

# CUSTOS ECONÔMICOS, É POSSÍVEL INCLUI-LOS NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL?

<https://doi.org/10.4215/rm2022.e21017>

Ulises Rodrigo Magdalena <sup>a\*</sup> - Cassiano Gustavo Messias <sup>b</sup> - Juan Pablo Zbrun Luoni <sup>c</sup>  
Raul Reis Amorim <sup>d</sup>

(a) Doutorando em Geografia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1634-4778>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5590614227713686>.

(b) Doutorado em Geografia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1497-1022>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/9001313758906930>.

(c) Mestre em Planificação Territorial e Gestão Ambiental. Professor da Universidade Nacional de Los Comechingones, San Luis, Argentina.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1048-0795>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5457008433124989>.

(d) Doutorado em Geografia. Professor da Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7358-6696>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5289849728704414>.

## Article history:

Received 24 November, 2021

Accepted 08 July, 2022

Published 15 September, 2022

## (\* ) CORRESPONDING AUTHOR

**Address:** UNICAMP. Departamento de Geografia. Rua João Pandiá Calógeras, 51, CEP: 13083-870, Campinas (SP), Brasil. Tel: (+55 19) 98236-3840

**E-mail:** [ulisesrodrigo@id.uff.br](mailto:ulisesrodrigo@id.uff.br)

## Resumo

As práticas de conservação ambiental cada vez mais estão sendo requisitadas pela sociedade para solucionar as crises de eventos climáticos extremos e da perda contínua da biodiversidade. Entretanto um dos maiores desafios no processo de priorização de áreas protegidas que atendam as metas de conservação é a inclusão e a espacialização dos custos monetários na função-objetivo do planejamento para aquisição de áreas que melhor refletem o processo de tomada de decisão no território. Nós apresentamos neste manuscrito os custos monetários de aquisição do direito da propriedade de uma parcela de terra e os custos de oportunidade das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Nossa abordagem deriva dos procedimentos metodológicos da análise espacial e do sensoriamento remoto, para sistematizar e associar as informações tabulares das instituições de assistência e economia rural com elementos naturais adquiridos através do mapeamento temático do uso e cobertura da terra. Deste modo, utilizamos a integração da matriz geoespacial monetária com objetos exatos derivados do sensor multiespectral Operation Land Imager (OLI) acoplado no satélite Landsat 8. No geral, identificamos que os custos monetários da ação de conservação na área de estudo apresentam valores inversos e que os incluir na função-objetivo do planejamento pode priorizar áreas protegidas com menor conflito pelo uso da terra em relação as diversas atividades econômicas no território.

**Palavras-chave:** Custo de Oportunidade, Custo de Aquisição, Áreas Protegidas.

## Abstract / Resumen

### CAN ECONOMIC COSTS BE FACTORED INTO CONSERVATION PLANNING PROCESSES?

Society has been increasingly demanding of better environmental conservation practices as a solution to the ongoing crisis causing extreme weather events and biodiversity loss. Yet, a key issue for the definition of priority locations for protected areas that meet the intended conservation goals remains: how to factor and spatialize monetary costs in the goal-function of the planning for areas that better reflect the decision-making influences in the territory. We presented, in this study, the monetary acquisition costs for land purchasing and the opportunity costs for the Piracicaba, Capivari and Jundiá watersheds. We adopt an approach derived from spatial analysis and remote sensing methodological processes to compile and link information tabulated from farmer assistance institutions with information on natural elements obtained through land use and land cover mapping. Subsequently, we merged data from the geospatial monetary matrix with exact-objects data obtained from the Operation Land Imager (OLI) multispectral sensor attached to the Landsat 8 satellite. Finally, we identified that the monetary costs for conservation actions in the study area have inverse values and that including them in the planning goal-function can help prioritize protected areas that will be less prone to conflict over land-use due to clashes with the economic activity of a territory.

**Keywords:** Opportunity Costs, Acquisition Costs, Protected Areas.

### ¿ES VIABLE LA INCLUSIÓN DE LOS COSTOS ECONÓMICOS EN LA PLANIFICACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL?

Las prácticas de conservación ambiental son ampliamente requeridas por la sociedad para resolver la crisis de los fenómenos meteorológicos extremos y la pérdida continua de biodiversidad. Sin embargo, uno de los mayores desafíos en el proceso de priorización de áreas protegidas que cumplen con las metas de conservación, es la inclusión y la distribución espacial de los costos monetarios en la función objetiva de la planificación para la adquisición de áreas que reflejen mejor el proceso de toma de decisiones en el territorio. En el presente trabajo, presentamos los costos monetarios que se desdoblán en la adquisición del derecho a la propiedad de una parcela de tierra y el costo de oportunidad de las cuencas hidrográficas de los ríos Piracicaba, Capivari y Jundiá. Nuestro enfoque deriva de los procedimientos metodológicos del análisis espacial y la teledetección, para sistematizar y asociar la información tabular de las instituciones de asistencia y economía rural con los elementos naturales adquiridos a través de la cartografía temática de uso y cobertura del suelo. Así, se utilizó la integración de la matriz geoespacial monetaria con objetos exactos derivados del sensor multiespectral Operation Land Imager (OLI) acoplado al Landsat 8. En general, encontramos que los costos monetarios de las acciones de conservación en el área de estudio, tienen valores inversos y que incluirlos en la función de planificación objetiva puede priorizar áreas protegidas con menos conflicto por el uso de la tierra en relación con las diversas actividades económicas que se desarrollan en el territorio.

**Palabras-clave:** Costo de Oportunidad, Costo Adquisición, Áreas Protegidas.

## INTRODUÇÃO

O processo de perda contínua da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados a maior frequência de eventos climáticos extremos tem levado a sociedade a buscar expandir a cobertura de áreas protegidas (ARMSWORTH et al., 2017). O objetivo dessa ação é solucionar as crises de mudança climática global e da biodiversidade, uma vez que ambas são indissociáveis (PETTORELLI et al., 2021). No entanto, os espaços para estabelecer novas áreas protegidas são limitados e se sobrepõem aos territórios economicamente produtivos (BOYD; EPANCHIN-NIELL; SIKAMAKI, 2012), provocando a criação de áreas protegidas em regiões que não representam totalmente a biodiversidade (MONTEIRO et al., 2020; PRESSEY et al., 2002). O Planejamento Sistemático da Conservação, como processo teórico-metodológico, tem como objetivo minimizar este impasse selecionando áreas protegidas de maneira mais eficiente possível, uma vez que os recursos para a conservação da biodiversidade são escassos (ARMSWORTH et al., 2017; MARGULES; SARKAR, 2007; NAIDOO et al., 2006).

