

AVALIAÇÃO E MODELAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÉMICOS EM MOÇAMBIQUE

Sérgio Moisés Anguirai Niquisse¹
Pedro Cabral²

Resumo

A mudança do uso e da cobertura do solo tem afetado negativamente a provisão de serviços de ecossistemas (SE). As avaliações de SE podem prevenir de forma eficaz essa tendência e preservar o capital natural. Neste trabalho, utilizámos os dados de uso e cobertura do solo GlobCover para estudar as alterações nos biomas de Moçambique entre 2005 e 2009. A valorização económica dos SE fornecidos pelos biomas foi feita por intermédio do método de transferência de benefício. Os resultados indicam que as terras de cultivo aumentaram consideravelmente o seu valor de SE entre 2005 e 2009 devido ao aumento da produção de alimentos. O bioma pradaria/pastagens diminuiu substancialmente para apoiar o aumento das terras de cultivo e floresta. As estimativas, realizadas com modelação espacial para 2025, confirmam essa tendência nacional, sendo Niassa, Sofala e Manica as províncias que vão ter o maior crescimento das zonas cultivadas por meio da conversão de pradaria/pastagens para zonas cultivadas. O valor total dos SE de Moçambique foi estimado em 5054.4×10^6 USD para o ano de 2009, i.e., uma variação de -11,4% desde 2005. Espera-se que este valor caia para 4722.2×10^6 USD em 2025, representando uma perda de -17.2% em relação ao valor de 2005. Apesar dessa redução, o valor dos SE para o ano de 2009 ainda representava aproximadamente metade do Produto interno bruto (PIB) para esse ano (10910×10^6 USD). Estes resultados podem contribuir para o desenvolvimento e monitoramento de instrumentos de política que considerem a provisão dos SE.

Palavras-chave: Biomas. Modelo de alteração do uso e cobertura do solo. Transferência de benefício. África. Capital natural.

EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN MOZAMBIQUE

Abstract

Change in land use and cover has been negatively affecting the provision of ecosystems services (ES). The evaluation of ES can effectively avoid this tendency and preserve the natural capital. In this paper we used the data of GlobCover land use and cover to investigate the alteration in Mozambique biomass between 2005 and 2009. The economic valorization of the ES provided by the biomass was achieved by the transfer of benefits method. The results reveal that growing areas considerably increased their ES cost between 2005 and 2009 due to the increase of food production. The biomass prairie / pasture has considerably decreased to support the growth of forests and growing areas. Estimates performed with special modeling for 2025 confirm this national tendency, and the provinces of Niassa, Sofala and

Recebimento: 16/10/2017 • Aceite: 18/4/2018

¹ Doutorando pela Universidade Nova de Lisboa. Professor da Universidade Católica de Moçambique, África. E-mail: sniquisse@ucm.ac.mz

² Doutor em Matemática Aplicada para Ciências Sociais pela École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS). Professor da NOVA IMS - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal. E-mail: pcabral@novaims.unl.pt

Manica are to have the biggest increase of growing areas by converting prairies / pastures into growing areas. Mozambique's total ES was estimated in 5054.4×10^6 USD for 2009, i.e., a variation of -11,4% since 2005. One expect that this number decrease to 4722.2×10^6 USD in 2025, which represents a loss of -17.2% if compared to the cost of 2005. In spite of this reduction, the ES for 2009 still corresponded to the half of the Gross Domestic Product (GDP) for that year (10910×10^6 USD). These results can contribute to developing and monitoring the political instruments that manage the ES provision.

Keywords: Biomass. Model of alteration of soil using and covering. Transfer of benefits. Africa. Natural capital.

Introdução

Os ecossistemas fornecem uma larga escala de benefícios à sociedade conhecidos por serviços de ecossistemas (SE) (MILLENIUM ASSESSMENT, 2003). No entanto, as mudanças nos ecossistemas num contexto global de crescente procura de terras para a agricultura, plantação de florestas e áreas urbanas estão a comprometer as suas capacidades em suportarem o bem-estar humano (HALPERN *et al.*, 2008; KAREIVA *et al.*, 2011). Ao serem ignorados os benefícios que a Natureza proporciona, a humanidade coloca-se em perigo, degradando os SE para além do limite da sustentabilidade (MILLENIUM ASSESSMENT, 2003). Um factor com um impacto importante na provisão dos SE é a mudança de uso e cobertura do solo (LAWLER *et al.*, 2014). A gestão efectiva dos locais responsáveis pela manutenção dos SE têm sido considerados essenciais para prevenir o seu declínio (CABRAL *et al.*, 2016; LEH *et al.*, 2013).

Esforços consideráveis têm sido realizados no sentido de se chamar a atenção para a preservação do Capital Natural, e também para se obterem informações úteis para tomada de decisão através da avaliação económica dos SE (JACOBS *et al.*, 2016; KINDU *et al.*, 2016). Para esse fim, vários estudos têm sido realizados a nível mundial (COSTANZA *et al.*, 2014; COSTANZA; ARGE *et al.*, 1997; GROOT, R. DE *et al.*, 2012), e/ou a nível nacional/regional (D'AMATO *et al.*, 2016; JOSHI; NEGI, 2011; PEREZ-VERDIN *et al.*, 2016). Alguns desses estudos de avaliação incluíram também abordagens espaciais explícitas (KREMER; HAMSTEAD, 2016; KUBISZEWSKI *et al.*, 2013).

