

VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DO USO DA TERRA NA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ, SERGIPE

Milton Marques Fernandes¹

Diego Araujo Oliveira Silva²

Joabe Aquitofel Barbosa³

Bruno Damasceno Xavier³

Daniel Caixeta Andrade⁴

RESUMO

Este trabalho objetivou analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017 na -bacia do rio Jacaré, SE, buscando-se a valoração monetária dos seus serviços ecossistêmicos. Delimitou-se a bacia do rio Jacaré e, para análise do uso e cobertura da terra, utilizou-se imagens Landsat-8, sensor OLI, dos anos de 2013 e 2017. Para a valoração ecossistêmica das classes, pautou-se nos valores monetários conforme metodologia que classifica o valor dos biomas mais representativos, utilizados como *proxy* para o valor de cada categoria de uso da terra. Em 2013, o maior uso da terra foi a pastagem, com 55,8%, já em 2017, mais de 50% das áreas estavam florestadas (Regeneração natural e Caatinga) e 20% delas com solo exposto, o que sugeriu que a bacia está em processo de desertificação. As classes Caatinga, Regeneração natural e Pastagem correspondem a cerca de 99% e 98% dos valores dos serviços ecossistêmicos de 2013 e 2017, respectivamente. Portanto, houve um aumento de aproximadamente 23% no valor dos serviços ecossistêmicos, que é equivalente a US\$ 30,71 milhões. Conclui-se que houve incremento nos percentuais das áreas florestadas e de solos expostos. O serviço ecossistêmico ciclagem de nutrientes foi o que obteve maior valor econômico, em ambos os anos; e, os valores 105,4 US\$. ha⁻¹.ano⁻¹ e 46,5 US\$.ha⁻¹.ano⁻¹.

Palavras-chave: Capital Natural; Valoração Ecosistêmica; Dinâmica Ambiental; Cobertura Florestal.

ABSTRACT

Valuation of ecosystem services in the Jacaré watershed, Sergipe. This work aimed to analyze the dynamics of land use and coverage in the years 2013 and 2017 in the Jacaré watershed, SE, looking for the monetary valuation of its ecosystem services. This watershed was delimited and, for the analysis of land use and coverage, Landsat-8 images, OLI sensor, from the years 2013 and 2017 were used. For the ecosystemic valuation of the classes, monetary values were based on a methodology that classifies the value of the most representative biomes used as a proxy for the value of each category of land use. In 2013, the largest land use was pasture, with 55.8%. In 2017, however, more than 50% of the areas are forested (Natural regeneration and Caatinga) and 20% with areas with exposed soil, which suggest that the sub-basin is in the process of desertification. The classes Caatinga, natural regeneration and pasture correspond to about 99% and 98% of the values of ecosystem services of 2013 and 2017, respectively. There was an increase of approximately 23% in the value

¹ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe – UFS, SE, Brasil. E-mail para correspondência: miltonmf@gmail.com

² PPG em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal de Sergipe – UFS, SE, Brasil.

³ PPG em Economia, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil.

⁴ Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil.

of ecosystem services, equivalent to the US \$ 30.71 million. It is concluded there was increase in the percentage of forested areas and exposed soils. The ecosystem service nutrient cycling was the one that obtained the greatest economic value, in both years; and, the amounts 105.4 US \$. ha⁻¹.year⁻¹ and 46.5 US \$.ha⁻¹.year⁻¹.

Keywords: Natural Capital; Ecosystem Assessment; Environmental Dynamics; Forest Cover.

INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, sendo a cobertura vegetal típica do semiárido da região Nordeste, e abrangendo uma área aproximada de 844.453 km², ou seja, cerca de 10% do território brasileiro e 26% do território sergipano (SFB, 2010). A vegetação da Caatinga sustenta a economia da regional por meio do fornecimento de lenha e carvão para a matriz energética, de produtos florestais não madeireiros como local de pastejo (pecuária extensiva), de serviços sociais e ambientais (CBHSF, 2016).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui uma área de drenagem de 636.920 km², correspondente a 8% do território nacional, abrangendo sete unidades da federação: Bahia, Minas Gerais, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Goiás e Distrito Federal (ANA, 2005). No Estado de Sergipe, esta bacia hidrográfica é representada pela região fisiográfica do Baixo São Francisco (CBHSF, 2016), com 7.024 km²; cerca de 32% do território sergipano, que abrange 28 municípios (Silva e Cirilo, 2011) e três condições climáticas: semiárido, agreste e subúmido (Aguiar Netto, 2009).

Dentre as sub-bacias hidrográficas do semiárido sergipano que integram a bacia hidrográfica do rio São Francisco, tem-se a bacia do rio Jacaré, que é um afluente da margem direita do rio São Francisco (Santana et al., 2007). Essa bacia abrange os municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco (Carvalho et al., 2015), tendo como principais usos e cobertura da terra a Caatinga, o solo exposto e as atividades agropecuárias em substituição à cobertura florestal (Telles et al., 2016).

A bacia do rio Jacaré é uma região susceptível a alterações na dinâmica dos recursos hídricos, principalmente devido à fragilização dos leitos dos rios e à concentração de aglomerações urbanas (Carvalho et al., 2015). Além disso, esta bacia se caracteriza pela presença significativa de Assentamentos Rurais e Colônias Agrícolas (INCRA, 2019) e pela forte presença da produção agropecuária (Santana et al., 2007).

