes que obtiveram pesos acima de 0 na análise, de acordo com a Figura 4. Sendo assim, observa-se a relevante contribuição da “formação florestal”, “formação natural não florestal” e “rio, lago e oceano”, como áreas naturais com significativo potencial de fornecer serviços de diferentes classes. Por outro lado, verifica-se que a classe “agropecuária”, área antropizada, está basicamente resumida em dispor serviços de provisão e de manutenção.

Figura 4 – Gráfico da oferta de SEs em cada categoria.

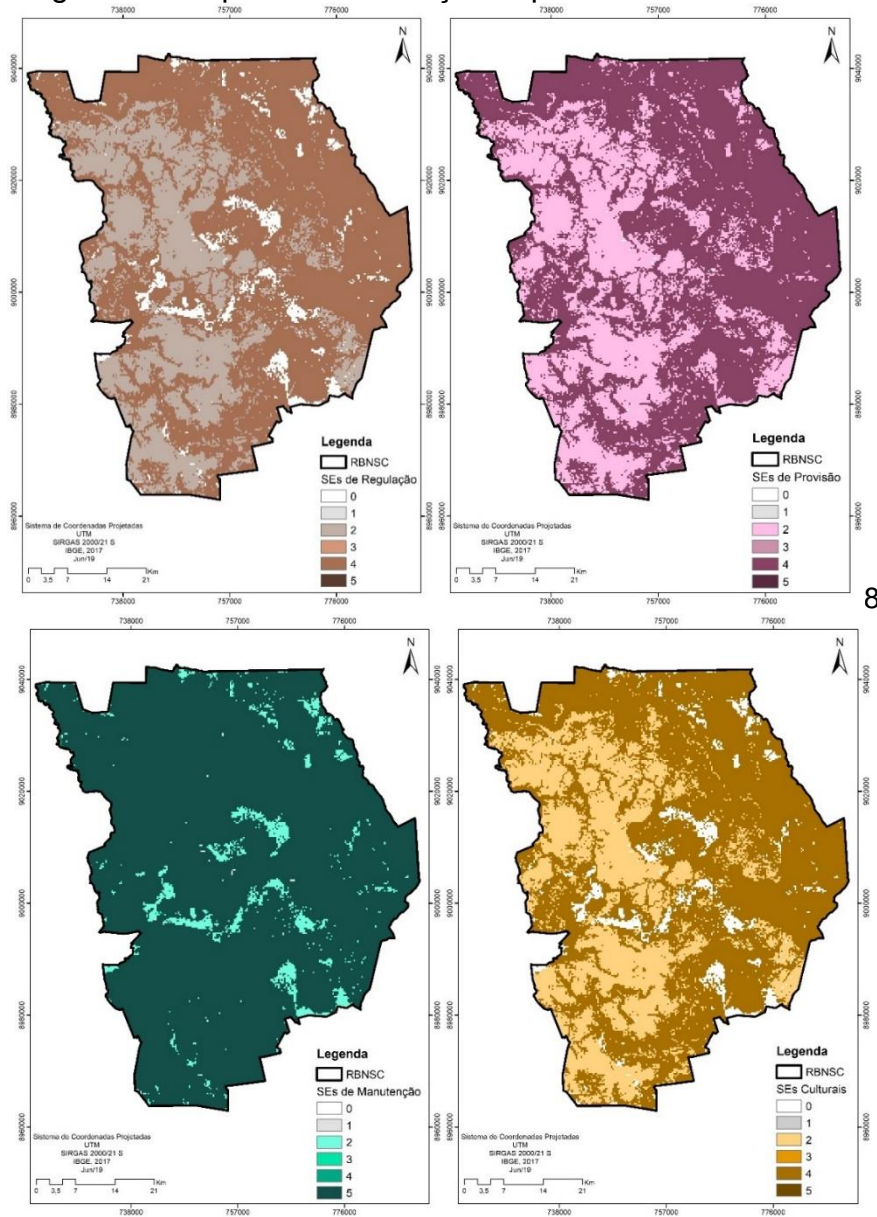


Fonte: Autores, 2019.

Conforme observado na Figura 5, os serviços ecossistêmicos foram espacializados na área de estudo para identificação em cada categoria de SE, onde possui maior potencial de oferta. De uma forma geral, percebe-se que apenas as áreas construídas e desflorestadas não possuem ou possuem baixa capacidade de ofertar serviços, o restante da área da Rebio apresenta pelo menos relevante capacidade de fornecimento de algum serviço.

A combinação dos quatro mapas gerou o mapa geral da oferta desses serviços, disponível na Figura 6. Este mapa demonstra a disponibilidade e oferta dos serviços ecossistêmicos na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo. Dessa forma, observa-se que prioritariamente a alta capacidade de oferta dos SEs concentra-se nas áreas naturais, especialmente áreas de vegetação densa, seguido das campinaranas, e são mais escassos em áreas alteradas pelo homem, levando à baixa capacidade de fornecer bens e serviços dos ecossistemas.

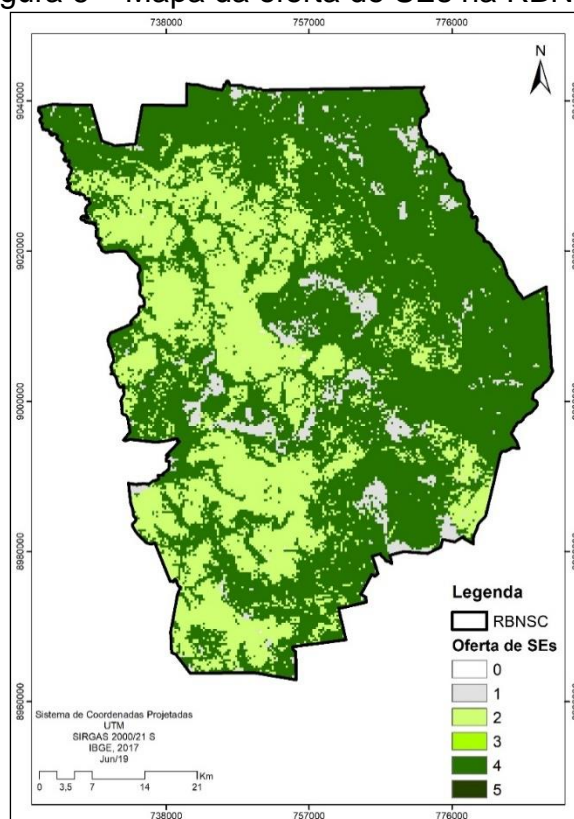
Figura 5 – Mapas da distribuição espacial da oferta de SEs



8

Fonte: Autores, 2019.

Figura 6 – Mapa da oferta de SEs na RBNSC



Fonte: Autores, 2019.

Considerando os resultados encontrados, observou-se que a pressão está ocorrendo à leste da UC, região pertencente ao município de Altamira. O município de Altamira foi uma das áreas centrais do Programa Integrado de Colonização – PIC, que estimulava atividades agrícolas para o mercado, levando a mudanças consideráveis nas formas do uso da terra para acompanhar as transformações socioeconômicas no município (SILVA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015). Além de Altamira, Novo Progresso é um município que também se destaca entre os que mais desmatam no estado do Pará (TUPIASSU *et al.*, 2018), em vista disso, das 10 UCs mais desmatadas da Amazônia, 3 das 4 localizadas no Pará estão localizadas entre Novo Progresso e Altamira, são elas: APA Triunfo do Xingu (1ª), Flona do Jamanxim (5ª) e Flona de Altamira (7ª) (BAIMA *et al.*, 2018).

Segundo Monteiro (2018) e Dal'Aasta *et al.* (2012), Novo Progresso e Altamira fazem parte do Distrito Florestal Sustentável – DFS, criado em 2006 a partir do Projeto BR-163. Dentre as ações propostas no DFS, a criação e efetivação de unidades de conservação nesses municípios eram uma delas, como forma de reduzir impactos

socioambientais nessas áreas, principalmente as taxas de desmatamento e atividade madeireira ilegal, no entanto, entre 2000 a 2010 Novo Progresso e Altamira mantiveram com os maiores índices de desflorestamento do DSF, aproximadamente 8.300 km², tornando-os municípios com intensa pressão.

De uma forma geral, as áreas protegidas desempenham um papel importante na oferta de serviços ecossistêmicos, conservação da biodiversidade e contribuem para mitigação das mudanças climáticas (NAGENDRA *et al.*, 2013), contudo, dados de Araújo *et al.* (2017) mostram que algumas UCs da Amazônia não estão cumprindo efetivamente com seus objetivos de criação. Um exemplo é a APA Triunfo do Xingu, situada entre os municípios de São Félix do Xingu e Altamira, a UC mais desmatada da Amazônia principalmente para o desenvolvimento da pecuária. Além dela, a Flona do Jamanxim no município de Novo Progresso é considerada a UC federal mais degradada da Amazônia, pressionada e ameaçada por interesses fundiários e da pecuária (ARAÚJO *et al.*, 2017). Ambas as unidades de conservação estão localizadas próximas à Rebio, nas proximidades da BR-163, sendo ameaçadas principalmente pela agropecuária.

Embora a atividade agropecuária serem atividades ilegais dentro de unidades de conservação de proteção integral, ainda assim possuem potencial de fornecer serviços ecossistêmicos. Além dessa, a classe “rio, lago e oceano” também disponibiliza bens e serviços à população, visto que especificamente na RBNSC possui grande relevância de provisão de SEs pelo fato da reserva compreender muitas nascentes, formadoras dos rios das bacias do Xingu e do Tapajós, conforme descreve o Plano de Manejo (BRASIL, 2009).

Alguns estudos se mostraram em consonância com os resultados aqui encontrados, exemplo de Zhang e Ramírez (2019) que encontraram resultados semelhantes em Barcelona, onde áreas artificiais com intervenção humana possuem nenhuma ou pouca capacidade de prover serviços ecossistêmicos. Corroborando também com resultados encontrados por Soheli *et al.* (2015) sobre Bangladesh, onde destacaram que áreas menos perturbadas e mais naturais são importantes fornecedoras de múltiplos SEs, como por exemplo as florestas. Milheiras e Mace (2019) mostram que áreas cultivadas apresentarem mais serviços de provisão, por outro lado, fornecem menos serviços de regulação e culturais.