Globalmente, em 2011, o valor dos SE foi estimado em 125 trilhões/ano de dólares americanos (USD) (assumindo mudanças nos biomas) e 145 trilhões/ano USD (sem assumir a mudança de áreas dos biomas), tomando como referência o valor do USD em 2007 (COSTANZA *et al.*, 2014). De acordo com esses autores, entre 1997 e 2011, o valor dos SE decresceu 4.3 – 20.2 trilhões/ano de USD como resultado da mudança do uso e cobertura do solo. A perda de valor de SE a nível nacional e regional tem também sido reportada (CRESPIN; SIMONETTI, 2016; WANG, Zhiliang *et al.*, 2015). Em África, existem poucos estudos sobre o valor dos SE como consequência da mudança de uso e cobertura do solo (DAWSON; MARTIN, 2015; KINDU *et al.*, 2016). A principal razão dessa falta de estudos deve-se em boa parte à ausência de dados (LEH *et al.*, 2013). A escassez desses estudos constitui um problema importante porque a África encontra-se num processo significativo de mudanças de uso e cobertura do solo com um impacto importante na provisão dos SE (KINDU *et al.*, 2016; POWER *et al.*, 2010). Para Moçambique em particular, diversos estudos analisaram os SE a nível local e regional. Por exemplo, Wong *et al.* (2005) apresentaram uma revisão preliminar dos SE e respectivos determinantes e constituintes do bem-estar para Moçambique. Fallis (2013) descobriu que o Chibuto (distrito da província de Gaza, no sudoeste de Moçambique) é largamente usado como um agroecossistema com agricultura, pastagem e recolha de fibra. Recentemente, Nunes e Ghermandi (2015) realizaram um estudo sobre a avaliação e a compreensão dos SE marinhos do canal nortenho de Moçambique. Mudaca *et al.* (2015) estudaram os factores que influenciam a decisão dos agregados familiares em participarem no programa de pagamento de SE numa comunidade localizada na província de Sofala. Niquisse *et al.* (2017) estudaram as tendências dos SE e da biodiversidade em Moçambique como consequência da mudança do uso e cobertura do solo. Concluímos, portanto, que estudos sobre SE em

Moçambique são raros e nenhum deles providenciou ainda uma avaliação monetária a nível nacional e/ou provincial nem as suas mudanças. A falta desses estudos pode ser um importante obstáculo na manutenção da provisão dos SE.

Em linha com as avaliações nacionais do *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) (TEEB, 2010), este estudo realiza uma avaliação dos SE para Moçambique e das suas alterações como consequência do uso e cobertura do solo. Para tal, utilizaremos dados disponibilizados gratuitamente para avaliar os SE em Moçambique e nas suas províncias nos anos 2005, 2009 e 2025, usando uma abordagem espacialmente explícita. Conhecendo o valor dos SE e a sua dinâmica espacial a nível nacional e provincial, tornará possível considerar os SE na contabilidade nacional do bem-estar e ir para além do PIB como medida nacional de bem-estar e objetivo político.

Área de estudo

Moçambique situa-se no Sudeste de África e tem uma área de cerca de 800,000 km² (Figura 1). Este país tem uma paisagem diversificada que vai desde as planícies costeiras à savana, e da floresta à montanha. Existem muitos rios correndo do oeste para leste até ao oceano Índico, sendo o Zambeze e o Limpopo os maiores rios do país. Moçambique encontra-se dividido em 11 províncias e faz fronteira com 6 países. A leste, faz fronteira com Madagáscar através do canal de Moçambique. O país tem cerca de 28.83 milhões de habitantes (WORLD BANK, 2016). A maior cidade e capital do país é cidade de Maputo com cerca de 1.2 milhões de habitantes (INE, 2015). O PIB era de 14807×10^6 USD em 2015 (WORLD BANK, 2016). Este país encontra-se na posição 180 de 188 países no mais recente Índice de Desenvolvimento Humano (UNDP, 2015).

Figura 1: Área de estudo



Métodos

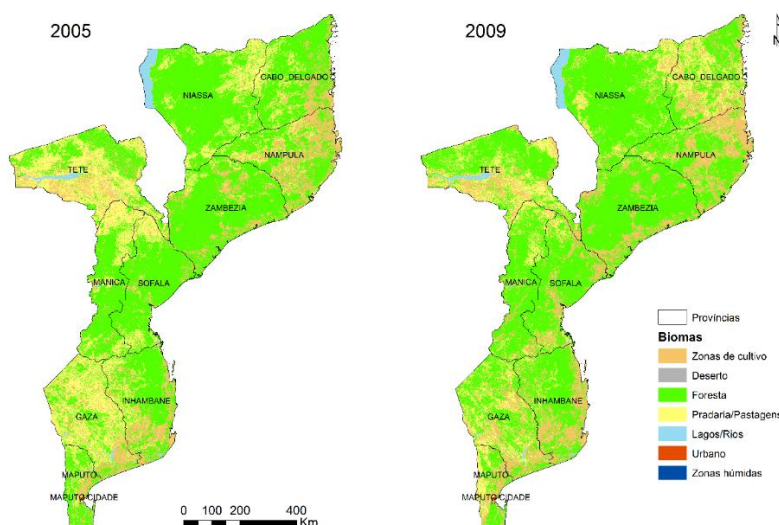
Neste estudo, foram utilizados os mapas de uso e cobertura do solo de Moçambique do período entre 2004 e 2006 (aqui designado 2005) e 2009 do projecto *GlobCover* (http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php). Estes são os únicos anos de referência disponíveis para estes dados e que diferenciam 19 classes de uso e cobertura do solo (Tabela 1). Estes dados foram obtidos a partir do satélite *ENVISAT MERIS* que conta com um sensor com 300m de resolução espacial

(ESA, 2015). A precisão geral, ponderada pelas proporções das várias áreas das classes de uso e cobertura do solo, é de 73% (DEFOURNY *et al.*, 2009). Adicionalmente, foram obtidos dados da divisão administrativa de Moçambique no Centro Nacional de Cartografia (<http://www.cenacarta.com>).

Tabela 1: Classes de uso e cobertura do solo do projecto GlobCover e o bioma correspondente (BAI *et al.*, 2014; COSTANZA *et al.*, 2014).