Por sua vez, sabe-se que as mudanças no uso e na cobertura da terra, bem como os aspectos socioeconômicos e culturais dos agricultores, interferem na disponibilidade dos serviços ecossistêmicos (SEs) (Parron et al., 2015). Os SEs são os benefícios que o homem obtém dos ecossistemas e são essenciais para a sua sobrevivência (MEA, 2005), tais como a regulação de água e do clima, o controle da erosão, provisão de alimentos, dentre outros (Andrade et al., 2012). Desta forma, a quantificação, mapeamento e avaliação de múltiplos SEs são de grande interesse para as políticas com foco conservacionista e de ordenamento territorial (Parron e Garcia, 2015), tendo a utilização da valoração ecossistêmica como uma ferramenta para demonstrar o valor monetário dos SEs (Motta, 1997). Assim, este artigo tem como objetivo analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017 na bacia do rio Jacaré, SE, buscando-se a valoração monetária dos seus serviços ecossistêmicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Jacaré está localizada na região semiárida do Estado de Sergipe, nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo (Figura 1). Esta bacia abrange uma área de 943,98 km², com perímetro de 142,77 km, gradiente altimétrico entre nascente e foz de 270 m e índices de forma de 0,53 e compacidade de 1,3 (Santana et al., 2007). O rio Jacaré tem uma extensão de 73,5 km.

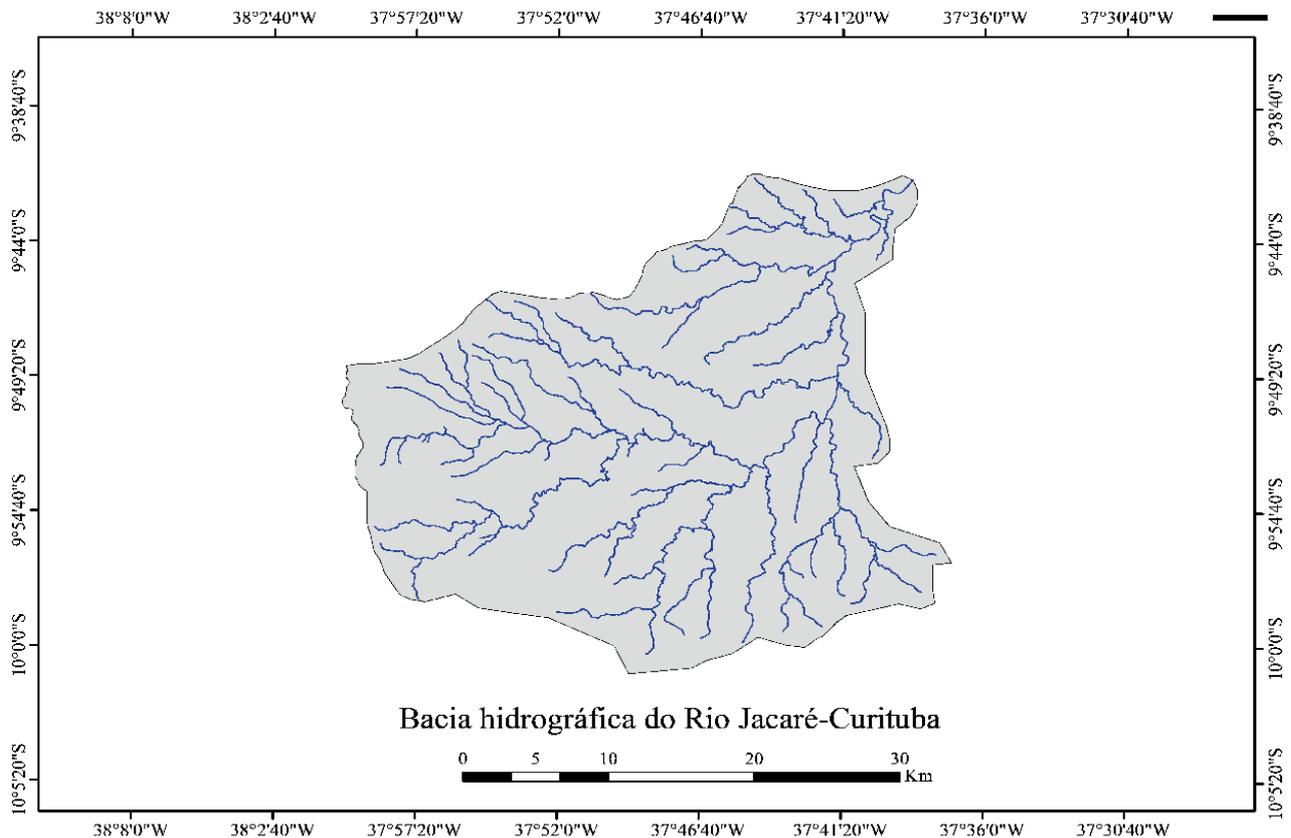


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Jacaré.

O clima na região é o semiárido do tipo “BSh”, segundo a classificação de Köppen, com baixa incidência pluviométrica, que varia entre 250 e 900 mm.ano⁻¹, com temperaturas médias anuais relativamente elevadas, entre 26 e 29°C (Alves, 2007).

Para a análise do uso da terra, foram obtidas imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), dos anos de 2013 e 2017, com resolução espacial de 30 m, além de uma imagem *Rapideye* do ano de 2016, com resolução espacial de 5 m. Os dados utilizados foram cedidos pela Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) do Estado de Sergipe e do sítio do *United States Geological Survey* (USGS). As imagens de satélite foram selecionadas em função da menor presença de nuvens ($\leq 35\%$ de área coberta por nuvens) (Prado et al., 2007).

As imagens Landsat foram processadas no software Qgis. As observações visuais preliminares foram feitas sobre as imagens na melhor composição colorida 6(R)5(G)4(B) para a imagem do Landsat-8. As imagens foram georreferenciadas por meio do sistema de coordenadas UTM, Zona 24 Sul, Datum

WGS-84. Para o registro das imagens Landsat, usou-se uma imagem *Rapideye* como referência geométrica. Aplicou-se uma transformação polinomial de primeiro grau, gerando-se erros médios quadráticos (RMS) inferiores a 1 pixel da imagem Landsat. Em seguida, as imagens foram submetidas ao tratamento de realce de contrastes, e se fez a equalização para melhor identificação e agrupamento dos aspectos referentes ao uso e à cobertura da terra.