Atividades antrópicas, como agropecuária praticada no interior da Rebio, acarretam em prejuízos e na diminuição da disponibilidade de determinadas classes de SEs, de acordo com dados da pesquisa de Silva *et al.* (2017) e Depellegrin *et al.* (2016), além do mais, importante enfatizar que são proibidas dentro dessa categoria de UC. Esses autores identificaram maiores prejuízos nos serviços culturais e de regulação, como qualidade do ar e água, e ciclagem de nutrientes, a partir das alterações identificadas no estudo. Da mesma forma ocorreu no mapeamento da RBNSC, que mostrou maior fragilidade nos serviços de regulação e culturais (Figura 5), demonstrando mais sensível às mudanças do uso e ocupação do solo e conseqüentemente apresentando menor capacidade de oferta. Tal fato provavelmente está relacionado às alterações no meio, tornando a área menos atrativa quanto à informação estética, recreação, outros. Além disso, por estarem menos protegidos pela cobertura vegetal, essas áreas ficam muito mais susceptíveis às variações climáticas, erosão do solo, a perda da regulação hídrica, diminuição do estoque de carbono e à diminuição da ciclagem de nutrientes (MARKEWITZ *et al.*, 2004; ZIMMERMAN *et al.*, 2006; SOLAR *et al.*, 2016).

Zhang e Ramírez (2019) propõem uma classificação em seu estudo, incluindo “área protegida prioritária”, as que fornecem maior variedade de serviços ecossistêmicos, geralmente com áreas verdes de alta qualidade, que proveem habitat para espécies animais, proporciona melhorias na qualidade do ar, entre outros benefícios. Nesse sentido, considerando a área aqui estudada, observa-se que outras pesquisas também reforçam a importância da manutenção de áreas detentoras de múltiplos serviços ecossistêmicos (áreas protegidas) e seus reais benefícios. Sohel *et al.* (2015) contribuem afirmando que o aumento de áreas florestadas pode aumentar ainda a integridade ecológica da área, levando à oferta de outros serviços ecossistêmicos para a região.

Chen *et al.* (2019) afirmam que as mudanças no uso do solo como a expansão de áreas urbanas e cultivadas resultam em significativas alterações nos SEs, sendo necessário o controle dessas mudanças como forma de melhorar as funções ecossistêmicas. Ainda segundo estes autores, o desenvolvimento econômico acarreta na intensificação dessas mudanças, causando degradação nos ecossistemas. Logo, análises da relação de uso e ocupação da terra e serviços ecossistêmicos fornecem

fortes evidências acerca da necessidade de aplicação de usos sustentáveis, gestão eficiente das áreas, desenvolvimento econômico e proteção do meio ambiente.

Em relação à metodologia de elaboração de matriz baseada nas classes de uso da terra, Hou *et al.* (2013) e Jacobs *et al.* (2015) afirmam que tem se mostrado com um método rápido e válido para medir a oferta dos serviços ecossistêmicos na Europa e Ásia. Kokkoris *et al.* (2018) adicionam que essa abordagem se mostra relevante na identificação de SEs, produção de informação científica e principalmente destaca a importância de áreas que não vem sendo protegidas de forma eficaz.

Considerações finais

A Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo foi caracterizada neste estudo com grande potencial para oferta de todas as classes de SEs, principalmente em áreas naturais preservadas. As áreas modificadas por atividades antrópicas foram identificadas com menor potencial de oferta, sendo basicamente fornecedoras de SEs de provisão e manutenção, destacadas como áreas que necessitam de maior atenção para não comprometer ainda mais a dinâmica natural na reserva, especialmente com relação aos serviços de regulação e culturais.

Desta forma, a pesquisa pode ser considerada como um passo inicial no mapeamento e monitoramento dessa unidade de conservação que, apesar de abranger nascentes de importantes corpos hídricos na Amazônia e estar situada em área estratégica para frear o desmatamento nessa região, tem seus serviços ecossistêmicos ameaçados pelas mudanças de uso da terra. Apesar do caráter subjetivo da ponderação dos critérios, o método mostrou-se eficiente na identificação, mapeamento e visualização dos serviços ecossistêmicos, cujas avaliações podem ser complementadas em futuros trabalhos.

Por última destaca-se que, apesar das atividades agropecuárias fornecerem benefícios econômicos a curto prazo, deve-se repensar sobre os desserviços que essas práticas podem gerar a médio e longo prazo à qualidade de vida das populações e ao ecossistema natural. Assim, sugere-se o aprimoramento da gestão e desenvolvimento de planos de proteção para as áreas identificadas com maior potencial de oferta de SEs dentro da RBNSC, com o desenvolvimento e implementação de planos de fiscalização e restauração das áreas com menor

potencial, focando na perspectiva da manutenção efetiva dos serviços ecossistêmicos.

Referências Bibliográficas

- ALKEMADE, R.; BURKHARD, B.; CROSSMAN, N.; NEDKOV, S.; K. PETZ. Quantifying ecosystem services and indicators for science, policy and practice. Special Issue. **Ecological Indicators**, v. 37, p. 161-162, 2014.
- ARAÚJO, E.; BARRETO, P.; BAIMA, S.; GOMES, M. **Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015)**. Belém. Imazon. 92 pp. 2017. Disponível em: http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/UCS%20mais%20desmatadas%20Amazonia_2012-2015.pdf
- BAIMA, S.; BARRETO, P.; MANSUR, A. **Nosso patrimônio ameaçado: Como as unidades de conservação na Amazônia estão em risco**. Dossiê. Imazon. 48 pp. 2018. Disponível em: https://k6f2r3a6.stackpathcdn.com/wp-content/uploads/2019/01/Dossie-UCS_-Imazon.pdf
- BALVANERA, P.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; RICKETTS, T. H.; BAILEY, S. A.; KARK, S.; KREMEN, C.; PEREIRA, H. Conserving biodiversity and ecosystem services. **Science**, v. 291, n. 5511, p. 2047-2047, 2001.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 8 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília: DOU de 19/07/2000.
- BRASIL. Decreto Federal s/n de 20 de maio de 2005. **Institui a criação da unidade de conservação de proteção integral Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo**. Brasília: DOU de 23/05/2005.
- BRASIL. **Plano de Manejo da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2009. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_nascentes_da_serra_do_cachimbo.pdf
- BURKHARD, B.; CROSSMAN, N.; NEDKOV, S.; PETZ, K.; ALKEMADE, R. Mapping and modelling ecosystem services for science, policy and practice. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 1–3, 2013.
- BURKHARD, B.; KROLL, F.; MÜLLER, F.; WINDHORST, W. Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. **Landscape Online**, v. 15, p. 1–22, 2009.
- BURKHARD, B.; MAES, J. **Mapping Ecosystem Services**. Pensoft Publishers, Sofia, 377 pp., 2017.
- CARDOSO, D.; SOUZA JR, C. **Degradação florestal em áreas protegidas**. Imazon. Belém. Disponível em: https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/outros/OEstadoAPs_DegradacaoFlorestal.pdf
- CASTRO, A. S.; ANDRADE, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2016.
- CHEN, W.; CHI, G.; LI, J. The spatial association of ecosystem services with land use and land cover change at the county level in China, 1995–2015. **Science of The Total Environment**, v. 669, p. 459-470, 2019.
- CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-gerar-relatorio-de-uc.html>

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONKK, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997.

CRESPIN, S. J.; SIMONETTI, J. A. Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 5-13, 2016.

CROSSMAN, N. D.; BURKHARD, B.; NEDKOV, S. Quantifying and mapping ecosystem services. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management**, v. 8, n. 1–2, p. 1–4, 2012.

CROSSMAN, N. D.; BURKHARD, B.; NEDKOV, S.; WILLEMEN, L.; PETZ, K.; PALOMO, I., DRAKOU, E. G.; MARTÍN-LOPEZ, B.; MCPHEARSON, T.; BOYANOVA, K.; ALKEMADE, R.; EGOH, B.; DUNBAR, M. B.; MAES, J. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 4–14, 2013.

DAILY, G. C. **Nature's services: societal dependence on natural systems**. Washington DC: Island Press. 1997.

DAL'AASTA, A. P.; AMARAL, S.; SOARES, F. R.; MONTEIRO, A. M. V. Evolução recente da população urbana comparada à evolução do desmatamento nos municípios do Distrito Florestal Sustentável da BR-163 (PA). In: **Anais do XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Águas de Lindóia/SP, 2012.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A., BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, p. 393–408, 2002.

DE GROOT, R.S.; FISHER, B.; CHRISTIE, M.; ARONSON, J.; BRAAT, L.; HAINES-YOUNG, R.; GOWDY, J.; MALTBY, E.; NEUVILLE, A.; POLASKY, S.; PORTELA, R.; RING, I. **Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation**. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. P. Kumar. London, Earthscan, p. 3-40, 2010.

DEPELLEGRIN, D.; PEREIRA, P.; MISIUNĖ, I.; EGARTER-VIGL, L. Mapping ecosystem services potential in Lithuania. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 23, n. 5, p. 441-455, 2016.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, v. 86, p. 235-245, 2013.

HEAL, G. M.; BARBIER, E. B.; BOYLE, K. J.; COVICH, A. P.; GLOSS, S. P.; HERSHNER, C. H.; HOEHN, J. P.; PRINGLE, C. M.; POLASKY, S.; SEGERSON, K.; SHRADER-FRECHETTE, K. **Valuing ecosystem services: toward better environmental decision-making**. In: Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems – Water Science and Technology Board – Division on Earth and Life Studies. The National Academies Press, Washington D.C., 291pp, 2005.

HOU, Y.; BURKHARD, B.; MÜLLER, F. Uncertainties in landscape analysis and ecosystem service assessment. **J. Environ. Manage**, v. 127, p. 117–131, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm

ISA. Instituto Socioambiental. 2019. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/>

JACOBS, S.; BURKHARD, B.; VAN DAELE, T., STAES, J.; SCHNEIDERS, A. The 'Matrix Reloaded': a review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. **Ecol. Model.**, v. 295, p. 21–30, 2015.