Código	Classe de uso e cobertura do solo	Bioma
14	Zonas cultivadas de sequeiro	Zonas cultivadas
20	Mosaicos de zonas cultivadas (50-70%) / vegetação (pastagens/vegetação arbustiva/floresta) (20-50%)	Zonas cultivadas
30	Mosaicos de vegetação (pastagens/vegetação arbustiva/floresta) (50-70%) / Zonas cultivadas (20-50%)	Zonas cultivadas
40	Floresta de folhas verdes largas ou semi-decídua (>5m) cerrada a aberta (>15%)	Zonas cultivadas
50	Floresta decídua de folhas largas (>5m) cerrada (>40%)	Floresta
60	Bosque/Floresta de folhas largas decídua (>5m) aberta (15-40%)	Floresta
90	Floresta verde ou de folhas agulha decídua (>5m) aberta (15-40%)	Floresta
100	Floresta mista de folhas agulha e de folha larga (>5m) cerrada a aberta (>15%)	Floresta
110	Mosaicos de floresta ou vegetação arbustiva (50-70%) / pastagens (20-50%)	Pradaria/pastagens
120	Mosaicos de pastagens (50-70%) / floresta ou vegetação arbustiva (20-50%)	Pradaria/pastagens
130	Vegetação arbustiva (<5m) (folhas largas ou de agulha, de folhas verdes ou decíduas) cerrada a aberta (>15%)	Pradaria/pastagens
140	Vegetação herbácea (pastagens, savanas ou líquenes/musgos) cerrada a aberta (>15%)	Pradaria/pastagens
150	Vegetação dispersa (<15%)	Pradaria/pastagens
160	Floresta de folha larga cerrada a aberta (>15%) em solo regularmente inundado (semipermanente ou temporariamente) – Água fresca ou salobra	Zonas húmidas
170	Floresta de folha larga ou mato cerrada (>40%) em solo permanentemente inundado ou alagado – Água salobra ou salgada	Zonas húmidas
180	Pastagens ou vegetação arborizada cerrada a aberto (>15%) em solo regularmente inundado ou alagado – Água fresca, salobra ou salgada	Zonas húmidas
190	Superfícies artificializadas e zonas associadas (áreas urbanas >50%)	Urbano
200	Solo nu	Deserto
210	Corpos de água	Água

Os biomas são unidades biológicas classificadas de acordo com a vegetação dominante e caracterizadas pela adaptação dos organismos àquele ambiente particular (CAMPBELL, 1996). Existem várias formas de caracterizar os biomas de acordo com diferentes critérios, como, por exemplo, o clima, o *habitat*, a adaptação de plantas e animais, a biodiversidade e as actividades humanas (WWF, 2016). Para a identificação dos biomas em Moçambique, foram usadas as classes de uso e cobertura do solo dos dados GlobCover e a sua correspondência de acordo (BAI *et al.*, 2014; COSTANZA *et al.*, 2014). Foram identificados sete biomas, como resultado da conversão descrita na tabela 1: floresta, pradaria/pastagens, zonas húmidas, deserto, urbano, lagos/rios e zonas cultivadas (Figura 2).

Figura 2: Biomas de Moçambique em 2005 e em 2009

Diversos métodos de avaliação económica têm sido usados para determinar o valor dos SE, tais como a abordagem de mercado simulada (GUY GARROD AND KENNETH G, 1999), a abordagem de mercado substituta (WU, K. *et al.*, 2013), ou o método da transferência de benefício (CHEN, J. *et al.*, 2014; FARBER *et al.*, 2006). Este último tem sido usado para estimar o valor dos SE dos biomas globais e as suas mudanças (COSTANZA *et al.*, 2014; COSTANZA; D'ARGE *et al.*, 1997). Assim, neste estudo, optámos por usar este método para estimar o valor dos SE de Moçambique. Esta técnica consiste em utilizar a avaliação de estudos ou dados existentes para estimar o valor dos SE numa área similar (COSTANZA; D'ARGE *et al.*, 1997) e é usada quando há insuficiência de recursos e/ou tempo para realizar a recolha detalhada de dados no campo (WILSON, M. A.; HOEHN, 2006), como é o caso do presente estudo.

A avaliação dos SE de cada bioma identificado foi realizada com base nos valores obtidos na *Ecosystem Services Valuation Database* (ESVD), disponibilizada pela *Ecosystem Services Partnership* (ESP – <http://www.es-partnership.org>). Foram selecionados os estudos que avaliaram SE similares aos disponíveis em Moçambique e em áreas com latitude aproximadas. Todos os valores de SE foram convertidos USD/ha/ano, usando o ano de 2009 como referência. O valor total dos SE foram estimados, usando a equação (COSTANZA; D'ARGE *et al.*, 1997) (1):

$$VSE = \sum(A_k \times VC_k) \quad (1)$$

Onde VSE é o valor estimado de SE, A é a área em ha, e VC o valor do coeficiente em (USD/ha/ano) para cada classe de uso e cobertura do solo k. As mudanças do VSE são obtidas por meio do cálculo da diferença entre os valores estimados para cada ano (KREUTER *et al.*, 2001).

Para obtermos as estimativas dos valores dos biomas para o ano 2025, foi utilizado um modelo de alteração do uso e cobertura do solo – o Land Change Modeler, disponível no IDRISI Selva (Eastman 2012). Esse modelo usa as mudanças históricas dos biomas entre 2005 e 2009 para projetar os biomas para o ano 2025 de uma forma espacialmente explícita. O processo de modelação incluiu o uso de cadeias de Markov que determinaram a probabilidade de cada célula mudar para outra classe entre 2005 e 2009. Os potenciais de transição, que correspondem a mapas de probabilidade para cada célula transitar de bioma, foram modelados com recurso a uma rede neuronal. Durante esse processo, uma colecção de mapas de transição foi criada usando variáveis determinantes (*drivers*), que foram transformadas, usando-se um logaritmo natural. Essas variáveis consideraram apenas a dependência espacial (por exemplo, uma célula tem maior aptidão a mudar para floresta quanto mais próxima esta estiver de células do tipo floresta). Somente as transições com mais de 100000 células foram mantidas