As imagens foram submetidas à classificação supervisionada por máxima verossimilhança. A classificação automática foi realizada no Qgis, na qual foi possível classificar seis classes: Caatinga, regeneração natural, agricultura, pastagem, solo exposto e corpos d'água. Foram definidas e coletadas 40 amostras de treinamento para cada classe de uso e de cobertura da terra presente nas imagens, utilizando-se a ferramenta *Signature Editor*. Para definição das classes mapeadas e as áreas utilizadas nas amostras de treinamento, teve-se um conhecimento prévio da área representada da imagem, feito por meio de visitas a campo e da utilização da imagem *Rapideye*.

Os valores dos serviços ecossistêmicos foram classificados por meio das classes de uso da terra que foram identificadas na bacia do rio Jacaré. O cálculo dos serviços ecossistêmicos foi realizado de acordo com as estimativas propostas por Costanza et al. (1997) e Andrade et al. (2012), conforme Equações 1, 2, 3, 4 e 5, que classificou os biomas mais representativos utilizados como proxy para o valor de cada categoria de uso da terra. A tabela 1 mostra as equivalências utilizadas e o valor dos serviços ecossistêmicos gerados para cada categoria de uso da terra.

Tabela 1. Biomas equivalentes para as classes de uso da terra na bacia do rio Jacaré, SE e os valores dos serviços ecossistêmicos (US\$.ha⁻¹.ano⁻¹). (a) nomenclatura original utilizada em Costanza et al. (1997); (b) em US\$ por hectare por ano. Corresponde ao valor agregado dos serviços ecossistêmicos gerados pela respectiva categoria de uso da terra, dadas as informações disponíveis.

Classes de uso da terra	Bioma equivalente ^a	Coefficiente dos serviços ecossistêmicos ^b
Caatinga	<i>Tropical forest</i>	3,067
Regeneração	<i>Tropical forest</i>	3,067
Agricultura	<i>Cropland</i>	141,000
Pastagem	<i>Grass/rangelands</i>	373,000
Solo Exposto	<i>Urban</i>	0,000
Corpos D'água	<i>Lakes/Rivers</i>	12,979

$$VSE_{total} = \sum(A_k * VC_k) \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

VSE_{total} = Valor total dos serviços ecossistêmicos (em US\$); A_k = Área total da classe de uso e cobertura da terra k (em ha);

VC_k = Coeficiente de valor dos serviços ecossistêmicos por classe de uso k (em US\$.ha⁻¹.ano⁻¹).

A variação no valor dos serviços ecossistêmicos foi obtida pela diferença entre os valores estabelecidos em cada classe de uso da terra nos anos de 2017 e 2013 (Equação 2).

$$\Delta VSE_{absk} = VSE_{2017k} - VSE_{2013k} \quad \text{Equação 2}$$

Já a variação relativa é dada pela equação 3:

$$\Delta VSE_{relk} = (VSE_{2017k} / VSE_{2013k} - 1) * 100 \quad \text{Equação 3}$$

Em que, ΔVSE_{absk} e ΔVSE_{relk} são, respectivamente, a variação absoluta no valor dos serviços ecossistêmicos providos pela categoria de uso e cobertura da terra k (em dólares) e a variação relativa (%).

É possível obter o valor dos 17 serviços ecossistêmicos, descritos por Costanza et al. (1997), que apresentam estimativas monetária individuais por tipos de uso da terra.

Para este cálculo foi utilizada a seguinte equação (Equação 4):

$$VSE_f = \sum(A_k * VC_{fk}) \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

VSE_f = Valor estimado do serviço ecossistêmico f (em US\$.ano⁻¹); A_k = Área da classe de uso da terra k (em ha);

VC_{fk} = Coeficiente para o serviço ecossistêmico f na categoria k (em US\$. ha⁻¹.ano⁻¹).

Por fim, será calculado o Coeficiente de Contribuição da Variação (CCV_k), conforme equação (Equação 5):

$$CCV_k = (VSE_{2017} - VSE_{2013}) / \sum VSE_{2013} \quad \text{Equação 5}$$

Para o cálculo do custo oportunidade, considera-se o valor monetário obtido pelo uso da terra para fins de arrendamento agrícola (lavouras e/ou exploração animal). Neste caso, utilizaram-se os valores monetários apresentados, para o ano de 2017, pela empresa pública de assistência e extensão rural do Estado de Sergipe (EMDAGRO), descritos para os municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a tabela 2 e figura 2, em 2013, o maior uso da terra na bacia do rio Jacaré foi a classe Pastagem (55,88%). As classes Caatinga e Regeneração, quando somados, representam 38,48% dos usos da terra, e são importantes para a manutenção da biodiversidade da flora e fauna. Quanto aos demais

usos da terra, em menor percentual (5,64%), tem-se a seguinte ordem crescente: Corpos D'água (0,05%), Agricultura (0,38%) e Solo Exposto (5,21).

Tabela 2. Uso da terra na bacia do rio Jacaré, SE, nos anos de 2013 e 2017.

Classe	2013		2017	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Caatinga	17.020,08	17,67	19.969,41	20,73
Regeneração	20.050,77	20,81	30.179,41	31,32
Agricultura	370,22	0,38	4.259,05	4,42
Pastagem	53.837,93	55,88	21.999,54	22,84
Solo Exposto	5.015,79	5,21	19.747,83	20,50
Corpos D'água	44,72	0,05	184,27	0,19
Total	96.339,51	100,00	96.339,51	100,00

Em 2017, a classe Regeneração apresentou o maior uso da terra (31,32%), e quando somado com a classe Caatinga, perfaz percentual superior a 50,0%, sendo considerado um alto percentual de cobertura florestal para uma bacia hidrográfica (Tabela 2 e Figura 3). De acordo com Bircol et al. (2018), existe um limiar ecológico global para florestas tropicais entre 30 a 50% de cobertura florestal para que não haja perda de espécies e alterações da estrutura florestal.