KANDZIORA, M.; BURKHARD, B.; MÜLLER, F. Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 47-59, 2013.

KAUSHAL, S. S.; DUAN, S.; DOODY, T. R.; HAQ, S.; SMITH, R. M.; JOHNSON, T. A. N.; NEWCOMB, K. D.; GORMAN, J.; BOWMAN, N.; MAYER, P. M.; WOOD, K. L.; BELT, K. T.; STACK, W. P. Human-accelerated weathering increases salinization, major ions, and alkalization in fresh water across land use. **Appl. Geochem.**, v. 83, p. 121–135, 2017.

KOKKORIS, I. P.; EVANGELIA, G. D.; MAES, J.; DIMOPOULOS, P. Ecosystem services supply in protected mountains of Greece: setting the baseline for conservation management. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 14, n. 1, p. 45-59, 2018.

KZAM, A. L.; LOPES, M. L. B.; ABUD, G. B.; CORREA, R. S. S. Fragmentação territorial: análise do plebiscito de divisão do estado do Pará. **Boletim de Geografia**, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2018.

LE CLECH, S.; SLOAN, S.; GOND, V.; CORNU, G.; DECAENS, T.; DUFOUR, S.; GRIMALDI, M.; OSZWALD, J. Mapping ecosystem services at the regional scale: the validity of an upscaling approach. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 32, n. 8, p. 1593-1610, 2018.

LIU, J.; JIANG, L.; GAO, Z.; MIN, Y.; QIN, K.; YANG, X. Ecosystem services insights into water resources management in China: a case of Xi'an City. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 13, n. 12, p. 1169-1188, 2016.

MAES, J.; PARACCHINI, M. L.; ZULIAN, G. **Towards an atlas of ecosystem services**. A European assessment of the provision of ecosystem services, JRC Scientific and Technical Reports. 2011. 88 pp.

MALINGA, R.; GORDON, L. J.; JEWITT, G.; LINDBORG, R. Mapping ecosystem services across scales and continents - A review. **Ecosystem Services**, v. 13, p. 57–63, 2015.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. 177-199, 2004.

MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. **Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2019. Disponível em: <http://mapbiomas.org/map#coverage>

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human well-being. Synthesis**. Island Press, Washington, DC. 2005. 155 p.

MILHEIRAS, S. G.; MACE, G. M. Assessing ecosystem service provision in a tropical region with high forest cover: Spatial overlap and the impact of land use change in Amapá, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 99, p. 12–18, 2019.

MONTEIRO, S. M. C. Reflexões jurídico-institucionais a respeito do território da Flona do Jamanxim: avanços, recuos e conflitos atuais. **Revista Ciências da Sociedade (RCS)**, v. 2, n. 3, p. 281-300, 2018.

NAGENDRA, H.; LUCAS, R.; HONRADO, J. P.; JONGMAN, R. H. G.; TARANTINO, C.; ADAMO, M.; MAIROTA, P. Remote sensing for conservation monitoring: assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. **Ecological Indicators**, v. 33, p. 45–59, 2013.

RAMIREZ-GOMEZ, S. O. I.; TORRES-VITOLAS, C. A.; SCHRECKENBERG, K.; HONZÁK, M.; CRUZ-GARCIA, G. S.; WILLCOCK, S.; PALACIOS, E.; PÉREZ-MIÑANA, E.; VERWEIJ, P. A.; POPPY, G. M. Analysis of ecosystem services provision in the Colombian Amazon using participatory research and mapping techniques. **Ecosystem Services**, v. 13, p. 93-107, 2015.

- SOHEL, M. S. I.; MUKUL, S. A.; BURKHARD, B. Landscape's capacities to supply ecosystem services in Bangladesh: A mapping assessment for Lawachara National Park. **Ecosystem Services**, v. 12, p. 128-135, 2015.
- SILVA, M. M.; OLIVEIRA, F. A.; SANTANA, A. C. Mudanças na dinâmica de uso das florestas secundárias em Altamira, Estado do Pará, Brasil. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 58, n. 2, p. 176-183, 2015.
- SILVA, M. M.; OLIVEIRA, F. A.; SANTANA, A. C. Mudanças socioambientais no uso da terra em Altamira, Amazônia oriental. **Novos Cadernos – NAEA**, v. 20, n. 3, p. 181-202, 2017.
- SOLAR, R. R. D. C.; BARLOW, J.; ANDERSEN, A. N.; SCHOEREDER, J. H.; BERENQUER, E.; FERREIRA, J. N.; GARDNER, T. A. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the amazon: A multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**, v. 197, p. 98-107, 2016.
- TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. **Integrando a Economia da Natureza: uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB**. 2010.
- TROY, A.; WILSON, M. A. Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. **Ecological Economics**, v. 60, p. 435–449, 2006.
- TUPIASSU, L., JEAN-RAPHAËL, G., FADEL, L. P. S. L. O impacto do ICMS verde nos municípios prioritários do estado do Pará. **Revista de Estudos Empíricos em Direito**, v. 5, n. 2, p. 67-86, 2018.
- WOLFF, S.; SCHULP, C. J. E.; VERBURG, P. H. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 55, p. 159–171, 2015.
- YOUNG, C. E. F.; MEDEIROS, R. **Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras**. Rio de Janeiro: Conservação Internacional, 180pp, 2018.
- ZHANG, S.; RAMÍREZ, F. M. Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain. **Cities**, v. 92, p. 59-70, 2019.
- ZIMMERMANN, B.; ELSENBEEER, H.; MORAES, J. M. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: implications for runoff-generation. **Forest Ecology and Management**, v. 222, n. 1-3, p. 29-38, 2006.

ARTIGO 2

VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM UMA
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Artigo será submetido ao periódico Desenvolvimento e Meio Ambiente (ISSN: 2176-9109).

Formatado de acordo com normas da revista.

VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN A CONSERVATION UNIT IN THE BRAZILIAN AMAZON

RESUMO: Apesar dos ecossistemas possuírem valor ecológico, sociocultural e econômico, os serviços ecossistêmicos não possuem indicadores que expressem seus reais benefícios para o bem-estar humano, levando a ausência de incentivos à sua preservação e utilização de forma racional pelos agentes econômicos. Dessa forma, o estudo objetiva quantificar os serviços ecossistêmicos perdidos pelo desmatamento ocorrido no período de 1985 a 2017 na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo - RBNSC, a partir da análise das mudanças do uso e ocupação da UC. A RBNSC, localizada no estado do Pará, é uma unidade de conservação de proteção integral federal. A metodologia baseou-se nas mudanças nos padrões de uso do solo da classificação realizada pelo Projeto MapBiomas e valoração dos serviços ecossistêmicos por meio do método *Benefit Transfer*, utilizando coeficientes de valor de bens e serviços ecossistêmicos obtidos por de Groot *et al.* (2012) e Costanza *et al.* (2014). Observou-se com os resultados uma diminuição de mais de 25 mil hectares de formação florestal apesar de apresentar altos e baixos durante o período analisado e uma perda superior a US\$ 130 milhões em relação aos serviços ecossistêmicos de 1985 a 2017, possivelmente por conta da alteração nos padrões naturais de uso no interior dessa unidade de conservação. Logo, a pesquisa identificou a estreita relação das alterações na dinâmica do uso solo com a valoração, além de que atribuir valor aos benefícios fornecidos pela floresta apresenta-se como forma de sensibilizar a comunidade sobre a relevância dos recursos naturais e serviços intangíveis prestados pela floresta, fundamentais para a manutenção do bioma e para assegurar a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Reserva biológica. Capital Natural. Benefit Transfer.

ABSTRACT: Although ecosystems have ecological, sociocultural and economic value, ecosystem services do not have indicators that express their real benefits for human well-being, leading to the absence of incentives for their preservation and rational use by economic agents. Thus, the study aims to quantify the ecosystem services lost by deforestation that occurred from 1985 to 2017 in the Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo – RBNSC, based on the analysis of changes in land use. The RBNSC, located in the state of Pará, is a federal conservation unit. The methodology was based on changes in land use patterns of the classification carried out by the MapBiomas Project and valuation of ecosystem services using the Benefit Transfer method, using value coefficients for ecosystem goods and services obtained by de Groot *et al.* (2012) and Costanza *et al.* (2014). The results showed a decrease of more than 25 thousand hectares of forest despite presenting ups and downs during the analyzed period and a loss of more than US\$ 130 million in relation to ecosystem services from 1985 to 2017, possibly due to the change in natural patterns of land use within this conservation unit. Therefore, this research identified the relationship between changes in the dynamics of land use and valuation, in addition to assigning value to the benefits provided by the forest as a way to raise awareness in the community about the relevance of natural resources and intangible services provided by the forest, essential for the maintenance of the biome and to ensure the quality of life of the population.

Keywords: Biological reserve. Natural capital. Benefit Transfer.

1. Introdução

As Unidades de Conservação – UCs, regulamentadas a partir do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei nº 9.985/2000), tem sido uma das alternativas mais eficientes contra a exploração e na preservação da Amazônia, além disso, desempenham uma série de funções como a conservação da integridade dos ecossistemas, proteção dos processos ecológicos e provisão e manutenção dos serviços ecossistêmicos (Medeiros *et al.*, 2011; Eastwood *et al.*, 2016; Araújo *et al.*, 2017).

O termo “serviços ecossistêmicos” (*ecosystem services*) especificamente, pode ser entendido como características, funções ou processos ecológicos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, portanto, são considerados a interface básica entre o capital natural e o bem-estar humano (Costanza *et al.*, 1997; Daily, 1997; *Millennium Ecosystem Assessment* - MEA, 2005). Existe uma variedade de benefícios provenientes dos ecossistemas, principalmente os de provisão, regulação, culturais e de suporte, os quais podem ser fortemente afetados pelas mudanças ocorridas nos ecossistemas (Ahammad *et al.*, 2019).