A seleção de áreas para a conservação ambiental tem a função de separar os elementos bióticos e abióticos dos processos que ameaçam a existência deles no meio ambiente, identificando arranjos espaciais e a complementaridade de áreas, considerando os possíveis conflitos pelo uso da terra. Em outras palavras, o objetivo dessa função é delimitar áreas protegidas e redes ecológicas que atendam as metas quantitativas relacionadas à conservação ambiental (PRESSEY et al., 2007; SMITH; GOODMAN; MATTHEWS, 2006). Este pretexto suspende ou limita a extração de recursos naturais em uma região, mas não interrompe as implicações econômicas e políticas como a atividade de mineração e a expansão agrícola, processos que competem com as áreas protegidas, impulsionando a degradação dos elementos naturais e os conflitos pelo uso da terra a ponto de converter o status de preservação quando as áreas protegidas apresentam-se economicamente atrativas (MARGULES; SARKAR, 2007; ROCHEDO et al., 2018).

Os modelos numéricos com a função-objetivo do Planejamento Sistemático da Conservação se popularizaram desde os anos de 1990 (PRESSEY et al., 1993) e além dos aspectos ecológicos, estes modelos incluem outros fatores importantes para a tomada de decisões, tal como os custos monetários relacionados às ações de conservação ambiental. Entretanto, muitas pesquisas ignoram ou generalizam a variabilidade espacial dos custos monetários no processo de planejamento e focam nos aspectos biofísicos, assumindo que todas as áreas priorizadas para conservação de elementos naturais apresentam um custo monetário uniforme. Este pressuposto é falso, pois se os aspectos ecológicos variam espacialmente, os custos monetários também vão variar conforme as ações de conservação que são limitadas pelas dinâmicas econômicas (BOYD; EPANCHIN-NIELL; SIKAMAKI, 2012; CARWARDINE et al., 2010; NAIDOO; RICKETTS, 2006).

As ações de conservação ambiental têm custos associados, que incidem em todas as atividades econômicas que devem ser renunciadas para implementar a ação (NAIDOO et al., 2006). Os custos monetários das ações de conservação podem incluir, por exemplo, custos de aquisição, oportunidades e gestão (NAIDOO et al., 2006). O primeiro está associado aos valores monetários de aquisição dos direitos de propriedade de uma parcela de terra. O segundo, são valores monetários perdidos, ou seja, um valor do que poderia ter sido obtido através do melhor uso de um recurso; por exemplo, no caso da implementação de uma área protegida onde a atividade de agricultura é proibida, o custo de oportunidade representa os produtos agrícolas que poderiam ser obtidos naquela área. Por último, os custos de gestão são aqueles associados à manutenção de uma ação de conservação ambiental como a fiscalização de uma área protegida, por exemplo.

Embora existam controvérsias e resistências sobre a inclusão dos custos monetários das ações de conservação ambiental como uma variável da função - objetivo do planejamento da conservação para identificar os padrões de distribuição dos elementos naturais (ARMSWORTH et al., 2017; CARWARDINE et al., 2010), a inclusão dos custos no planejamento refletem melhor o processo de tomada de decisão no território, como apontaram Moore et al. (2004), quando obtiveram um ganho de 66 % em cobertura de espécies de vertebrados na conservação da África ao incluírem os custos monetários relacionados às ações de conservação. Entretanto, uma das maiores limitações é a ausência das informações monetárias em base de dados, e, até mesmo, a dificuldade dos pesquisadores em manipular este tipo de dado com o objetivo de espacializá-los.

Neste manuscrito temos como objetivo mapear os custos de aquisição e de oportunidade das

CUSTOS ECONÔMICOS, É POSSÍVEL INCLUI-LOS NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL?

bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Bacias PCJ). Destacamos que não consideramos as áreas urbanas e as questões sobre os valores de não-uso associados a natureza, estes são derivados de atributos intrínsecos dos próprios ecossistemas, ou seja, valor de herança, altruísta e de existência (UNITED NATIONS, 2014, p. 110). A discussão sobre os valores de não-uso são fundamentais para as práticas de conservação, embora seja impossível quantificá-los em termos econômicos (NAIDOO; RICKETTS, 2006; PORTO, 1997). Os resultados apresentados aqui pretendem complementar as possibilidades de elaborar e incluir a variável custo monetários das as ações de conservação no processo de identificação de áreas protegidas que atendam as metas de conservação dos elementos naturais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

A área de drenagem das Bacias PCJ, na escala de 1:50.000, abrange uma região de ~ 15.377 km<sup>2</sup> e é dividida em 7 sub-bacias hidrográficas: Atibaia (~ 2.806 km<sup>2</sup>), Camanducaia (~1.039 km<sup>2</sup>), Capivari (~1.571 km<sup>2</sup>), Corumbataí (~ 1.719 km<sup>2</sup>), Jaguari (~ 3.304 km<sup>2</sup>), Jundiá (~ 1.155 km<sup>2</sup>) e Piracicaba (~ 3.785 km<sup>2</sup>).

A região é composta por 76 municípios, sendo que 71 pertencem ao estado de São Paulo e 5 a Minas Gerais. No total, são ~ 5,8 milhões de habitantes nas Bacias PCJ que apresenta três Áreas de Planejamento Regional que compõe a Macrometrópole Paulista: a Região Metropolitana de Campinas (~3,2 milhões de habitantes), a Aglomeração Urbana de Jundiá (~805 mil de habitantes) e a Aglomeração Urbana de Piracicaba (~1,5 milhões de habitantes) (Figura 1).

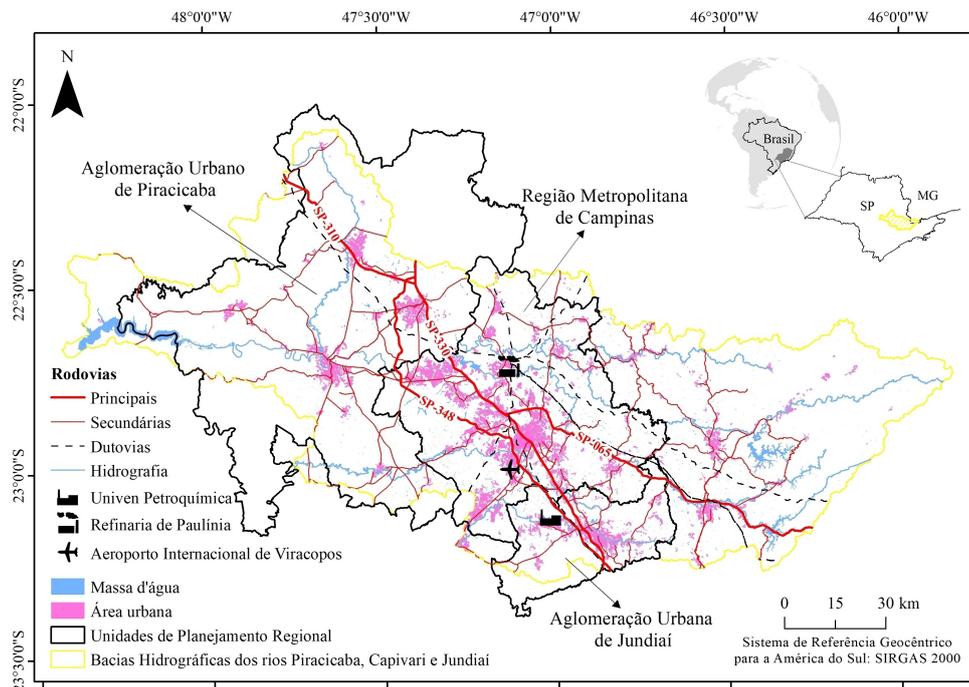


Figure 1 - A área de drenagem das Bacias PCJ e as Áreas de Planejamento Regional da Macrometrópole do estado de São Paulo e o seu sistema viário.