As classes Agricultura e Corpos D'água se limitaram a 4,61% da área e a classe Pastagem apresentou percentual de 22,84%, enquanto a classe de Solo Exposto teve um percentual de 20,50%, inferindo-se que essa bacia está em processo de desertificação (Tabela 2). No semiárido sergipano, a desertificação se intensificou em decorrência do superpastejo, desmatamento e uso intenso dos recursos naturais da caatinga (Tavares et al., 2017), e ainda, devido ao processo de salinização de áreas irrigadas (Gois et al., 2016).

Assim, a dinâmica do uso da terra, no período de 2013-2017, demonstrou que a classe Regeneração apresentou um aumento de aproximadamente 50% e a classe Caatinga um acréscimo de cerca de 17% (Tabela 2). Em contrapartida, houve uma redução da classe Pastagem (59%), corroborando na redução de cerca de 10% do efetivo pecuário, já que esta bacia faz parte da bacia leiteira sergipana (Sergipe, 2019).

Entre os anos de 1980 a 2000, houve intenso desmatamento nos municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco, com a conversão para áreas de pastagens e uso da madeira para a produção de carvão (Bitencurti et al., 2017). De acordo com Fernandes et al. (2015), a região semiárida de Sergipe, no período de 1992 a 2013, sofreu um desmatamento de 26% de Caatinga, sendo convertida principalmente em pastagens. Entretanto, na bacia do rio Jacaré ocorreu uma inversão, com um aumento de áreas de vegetação mais preservada e redução de áreas de pastagens.

A bacia do rio Jacaré é objeto desde 2013 da implantação de ações como reflorestamento e proteção de fragmentos florestais no projeto Ópara, financiado pelo Comitê da bacia do rio São Francisco, o que contribui para o aumento das áreas de Regeneração e Caatinga, conforme informações obtidas com Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Também outra iniciativa que pode justificar um aumento de usos da terra florestais na bacia, foi a implementação em 2013 de um programa de pagamento por serviços

ambientais em alguns assentamentos na bacia no município de Canindé de São Francisco, conforme informações obtidas na prefeitura de Canindé de São Francisco, SE.

Por outro lado, tem-se que o maior aumento em percentual foi de Solo Exposto, aumentando cerca de 300%, no período avaliado, alcançando mais de 19 mil hectares de extensão (Tabela 2). Ressalta-se que, entre os anos de 2014 a 2017, houve um período de grande estiagem, com um agravamento do processo de desertificação na região semiárida sergipana (Martins et al., 2017). Já quanto ao uso agrícola, apesar do crescimento em torno de mais de dez vezes no tamanho da área cultivável, sua porcentagem de ocupação total ainda permanece baixa em relação ao total (menos de 5%) (Tabela 2). Isto ocorre em função do baixo índice pluviométrico da região onde somente se pratica agricultura irrigada, o que limita a expansão das áreas de agricultura.

Ressalta-se ainda que, com base nos dados cartográficos dos Assentamentos Rurais em Sergipe (INCRA, 2019), nesta bacia, estão inseridos 33 Assentamentos Rurais, equivalente a 30% da extensão territorial da bacia. Desta forma, o uso e cobertura das terras nestes Assentamentos Rurais têm impacto positivo significativo na dinâmica desta bacia.