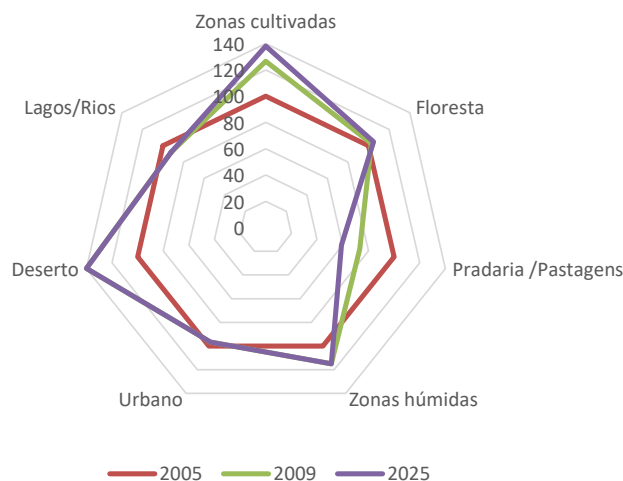
para o exercício de modelação por uma questão de simplicidade e porque nos interessava apenas modelar as principais transições. Como apenas tínhamos dois momentos temporais para os dados de uso e cobertura do solo (2005 e 2009), não nos foi possível avaliar a qualidade da projecção do modelo. Foi assumido um cenário tendencial, no qual a tendência histórica de alteração dos biomas entre 2005 e 2009 foi usada para projectar os biomas para 2025, sem restrições de planeamento. O mapa dos biomas resultante foi utilizado para calcular os valores de SE.

Resultados

A floresta era o bioma que representava a maior parte do território moçambicano (59.57% e 61.13% da área total, respectivamente, 2005 e 2009). Esse bioma cresceu cerca de 2.6% nesse período de tempo. As maiores mudanças foram dos biomas de pradaria/pastagens (-26.7%) e zonas cultivadas (26.6%). Esses biomas representavam 16.49%, e 21.5%, respectivamente, da área total em 2009. O bioma da pradaria/pastagens 3732984ha para agricultura e 6016653ha para floresta. Por outro lado, as zonas cultivadas perderam 4513455ha para floresta e 1419066ha para pradaria/pastagens. Embora o deserto representasse uma pequena percentagem, esse bioma também aumentou substancialmente entre 2005 e 2009 (39.9%).

A estimativa dos biomas para o ano de 2025, tomando o ano de 2005 como referência (índice 100), é apresentada na Figura 3. Nota-se a manutenção da tendência de crescimento das zonas cultivadas e das florestas, i.e., um aumento de 9.1% e 2% entre 2009 e 2025, respectivamente. A tendência de decrescimento importante da pradaria/pastagens (-19.4% entre 2009 e 2025) é também mantida. Os outros biomas mantêm para o ano de 2025 valores semelhantes aos que tinham no ano de 2009, pois apenas foram modeladas as transições com mais de 100000 células.

Figura 3: Alterações (%) nas áreas dos biomas entre 2005 e 2025, tomando o ano 2005 como ano de referência (índice 100)



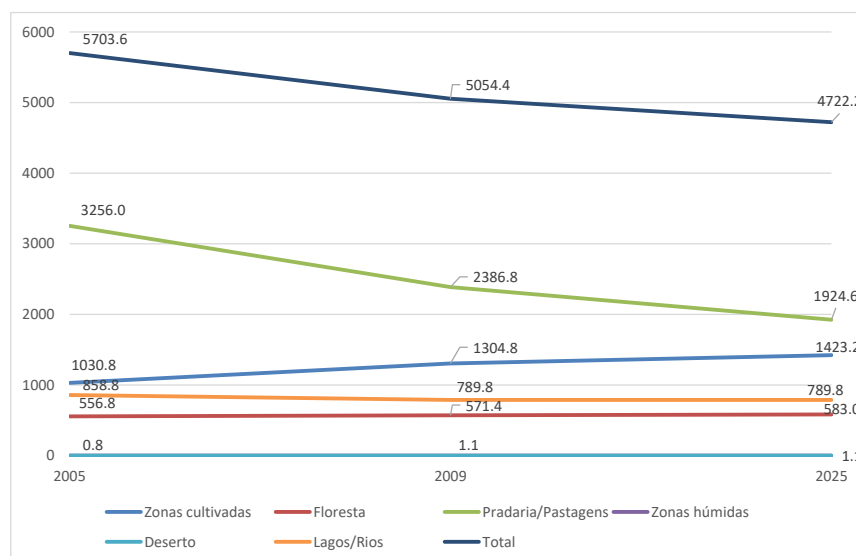
A partir da consulta da base de dados ESVD, foi possível determinar o valor dos SE dos biomas equivalentes aos de Moçambique (Tabela 2). O bioma urbano não foi considerado no cálculo porque não foi encontrado qualquer estudo comparável com as áreas urbanas de Moçambique, incluindo o coeficiente urbano revisto em Costanza *et al.* (2014) e que foi considerado como sendo muito sobrestimado (YI *et al.*, 2017). Em todo caso, a área urbana total de Moçambique representava apenas 17163ha, i.e., apenas cerca de 0.02% da área total. Assim, o impacto desse bioma no valor dos SE total seria sempre relativamente baixo. Alguns dos valores da Tabela 2 referem-se apenas a um SE para cada bioma (zonas cultivadas, pradaria/pastagens, deserto e lagos/rios), enquanto outros representam múltiplos SE por bioma (floresta e zonas húmidas). Neste último caso, foram somados todos os valores para determinar valor dos SE destes biomas. Nos casos em que os valores estavam em moedas

diferentes (por exemplo, a floresta e a pradaria/pastagens), o coeficiente de SE foi convertido em USD de 2009.