A economia da área de estudo se concentra nos serviços de alta tecnologia na Região Metropolitana de Campinas. Por sua vez, a Aglomeração Urbana de Piracicaba apresenta as indústrias de metalúrgica, sucroalcooleira e cerâmica. Por fim, a Aglomeração Urbana de Jundiá é um complexo de indústrias associadas a uma alta estrutura viária que interliga sistemas multimodais de logística e transporte (e.g. aéreo, rodoviário e ferroviário).

## VALORES MONETÁRIOS DO CUSTO DE AQUISIÇÃO

A espacialização dos valores monetários de aquisição ocorreu com o auxílio do mapa de uso e cobertura da terra, da base de dados municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e das informações tabulares dos valores de aptidão agrícola por hectare (R\$/ha) da terra nua sem benfeitoria por município e com ano base de 2019, as quais foram disponibilizadas pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) e pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado Minas Gerais (EMATER).

## USO E COBERTURA DA TERRA

Para a quantificação e delimitação das classes de uso e cobertura da terra, utilizamos produtos do sensor multiespectral Operation Land Imager (OLI), que se encontra acoplado ao satélite Landsat 8. Este sensor é composto por oito bandas espectrais e disponibiliza imagens orbitais com resolução espacial de 30 metros (exceto a pancromática, cuja resolução é de 15 metros), radiométrica de 12 bits e temporal de 16 dias. Em nosso trabalho foram empregadas imagens do mês de agosto de 2018, obtidas por meio do Earth Explorer (Quadro 1).

Órbita / ponto	ID	Data	Fonte
220/75	LC08_L1TP_220075_20180821_20180829_01_T1	21/08/2018	USGS, 2020
220/76	LC08_L1TP_220076_20180821_20180829_01_T1	21/08/2018	USGS, 2020
219/76	LC08_L1TP_219076_20180814_20180828_01_T1	14/08/2018	USGS, 2020

Tabela 1 - Produtos do sensor multiespectral OLI empregados no mapeamento do uso e cobertura da terra nas Bacias PCJ.

As classes de uso e cobertura da terra foram delimitadas por meio de técnicas de classificação da imagem orientada ao objeto (GEographic Object-Based Image Analysis - GEOBIA), que envolve a identificação de padrões de objetos ou segmentos de imagem que são pixels espacialmente contíguos de textura, cor e tom semelhantes (BLASCHKE, 2010; STUMPF; KERLE, 2011). Neste sentido, o processo é realizado por meio de duas etapas: segmentação das imagens e a construção das amostras de treinamento. Os procedimentos técnicos foram realizados no software: Environment for Visualizing Images - ENVI 5.3 ®.

A primeira etapa encontra-se vinculado ao algoritmo Edge (XIAOYING, 2009), que identifica os limites das características distintas na imagem, uma vez que o objeto de interesse apresenta limites específicos devido a magnitude de valores ser alta nas bordas, enquanto que, internamente, os valores apresentam-se uniformes. Em seguida, extraímos as classes qualitativas com a aplicação do algoritmo Full Lambda Schedule (ROBINSON; REDDING; CRISP, 2002), que avalia a semelhança espectral dos limites criados e os aglutinam conforme a equivalência das propriedades espectrais. Nos algoritmos Edge e Full Lambda Schedule foram aplicados, respectivamente, os valores 20 (Segment Setting) e 80 (Merge Setting), os quais foram definidos por tentativa e erro. Para a construção das amostras de treinamento foram coletadas no mínimo de 100 amostras de área previamente segmentadas para cada classe de uso e cobertura.

Por fim, após estas duas etapas aplicamos o algoritmo Support Vector Machine (SVM), um classificador supervisionado/binário derivado da teoria estatística de aprendizagem de máquina (HSU; CHANG; LIN, 2016; WU; LIN; WENG, 2004). Garofalo et al. (2015) avaliaram o desempenho de técnicas de classificação orientada a objeto e o uso de diferentes algoritmos classificadores, empregando imagens obtidas pelo sensor OLI para mapear o uso e cobertura nas Bacias PCJ. Os autores apontaram robustez da aplicação das técnicas para imagens OLI e concluíram que o algoritmo SVM apresentou um excelente desempenho. Destaca-se que o algoritmo não apresentou bons resultados para área urbana e, por este motivo, esta classe foi excluída do processo de classificação e foi posteriormente delimitada de forma manual. Foi também realizada uma análise visual no mapa obtido, visando identificar polígonos classificados de forma incorreta e reclassificá-los, reduzindo o erro do mapeamento.

Ademais, também aplicamos a análise da acurácia do processo classificatório, a partir da seleção

## CUSTOS ECONÔMICOS, É POSSÍVEL INCLUI-LOS NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL?

aleatória de 3% dos polígonos gerados para cada classe definida. Adiante, utilizamos a análise multivariada discreta, matriz de erro ou de confusão, do qual o método implica no cálculo de um parâmetro cujo o valor representa o nível de similaridade, a fim de testar a significância da matriz de erro (PONZONI; ALMEIDA, 1996). Assim sendo, o parâmetro utilizado é o coeficiente de Kappa (K), que representa uma medida de concordância geral baseado na diferença entre as amostras da classificação supervisionada e das amostras de padrão aleatório, ou seja, por puro acaso. Os valores variam de 0 à 1, onde 0 indica baixo nível de similaridade e 1 alta similaridade, isto é maior eficiência da classificação realizada (GASPARINI et al., 2013; PONZONI; ALMEIDA, 1996). As amostras foram avaliadas com base em imagens de alta resolução do Google Earth, nas próprias composições coloridas utilizadas e no reconhecimento da área de estudo em campo.

## LIMITES MUNICIPAIS E INFORMAÇÕES MONETÁRIAS

Após delimitarmos as classes de uso e cobertura da terra, identificamos suas respectivas áreas em relação aos municípios. Para isto, sobrepomos a camada dos limites municipais do IBGE em relação as classes de uso e cobertura da terra. Logo, utilizamos os métodos de análise de sobreposição disponíveis no conjunto de ferramentas do ArcGIS 10.8 ® (Overlay Analysis: Intersect), para correlacionar os limites municipais com os atributos de uso e cobertura da terra.

Depois desta etapa, agregamos as informações de R\$/ha da terra nua sem benfeitoria por município (ano base de 2019) disponibilizadas pela IEA e EMATER - MG . Destacamos aqui, que as definições das classes de aptidão agrícola da IEA e EMATER, conforme suas metodologias, são subjetivas e as suas amostras são intencionais, direcionadas e embasadas nas opiniões qualificadas, tendo como referência os negócios realizados com terras agrícolas nos municípios. A declaração do R\$/ha das classes de aptidão agrícola em terra nua sem benfeitoria segue as informações de três fontes distintas: Setor Público, Setor Produtivo e Setor Imobiliário. O primeiro setor é constituído pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral e pela Casa da Agricultura dos Municípios. O segundo setor é formado pelas Cooperativas, Associações de Produtores Rurais. Por fim, o terceiro setor é desenvolvido diante do contato com corretores de imóveis e imobiliárias.