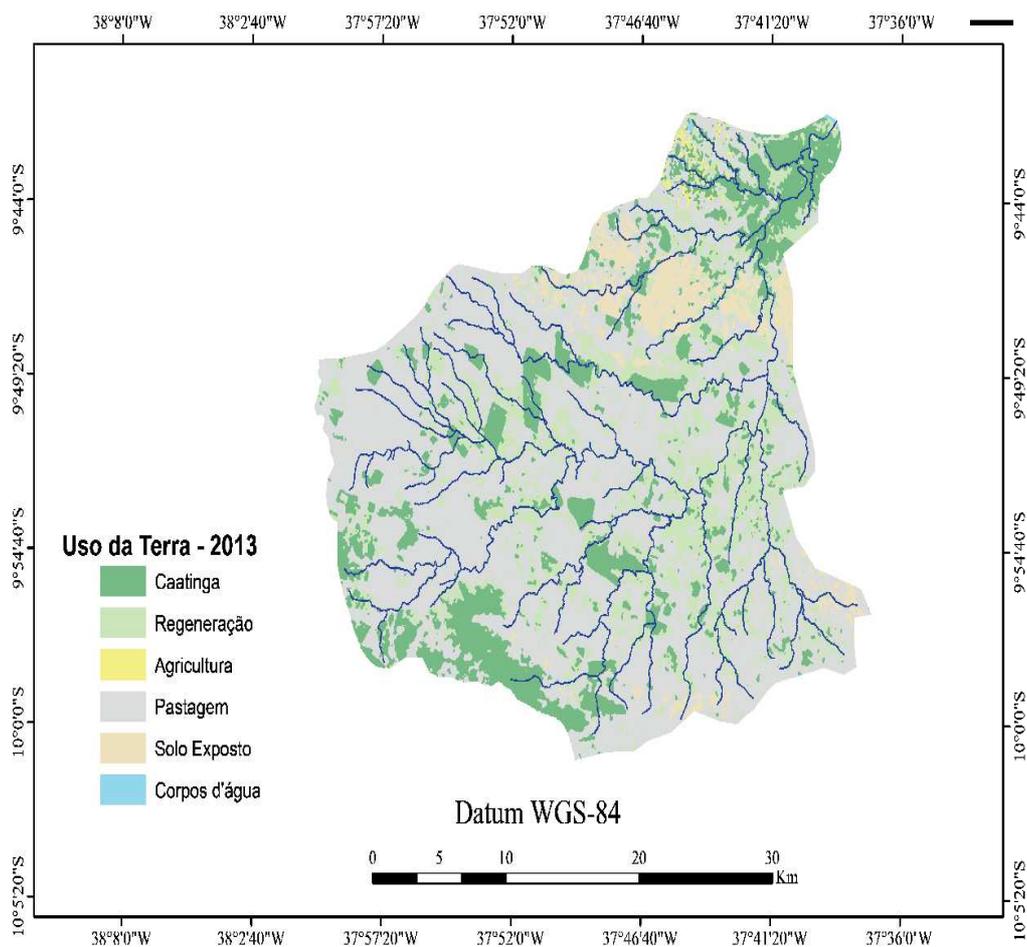


Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Jacaré, SE, do ano de 2013.

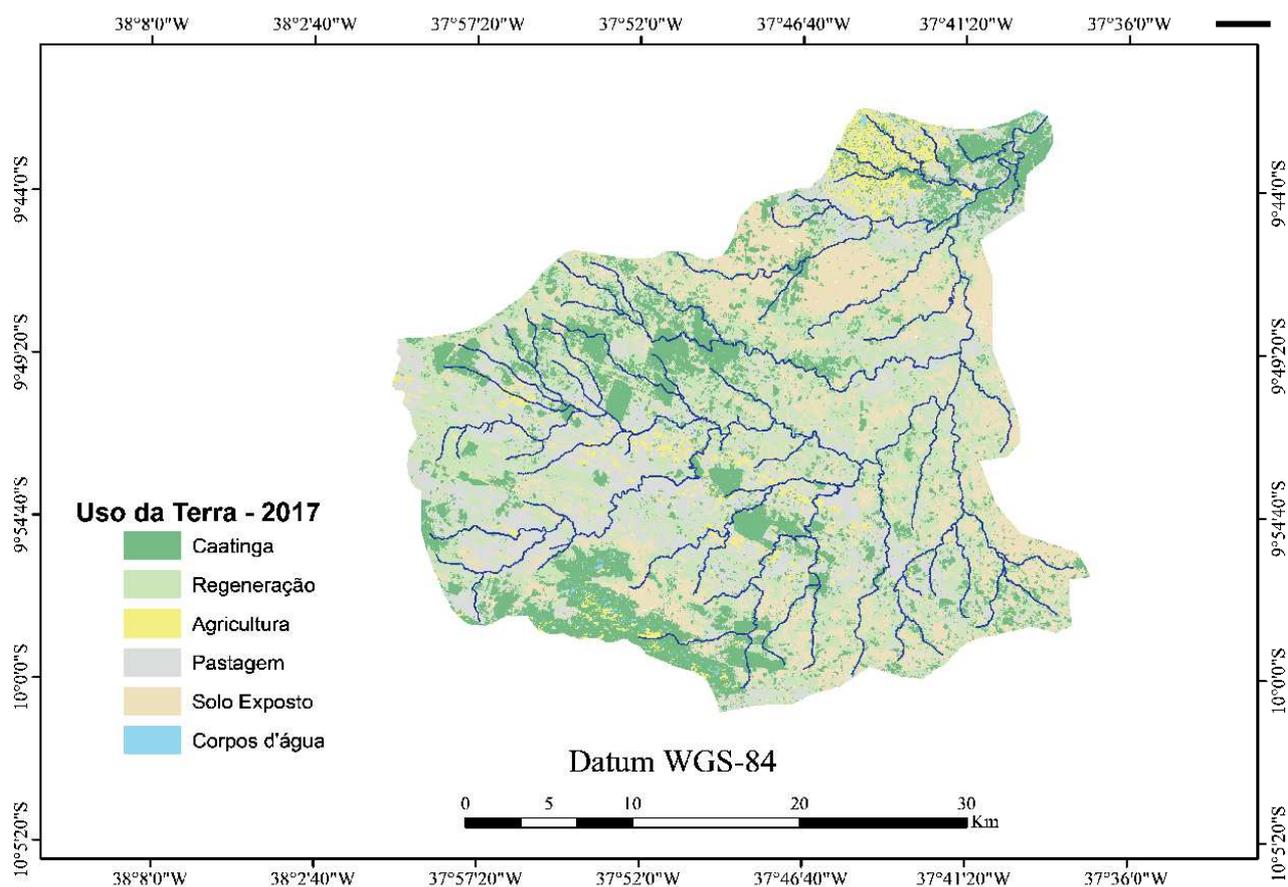


Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Jacaré, SE, do ano de 2017.

Na tabela 3, têm-se os resultados calculados de maneira ponderada para o valor de cada serviço ecossistêmico, em função da sua respectiva área (ha). Desta forma, pode-se observar o quanto as classes de uso e cobertura da terra influenciam no valor total gerado pelo ecossistema em análise. Calculou-se também a variação no período (2013 a 2017), em valores absolutos e relativos, assim como o Coeficiente de Contribuição da Variação (CCV).

Dentre as classes de uso e cobertura da terra, observa-se que o maior valor de serviço ecossistêmico prestado foi referente às áreas de Regeneração, em ambos os períodos analisados (Tabela 3). Já as áreas ocupadas por pastagens, apesar de serem maiores em extensão, no ano de 2013, tem um coeficiente de serviços, estimados por Costanza et al. (1997), menor em valores monetários (US\$).