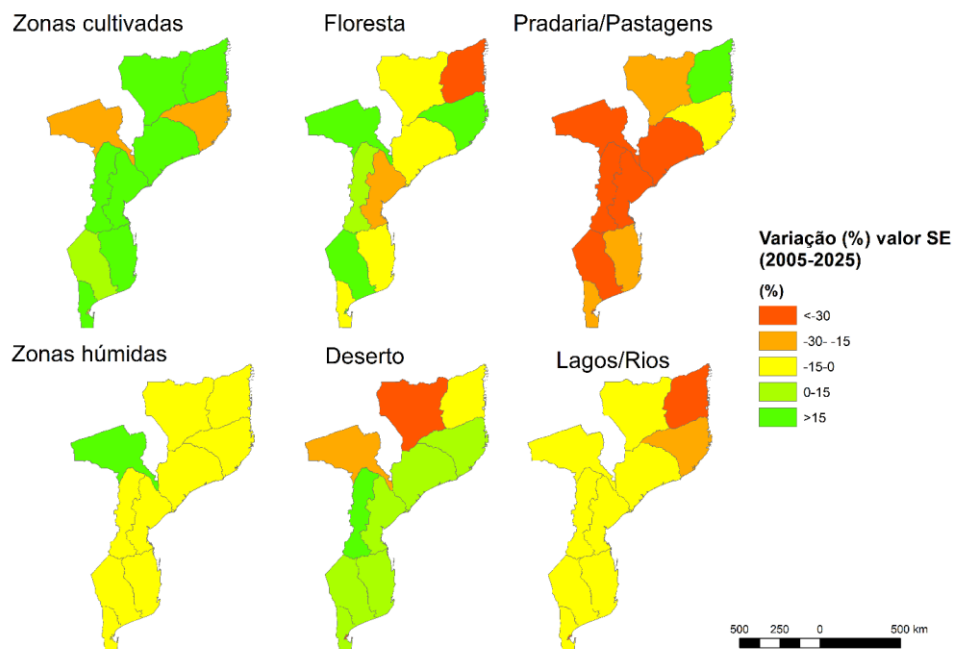
Tabela 2: Biomas e valor de SE correspondente

Bioma	Coeficiente de SE (USD/ha/ano)	País	SE	Fonte
Zonas cultivadas	77.6	Tanzânia	Alimento	(TURPIE, J., 2000)
Floresta	11.95 (soma de todos os valores de SE e conversão de RAN para USD de 2009)	África do Sul	Matéria-prima, alimento, protecção da biodiversidade, polinização	(TURPIE, J. K.; HEYDENRYCH; STEPHEN J. LAMBERTH, 2003)
Pradaria/pastagens	185 (conversão de PULA para USD de 2009)	Botswana	Alimento	(BARNES, 2002)
Zonas húmidas	98.3 (soma de todos os valores de SE)	Malawi	Alimento, matéria-prima e água	(SCHUIJT, 2002)
Deserto	166 (soma de todos os valores de SE)	Quênia	Matéria-prima	(MOGAKA, 2007)
Lagos/Rios	1205.4 (soma de todos os valores de SE)	Quênia	Recreação	(MOGAKA, 2007)

O valor total estimado de SE em 2005 foi de 5703.6×10^6 USD. Em 2009, este valor foi de 5054.4×10^6 USD, representando um decréscimo de 649.2×10^6 USD (-11.4%) (Figura 4). Para o ano de 2025, espera-se que esta tendência de descida se continue a verificar, passando o valor dos SE para 4722.22×10^6 USD (-6.6% entre 2009 e 2025). O bioma com maior valor de SE em 2009 foi a pradaria/pastagens (2386.8×10^6 USD), i.e., 47.2% do valor total dos SE do país. Em 2025, espera-se que este bioma represente apenas 40.8% do valor total de SE, caindo para 1924.6×10^6 USD. Para 2025, é esperado um aumento importante das zonas cultivadas, i.e., um aumento de 38.1% entre 2005 e 2025.

Figura 4: Evolução do valor (10^6 USD) dos SE entre 2005 e 2025

O valor dos SE de todas as províncias desceram entre 2005 e 2009, sendo Gaza (-16.6%) e Sofala (-15.9%) as que registaram o maior decréscimo. A província de Cabo-Delgado foi a que registou a menor redução (-4.3%) nesse período. A província do Niassa foi a que registou o maior valor de SE em 2009 (837.5×10^6 USD). No entanto, esta província perdeu -10.6% do valor de SE desde 2005 até 2009, i.e., -99.35×10^6 USD. A província de Gaza foi a que mais contribuiu na perda do valor de SE, com -101.0×10^6 USD. No período entre 2009 e 2025, e embora se preveja uma redução global dos SE (-6.6%) entre 2009 e 2025 para Moçambique, existem províncias que vão ver o seu valor de SE aumentar (Cabo-Delgado, Gaza, Inhambane, Maputo, Nampula e Niassa. Há que se destacar o valor de crescimento elevado de Nampula (501.6%). Esse aumento é suportado pelo aumento no bioma Pradaria/Pastagens em 344.2%. Na Figura 5, é possível ver as mudanças do valor dos SE (%) por bioma ao nível da província entre 2005 e 2025. Notamos um aumento significativo nas zonas cultivadas das províncias Manica (207.7%), Niassa (276.8%) e Sofala (286.5%). Exceptuando Cabo-Delgado (43.3%), o bioma pradaria/pastagens (43.3%) decresceu em todas as províncias. Importa salientar que o aumento de pradaria/pastagens nas províncias de Cabo Delgado coincidiu com uma diminuição assinalável no bioma floresta (-24.5%).

Figura 5: Mudanças dos valores de SE (%) por bioma ao nível provincial entre 2005 e 2025

Discussão

Neste estudo, os serviços fornecidos pelos biomas zonas cultivadas e pradaria/pastagens estão relacionados apenas com alimentos agrícolas. Contudo, o valor de SE das zonas cultivadas é de 77.6 USD/ha/ano, enquanto o bioma pradaria/pastagens é avaliado em 185 USD/ha/ano, o que afecta negativamente o valor de SE de Moçambique. O bioma pradaria/pastagens perdeu área e valor para a floresta e para as zonas cultivadas (Tabela 2). É provável que, a longo prazo, tal como confirmado pelo nosso modelo para 2025, o valor de SE das zonas cultivadas continue a crescer devido à necessidade crescente de produção de alimentos para atender às necessidades alimentares do país devido ao crescimento populacional (WORLD BANK, 2016). Essa conversão tem um impacto importante nos SE fornecidos pelos biomas floresta e pradaria/pastagens, visto que esses são os biomas que suportarão o crescimento das zonas cultivadas. A conversão de pradaria/pastagens para floresta é um factor positivo devido à provisão de vários SE, tais como a regulação de inundações, que são um problema sério em Moçambique. De notar que as inundações foram muito intensas de 2007 a 2009 (República de Moçambique, 2008; UNISDRI, 2015).