Após agregarmos as informações de uso e cobertura da terra por municípios mais os valores monetários da terra nua sem benfeitorias, através dos métodos de análise de sobreposição disponíveis no ArcGIS 10.8 ® (Overlay Analysis: Spatial Join), obtivemos em uma única camada espacial com área total das classes de uso e cobertura da terra por município e ainda o R\$/ha das respectivas classes. Logo, realizamos uma operação matemática de equivalência para obtermos os valores monetários de aquisição na área de estudo conforme o uso e cobertura da terra.

## VALORES MONETÁRIOS DO CUSTO DE OPORTUNIDADE

Em relação aos valores monetários do custo de oportunidade, adquirimos os mesmos na base de dados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), que disponibiliza informações estatísticas e econômicas dos produtos agropecuários de cada município conforme os produtos: Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), Produção Agrícola Municipal (PAM) e na Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS). Estas informações foram tabeladas e comparadas com os custos de aquisição na escala geográfica do município.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados alcançados neste trabalho apresentam duas escalas de análise. A primeira, está associada ao sensor OLI; a segunda, aos limites municipais. Ainda, um resultado é a espacialização dos valores de uso da terra por município e o outro, apenas, as informações monetárias agrupadas e tabeladas dos produtos agropecuários dos municípios das Bacias PCJ. A utilização desses resultados possibilita a análise criteriosa do gestor público em identificar áreas prioritárias que atendam as metas de conservação ambiental diante das dinâmicas econômicas do território. Entretanto, esse tipo de análise não pode ser a única e nem excluída na priorização de áreas protegidas, deve-se considerar as perspectivas sociais e ambientais.

## AVALIAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM ORIENTADA AO OBJETO

A classificação orientada ao objeto gerou um total de 87.566 polígonos e, para calcular a acurácia do mapa de uso e cobertura da terra obtido, foram avaliados 3 % dos polígonos de cada classe. Deste modo, foram inspecionados 282 de cultivos agrícolas (CA), 651 de mata (MA), 818 de pastagem (PA), 214 de silvicultura (SI), 487 de solo exposto (SE), 137 de água (AG) e 38 de área urbana (AU). Isto é, 2.627 polígonos por meio da matriz de confusão foram avaliados (Quadro 2).

Verificação em campo e por imagem de maior resolução									
Uso	CA	MA	PA	SI	SE	AG	AU	Total	EC
CA	241	10	30	0	1	0	0	282	0,15
MA	11	618	4	18	0	0	0	651	0,05
PA	42	1	756	0	19	0	0	818	0,08
SI	5	17	0	192	0	0	0	214	0,10
SE	10	0	22	0	444	0	11	487	0,09
AG	0	0	0	0	4	133	0	137	0,03
AU	0	0	0	0	0	0	38	38	0,00
<b>Total</b>	309	646	812	210	468	133	49	2627	
<b>EO</b>	0,22	0,04	0,07	0,09	0,05	0,00	0,22		

Tabela 2 - Matriz de confusão do mapa de uso e cobertura gerado pela classificação realizada por meio de classificação orientada a objeto e do algoritmo SVM.

O mapa de uso e cobertura da terra das Bacias PCJ (Figura 2) apresentou índice de exatidão global de 0,9220, indicando que 92,20 % dos polígonos amostrados foram classificados corretamente. O valor do índice Kappa foi de 0,9, considerado excelente por Congalton e Green (2008).

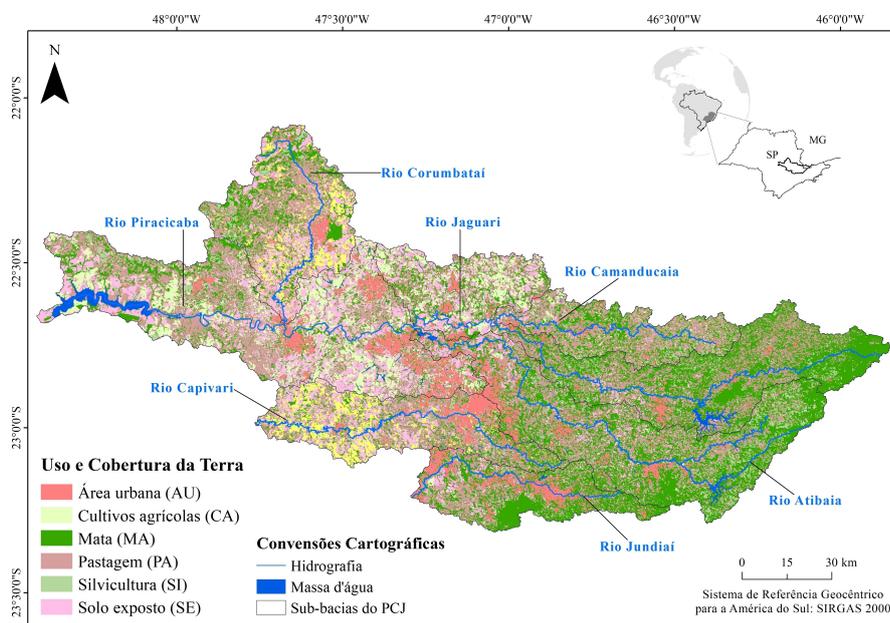


Figura 2 - Uso e cobertura da terra nas Bacias PCJ.

A maior quantidade de erros de comissão, ou seja, polígonos de outras classes que foram classificados na classe de referência, ocorreu na classe cultivos agrícolas, na qual de 15 % dos polígonos amostrados e que foram atribuídos a ela são, na realidade, mata, pastagem e, em menor quantidade, solo exposto. A classe silvicultura teve 10 % de inclusões de polígonos de mata e cultivos agrícolas, solo exposto teve 9 % de inclusões de pastagem, cultivo agrícola e área urbana e pastagem 8 % de cultivos

CUSTOS ECONÔMICOS, É POSSÍVEL INCLUI-LOS NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL?

agrícolas, solo exposto, de forma pouco representativa, mata. Mata e água tiveram, respectivamente, apenas 5 e 3 % de inclusão, enquanto área urbana não teve nenhum polígono, resultado de ter sido delimitada visualmente.

Os erros de omissão representam polígonos que pertencem a uma classe de referência, porém, foram rotulados a outras classes. Área urbana teve 22 % de omissão, visto que o mapeamento desta classe, realizada visual, excluiu pequenos polígonos, os quais foram classificados como solo exposto. Cultivos agrícolas também teve 22 % de seus polígonos omitidos, os quais se distribuíram entre as classes mata, mata, pastagem, solo exposto e silvicultura. Silvicultura teve 9 % de exclusão, sendo que estes polígonos foram classificados como mata; pastagem 7 %, sendo que as confusões ocorreram com cultivos agrícolas, mata e solo exposto; solo exposto 5 %, e os polígonos foram atribuídos a pastagem, água e cultivos agrícolas; e mata 4 %, cujos polígonos foram rotulados como silvicultura, cultivos agrícolas e pastagem. O erro de comissão de água foi de 0 %.