Em conjunto, as classes de uso da terra Caatinga, Regeneração e Pastagem correspondem a cerca de 99% dos valores dos serviços ecossistêmicos em 2013, e 98% em 2017 (Tabela 3), apesar das alterações na dinâmica do uso e cobertura da terra. Por meio da análise da variação absoluta, observa-se que a redução em área e do valor do serviço ecossistêmico da Pastagem foi substituída por um aumento de área e valor do serviço ecossistêmico de Regeneração, e em parte por área e conseqüente valor de serviço ecossistêmico da Caatinga.

Cunha et al. (2014) avaliando-se a dinâmica e a valoração do uso da terra em uma bacia na Caatinga da Bahia, observaram que a redução da área de Caatinga dos anos de 2000 a 2012 resultaram em uma perda de US\$ 3,2 milhões. Os autores afirmam que houve uma expansão no período avaliado do percentual de pastagem com um conseqüente aumento do PIB e redução dos valores dos serviços ecossistêmicos, o

que representa o *trade-off* existente entre crescimento econômico e preservação dos fluxos de serviços ecossistêmicos.

Tabela 3. Estimativa do valor total dos serviços ecossistêmicos providos pela bacia do rio Jacaré, SE, por classe de uso e cobertura da terra nos anos de 2013 e 2017 (em mil US\$). ¹ Coeficiente de Contribuição da Variação dado por $CCV_k = (VSE_{2017} - VSE_{2013}) / \Sigma VSE_{2013}$.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Valores dos Serviços Ecossistêmicos (US\$ x 10 ³)				Variações		
	2013	%	2017	%	ΔVSE_{absk}	ΔVSE_{relk} (%)	CCV ¹ (%)
Caatinga	52.199,22	38,84	61.244,58	37,12	9.045,36	17,32	6,73
Regeneração	61.494,11	45,77	92.557,84	56,10	31.063,73	50,51	23,11
Agricultura	52,02	0,04	598,48	0,36	546,46	1.050,41	0,4
Pastagem	20.063,78	14,93	8.198,57	4,97	11.865,21	-59,13	-8,82
Solo Exposto	0	0	0	0	0	0	0
Corpos D'água	580,44	0,42	2.391,72	1,45	1.811,28	312,05	1,34
Total	134.389,57	100	164.991,19	100	30.701,62	22,77	22,77

Em termos de variação relativa, observa-se que houve uma explosão do valor do serviço ecossistêmico da agricultura, em comparação à proporção inicial (Tabela 3). Todavia, o valor de contribuição dessa classe é baixo em termos monetários (140,52 US\$.ha⁻¹.ano⁻¹). Em se tratando dos ganhos líquidos¹, houve um aumento de aproximadamente 23% no valor dos serviços ecossistêmicos na bacia do rio Jacaré, ou US\$ 30,71 milhões em termos monetários absolutos, sendo que o valor que mais contribuiu positivamente foi o do aumento das áreas de Regeneração (Tabela 3).

Quanto à classe de uso da terra Solo Exposto, esta foi classificada como *Urban*, a partir da análise de equivalência com Costanza et al. (1997) (Tabela 3). A partir dos dados agregados, torna-se útil também conhecer os valores dos coeficientes individuais para os serviços ecossistêmicos que estão apresentados na tabela 4.

No caso da classe 6 (corpos d'água) mesmo com poucas funções, sua importância é vital para o bem-estar humano, o que justifica seus elevados valores, tanto para a oferta de água quanto para a regulação (Tabela 4). Nas classes 1 e 2, classificadas como *Tropical Forest*, a maior contribuição está em ciclagem dos nutrientes, seguida pelo fornecimento de matéria-prima e controle de erosão (Tabela 4), realçando a importância de ecossistemas florestados para o equilíbrio do bioma do qual faz parte, por exercer a maioria dos serviços ecossistêmicos tabelados.

Tabela 4. Coeficientes de valores individuais dos serviços ecossistêmicos por classe de uso e cobertura da terra, baseado em Costanza et al. (1997), em US\$.ha⁻¹.ano⁻¹. Baseado na equivalência de biomas apresentada na tabela 2, em Costanza et al. (1997) e Andrade et al. (2012), atualizado para o ano de 2017. Categorias de uso da terra: 1 - Caatinga, 2 - Regeneração, 3 - Agricultura, 4 - Pastagem, 5 - Solo Exposto, 6 - Corpos d'água; (2) indica a inexistência de informação disponível e n.a. indica que o serviço ecossistêmico não é prestado pela respectiva classe de uso da terra ou é negligenciável.

Serviços ecossistêmicos	Classes de uso e cobertura da terra					
	1	2	3	4	5	6
Regulação de gás	...	...	...	11	n.a.	...
Regulação climática	341	341	...	0	n.a.	...
Regulação de distúrbios	8	8	...	...	n.a.	...
Regulação de água	9	9	...	5	n.a.	8.316
Oferta de água	12	12	...	...	n.a.	3.233
Controle da erosão	374	374	...	45	n.a.	...
Formação do solo	15	15	...	2	n.a.	...
Cicl.de nutrientes	1409	1409	...	...	n.a.	1.016
Tratamento de resíduos	133	133	...	134	n.a.	...
Polinização	...	...	21	39	n.a.	...
Controle biológico	...	...	37	35	n.a.	...
Habitat/refúgio	...	...	n.a.	...	n.a.	63
Produção de alimentos	49	49	83	103	n.a.	...
Matérias-primas	481	481	...	...	n.a.	...
Recursos genéticos	63	63	...	0	n.a.	351
Recreação	171	171	n.a.	3	...	...
Serviços culturais	3	3	...	...	...	...
Total	3.067	3.067	141	373	0	12.979

Em relação à tabela 5, observa-se que o maior serviço ecossistêmico em termos monetários prestados pela bacia do rio Jacaré é a ciclagem de nutrientes, em ambos os anos analisados, representando 38,87% e 42,91% dos valores totais, respectivamente. Em seguida, estão os valores de matérias-primas, controle de erosão, regulação climática e tratamento de resíduos. Interessante observar que a ordem desses valores não se altera em termos de relevância econômica nos anos analisados, havendo mudanças somente a partir da produção de alimentos que perde espaço para a recreação em 2017.