Outros serviços fornecidos pela floresta e avaliados neste estudo incluem matérias-primas, alimentos, protecção da biodiversidade e a polinização. Observou-se uma conversão importante entre 2005 e 2009 da floresta para zonas cultivadas e é esperado que tal continue a acontecer para 2025. De acordo com a FAO (2013), o principal sistema de cultivo em Moçambique é a agricultura de subsistência, com baixos níveis de produtividade devido à falta de condições adequadas, tais como a tecnologia, a acessibilidade ao mercado, a infraestrutura de armazenamento e a organização agrícola (WOODHOUSE, 2014). Assim, para aumentar a produção, os pequenos agricultores aumentam as áreas agrícolas por meio da conversão de outros biomas para zonas cultivadas, principalmente pradaria/pastagens (porque é mais fácil para eles prepararem a terra). As mudanças do valor de SE dos outros biomas foram pouco importantes, se tivermos em conta a precisão dos dados e as suas áreas proporcionais, isto é, menos de 1% do total da área de Moçambique (zonas húmidas, deserto, lagos/rios). Nesse grupo de biomas, notámos que o deserto aumentou o seu valor de SE significativamente entre 2005 e 2009 (39.9%). Esse valor foi muito alto nas províncias de Manica, Niassa e Tete. Apesar de esse valor ser proporcionalmente baixo, este deverá ser considerado cuidadosamente porque a desertificação severa é um problema grave em Moçambique (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2015).

Ao nível provincial, o valor total dos SE mudaram negativamente em todos os casos. No entanto, as mudanças nos biomas foram diferentes na sua magnitude e localização. Observámos que Cidade de Maputo, Sofala, e Niassa foram as províncias que tiveram maior aumento do valor dos SE nas zonas cultivadas entre 2005 e 2009. Como foi mencionado antes, o bioma zonas cultivadas aumentou, tendo em vista o aumento da produção de alimento para a redução da pobreza no país (CUNGUARA *et al.*, 2013). Entre 2005 e 2009, o maior aumento de zonas cultivadas foi registado na Cidade de Maputo (871.4%). No entanto, é importante notar que esse aumento de zonas cultivadas levou ao declínio do valor de SE e de outros biomas, tais como a pradaria/pastagens e floresta, que fornecem SE importantes.

Existem vários instrumentos políticos disponíveis em Moçambique que podem se beneficiar dos resultados deste estudo, dependendo do enfoque individual ou colectivo de SE. É de se referir que nem todos os serviços oferecidos pelos biomas foram avaliados, como, por exemplo, o bioma floresta, que tem um papel importante na regulação do clima e que poderia estar ligado a um instrumento político específico, tal como a Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas (REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE, 2015). Portanto, os resultados apresentados neste estudo apenas podem ser considerados como uma avaliação preliminar dos SE.

O método da transferência de benefício tem sido amplamente utilizado em estudos de valorização de SE (COSTANZA *et al.*, 2014; KUBISZEWSKI *et al.*, 2013; MAES *et al.*, 2012). No entanto, esse método tem várias falhas como, por exemplo, a propensão a erros resultantes da falta de correspondência entre a estimativa de valor de SE por hectare para todas as áreas com a mesma cobertura ou tipo de *habitat* (PLUMMER, 2009). Os SE analisados neste estudo estão limitados apenas aos disponíveis na ESVD. No entanto, estamos cientes de que cada bioma pode fornecer múltiplos SE, fazendo, necessariamente, com que as nossas estimativas de valores de SE estejam subestimadas. Além disso, assumindo os valores de SE constantes, a falta nas medições, e tamanhos pouco representativos das áreas de estudo constituem também problemas potencialmente importantes ao transferirem-se valores de SE (EIGENBROD *et al.*, 2010; FRÉLICHOVÁ *et al.*, 2014).

Neste estudo, os biomas e valores de SE correspondentes são provenientes de estudos aplicados em diferentes regiões, escalas e datas, constituindo também uma fonte de incerteza. Esses estudos também podem conter dados enviesados devido a condições biofísicas e socioeconómicas diferentes da nossa área de estudo, tornando-os inadequados para a aplicação do método da transferência de benefícios (WILSON, M. A.; HOEHN, 2006). Finalmente, o padrão, a qualidade e os processos ecológicos têm fortes influências na valorização de SE (WANG, W. *et al.*, 2014). No entanto, neste estudo as mudanças no valor de SE ignoram esses factores, pois apenas as mudanças das áreas do ecossistema é que são consideradas.

A disponibilidade de dados de uso e cobertura do solo foram também uma limitação importante neste estudo. Os dados mais recentes disponíveis eram de 2005 e 2009, o que é bastante desactualizado, considerando a crescente actividade económica de Moçambique (WORLD BANK, 2016). A resolução espacial dos dados de uso e cobertura do solo é grosseira e pode levar a problemas de generalização. Por exemplo, as áreas das zonas húmidas podem ser generalizadas para outros tipos de uso e cobertura do solo. Além disso, o valor da precisão (73%) dos dados GlobCover encontra-se abaixo do nível mínimo de precisão de interpretação na identificação das categorias de uso e cobertura do solo de dados de detecção remota, que devem ser pelo menos de 85% (ANDERSON, J. R. *et al.*, 1976). Finalmente, a conversão das classes de uso e cobertura do solo dos dados GlobCover para biomas é também uma fonte de incerteza devido às características de transição de algumas das classes.

Apesar de todas essas limitações, e sabendo que a avaliação de SE usando dados primários é onerosa, forçando os investigadores a trabalhar com aproximações (EIGENBROD *et al.*, 2010), tentámos minimizar os erros na nossa abordagem. Os próximos estudos deverão necessariamente ambicionar uma maior precisão na avaliação dos SE, incluindo, por exemplo, a utilização de ferramentas, tais como InVEST (TALLIS, H *et al.*, 2015), para reduzir o impacto desses erros.