Em relação a concentração de áreas urbanas no médio curso das Bacias PCJ, mesmo estas sendo delimitadas visualmente, ao longo das rodovias SP 310, 330 e 348, na direção norte-sul, pode estar relacionada ao relevo que apresenta uma área rebaixada e aplanada, conhecida como Depressão Periférica Paulista. Esta condição favorece a ocupação da terra. Por sua vez, a concentração de mata a montante da área de estudo pode estar relacionada a inclinação do relevo que se apresenta moderada e acentuada e dificulta a ocupação da terra, ainda, há as áreas protegidas de categoria integral respaldas pela Lei nº 9.985 / 2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza).

CUSTOS MONETÁRIOS DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO

Os resultados apontaram que o custo de aquisição apresentou altos valores nas áreas de vegetação próximo aos centros urbanos localizados na Região Metropolitana de Campinas e Aglomerado Urbano de Jundiaí além do município de Extrema. Como exemplo, as cidades de Jundiaí, Atibaia, Extrema apresentam valores de aquisição da terra de ~ R\$ 615,54, R\$ 472,03 e R\$ 268,77 milhões/hectares respectivamente (Figura 3).

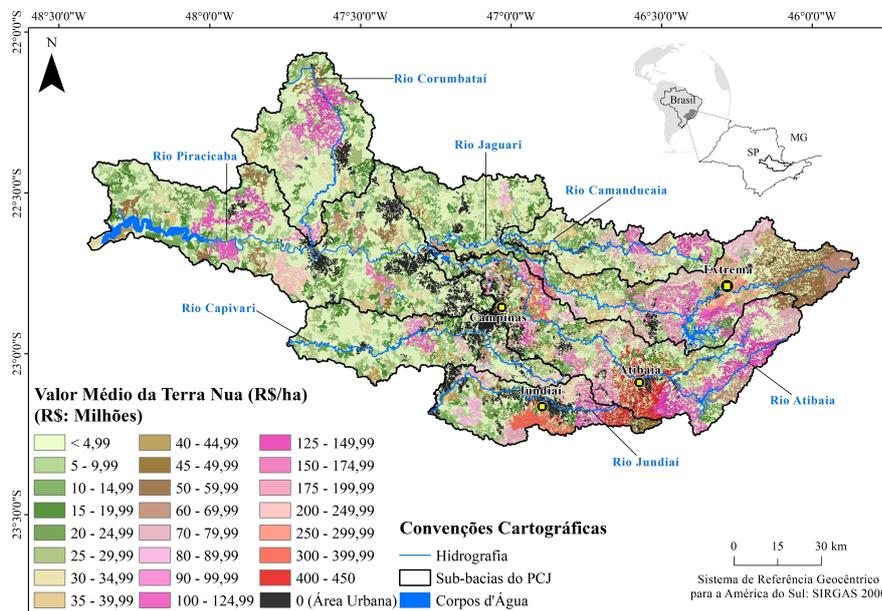


Figura 3 - Custo monetários de aquisição dos direitos de propriedade de uma parcela de terra nas Bacias PCJ. Os valores encontram-se agrupados.

Destaque para os municípios de Jundiaí e Atibaia que apresentam extensas áreas protegidas com status de proteção integral contudo, estes municípios encontram-se na “região do circuito das frutas” com uma área total de cultivos agrícolas de ~ 772 e 1.707 hectares respectivamente, sendo o custo de aquisição máximo por hectare de R\$ 2,45 e R\$ 1,76 milhões, porém tais municípios apresentaram um

custo de oportunidade de ~ R\$ 84 e 29 milhões por ano respectivamente em produtos agrícolas relacionados as frutas (Figura 4).

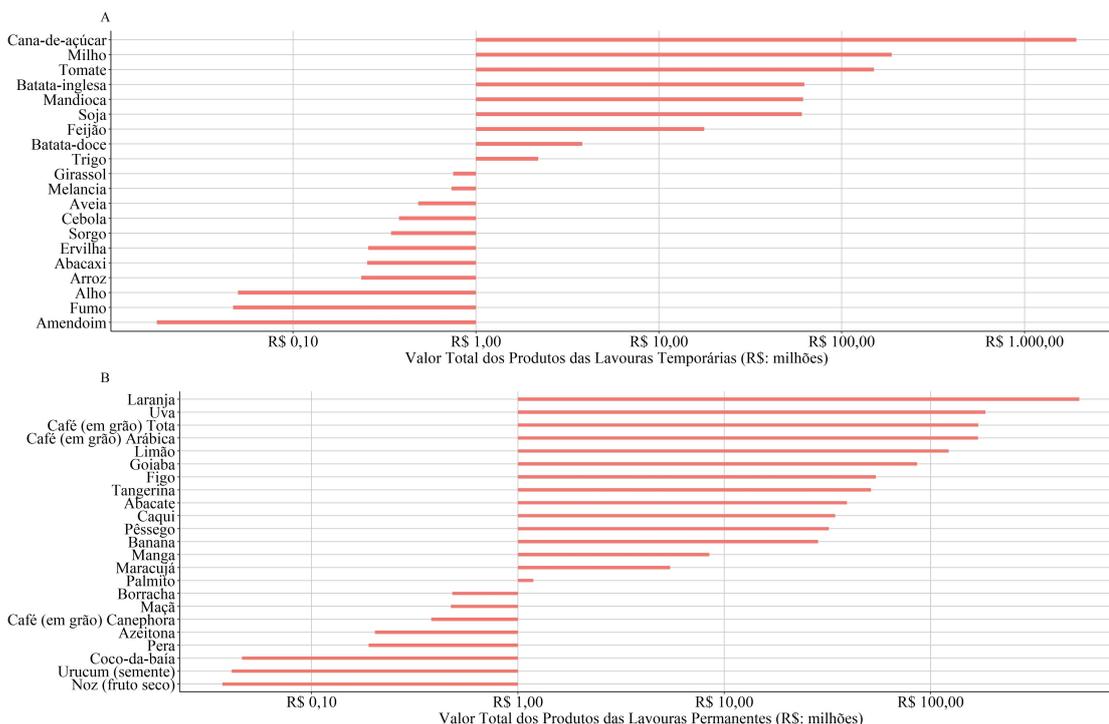


Figura 4A e 3B: custo monetários de oportunidade relacionadas a produção de lavouras temporárias e permanentes nas Bacias PCJ. O eixo X encontra-se em logaritmo decádico (Log Base 10).

Neste caso, observa-se dois fatores interessantes que podem colocar em risco o status de proteção integral das áreas protegidas nos municípios de Jundiá e Atibaia. (i) A quantidade de área disponível para as atividades agrícolas é baixa, (ii) o custo de aquisição da terra é baixo em relação ao potencial do custo de oportunidade ao ano. Estes fatores irão proporcionar conflitos pelo uso da terra e dificultar a implantação ou expansão de novas áreas protegidas quando o processo de planejamento ambiental considerar os custos monetários relacionados as ações de conservação.