Apesar dos ecossistemas apresentarem valor ecológico, sociocultural e econômico, os serviços ecossistêmicos não possuem indicadores que expressem seus reais benefícios para o bem-estar humano, levando a ausência de incentivos à sua preservação e utilização de forma racional pelos agentes econômicos (Castro & Andrade, 2016; Crossman & Bryan, 2009; Crossman; Bryan; Summers, 2011; Crespin & Simonetti, 2016). Portanto, ainda segundo esses autores, atribuir valor aos serviços ecossistêmicos em unidades monetárias, torna-se um importante instrumento na conscientização acerca da utilização sustentável dos recursos naturais e na condução de políticas públicas.

A valoração econômica consiste em atribuir um valor monetário aos recursos ambientais, de forma que os custos externos gerados por um determinado agente, venham a ser internalizados nos preços estipulados (Castro & Andrade, 2016). De acordo com esses autores, existem diversos métodos de avaliação dos serviços ecossistêmicos, como a transferência de benefícios (*Benefit Transfer*), que consiste na estimativa de valor econômico de um local para aplicação em outro ambiente com características similares.

A técnica de valoração de um determinado ambiente auxilia na criação e implantação de políticas de preservação e/ou conservação ambiental (Sousa & Cunha, 2013). Aliado a isso, utiliza-se produtos de sensoriamento remoto que propiciam a

identificação das mudanças da cobertura da terra. Essas alterações no uso do solo são consideradas como um dos mais importantes fatores de transformação dos ecossistemas e seus serviços (Gao *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2015).

O principal motivador da perda desses SEs na Amazônia brasileira tem sido o desmatamento (Castro & Andrade, 2016). O estado do Pará é o que mais desmata da Amazônia, de 2012 a 2017 perdeu 91.547 hectares em UCs federais (Cardoso & Souza Jr, 2018). As UCs de proteção integral especificamente, sofrem grandes pressões devido à expansão agrícola e ocupação urbana, a Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo – RBNSC é uma delas (Zamadei *et al.*, 2019).

A necessidade de implantação da RBNSC deu-se pela sua significativa importância ambiental, principalmente pela heterogeneidade e peculiaridade ambiental presente na área (Zamadei *et al.*, 2019; Brasil, 2009). A reserva está localizada às margens da BR-163, na região do Arco do Desmatamento, e garante a manutenção de grandes blocos de vegetação nativa e a diversidade genética de formações florestais. Além disso, a RBNSC abriga centenas de nascentes perenes formadoras de importantes rios das bacias do Xingu e do Tapajós.

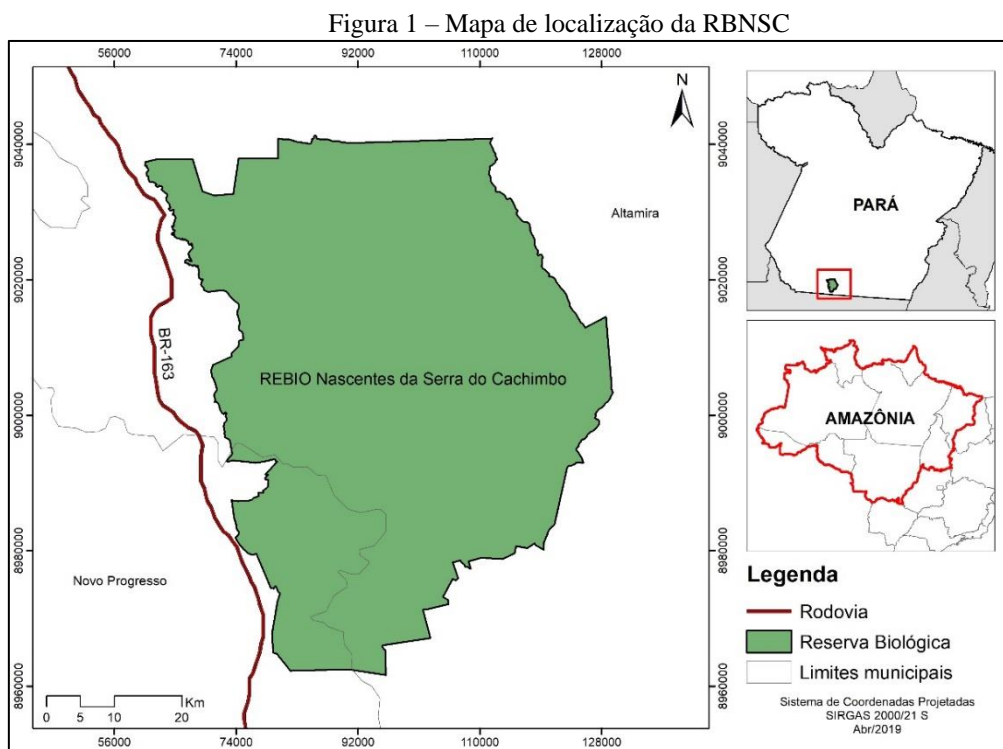
Nesse contexto, considerando a dificuldade em sensibilizar a população acerca dos múltiplos benefícios provenientes dos serviços ecossistêmicos ofertados pela floresta, o estudo objetiva quantificar os serviços ecossistêmicos perdidos pelo desmatamento ocorrido no período de 1985 a 2017 na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, a partir da análise das mudanças do uso e ocupação da UC. Dessa forma, espera-se que a representação da floresta em valor monetário, facilite o entendimento sobre a importância e criação de políticas públicas.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A Rebio é uma unidade de conservação de proteção integral federal, atualmente administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. A área permaneceu desconhecida e intocada até o início da década de 1950, principalmente pela dificuldade de acesso à área, topografia acidentada, rios encachoeirados tornava a navegação praticamente inviável, porém a partir da BR-163, facilitou o acesso por via terrestre (Brasil, 2009; Zamadei *et al.*, 2019).

A RBNSC está localizada no sul do Pará, entre as coordenadas geográficas de latitude $8^{\circ}39'41''$ / $9^{\circ}22'14''$ (Sul) e longitude $54^{\circ} 59' 44''$ / $54^{\circ} 22'36''$ (Oeste), abrangendo parte dos municípios de Altamira e Novo Progresso, adjacente à BR-163, conforme Figura 1 (Brasil, 2009). A reserva foi criada dentro do contexto do Programa BR-163 Sustentável, pelo Decreto de 20 de maio de 2005, com o objetivo de preservar os ecossistemas naturais existentes, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades controladas de educação ambiental (Brasil, 2005).



Conforme o mapeamento descrito no Plano de Manejo da unidade, a área apresenta um mosaico de formações vegetais, composto sobretudo de Floresta Ombrófila Sub-Montana e Campinaranas, além de pequenas manchas de Floresta Estacional e áreas antropogênicas (Brasil, 2009). A pedologia é caracterizada por Argissolos, Neossolos e Afloramento Rochoso e as rochas são predominantemente ígneas e sedimentares. O clima varia entre o equatorial úmido e o tropical, Af e Aw na classificação de Köppen respectivamente (Brasil, 2009).

2.2 Coleta e análise dos dados

A análise das mudanças nos padrões de uso do solo baseou-se na classificação realizada pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil – MapBiomas. O MapBiomas é um projeto que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados de imagens capturadas pelo satélite Landsat, desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine – GEE para todo o território do Brasil (Mapbiomas, 2019).

As imagens classificadas foram coletadas durante todo o período monitorado pelo projeto, com um intervalo de cinco anos e considerando também o último ano publicado, gerando oito mapas temáticos referentes aos anos 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2017. As imagens foram extraídas do GEE, as quais foram processadas no *software* ArcMap 10.5. Foram identificadas seis diferentes classes de uso: Formação Florestal; Outra Formação Natural Não Florestal; Agropecuária; Área Não Vegetada; Rio, Lago e Oceano; Não Observado. Posteriormente, as áreas em hectares foram calculadas para serem utilizadas no cálculo do valor dos serviços ecossistêmicos.

A valoração dos serviços ecossistêmicos por classes de uso e ocupação da terra, por meio do método *Benefit Transfer* (Transferência de Benefícios) vem sendo utilizada para estimar os valores dos serviços ecossistêmicos dos biomas globais e suas mudanças, a partir de dados existentes em áreas similares, geralmente quando há insuficiência de recursos e/ou tempo para realizar a coleta detalhada de dados no campo (Costanza *et al.*, 1997; Costanza *et al.*, 2014; Wilson & Hoehn, 2006). Esse método vem sendo amplamente usado por diversos autores nos últimos anos, como mostram os estudos de Andrade *et al.* (2012), Castro & Andrade (2016), Crespin & Simonetti (2016), Ferreira *et al.* (2019), Santos, Herreros & Beltrão (2017) e Wang *et al.* (2015).

Nesse estudo foram utilizados os coeficientes de valor de bens e serviços ecossistêmicos em dólares americanos por hectare por ano (US\$ ha⁻¹ a⁻¹) obtidos por De Groot *et al.* (2012); Costanza *et al.* (2014), referentes ao bioma Florestas Tropicais, o qual mais se assemelha ao bioma Amazônia, corroborando com estudos de Castro e Andrade (2016) e Santos, Herreros e Beltrão (2017). Logo, tornou-se possível quantificar ganhos ou perdas nos valores dos SEs de acordo com as alterações que foram observadas na classe “Formação Florestal” na RBNSC, visto que a pesquisa objetiva quantificar o valor perdido pela diminuição de área vegetada. A classe “Formação Florestal” foi escolhida devido ser considerada como a área correspondente à Floresta Ombrófila Sub-Montana

no local, conforme a descrição do Plano de Manejo, classificada com um tipo de vegetação mais densa e arbustiva que as demais.