Conclusões

Este estudo fornece uma avaliação monetária de SE e das mudanças como resultado da mudança do uso e cobertura do solo em Moçambique entre 2005 e 2025. A medição do valor dos SE com o método da transferência de benefício ao nível provincial proporcionou uma perspectiva inovadora e uma melhor compreensão das dinâmicas espaciais do valor dos SE nas diferentes regiões, que estão intimamente ligados ao desenvolvimento económico do país. Estes resultados podem ajudar na definição de políticas que otimizam a estrutura de uso de cobertura do solo em Moçambique para maximizar o valor total dos SE. Ao nível da província, os resultados permitem tirar conclusões sobre quais SE devem ser priorizados para a intervenção dos planificadores.

Embora existam alguns estudos adequados no ESVD para se usar o método da transferência de benefício, concluímos que faltam estudos actualizados para África e para Moçambique em particular. No entanto, esta avaliação inicial, dados e metodologia podem ser muito úteis como base para futuros estudos de valorização de SE. Estimámos o valor de SE total de Moçambique em $5,054.4 \times 10^6$ US\$ para o ano 2009, representando a variação de -11.4% desde 2005. Espera-se que este valor caia para 4722.2×10^6 USD em 2025, representando uma perda de -17.2% em relação ao valor de 2005. Apesar desta redução, o valor dos SE para o ano de 2009 ainda representava aproximadamente metade do Produto Interno Bruto (PIB) para esse ano (10910×10^6 USD). Portanto, concluímos também que o valor de SE de Moçambique é muito relevante. Acreditamos que os resultados poderão ser usados para aumentar a consciencialização sobre a importância de preservar os SE para melhorar o bem-estar humano em Moçambique, e para ir além do PIB como uma medida de bem-estar e objectivo político. Investigação futura deverá focar-se nos múltiplos SE que existem no país e que ainda não foram estudados e/ou avaliados, com o objectivo de se actualizarem as estimativas do valor do SE.

Referências

- ANDERSON, J. R. *et al.* A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data, Geological Survey Professional Paper 964. [S.l.]: [s.n.], 1976.
- BAI, Y. *et al.* Assessing consistency of five global land cover data sets in China. *Remote Sensing*, set. 2014. v. 6, n. 9, p. 8739–8759.
- BARNES, J. The economic returns to wildlife management in southern Africa. In: PEARCE, D.; PEARCE, C.; PALMER, C. (Org.). *Valuing the Environment in Developing Countries*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2002.
- CABRAL, P. *et al.* Assessing the impact of land-cover changes on ecosystem services: A first step toward integrative planning in Bordeaux, France. *Ecosystem Services*, dez. 2016. v. 22, p. 318–327. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212041616302182>>.
- CAMPBELL, N. A. *Campbell Biology*. 4. ed. [S.l.]: [s.n.], 1996.
- CHEN, J. *et al.* Land use changes and their effects on the value of ecosystem services in the small Sanjiang plain in China. *TheScientificWorldJournal*, jan. 2014. v. 2014, p. 752846.
- COSTANZA, R.; ARGE, R.; *et al.* The value of the world ' s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997. v. 387, n. May, p. 253–260.
- _____; D'ARGE, R.; *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, maio. 1997. v. 387, n. 6630, p. 253–260.
- _____. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, maio. 2014. v. 26, p. 152–158. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378014000685>>.
- CRESPIN, S. J.; SIMONETTI, J. A. Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. *Ecosystem Services*, fev. 2016. v. 17, p. 5–13.
- CUNGUARA, B. *et al.* O Sector Agrário em Moçambique: Análise situacional, constrangimentos e

oportunidades para o crescimento agrário. Direcção de Economia, Ministério da Agricultura. Maputo, Mozambique: [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://fsg.afre.msu.edu/mozambique/RP73P.pdf>>.

D'AMATO, D. *et al.* Monetary valuation of forest ecosystem services in China: A literature review and identification of future research needs. **Ecological Economics**, 2016. v. 121, p. 75–84.

DAWSON, N.; MARTIN, A. Assessing the contribution of ecosystem services to human wellbeing: A disaggregated study in western Rwanda. **Ecological Economics**, 2015. v. 117, p. 62–72.

DEFOURNY, P. *et al.* Accuracy Assessment of a 300 m Global Land Cover Map: The GlobCover Experience. Stresa, Italy, 4-8 May: [s.n.], 2009.

EIGENBROD, F. *et al.* Error propagation associated with benefits transfer-based mapping of ecosystem services. **Biological Conservation**, nov. 2010. v. 143, n. 11, p. 2487–2493.

ESA. GlobCover. [S.l.], 2015. Disponível em: <http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php>. Acesso em: 22 abr. 2015.

FALLIS, A. . Summary for Policymakers. *In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Org.). Climate Change 2013 - The Physical Science Basis.* Cambridge: Cambridge University Press, 2013, V. 53, p. 1–30.

FAO. **Mozambique BEFS Country Brief.** [S.l.]: [s.n.], 2013.

FARBER, S. *et al.* Linking Ecology and Economics for Ecosystem Management. **BioScience**, 2006. v. 56, n. 2, p. 121.

FRÉLICOVÁ, J. *et al.* Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic. **Ecosystem Services**, jun. 2014. v. 8, p. 110–117. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212041614000217>>.

GROOT, R. DE *et al.* Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, 23 maio. 2012. v. 1, n. 1, p. 50–61. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212041612000101>>. Acesso em: 9 jul. 2014.

GUY GARROD AND KENNETH G. W. **Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies.** [S.l.]: [s.n.], 1999.

HALPERN, B. S. *et al.* A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. **Science**, 15 abr. 2008. v. 319, n. 5865, p. 948–952. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1149345>>.

INE. População Projectada por distritos, Maputo Cidade 2007-2040. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.ine.gov.mz/estatisticas/estatisticas-demograficas-e-indicadores-sociais/populacao/projeccoes-da-populacao>>.

JACOBS, S. *et al.* A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. **Ecosystem Services**, dez. 2016. v. 22, p. 213–220. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221204161630479X>>. Acesso em: 9 dez. 2016.

JOSHI, G.; NEGI, G. C. S. Quantification and valuation of forest ecosystem services in the western Himalayan region of India. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, mar. 2011. v. 7, n. 1, p. 2–11. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21513732.2011.598134>>.

KAREIVA, P. *et al.* **Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services.** New York: OUP Oxford, 2011.

KINDU, M. *et al.* Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munessa–Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. **Science of The Total Environment**, mar. 2016. v. 547, p. 137–147. Disponível em:

<<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969715312821>>.

KREMER, P.; HAMSTEAD, Z. A. The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. **Environmental Science & Policy**, 2016. v. 62, p. 57–68.

KREUTER, U. P. *et al.* Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. **Ecological Economics**, 2001. v. 39, n. 3, p. 333–346.

KUBISZEWSKI, I. *et al.* An initial estimate of the value of ecosystem services in Bhutan. **Ecosystem Services**, 2013. v. 3, p. E11.

LAWLER, J. J. *et al.* Projected land-use change impacts on ecosystem services in the United States. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 20 maio. 2014. v. 111, n. 20, p. 7492–7497. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1405557111>>.

LEH, M. D. K. *et al.* Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 23 abr. 2013. v. 165, p. 6–18. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880912004343>>.

MAES, J. *et al.* Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. **Ecosystem Services**, 2012. v. 1, n. 1, p. 31–39. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212041612000058>>.

MILLENIUM ASSESSMENT. Ecosystems and their services. **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. [S.l.]: Island Press, 2003, p. 49–70.

MOGAKA, E. B. And H. “Kenya’s Drylands – Wastelands or an Undervalued National Economic Resource”. [S.l.]: [s.n.], 2007.

MUDACA, J. D. *et al.* Household participation in Payments for Ecosystem Services: A case study from Mozambique. **Forest Policy and Economics**, jun. 2015. v. 55, p. 21–27.

NIQUISSE, S. *et al.* Ecosystem services and biodiversity trends in Mozambique as a consequence of land cover change. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, 17 jan. 2017. v. 13, n. 1, p. 297–311. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21513732.2017.1349836>>.

NUNES, P.; GHERMANDI, A. **Understanding and Valuing the Marine Ecosystem Services of the Northern Mozambique Channel**. Consultancy report commissioned for the Northern Mozambique Channel initiative. WWF International. [S.l.]: [s.n.], 2015.

PEREZ-VERDIN, G. *et al.* Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. **Ecosystem Services**, 2016. v. 21, p. 6–19.

PLUMMER, M. L. Assessing benefit transfer for the valuation of ecosystem services. **Frontiers in Ecology and the Environment**, fev. 2009. v. 7, n. 1, p. 38–45. Disponível em: <<http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/080091>>.

POWER, A. G. *et al.* Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, 27 set. 2010. v. 365, n. 1554, p. 2959–71. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20713396>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

RAUSSER, G. C.; SMALL, A. A. Valuing research leads: bioprospecting and the conservation of genetic resources. **Journal of Political Economy**, 2000. v. 108, n. 1, p. 173–206.

REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE. **Cheias em Moçambique: Relatório da Avaliação Inicial Multissetorial sobre Segurança Alimentar e Nutricional**. Maputo: [s.n.], 2008.

_____. **Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas 2013-2025**, Ministério

para a **Coordenação da Acção Ambiental**. Disponível em: <<http://www.cgcmc.gov.mz/pt/politicas-estrategias/94-estrategia-nacional-de-adaptacao-e-mitigacao-de-mudancas-climaticas>>.

SCHUIJT, K. **Land and Water Use of Wetlands in Africa: Economic Values of African Wetlands**. [S.l.]: [s.n.], 2002.

TALLIS, H. *et al.* **INVEST 3.1.1 User's Guide: Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs. The Natural Capital Project**. Disponível em: <http://ncp-dev.stanford.edu/~dataportal/invest-releases/documentation/current_release/>.

TEEB. **The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations**. London; Washington, DC: Earthscan, 2010. TURPIE, J. **The use and value of natural resources of the Rufiji floodplain and delta, Tanzania. Unpublished report to IUCN (EARO)**. [S.l.]: [s.n.], 2000.

TURPIE, J. K.; HEYDENRYCH, B. J.; STEPHEN J. LAMBERTH, S. J. Economic value of terrestrial and marine biodiversity in the Cape Floristic Region, implications for defining effective and socially optimal conservation strategies. **Biological Conservation**, 2003. v. 112, p. 233–251.

UNDP. **Human Development Reports**. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>>. Acesso em: 23 maio 2016.

UNISDRI. **Desinventar Information Management System**. [S.l.], 2015.

WANG, W. *et al.* The impact of land use change on the temporospatial variations of ecosystem services value in China and an optimized land use solution. **Environmental Science & Policy**, dez. 2014. v. 44, p. 62–72. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901114001270>>.

WANG, Z. *et al.* Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. **Ecological Processes**, 2015. v. 4, n. 1, p. 11.

WILSON, M. A.; HOEHN, J. P. Valuing environmental goods and services using benefit transfer: The state-of-the art and science. **Ecological Economics**, dez. 2006. v. 60, n. 2, p. 335–342. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800906004460>>.

WONG, C.; ROY, M.; DURAIAPPAH, A. K. **Focus on Mozambique. Connecting poverty and ecosystem services: A series of seven country scoping studies**. [S.l.]: [s.n.], 2005. Disponível em: <https://www.iisd.org/pdf/2005/economics_poverty_mozambique.pdf>.

WOODHOUSE, P. Agricultura, Pobreza e a Receita do PARP. In: BRITO, L. *et al.* (Org.). **Desafios para Moçambique, 2012**. IESE ed. Maputo: [s.n.], 2014, V. 2014, p. 165–183.

WORLD BANK. **Mozambique**. [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/country/mozambique>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

WU, K. *et al.* Impacts of land use/land cover change and socioeconomic development on regional ecosystem services: The case of fast-growing Hangzhou metropolitan area, China. **Cities**, abr. 2013. v. 31, p. 276–284.

WWF. **Major Biomes of the world**. [S.l.], 2016.

YI, H. *et al.* Impacts of Land Change on Ecosystem Services in the San Antonio River Basin, Texas, from 1984 to 2010. **Ecological Economics**, maio. 2017. v. 135, p. 125–135. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800916306899>>.