Quanto às variações ocorridas, o maior impacto positivo foi em habitat/refúgio que aumentou em valor de serviço ecossistêmico em torno de 312,56%, mantendo, contudo, sua participação relativa baixa no valor monetário próxima de 0%, devido ser um serviço ecossistêmico de baixo valor monetário e fornecido apenas pela categoria corpos d'água. Como maior variação negativa está a regulação de gás, afetada pela redução do valor do serviço ecossistêmico da classe de uso da terra pastagem (Tabela 5).

A expansão das áreas de Caatinga e Regeneração contribuiu para o aumento dos valores dos serviços ecossistêmicos e coeficientes acumulados e individualmente, visto que são as duas classes de uso da terra que mais fornecem serviços ecossistêmicos, enquanto que solo exposto, corpos d'água e agricultura fornecem um menor número de serviços, ou nenhum (solo exposto).

Tabela 5. Estimativa do valor individual dos serviços ecossistêmicos prestados pela bacia do rio Jacaré, Sergipe, nos anos de 2013 e 2017 (em mil US\$). ¹ Rel. = Relevância econômica (não ecológica). ² Variação relativa entre os anos de 2017 e 2013. ³ Coeficiente de Contribuição da Variação, dado por $CCV_k = (VSE_{2017} - VSE_{2013}) / \Sigma VSE_{2013}$.

Serviços ecossistêmicos	Valores dos Serviços Ecossistêmicos (US\$ x 10 ³)						Variações	
	2013	%	Rel. ¹	2017	%	Rel. ¹	% ²	CCV ³ (%)
Regulação de gás	592,22	0,42	14	241,99	0,14	15	-59,13	-0,25
Reg. climática	12.641,16	9,39	4	17.100,75	10,35	4	35,27	3,31
Reg. de distúrbios	296,57	0,21	15	401,19	0,23	14	35,27	0,07
Regulação de água	974,73	0,71	11	2.093,75	1,26	9	118,38	0,84
Oferta de água	589,44	0,44	13	1.197,59	0,73	10	102,25	0,45
Controle da erosão	16.290,62	12,09	3	19.745,64	11,96	3	21,42	2,59
Formação do solo	663,74	0,48	12	796,23	0,48	13	23,3	0,11
Cicl.de nutrientes	52.278,25	38,87	1	70.846,84	42,91	1	35,51	13,8
Trat.de resíduos	12.144,71	8,98	5	9.617,73	5,81	5	-20,63	-1,85
Polinização	2.107,45	1,53	9	947,42	0,57	11	-54,92	-0,84
Controle biológico	1.898,03	1,41	10	927,57	0,56	12	-51,32	-0,72
Hábitat/refúgio	2,82	0,00	17	11,61	0,01	17	312,56	0,01
Prod.de alimentos	7.377,70	5,47	6	4.906,38	3,06	7	-31,33	-1,71
Matérias-primas	17.791,94	13,27	2	24.121,58	14,62	2	35,27	4,68
Rec. genéticos	2.351,16	1,73	8	3.224,05	1,94	8	37,23	0,64
Recreação	6.500,63	4,84	7	8.641,45	5,24	6	32,89	1,59
Serviços culturais	111,21	0,08	16	150,45	0,09	16	35,27	0,02
Total	134.612,38	100,00	-	164.972,20	100,00	-	22,77	22,77

A classe “Pastagem” foi associada ao valor monetário proveniente do arrendamento para fins de exploração animal. Neste caso, tem-se a renda anual em 2017 de 240,00 R\$.ha⁻¹.ano⁻¹ (EMDAGRO, 2019). Ao converter para dólares (R\$ 1,00 = US\$ 0,31; valor médio em 2017), o valor é de 74,4 US\$.ha⁻¹.ano⁻¹. Desta forma, tem-se uma renda total proveniente do arrendamento da área de pastagem (Tabela 2) de US\$ 1.636.765,78, sendo inferior a valor monetário dos serviços ambientais, que é de US\$ 8.198.568,57 (Tabela 3).

Por conseguinte, a renda anual alcançada pelo uso agrícola (lavoura) é de 150,00 R\$.ha⁻¹.ano⁻¹ (EMDAGRO, 2019), ou seja, 46,5 US\$.ha⁻¹.ano. Desta forma, a renda total auferida para o uso com a classe “Agricultura” (Tabela 3) é de US\$ 198.045,83, sendo também inferior ao valor total dos serviços ambientais, de US\$ 598.481,71.

Neste sentido, pode-se buscar a conversão destas áreas de classes Pastagens e Agricultura para outros usos ou coberturas da terra, que propiciem maior valor ambiental, a exemplo das áreas florestadas (Caatinga ou Regeneração), tendo como valores mínimos para pagamentos por serviços ambientais obtidos para as classes Pastagem e Agricultura, de 75,4 US\$.ha⁻¹.ano⁻¹ e 46,5 US\$.ha⁻¹.ano, respectivamente.

Desde 2013 existe um programa de pagamento por serviços ambientais na bacia do rio Jacaré instituído pela prefeitura de Canindé de São Francisco, SE em 24 propriedades rurais, com um pagamento por serviços ambientais de 1.600,00 R\$.ha⁻¹.ano⁻¹ que transformados para dólares seria de 496 US\$.ha⁻¹.ano. As estimativas dos valores mínimos para pagamentos por serviços ambientais neste estudo para as classes Pastagem ou Agricultura foram inferiores ao que é praticado pela prefeitura de Canindé de São Francisco, SE.

A valoração ambiental realizada neste estudo demonstra que pode auxiliar no estabelecimento de valores mínimos para o pagamento por serviços ambientais na bacia do rio Jacaré, de forma que os valores não sejam calculados somente pelo custo de oportunidade, mas pelo valor dos serviços ambientais.

CONCLUSÕES

Houve um incremento nos percentuais das áreas florestadas (Caatinga e Regeneração) e de solos expostos, sendo que a expansão das áreas de Caatinga e Regeneração contribuiu para o aumento dos valores dos serviços ecossistêmicos e coeficientes acumulados e individualmente;

O serviço ecossistêmico ciclagem de nutrientes foi o que obteve maior valor econômico, em ambos os anos. Os valores 105,4 US\$. ha⁻¹.ano⁻¹ e 46,5 US\$.ha⁻¹.ano podem ser parâmetros remuneratórios mínimos para a conversão de áreas de Pastagem e Agrícola, respectivamente, para áreas florestadas.

A valoração ecossistêmica do uso da terra pode definir valores monetários para aplicação em um programa de pagamentos por serviços ambientais em toda bacia do rio Jacaré, SE.

REFERÊNCIAS

- ALVES J. J. 2007. A. Geoecologia da Caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, 2(1):58-71.
- ANA, Agência Nacional das Águas. 2005. Plano decenal de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco – PBHSF (2004-2013): Síntese executiva com apreciação das deliberações do CBHSF. Brasília: Agencia Nacional de Águas (ANA), 152p.
- AGUIAR NETTO, A. O. 2009. **Águas do rio São Francisco**: planejamento e gestão das bacias hidrográficas. São Cristóvão: EDUFS, 310p.
- ANDRADE, D. C et al. 2012. Dinâmica do uso do solo e valoração de serviços ecossistêmicos: notas de orientação para políticas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 25:53-71.
- BATISTA, W. R. M. 2014. Aplicação do algoritmo sebal na análise da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Jacaré, Sergipe. **Revista de Geografia**, 31(2):192-204.
- BIRCOL, G. A. C et al. 2018. Planning by the rules: a fair chance for the environment in a land-use conflict area. **Land Use Policy**, 76:103-112.
- BITENCURTI, D. P et al. 2017. Análise multitemporal do desmatamento nos municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo, SE. **Geosul**, 32:117-138.
- CARVALHO, T. B. et al. 2015. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Jacaré, Sergipe. In: 2 CONGRESSO INTERNACIONAL (RESAG) GESTÃO DA ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2015, Aracaju. p. 47.

- CBHSF, Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco. 2016. Resumo executivo do Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio São Francisco 2016-2025. Alagoas: Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/plano-de-recursos-hidricos-da-bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/> Acesso em: 25 Abr. 2021.
- COSTANZA, R. et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, **387**:253-260.
- CUNHA, J. U. C. P. et al. 2014. Valoração econômica de serviços ecossistêmicos no território Bacia do Jacuípe (Bahia). **Revista Debate Econômico**, **2**(2):5-30.
- EMDAGRO, Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe. 2019. **Estado de Sergipe: preços médios de arrendamento e venda de terras por município**. Aracaju: Governo de Sergipe, 32p. Disponível em: <https://www.emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/PRE%C3%87OS-M%C3%89DIOS-DE-ARRENDAMENTO-E-VENDA-DE-TERRAS-EM-SERGIPE-2015-A-2018.pdf>. Acesso em: 25 Abr. 2021.
- FERNANDES, M. R. M et al. 2015. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, **22**(4):472-482.
- GOIS, D. V. et al., 2016. Suscetibilidade à desertificação na sub-bacia hidrográfica do rio Jacaré –Sergipe. In: GEOALAGOAS, 4 SIMPÓSIO SOBRE AS GEOTECNOLOGIAS E GEOINFORMAÇÃO NO ESTADO DE ALAGOAS, 2016, Maceió. p. 9.
- INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. 2019. Dados cartográficos dos Assentamentos Rurais – Sergipe. Disponível em: <www.incra.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2019.
- MARTINS, E. S. P. R. et al. 2017. A seca plurianual de 2010 a 2017 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, **22**(44):17-40.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2005. **Ecosystem and human well-being: synthesis**. Washington: Island, 130p.
- MOTTA, R. S. 1997. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA, MMA, PNUD, CNPq, 123p.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. . 2015. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In: L. M. PARRON; J. R. GARCIA; E. B. OLIVEIRA; G. G. BROWN; R. B. PRADO. (Org.). **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1ed. Colombo, PR: Embrapa, 2015, v. 1, p. 29-35.
- PARRON, L. M. et al. 2015. Avaliação de serviços ambientais no âmbito do projeto ServAmbi. In: L. M. Parron (Ed.). **Serviços ambientais agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, p. 36-46.
- PRADO, R. B. et al. 2007. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, **59**(2):127-135.
- SANTANA, J. L. S et al. 2007. Impacto da precipitação e de vazão máximas em obras de infra-estrutura em uma sub-bacia do semi-árido de Sergipe. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, São Paulo. p. 1-15.
- SERGIPE. 2019. **Perfil da agricultura sergipana 2017/2018**. Aracaju: Secretaria de Estado Geral de Sergipe, 56p.
- SFB, Serviço Florestal Brasileiro. 2010. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 320p.
- SILVA, S. R.; CIRILO, J. A. 2011. O planejamento de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Francisco. **REGA**, **8**(1):47-64.
- TAVARES, K. C. et al. 2017. A identificação de áreas suscetíveis à desertificação do Alto Setor Sergipano. In: 17 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2017, Campinas-SP. p. 23-31.
- TELES, B. B. et al. 2016. Gestão de recursos naturais: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Jacaré, Sergipe. **Revista ADMpg, Gestão Estratégica**, **9**(1):83-89.