Dessa forma, o cálculo dos valores de bem e serviço ecossistêmico – VSEs foi realizado conforme as equações utilizadas por Hu, Liu & Cao (2008), Das e Das (2019) e Solomon *et al.* (2019) (Equação 1 e 2) abaixo, com a multiplicação da área da classe em hectares pelo valor do coeficiente do SE selecionado, descrito em De Groot *et al.* (2012); Costanza *et al.* (2014), e posteriormente a somatória dessas multiplicações para a obtenção do valor total em cada ano estudado.

$$VSE = A_k \times CV_k \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

VSE corresponde a estimativa do valor de bem e serviço ecossistêmico;

A_k é a área da categoria k de uso e ocupação da terra em hectares; e

CV_k é o coeficiente do valor de bem e serviço ecossistêmico por categoria de uso e ocupação da terra (US\$ ha⁻¹ a⁻¹), obtido por de Groot *et al.* (2012).

$$VSE_t = \sum A_k \times CV_k \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

VSE_t corresponde a estimativa total dos serviços ecossistêmicos por ano;

A_k é a área da categoria k de uso e ocupação da terra em hectares; e

CV_k é o coeficiente do valor de bem e serviço ecossistêmico por categoria de uso e ocupação da terra (US\$ ha⁻¹ a⁻¹), obtido por de Groot *et al.* (2012).

Além disso, a exportação dos dados referentes aos processos realizados para o *software Microsoft Office Excel*, possibilitou a tabulação das variáveis e organização dos dados para as análises das variações nos valores entre os anos analisados.

3. Resultados e discussão

Considerando os resultados encontrados pela análise do uso e cobertura do solo, descrita na Tabela 1, nota-se a diminuição de mais de 25 mil hectares de formação florestal apesar de apresentar altos e baixos durante o período analisado. Observa-se também o aumento da atividade agropecuária na Rebio, superior a 17 mil hectares, principalmente a partir de 1990, com uma leve redução nos últimos dois anos verificados, e o aumento da classe “outra área não vegetada”, classe correspondente às áreas com

predomínio de vias, estradas e construções, em aproximadamente 114 hectares de 1985 a 2017.

Inferese com esses dados, uma alteração nos padrões naturais de uso no interior dessa unidade de conservação, visto que possivelmente a expansão de áreas não vegetadas e atividades agropecuárias foi em detrimento da classe de vegetação, levando a considerar como indicadores do aumento da pressão na RBNSC. Para Costa *et al.* (2015) e Fearnside (2017), uma grande quantidade de UCs na Amazônia tem sido pressionada principalmente por atores relacionados à pecuária, exploração madeireira e produção de soja.

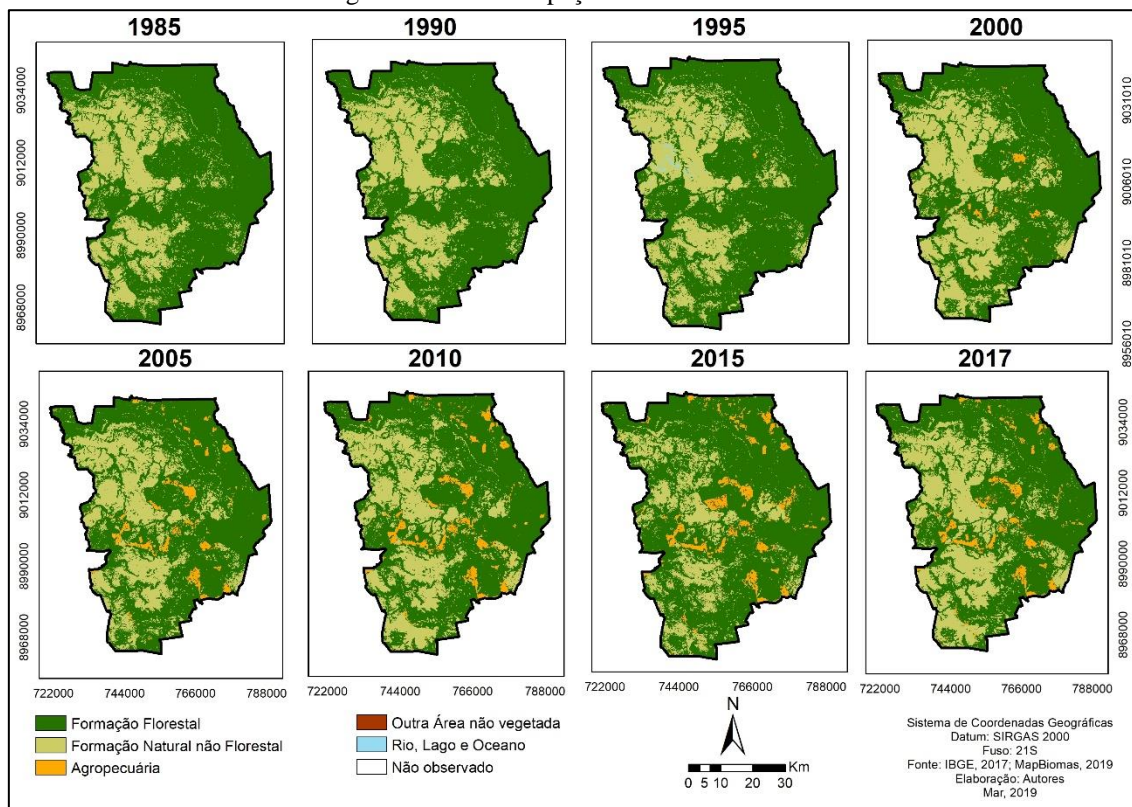
Outras unidades de conservação localizadas nas proximidades da RBNSC também apresentaram comportamento semelhante, como a Flona do Jamanxim, na qual foi observada estabelecimentos não familiares e ocupação por comunidades não tradicionais, indicando a ocorrência de conflitos e usos ilegais dentro dos limites dessa UC, afirmam Marcuartú *et al.* (2017). Além dela, a APA Triunfo do Xingu sofre com grande pressão antrópica e alta concentração populacional, de acordo com Costa (2013) e Lobato (2010). Portanto, a partir de dados de Cardoso & Souza Jr (2018), considera-se que UCs dentro da zona de influência de estradas, como a BR-163 em questão, tendem a ser muito mais pressionadas do que as mais afastadas.

Tabela 1 – Classes de uso e cobertura do solo na RBNSC

Classes	Área (hectares)							
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017
Formação Florestal	242.401,79	238.694,87	241.940,34	224.778,44	228.975,97	224.864,08	256.099,97	217.238,40
Formação Natural não Florestal	100.471,54	104.423,97	98.727,63	113.235,66	99.912,66	99.484,72	65.881,95	108.042,90
Agropecuária	68,07	45,56	1.002,66	5.168,34	14.190,94	18.631,38	20.849,86	17.800,15
Outra área não vegetada	112,00	75,71	38,68	247,94	270,48	217,50	471,50	226,83
Rio, Lago e Oceano	493,01	304,71	1.820,13	101,64	182,13	334,74	225,42	213,79
Não observado	0,00	1,71	4,85	3,61	2,60	4,33	3,25	9,52

Fonte: Autores, 2020.

Figura 2 – Uso e ocupação da terra na RBNSC



Fonte: Autores, 2020.

A partir dos dados de uso e cobertura do solo, pôde-se extrair os valores relativos aos serviços ecossistêmicos prestados pela floresta na RBNSC durante o período, conforme descrito no Quadro 1. Considerando a metodologia utilizada, o valor estimado da floresta presente na unidade de conservação diminuiu ao longo do período estudado, em 1985 foi de US\$1,2 bilhões e em 2017 de US\$1,1 bilhões, ou seja, perda de mais de US\$ 130 milhões (Quadro 1).

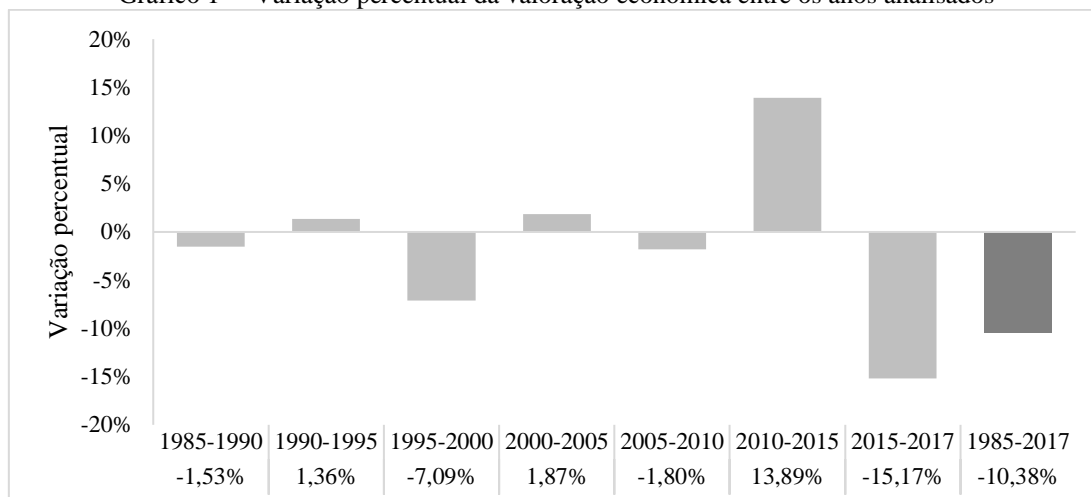
Apesar da redução em relação aos valores estimados, no Gráfico 1 é possível analisar detalhadamente a variação percentual dessa valoração nos anos analisados. Dessa forma, de 1985 a 1990 ocorre uma discreta diminuição em 1,53% nos valores e posteriormente um leve aumento de 1,36%. Já de 1995 a 2000, observamos uma redução mais significativa, de 7,09%, representando um total superior a US\$ 90 milhões, enquanto que nos dez anos subsequentes, houve tanto um aumento quanto redução de aproximadamente 1,80%. Os últimos sete anos analisados mostraram um comportamento diferenciado, acréscimo de 13,89% seguido de uma diminuição de 15,17%, a maior observada no período estudado e no menor intervalo.