Em outra perspectiva, os resultados em relação aos custos de aquisição apontaram que o Aglomerado Urbano de Piracicaba detém os menores valores. Entretanto, nesta região se concentra a indústria sucroalcooleira do qual ocasiona um custo de oportunidade no valor de ~ 1 bilhão de reais ao ano (Figure 4A). Por este motivo, o maior desafio no processo do planejamento da conservação, ao propor áreas protegidas, seria a ação de governança diante dos stakeholders da indústria do açúcar.

Em relação a região da área de estudo que não apresenta uma área de planejamento regional, observamos que os custos monetários de aquisição da terra são heterogêneos, variando ~ 35 – 250 milhões/hectare. Nesta região encontra-se os maiores redutos de vegetação nativa em áreas protegidas, porém o status de conservação é sustentável permitindo que haja atividades econômicas nestas áreas. Logo, os custos de oportunidades desta região estão relacionados, em grande parte, aos produtos de origem animal (Figura 5) e silvicultura (Figura 6) que proporcionam um valor de ~ R\$ 100 milhões por ano respectivamente.

CUSTOS ECONÔMICOS, É POSSÍVEL INCLUI-LOS NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL?

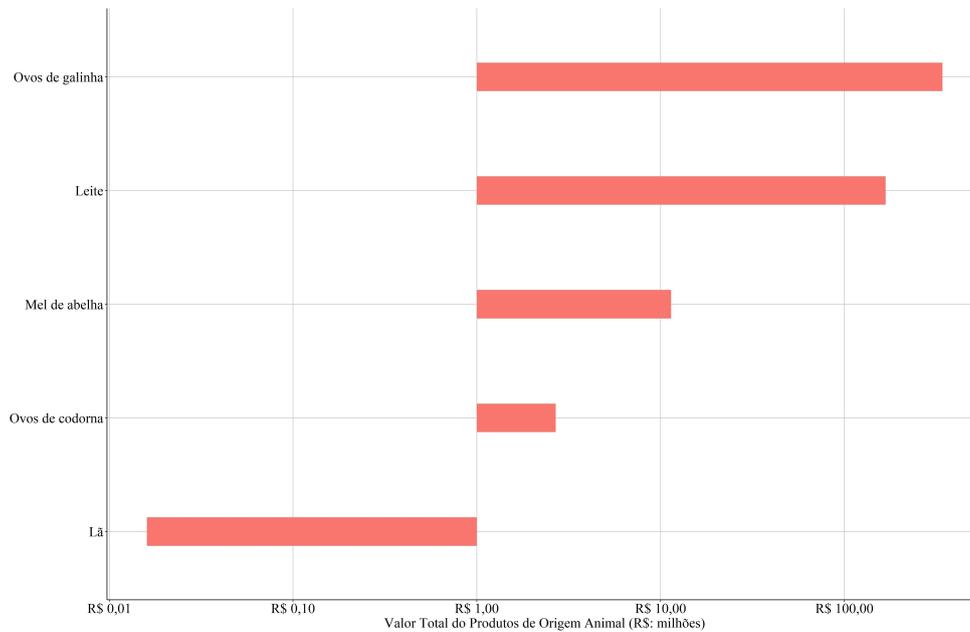


Figura 5 - custo monetários de oportunidade relacionadas a produtos de origem animal nas Bacias PCJ. O eixo X encontra-se em logaritmo decádico (Log Base 10).

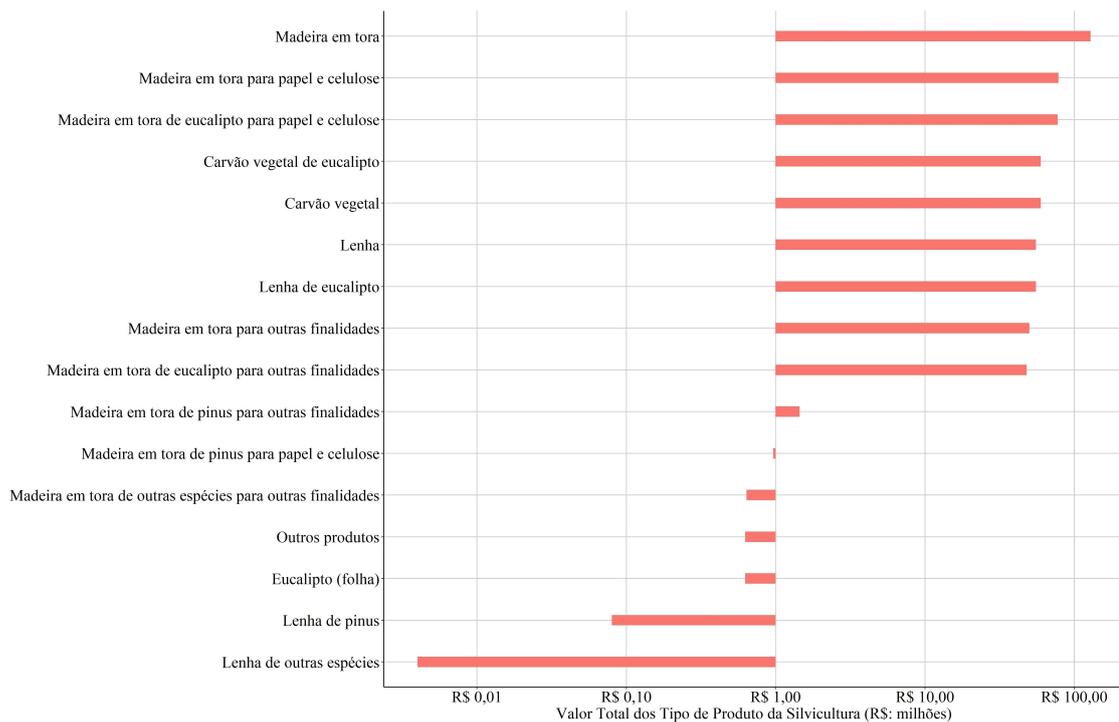


Figura 6 - Custo monetários de oportunidade relacionadas a produtos da Silvicultura nas Bacias PCJ. O eixo X encontra-se em logaritmo decádico (Log Base 10).

A inclusão dos custos monetários no planejamento da conservação indica uma maior eficiência na sugestão de delimitação de áreas protegidas que atendam todas as metas de conservação pois, os resultados refletem melhor o processo de tomada de decisão por conter a dinâmica econômica dos usuários e não apenas a variabilidade dos elementos naturais no território. Entretanto, a inclusão dos custos monetários relacionados as ações de conservação são difíceis de serem incorporadas porque há ausência de informações (NAIDOO et al., 2006; NAIDOO; RICKETTS, 2006) como também há dificuldade de espacializa-los e de diferencia-los. Em muitas pesquisas, o custo monetário de aquisição é

considerado como custo de oportunidade (BERNASCONI et al., 2016), esta inversão pode sugerir áreas com menor custo monetário e alta biodiversidade a serem protegidas, porém não refletem de fato a dinâmica econômica dos usuários, podendo ocasionar conflitos pelo uso da terra pois, não necessariamente, os outros tipos de custos monetários serão baixos (NAIDOO et al., 2006).

No geral, vale destacar que além das dificuldades da inclusão dos custos de conservação já apontadas, existe a questão da perspectiva da distribuição dos valores monetários em ambientes aquáticos e aéreo, pois ambos apresentam atividades econômicas como a mineração, piscicultura, parque eólico e aviação. Entretanto, esses ambientes também necessitam de ações para a conservação dos elementos naturais, por exemplo, espécies de peixes e aves. Em relação aos ambientes aquáticos, o custo irá variar conforme o nível de profundidade da coluna d'água e no ambiente aéreo o valor irá variar conforme a altitude em relação a um ponto de referência e a distância de ruídos e iluminação antrópica. Por exemplo, a preservação da rota migratória natural de uma ave pode ocasionar a mudança da rota de aeronaves ou até mesmo, a instalação de um parque eólico.

Em ambientes terrestres, os trabalhos se desenvolvem em duas dimensões XY ao contrário dos ambientes aquáticos e aéreo que são três dimensões XYZ, aumentando ainda mais o desafio de agregar e espacializar os custos das ações de conservação no processo de planejamento desses ambientes. Como solução a esta problemática em ambientes aquáticos, Teixeira et al. (2018), utilizaram como custo de oportunidade o deslocamento da embarcação de pesca em relação a superfície aquática para prevenir os impactos das áreas marinhas protegidas sobre os pescadores artesanais na região de Abrolhos – Bahia, Brasil.

## CONCLUSÃO

A inclusão dos custos monetários referentes as ações de conservação é uma variável importante a ser considerada no processo de planejamento ambiental por potencializar o princípio do Planejamento Sistemático da Conservação de selecionar áreas protegidas de maneira mais eficiente possível e também, de refletirem melhor o processo de tomada de decisão, evitando generalizações, em relação aos diversos interesses no território. Destacamos que os custos monetários indicados neste trabalho a serem utilizados no processo de delimitação das áreas protegidas, não fazem alusão as áreas protegidas respaldas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651 / 2012.), mas, sim, aquelas que tem como referência o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei nº 9.985 / 2000), principalmente as Unidades de Conservação de Uso Sustentável que precisam de planos de manejo eficientes diante dos usuários econômicos.

Ainda, os custos monetários apontados aqui são diferentes daqueles utilizados para quantificar os Serviços Ecossistêmicos e a realização da política pública por Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), pois os valores monetários do primeiro são vinculados aos benefícios adquiridos pelos processos naturais (Exemplo: custo monetário relacionando aquisição de insumos para o tratamento da água). Logo, o segundo é definido por um conjunto de critérios para realizar o pagamento monetário ao proprietário da terra por conservar algum elemento natural (Exemplo: solo, água, vegetação). Por sua vez, os valores monetários deste trabalho são referentes as ações para a realização da conservação ambiental, ou seja, valores relacionados a compra do direito de propriedade de uma parcela de terra e da renúncia de uma prática econômica no território para priorizar as metas de conservação. Entender esses valores monetário, possibilita uma tomada de decisão pelo gestor público, identificando os possíveis conflitos econômicos versus ambiental no território.

Em relação as dificuldades associadas a aquisição e espacialização dos custos de conservação uma solução seria a disponibilidade das informações monetárias como dados espaciais e tabulares dentro de um framework de políticas como uma infraestrutura de dados espaciais.

## NOTAS

As notas expostas tem como objetivo, evitar a subjetividade em relação aos conceitos comentados ao longo deste manuscrito, pois há muitas divergências na literatura sobre a definição dos termos: Serviços Ecossistêmico, Serviços Ambientais, Pagamento por Serviços Ambientais, custo monetários

relacionados as ações de conservação e a valoração dos Serviços Ecossistêmicos.

1 - Os Serviços Ecossistêmicos se referem a múltiplos benefícios adquiridos pela sociedade a partir da natureza (COSTANZA et al., 1997). Esses serviços consistem em um fluxo de interações de materiais, energia e informações, ou seja, funções ecossistêmicas compreendidas como a capacidade dos processos naturais de fornecer bens e serviços às necessidades humanas (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002).

2 - Os Serviços Ambientais são todas as atividades humanas que favorecem a conservação ou a melhoria dos ecossistemas e, como consequência, contribuem com a manutenção dos serviços ecossistêmicos fornecidos (MMA, 2021 e Lei no 14.119 / 2021).

3 - A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (Lei nº 14.119 / 2021) define como Pagamento por Serviços Ambientais a transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes.

4 - Custo monetários relacionados as ações de conservação: Segundo Naidoo et al. (2006), todas as intervenções de conservação têm custos associados, que abrangem tudo aquilo que deve ser renunciado para implementar a intervenção.

5 – Valoração dos Serviços Ecossistêmicos: Segundo Andrade e Romeiro (2014), A prática usual da valoração econômica de serviços ecossistêmicos majoritariamente é feita tendo-se como base técnicas que utilizam pressupostos da microeconomia tradicional concernentes ao comportamento e objetivos dos agentes econômicos. Neste caso, temos valores monetários de uso direto, uso indireto, opção e o valor de não-uso (United Nations 2014, p. 110). Esses valores são diferentes daqueles relacionados as ações de conservação, principalmente, do custo de oportunidade.

## AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas pelo suporte para o desenvolvimento deste manuscrito. Agradecemos também aos revisores anônimos pelos seus comentários. Este trabalho foi desenvolvido com o suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processos 2018/22907-1 e 2018/09401-1) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil – Financiamento Código 001. Agradecemos também ao apoio institucional brindado pela Secretaria de Investigação, Internacionais e Pós-Graduação da Universidad Nacional de los Comechingones (Argentina). Por fim, a geógrafa Isabelle Salazar Vieira Alves por suas sugestões.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar R. Valoração de serviços ecossistêmicos : por que e como avançar? Sustentabilidade em Debate, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 43–58, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v4n1.2013.9199>.

ARMSWORTH, Paul R. et al. Factoring economic costs into conservation planning may not improve agreement over priorities for protection. Nature Communications, [S. l.], v. 8, n. 1, 2017. DOI: 10.1038/s41467-017-02399-y. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02399-y>.

BERNASCONI, Paula; BLUMENTRATH, Stefan; BARTON, David N.; RUSCH, Graciela M.; ROMEIRO, Ademar R. Constraining forest certificate's market to improve cost-effectiveness of biodiversity conservation in São Paulo State, Brazil. PLoS ONE, [S. l.], v. 11, n. 10, p. 1–18, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0164850.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, [S. l.], v. 65, n. 1, p. 2–16, 2010. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>.

BOYD, James; EPANCHIN-NIELL, Rebecca; SIIKAMAKI, Juha. Conservation Return on Investment Analysis: A Review of Results, Methods, and New Directions. Resources for the Future Discussion Papers, [S. l.], n. January, 2012.

CARWARDINE, Josie; WILSON, Kerrie A.; HAJKOWICZ, Stefan A.; SMITH, Robert J.; KLEIN, Carissa J.; WATTS, Matt; POSSINGHAM, Hugh P. Conservation planning when costs are uncertain. Conservation Biology, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 1529–1537, 2010. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2010.01535.x.

CONGALTON, Russell G.; GREEN, Kass. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data. [s.l: s.n.]. DOI: 10.1201/9781420055139.

COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, [S. l.], v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997. DOI: 10.1038/387253a0.

DE GROOT, Rudolf S.; WILSON, Matthew A.; BOUMANS, Roelof M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics, [S. l.], v. 41, n. 3, p. 393–408, 2002. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.

GAROFALO, Danilo Francisco Trovo; MESSIAS, Cassiano Gustavo; LIESENBERG, Veraldo; BOLFE, Édson Luis; FERREIRA, Marcos César. Análise comparativa de classificadores digitais em imagens do Landsat-8 aplicados ao mapeamento temático. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [S. l.], v. 50, n. 7, p. 593–604, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000700009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2015000700593&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2015000700593&lng=pt&tlng=pt).

GASPARINI, Kaio Allan Cruz; LYRA, Gustavo Bastos; FRANCELINO, Márcio Rocha; DELGADO, Rafael Coll; DE OLIVEIRA JUNIOR, José Francisco; FACCO, Alexandre Gomes. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em seropédica-RJ. Floresta e Ambiente, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 296–306, 2013. DOI: 10.4322/floram.2013.030.

HSU, Chih-Wei; CHANG, Chih-Chung; LIN, Chih-Jen. A Practical Guide to Support Vector Classificatio, 2016.

MARGULES, C.; SARKAR, S. Systematic conservation planning. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Serviços ecossistêmicos. 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/15320-serviços-ecossistêmicos.html#serviços-ambientais>.

MONTEIRO, Lara M.; BRUM, Fernanda Thiesen; PRESSEY, Robert L.; MORELLATO, Leonor Patricia C.; SOARES-FILHO, Britaldo; LIMA-RIBEIRO, Matheus S.; LOYOLA, Rafael. Evaluating the impact of future actions in minimizing vegetation loss from land conversion in the Brazilian Cerrado under climate change. Biodiversity and Conservation, [S. l.], v. 29, n. 5, p. 1701–1722, 2020. DOI: 10.1007/s10531-018-1627-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1627-6>.

MOORE, Joslin; BALMFORD, Andrew; ALLNUTT, Tom; BURGESS, Neil. Integrating costs into conservation planning across Africa. Biological Conservation, [S. l.], v. 117, n. 3, p. 343–350, 2004. DOI: 10.1016/j.biocon.2003.12.013.

NAIDOO, Robin; BALMFORD, Andrew; FERRARO, Paul J.; POLASKY, Stephen; RICKETTS, Taylor H.; ROUGET, Mathieu. Integrating economic costs into conservation planning. Trends in Ecology and Evolution, [S. l.], v. 21, n. 12, p. 681–687, 2006. DOI: 10.1016/j.tree.2006.10.003.

NAIDOO, Robin; RICKETTS, Taylor H. Mapping the economic costs and benefits of conservation. PLoS Biology, [S. l.], v. 4, n. 11, p. 2153–2164, 2006. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040360.

PETTORELLI, Nathalie; GRAHAM, Nicholas A. J.; SEDDON, Nathalie; MARIA DA CUNHA BUSTAMANTE, Mercedes; LOWTON, Matthew J.; SUTHERLAND, William J.; KOLDEWEY, Heather J.; PRENTICE, Honor C.; BARLOW, Jos. Time to integrate global climate change and biodiversity science-policy agendas. Journal of Applied Ecology, [S. l.], n. March, p. 1–10, 2021. DOI:

10.1111/1365-2664.13985.

PONZONI, Flávio Jorge; ALMEIDA, Eugênio Sper De. A estimativa do parâmetro Kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: ANAIS VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 1996, Anais [...]. [s.l: s.n.] p. 5.

PORTO, Rubem La Laina. Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.

PRESSEY, Robert L.; CABEZA, Mar; WATTS, Matthew E.; COWLING, Richard M.; WILSON, Kerrie A. Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology and Evolution*, [S. l.], v. 22, n. 11, p. 583–592, 2007. DOI: 10.1016/j.tree.2007.10.001.

PRESSEY, Robert L.; HUMPHRIES, C. J.; MARGULES, C. R.; WILLIAMS, P. H. Beyond Opportunism: Key Principles for Systematic Reserve Selection. [S. l.], v. 8, n. 4, p. 1–5, 1993. Disponível em: <papers://773e1414-d1d9-45a1-893d-01f089442455/Paper/p710>.

PRESSEY; WHISH, G. ..; BARRETT, T. ..; WATTS, M. .. Effectiveness of protected areas in north-eastern New South Wales: recent trends in six measures. *Biological Conservation*, [S. l.], v. 106, n. 1, p. 57–69, 2002. DOI: 10.1016/S0006-3207(01)00229-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320701002294>. Acesso em: 16 out. 2019.

ROBINSON, David J.; REDDING, Nicholas J.; CRISP, David J. Implementation of a Fast Algorithm for Segmenting SAR Imagery 2002.

ROCHEDO, Pedro R. R. et al. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*, [S. l.], v. 8, n. 8, p. 695–698, 2018. DOI: 10.1038/s41558-018-0213-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0213-y>.

SMITH, Robert J.; GOODMAN, Peter S.; MATTHEWS, Wayne S. Systematic conservation planning: A review of perceived limitations and an illustration of the benefits, using a case study from Maputaland, South Africa. *Oryx*, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 400–410, 2006. DOI: 10.1017/S0030605306001232.

STUMPF, André; KERLE, Norman. Object-oriented mapping of landslides using Random Forests. *Remote Sensing of Environment*, [S. l.], v. 115, n. 10, p. 2564–2577, 2011. DOI: 10.1016/j.rse.2011.05.013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2011.05.013>.

TEIXEIRA, João B. et al. A habitat-based approach to predict impacts of marine protected areas on fishers. *Conservation Biology*, [S. l.], v. 32, n. 5, p. 1096–1106, 2018. DOI: 10.1111/cobi.12974.

UNITED, Nations; UNION, European; NATIONS, Food and Agriculture Organization of the United; DEVELOPMENT, Organisation for Economic Co-operation and; GROUP, World Bank. System of Environmental Economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting. New York: OECD, 2014. DOI: 10.1787/9789210562850-en. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/system-of-environmental-economic-accounting-2012\\_9789210562850-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/system-of-environmental-economic-accounting-2012_9789210562850-en).

WU, Ting Fan; LIN, Chih Jen; WENG, Ruby C. Probability estimates for multi-class classification by pairwise coupling. *Journal of Machine Learning Research*, [S. l.], v. 5, p. 975–1005, 2004.

XIAOYING, Jin. (12) Patent Application Publication (10) Pub. No.: US 2009/0123070 A1 2009.