Quadro 1 – Valoração dos serviços ecossistêmicos na RBNSC

Serviços ecossistêmicos	1985 (\$/ano)	1990 (\$/ano)	1995 (\$/ano)	2000 (\$/ano)	2005 (\$/ano)	2010 (\$/ano)	2015 (\$/ano)	2017 (\$/ano)
Provisão	443.110.470,55	436.334.220,28	442.266.944,08	410.894.988,34	418.568.077,28	411.051.530,16	468.150.741,44	397.111.787,86
Provisão de alimentos	48.480.357,83	47.738.973,77	48.388.068,28	44.955.688,00	45.795.194,45	44.972.815,12	51.219.993,59	43.447.679,20
Fornecimento de água	6.544.848,31	6.444.761,46	6.532.389,22	6.069.017,88	6.182.351,25	6.071.330,04	6.914.699,14	5.865.436,69
Matéria-prima	20.361.750,29	20.050.368,98	20.322.988,68	18.881.388,96	19.233.981,67	18.888.582,35	21.512.397,31	18.248.025,26
Recursos genéticas	3.151.223,26	3.103.033,30	3.145.224,44	2.922.119,72	2.976.687,64	2.923.232,98	3.329.299,58	2.824.099,15
Recursos medicinais	364.572.290,87	358.997.082,77	363.878.273,47	338.066.773,78	344.379.862,27	338.195.569,67	385.174.351,82	326.726.547,56
Recursos ornamentais								
Regulação	613.034.124,74	603.659.323,35	611.867.123,40	568.464.674,79	579.080.233,84	568.681.247,14	647.676.818,98	549.395.903,44
Regulação da qualidade do ar	2.908.821,47	2.864.338,43	2.903.284,10	2.697.341,28	2.747.711,67	2.698.368,91	3.073.199,62	2.606.860,75
Regulação climática	495.469.257,00	487.892.311,96	494.526.057,82	459.447.131,38	468.026.887,29	459.622.170,48	523.468.334,52	444.035.281,39
Moderação de eventos extremos	15.998.518,08	15.753.861,34	15.968.062,53	14.835.377,04	15.112.414,17	14.841.028,99	16.902.597,89	14.337.734,13
Regulação do fluxo de água	82.901.411,89	81.633.645,15	82.743.596,76	76.874.226,48	78.309.782,51	76.903.513,85	87.586.189,04	74.295.531,43
Tratamento de efluentes	1.454.410,73	1.432.169,21	1.451.642,05	1.348.670,64	1.373.855,83	1.349.184,45	1.536.599,81	1.303.430,38
Prevenção de erosão	3.636.026,84	3.580.423,03	3.629.105,12	3.371.676,60	3.434.639,58	3.372.961,13	3.841.499,52	3.258.575,94
Ciclagem de nutrientes	727.205,37	716.084,61	725.821,02	674.335,32	686.927,92	674.592,23	768.299,90	651.715,19
Polinização	7.272.053,67	7.160.846,07	7.258.210,24	6.743.353,20	6.869.279,17	6.745.922,27	7.682.999,04	6.517.151,88
Controle Biológico	2.666.419,68	2.625.643,56	2.661.343,76	2.472.562,84	2.518.735,69	2.473.504,83	2.817.099,65	2.389.622,36
Manutenção	9.453.669,78	9.309.099,89	9.435.673,31	8.766.359,16	8.930.062,92	8.769.698,95	9.987.898,75	8.472.297,44
Manutenção da diversidade genética	5.575.241,15	5.489.981,98	5.564.627,85	5.169.904,12	5.266.447,36	5.171.873,74	5.890.299,26	4.996.483,11
Habitat para espécies	3.878.428,63	3.819.117,90	3.871.045,46	3.596.455,04	3.663.615,56	3.597.825,21	4.097.599,49	3.475.814,34
Cultura	210.162.351,18	206.948.451,30	209.762.275,99	194.882.907,49	198.522.167,95	194.957.153,53	222.038.672,22	188.345.689,32
Informação estética								
Recreação	210.162.351,18	206.948.451,30	209.762.275,99	194.882.907,49	198.522.167,95	194.957.153,53	222.038.672,22	188.345.689,32
Inspiração para cultura, arte e design								
Experiência espiritual								
Desenvolvimento cognitivo								
TOTAL	1.275.760.616,24	1.256.251.094,83	1.273.332.016,79	1.183.008.929,78	1.205.100.541,98	1.183.459.629,77	1.347.854.131,39	1.143.325.678,05
FINAL-INICIAL								-132.434.938,19

Fonte: Autores, 2020.

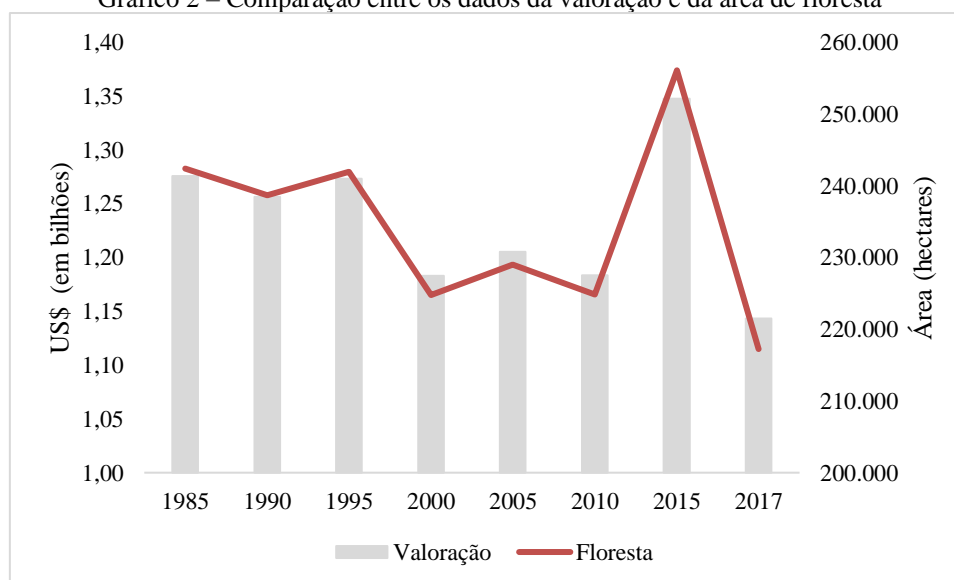
Gráfico 1 – Variação percentual da valoração econômica entre os anos analisados



Fonte: Autores, 2020.

De uma forma geral, houve uma variação percentual de 1985 a 2017, concentrando os maiores valores nos últimos sete anos, em decorrência da variação da área de floresta identificada na classificação do uso do solo. Isto porque, de acordo com o Gráfico 2, observa-se que a valoração ambiental e a área de floresta são diretamente proporcionais, quanto maior a quantidade de área vegetada, maior é o valor que essa floresta apresenta, e o inverso ocorre proporcionalmente. Dessa forma, identifica-se que, entre altos e baixos, houve uma diminuição de 10,38% no valor total estimado dos serviços ecossistêmicos, ou seja, a RBNSC perdeu aproximadamente 25 mil hectares de 1985 a 2017, os quais podem ser também representados nesse estudo como mais de US\$ 130 milhões.

Gráfico 2 – Comparação entre os dados da valoração e da área de floresta



Fonte: Autores, 2020.

Diversos autores em constatado o mesmo fato em seus estudos, Gashaw *et al.* (2018) mostrou que US\$ 5, 83 milhões no valor dos SEs foi em decorrência de uma perda de floresta durante os anos de 1985 e 2015 na Etiópia, já Kindu *et al.* (2016), encontraram uma redução bem mais significativa, de quase US\$ 20 milhões, em um período de 1973 e 2012. No Brasil, Ferreira *et al.* (2019) relatou acerca de uma perda de aproximadamente US\$ 10 milhões em uma microbacia hidrográfica na Paraíba, entre 1989 e 2014.

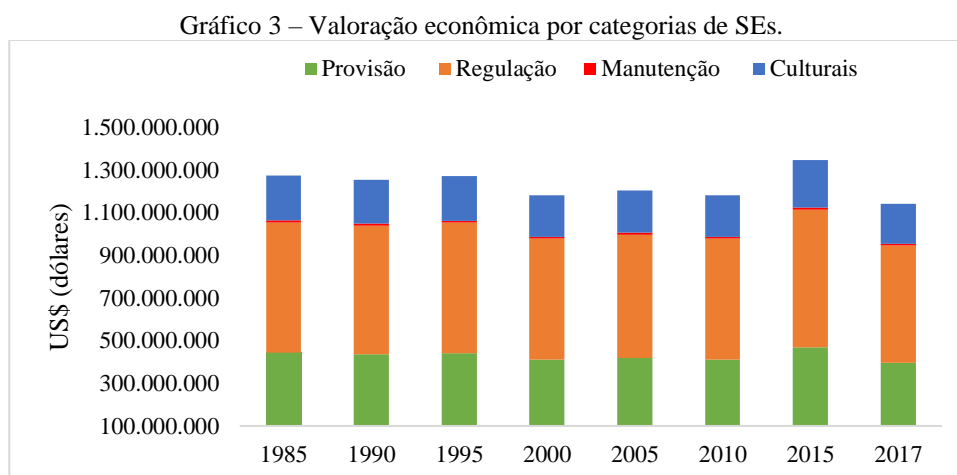
Especificamente sobre a perda no valor dos serviços ecossistêmicos pelo desmatamento, Castro & Andrade (2016) relataram sobre o custo do desmatamento na Amazônia brasileira (1988 a 2014), onde representado por quase R\$ 10 bilhões de reais. Enfatiza-se então no estudo de Castro & Andrade (2016) que a depredação da floresta nativa amazônica propicia a redução no fornecimento de serviços ecossistêmicos para a população, ou seja, também deve ser considerada como uma perda econômica.

Os municípios que abrangem a RBNSC, Altamira e Novo Progresso, são considerados como municípios que mais desmatam na Amazônia brasileira, e os números elevados de desflorestamento estão comumente relacionados com as principais atividades desenvolvidas na área, pecuária e agricultura (Marussia & Campanili, 2013). Logo, as altas taxas de desmatamento nessas áreas, inclusive adentrando em unidades de conservação de proteção integral, deve-se ao corte raso e queima da floresta para alteração do uso (Coy & Klingler, 2014; Soares *et al.*, 2014).

Segundo MEA (2005), Wang *et al.* (2015) e Liu *et al.* (2020) as alterações dos ecossistemas, como por exemplo a substituição de florestas por áreas cultivadas, pastagens e áreas construídas, além da perda e fragmentação de habitats naturais podem levar a influenciar o funcionamento do ciclo da água e ameaças a espécies e redução da biodiversidade. Consequentemente, mudanças nos padrões de uso do solo afetam a qualidade e quantidade de serviços ecossistêmicos, levando também a impactos significativos nos valores dos SEs (Constanza *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2015). A expansão de áreas cultivadas em detrimento de vegetação nativa fornece o aumento nos serviços de provisão de alimentos, enquanto que serviços de regulação e culturais são comprometidos com o aumento dessas áreas (Kindu *et al.*, 2016; Tolessa *et al.*, 2017).

Em relação à divisão desses valores entre as categorias de serviços ecossistêmicos, observa-se ainda que os principais responsáveis pelo quantitativo referente aos serviços são da categoria de regulação e provisão, seguido pela categoria dos culturais e o de

manutenção, conforme mostra o Gráfico 3, evidenciando assim a grande importância de determinados serviços intangíveis no bem-estar humano.



Fonte: Autores, 2020.

Analisando o gráfico acima, quase metade dos valores estimados para o total de SEs refere-se àqueles serviços que promovem a regulação natural dos processos ecossistêmicos, como a manutenção da qualidade do ar e o controle da poluição, regulação climática, controle da erosão, entre outros (MEA, 2005). Outra grande parte está relacionada àqueles que fornecem os produtos obtidos dos ecossistemas (provisão) e os culturais, que no caso é apenas uma estimativa fantasiosa, visto que na área de proteção integral essas práticas não são permitidas. Em menor proporção, tem os de manutenção, propiciam as condições necessárias para que os demais serviços possam ser disponibilizados à sociedade e por conta disso, uma das justificativas para explicar o baixo valor, seria que as outras categorias podem trazer “embutido” o valor dos de manutenção. (MEA, 2005; Andrade, 2010).

Estudos de Msofe *et al.* (2020) mostram que na análise dos valores dos SEs, houve principalmente um decréscimo nos serviços de regulação e que esse fato está associado ao desflorestamento na área de estudo, corroborando com os dados encontrados para a RBNSC. Ademais, faz-se possível identificar os serviços individualmente conforme Solomon *et al.* (2019), onde analisou os anos de 1985, 2000 e 2016 e constatou que os maiores valores estão sempre relacionados à regulação climática, tal como encontrado para a RBNSC, onde equivale a mais de 80% dos serviços de regulação.

Portanto, o desmatamento de áreas com floresta amazônica faz com que uma série de serviços ecossistêmicos sejam afetados, sendo mais facilmente identificados a partir da prática da monetarização desses serviços, representando assim uma perda econômica

a partir dessa depredação, afirmam Castro & Andrade (2016). A metodologia de transferência de benefícios (*benefit transfer*) embora seja criticado por conta de incertezas, esse método vem sendo amplamente utilizado para estimar valor de serviços ecossistêmicos em áreas onde há restrições de recurso financeiro, humano, tempo e disponibilidade de informações para realizar estudos como este (Nelson *et al*, 2009; Castro & Andrade, 2016; Tolessa *et al*, 2017; Ferreira *et al*, 2019).

4. Considerações finais

O estudo em questão constatou que a Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo apresentou uma perda superior a US\$ 130 milhões em relação aos serviços ecossistêmicos de 1985 a 2017, mostrando a estreita relação das alterações na dinâmica do uso solo, como a retirada de floresta para a implantação de pecuária e agricultura, com os valores dos serviços ecossistêmicos.

A ação de atribuir valor aos benefícios fornecidos pela floresta apresenta-se como forma de sensibilizar a comunidade sobre a relevância desses recursos e o valor agregado na proteção de áreas naturais vegetadas, a reflexão sobre o possível quantitativo necessário para recuperar uma área protegida do desmatamento e uma abordagem diferenciada para incentivar a criação e implementação de políticas públicas almejando reforçar a proteção dessas áreas.

Dessa forma, essa análise da valoração econômica de serviços ecossistêmicos funcionou como mecanismo para salientar a importância dos serviços intangíveis (valores de uso indireto) prestados pelos recursos naturais, que dificilmente conseguem ser precificados e por muito tempo eram considerados apenas como um bem público disponível e inesgotável, no entanto, apresentam funções fundamentais para a manutenção do bioma e para assegurar a qualidade de vida da população.

Referências

- Ahammad, R.; Stacey, N.; Eddy, I. M. S.; Tomscha, S. A.; Sunderland, T. C. H. Recent trends of forest cover change and ecosystem services in eastern upland region of Bangladesh. *Science of the Total Environment*, v. 647, p. 379–389, 2019.
- Andrade, D. C.; Romeiro, A. R.; Fasiaben, M. C, R.; Garcia, J. R. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. n. 25. p. 53-71. jan./jun. 2012.
- Araújo, E.; Barreto, P.; Baima, S.; Gomes, M. *Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015)*. Belém. Imazon. 92 pp. 2017. Disponível em:

http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/UCS%20mais%20desmatadas%20Amazonia_2012-2015.pdf

Brasil. Decreto Federal s/n de 20 de maio de 2005. *Institui a criação da unidade de conservação de proteção integral Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo*. Brasília: DOU de 23/05/2005.

Brasil. Lei nº 9.985, de 8 de julho de 2000. *Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Brasília: DOU de 19/07/2000.

Brasil. *Plano de Manejo da Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2009. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_nascentes_da_serra_do_cachimbo.pdf

Cardoso, D.; Souza Jr, C. *Degradação florestal em áreas protegidas*. Imazon. Belém. Disponível em: https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/outros/OEstadoAPs_DegradacaoFlorestal.pdf

Castro, A. S.; Andrade, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). *Perspectiva Econômica*. v. 12. n. 1. p. 1–15. 2016.

Coy, M; Kingler, M. Frentes pioneiras em transformação: o eixo da BR-163 e os desafios socioambientais. *Revista Território & Fronteiras*, v.7, n.1, p. 1-26, 2014.

Costa, A. L. S. Efetividade de gestão da Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu: desafios de consolidação de uma unidade de conservação na região da Terra do Meio, Estado do Pará. 201 p. 2013.

Costa, G.; Silva, G.; Brambilla, C.; Lobato, L.; Cunha, L.; Teles, V.; Nunes, D.; Cavalcante, M. Ocupações ilegais em unidades de conservação na Amazônia: o caso da Floresta Nacional do Bom Futuro no Estado de Rondônia/Brasil. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, n. 8, p. 33-49, 2015.

Costanza, R.; D'arce, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'neill, R. V.; Paruelo, J.; Raskin, R. G.; Suttonkk, P.; Van Den Belt, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253–260, 1997.

Costanza, R.; De Groot, R.; Sutton, P.; Ploeg, S. Van Der.; Anderson, S. J.; Kubiszewski, J.; Farber, S.; Turner, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, v. 26. p. 152 – 158. 2014.

Crespin, S. J.; Simonetti, J. A. Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. *Ecosystem Services*, v. 17. p. 5-13. 2016.

Crossman, N. D.; Bryan, B. A. Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing land scape multi-functionality. *Ecological Economics*, v. 68. p. 654–668. 2009.

Crossman, N. D.; Bryan, B. A.; Summers, D. M. Carbon payment sand low-cost conservation. *Conservation Biology*, v. 25. p. 835–845. 2011.

Daily, G. C. *Nature's services: societal dependence on natural systems*. Washington DC: Island Press. 1997.

- Das, M.; Das, A. Estimation of Ecosystem Services (EESs) loss due to Transforamtion of Local Climatic Zones (LCZs) in Sriniketan-Santiniketa Planning Area (SSPA), West Bengal, India. *Sustainable Cities and Society*, v. 47, 2019.
- De Groot, R. S.; Brander, L.; Ploeg, S. Van Der.; Costanza, R.; Bernard, F.; Braat, L.; Christie, M.; Crossman, N.; Ghermandi, A.; Hein, L.; Hussain, S.; Kumar, P.; Mc Vittie, L.; Portela, R.; Rodriguez, L.C.; Brinkm, P.; Van Beukering, P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, v. 1. p. 50 – 61. 2012.
- Eastwood, A., Brooker, R., Irvine, R.J., Artz, R.R.E., Norton, L.R., Bullock, J.M., Ross, L., Fielding, D., Ramsay, S., Roberts, J., Anderson, W., Dugan, D., Cooksley, S., Pakeman, R.J. Does nature conservation enhance ecosystem services delivery? *Ecosyst. Serv.*, 17, 152–162, 2016.
- Fearnside, P. Deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Science*, p. 1-58, 2017.
- Ferreira, L. M. R.; Esteves, L. S.; Souza, E. P.; Santos, C. A. C.; Rêgo, V. G. S. Mudanças espaço temporal da disponibilidade de serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica do nordeste brasileiro. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 52, p. 155-174, 2019.
- Gashaw, T.; Tulu, T.; Argaw, M.; Worqlul, A.W.; Tolessa, T.; Kindu, M. Estimating the impacts of land use/land cover changes on ecosystem service values: The case of the andassa watershed in the upper blue Nile basin of Ethiopia. *Ecosyst. Serv.*, v. 31, p. 219–228, 2018.
- Gao, J.; Zha, Y.; Ni, S. Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, northwestern China using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, v.22. p.3783-3795. 2001.
- Hu, H.; Liu, W.; Cao, M. Impact of land use and land cover changes on ecosystem services in Menglun, Xishuangbanna, Southwest China. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 156. p. 146 – 147. 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 13 de outubro de 2018.
- ISA. Instituto Socioambiental. 2017. Disponível em: < <https://uc.socioambiental.org/>>. Acesso em 20 de setembro de 2018.
- Liu, Y.; Hou, X.; Li, X.; Song, B.; Wang, C. Assessing and predicting changes in ecosystem service values based on land use/cover change in the Bohai Rim coastal zone. *Ecological Indicators*, v. 111, 2020.
- Lobato, C. Mapa geral das unidades de conservação da natureza instituídas pelo Governo do Estado do Pará. Belém: SEMA/DIAP, 2010
- Lopes, F.; Mielniczuk, J.; Oliveira, E. S.; Tornquist, C. G. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14. p. 1038-1044. 2010.
- Kindu, M.; Schneider, T.; Teketay, D.; Knoke, T. Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in munessa–shashemene landscape of the Ethiopian highlands. *Sci. Total Environ*, v. 547, p. 137–147, 2016.

- MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. *Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. 2019. Disponível em: <http://mapbiomas.org/map#coverage>
- Marcuatú, B. C.; Coelho, A. S.; Maneschy, R. Q.; Canto, O. Uso e cobertura da terra na Floresta Nacional do Jamanxim, Novo Progresso, Pará: considerações sobre sua desafetação. *Estudos Geográficos*, v. 15, n. 2, p. 35-56, 2017.
- Marussia, W.; Campanili, M. *Programa Municípios Verdes: lições aprendidas e desafios para 2013/2014*. Belém, PA: Pará. Governo do Estado. Programa Municípios Verdes, 2013.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human well-being. Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 2005.
- Medeiros, R.; Young, C.E.F.; Pavese, H. B.; Araújo, F. F. S. *Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo*. Brasília: UNEP-WCMC. 44p. 2011.
- Msofe, N. K.; Sheng, L.; Li, Z.; Lyino, J. Impact of Land Use/Cover Change on Ecosystem Service Values in the Kilombero Valley Floodplain, Southeastern Tanzania. *Forests*, v. 11, n. 109, 2020.
- Nelson, E.; Mendoza, G.; Regetz, J.; Polasky, S.; Tallis, H.; Cameron, D. R.; Chan, K. M. A.; Daily, G. C.; Goldstein, J.; Kareiva, P. M.; Lonsdorf, E.; Naidoo, R.; Ricketts, T. H.; Shaw, M. R. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers Ecology Environment*, v. 7, p. 4-11, 2009.
- Santos, N. G.; Herreros, M. M. A. G.; Beltrão, N. E. S. O custo do desmatamento em um município verde: uma análise a partir de dados globais. *VIII Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Gestão Organizacional e Desenvolvimento: do Global ao Local*. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326827386_O_CUSTO_DO_DESMATAMENTO_EM_UM_MUNICIPIO_VERDE_UMA_ANALISE_A_PARTIR_DE_DADOS_GLOBAIS>. Acesso em 25 de outubro de 2018.
- Solomon, N.; Segnon, A. C.; Birhane, E. Ecosystem Service Values Changes in Response to Land-Use/Land-Cover Dynamics in Dry Afromontane Forest in Northern Ethiopia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v. 16, n. 23, 2019.
- Soares, F. R.; Asta, A. P.; Amaral, A. Evolução especial da população, núcleos de ocupação e desmatamento no município de Novo Progresso - PA. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 1, n.66, p. 115-125, 2014.
- Sousa, T. B.; Cunha, E. B. Valoração econômica ambiental: uma estimativa do valor de uso e valor de não uso do Rio Amazonas no litoral da capital amapaense. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 3, n. 2, p. 265–286. 2013.
- TEEB. *Integrando a Economia da Natureza: uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB*. 2010.
- Tolessa, T.; Senbeta, F.; Abebe, T. Land use/land cover analysis and ecosystem services valuation in the central highlands of Ethiopia. *Forests Trees Livelihoods*, v. 26, p. 111–123, 2017.

Wang, Z.; Wang, Z.; Zhang, B.; Lu, C.; Ren, C. Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. *Ecological Processes*, v. 4. n. 1. p. 11. 2015.

Wilson, M. A.; Hoehn, J. P. Valuing environmental goods and services using benefit transfer: The state-of-the art and science. *Ecological Economics*. v. 60. n. 2. p. 335–342. 2006.

Zamadei, T.; Heimann, J. P.; Pires, P. T. L. Recategorização de Unidades de Conservação: Estudo de Caso Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo – PA, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 4, p. 1796-1808, 2019.

CONCLUSÕES GERAIS

O estudo em questão objetivou mapear e analisar a atual oferta de serviços ecossistêmicos, tal como realizar uma valoração econômica destes na Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, situada no estado do Pará, utilizando como principais ferramentas, tanto para aquisição de dados como para visualização das informações geradas, técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e da economia ambiental.

A partir da aplicação das metodologias propostas, conclui-se que a RBNSC apresenta um grande potencial de fornecimento de todas as classes de SEs, principalmente em áreas naturais florestadas. Nas áreas onde houveram alteração do uso do solo para implementação de atividades agropecuárias, atualmente estão aptas a oferecer basicamente SEs de provisão e manutenção, destacando assim a fragilidade na oferta de serviços de regulação e culturais em áreas modificadas.

Além disso, destaca-se que durante o período analisado de 1985 a 2017, houveram variações em relação ao valor econômico dos serviços fornecidos pela floresta, no entanto é importante ressaltar que foi contabilizado uma perda de aproximadamente US\$ 130 milhões, que de acordo com a classificação gerada, provavelmente foi em decorrência das mudanças na dinâmica da UC, onde ambientes naturais foram transformados em áreas antropizadas.

Dessa forma, pode-se entender que o monitoramento e a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos são de extrema relevância para enfatizar acerca dos desserviços que as práticas agropecuárias em áreas protegidas podem acarretar, como a redução do potencial de oferta de bens e serviços à população e a perda econômica em relação à essas atividades. Logo, a análise econômica em relação aos SEs associados à uma UC na Amazônia foi proposta para ressaltar o valor das funções ecossistêmicas, materializando principalmente os serviços intangíveis.

Por fim, apesar da RBNSC abranger nascentes de importantes corpos hídricos na Amazônia, apresentar uma paisagem singular e estar situada em área estratégica para frear o desmatamento na área da BR-163, ela vem perdendo potencial na oferta de serviços ecossistêmicos e os mesmos estão ameaçados em decorrência das mudanças na dinâmica do uso do solo. Os métodos aplicados possibilitam a criação e implementação de políticas públicas para proteção de unidades de conservação e a sensibilização da população sobre os serviços ecossistêmicos.

ANEXOS

NORMAS DA REVISTA (ARTIGO 1)

Os textos devem ser digitados em Word, fonte Arial 12, espaçamento de 1,5 linhas, formato A4.

Mínimo de 15 páginas e máximo de 25 páginas com bibliografia inclusa.

Margens esquerda e direita de 2,5 cm. Margem superior de 2,56 cm e margem inferior de 1,5 cm.

Incluir resumo em português, inglês e espanhol (não usar tradutor automático – eletrônico/computador). Resumos com o máximo de 10 linhas e até 5 palavras-chave, em português, inglês e espanhol. (recomenda-se passar por revisão de profissional especializado).

O título deve ser digitado em português, inglês e espanhol. Título em Word, fonte Arial 12, negrito, letras maiúsculas e centralizado.

As notas de rodapé devem ser digitadas com a mesma fonte do texto, em tamanho 10 e de acordo com o processador utilizado.

As referências bibliográficas devem ser organizadas de acordo com as normas da ABNT (títulos, artigos e revistas em negrito).

As ilustrações (mapas, figuras, tabelas, gráficos, fotos) devem ser inseridas no texto, com indicação prevista no texto.

O texto deve ser encaminhando completo, revisado, cabendo aos autores a responsabilidade sobre o original.

Todos os artigos encaminhados para publicação são submetidos à apreciação por pareceristas do Conselho Científico da Revista Geosul, ou por pareceristas "ad hoc". Não deve-se incluir no artigo nome (s) do (s) autor (es) e nem informações que possam identificar os autores.

NORMAS DA REVISTA (ARTIGO 2)

A Desenvolvimento e Meio Ambiente publica trabalhos em português, inglês, espanhol e francês. Os artigos devem ser enviados em sua língua original, sendo obrigatório título, resumo e palavras-chave na língua original, em português e inglês.

Devem ser digitados em OpenOffice ou MS Word (salvos na extensão .doc ou .docx), em tamanho de folha A4, margens superior e inferior de 2,5 cm e esquerda e direita de 3,0

cm, com 1,5 de espaço entre linhas, fonte Times New Roman tamanho 12, texto alinhado à esquerda e todas as páginas numeradas.

As tabelas e figuras devem estar numerados em algarismos arábicos, com legendas em fonte tamanho 10 e inseridos ao longo do texto, no primeiro ponto conveniente após sua primeira menção. São aceitas figuras coloridas, preferencialmente em formato JPEG, embora também sejam aceitáveis os formatos GIF, TIFF, BMP e PNG. Mapas e fotos são considerados Figuras e assim devem estar denominados no trabalho. No arquivo com o artigo para submissão, a qualidade das figuras deve ser suficiente para avaliação, mas, se necessário, pode ser inferior à versão final, de modo que o arquivo não ultrapasse 5 MB. Se o artigo for aceito, as figuras poderão ser novamente fornecidas em melhor resolução para a versão de publicação (no mínimo 300 dpi), devendo ser enviadas separadamente com a respectiva identificação (ex. Figura 1).

Os títulos das seções devem estar numerados em algarismos arábicos, destacados em negrito e itálico (ex. 1. Introdução), e as subseções, em qualquer nível, numeradas e apenas em itálico. Os artigos e ensaios não podem passar de 30 páginas, as resenhas de 5 páginas e as conferências de 20 páginas, incluindo figuras, tabelas e referências.

A estrutura dos artigos e ensaios deve ser a seguinte:

- a) Título na língua original, português e inglês.
- b) Resumo (com no máximo 300 palavras) na língua original, português e inglês, acompanhados de três a cinco palavras-chaves em cada um dos idiomas.
- c) Introdução.
- d) Corpo do artigo, com as seções julgadas pertinentes pelos autores.
- e) Agradecimentos (opcional).
- f) Referências.

As notas de rodapé devem estar no fim da página (e não do documento) e numeradas em algarismos arábicos, fonte Times New Roman tamanho 10, alinhado à esquerda.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais