

ANÁLISE ESTENDIDA DE CUSTO-BENEFÍCIO PARA ADOÇÃO DE VAZÃO ECOLÓGICA EM MOÇAMBIQUE: COMPARTILHANDO O RIO ZAMBEZE *

Daniel Tha**

Daniel Seager**

O delta do rio Zambeze, em Moçambique, recebia recorrentes inundações anuais devido aos ciclos marcantes de chuva e estiagem de sua área de drenagem. Tal movimento caracterizou sua fauna e flora e também o estilo de vida de seus quase 0,5 milhão de habitantes. Desde 1974, entretanto, a hidrelétrica de Cahora Bassa erradicou tais cheias ao administrar o fluxo do rio para a maximização da produção de energia. Objetivando subsidiar a tomada de decisões do poder público – operador da hidrelétrica – quanto à descarga proposital (vazão ecológica), realizou-se uma análise estendida de custo-benefício (AECB) de seis propostas de adoção de vazão ecológica. A mensuração pecuniária dos benefícios para as atividades de subsistência (pesca e agricultura) das comunidades do delta e também para a pesca comercial foi comparada à perda na produção de energia elétrica. Dois dos cenários avaliados resultam em valores líquidos positivos para a sociedade moçambicana e o ecossistema do delta.

Palavras-chave: valoração econômica de recursos naturais; vazão ecológica; análise estendida de custo-benefício; políticas públicas; sustentabilidade.

COST-BENEFIT ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FLOWS IN MOZAMBIQUE: SHARING THE ZAMBEZI RIVER

The Zambezi River's delta, in Mozambique, received recurring annual floods due to the drought and rain cycles of its catchment area. Such cyclicity shaped the delta's fauna, flora and the way of life of its nearly half-million inhabitants. Since 1974, however, Cahora Bassa hydroelectric plant eliminated the annual floods by managing the river flow for optimal energy production. In order to aid the operator of the dam - the government - as to allow for water discharges that would benefit downstream users (environmental-flows), an extended cost-benefit analysis was performed over six e-flows proposals. The pecuniary measurement of the benefits accrued to the delta communities' subsistence activities (fishing and agriculture) and for commercial fishing was compared to the loss of energy production. It is concluded that two of the six scenarios result in positive net worth for society and the delta.

Keywords: natural resource valuation; environmental-flows (e-flows); extended cost-benefit analysis; public policies; sustainability.

* Este artigo é o fruto da dissertação de mestrado em Gestão em Meio Ambiente apresentada pelos autores à Vrije Universiteit Amsterdam, em julho de 2008, intitulada *Linking the Future of Environmental-Flows in the Zambezi Delta, Mozambique*, sob orientação do prof. dr. Pieter Van Beukering. A realização do estudo ora apresentado se fez possível mediante a parceria entre o Instituto de Estudos Ambientais (IVM) da Vrije Universiteit Amsterdam e o Programa *Linking Futures* da organização não governamental (ONG) World Wide Fund for Nature (WWF), que possibilitou aos autores a execução de pesquisas em campo ao longo dos meses de abril e junho de 2008. A dissertação completa está disponível em: <https://www.sugarsync.com/pf/D6963682_64038577_11035>.

** Mestres em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Naturais pela Vrije Universiteit, Amsterdam/NL. E-mail: <daniel.tha@gmail.com> e <danny_seager@yahoo.com>, respectivamente.

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS EN MOZAMBIQUE: COMPARTIR LA RÍO ZAMBEZI

El delta del río Zambezi en Mozambique, recibió inundaciones anuales debido a los ciclos recurrentes de la lluvia y la sequía, que marcaron su área de drenaje. Tal movimiento caracterizó su flora y fauna y también el estilo de vida de sus casi medio millón de habitantes. Desde 1974, sin embargo, la hidroeléctrica de Cahora Bassa cerró las inundaciones pues gerencia el flujo del río a maximizar la producción de energía. Con el objetivo de apoyar la toma de decisiones de la autoridad pública – el operador de la hidroeléctrica – sobre la decisión de hacer descarga deliberada (caudales ecológicos), se llevó a cabo un análisis de costo-efectividad de seis propuestas de adopción de caudales ecológicos. La medición de los beneficios en efectivo para las actividades de subsistencia (pesca y la agricultura) de las comunidades del delta y también para la pesca comercial, que se compararán con una pérdida en la producción de electricidad. Dos de los escenarios evaluados resultó en una neta positiva.

Palabras clave: valoración económica de los recursos naturales; caudales ecológicos; análisis ampliado de costo-beneficio; política pública; sostenibilidad.

ANALYSE DU COÛTE-BÉNÉFICE POUR D'APPLICATION DU DÉBIT ÉCOLOGIQUE AU MOZAMBIQUE: LE PARTAGE DE LA FLEUVE ZAMBÈZE

Le delta du Zambèze, au Mozambique, était inondé de façon récurrente tous les ans en raison des cycles importants de pluie et de sécheresse dans son bassin versant. Ce mouvement a influencé la formation de sa faune et de sa flore ainsi que le mode de vie de sa population de près d'un million d'habitants. Cependant, depuis 1974 le barrage de Cahora Bassa a interrompu ces crues, régulant le flux du fleuve pour la production d'énergie. Dans le but d'aider le pouvoir public – opérateur de la centrale hydroélectrique – à permettre un flux minimal requis pour atteindre les objectifs de qualité sur le plan écologique (débit écologique), une analyse approfondie du coût-bénéfice de six propositions d'application du débit écologique a été réalisée. L'étude financière de leurs avantages pour les activités de subsistance (pêche et agriculture) des communes du delta, de même que pour la pêche commerciale, a été comparée à la perte dans la production d'énergie électrique. En conclusion, deux des situations analysées présentent des résultats nets positifs.

Mots-clés: valorisation économique des ressources naturelles; débit écologique; analyse approfondie du coût-bénéfice; politiques publiques; développement durable.

JEL: Q56, Q58, O13

1 INTRODUÇÃO

Desde 1974, a hidrelétrica de Cahora Bassa (Moçambique) regula o fluxo do rio Zambeze visando à maximização da produção de energia elétrica. A drástica modificação da vazão do rio à sua jusante trouxe efeitos profundos e negativos sobre a vida dos habitantes de seu delta, para a integridade do ecossistema e economia de Moçambique. A implementação de vazão ecológica – descargas deliberadas e programadas de água pela barragem – propõe-se a equilibrar o uso da água, devolvendo o direito de fazê-lo para aqueles que dependem do delta inundável. O conceito, apesar de novo, vem ganhando terreno nas decisões políticas ambientais devido aos notórios efeitos positivos para o homem e para os ecossistemas.

Estudos anteriores destacaram os prováveis benefícios que um programa de gestão integrada da água teria sobre a economia e a ecologia do delta do Zambeze. Poucos estudos, entretanto, avaliaram quantitativamente os efeitos resultantes do estabelecimento das vazões ecológicas de forma a traduzir impactos – positivos e negativos – em uma linguagem exigida para as decisões políticas e econômicas: a pecuniária. Este estudo procura, portanto, mensurar os custos e os benefícios que o delta do rio Zambeze, quando submetido a seis diferentes cenários de restabelecimento de cheias anuais, proveriam à agricultura e pesca de subsistência e também à pesca comercial na região costeira da província de Sofala. Os resultados são sumarizados sob a ótica da análise estendida de custo-benefício de forma a comparar o efeito líquido que a sociedade incorreria em cada um dos cenários. Conclui-se que há valor líquido positivo para a sociedade de Moçambique, auferido pelas comunidades e ecossistemas à jusante da barragem.

2 O RIO ZAMBEZE E SEU DELTA

Com uma bacia hidrográfica de 1,4 milhão de km², o rio Zambeze é o quarto maior curso de água do continente africano. Partindo das montanhas ao noroeste da Zâmbia, onde nasce, a 1,5 mil metros acima do nível do mar, o rio corre por Angola, Namíbia, Botsuana e Zimbábue. O longo percurso deste seu primeiro segmento, de 1.078 km, é pontuado por áreas de alta relevância biológica como os vastos campos de Barotse e as áreas alagadas de Chobe. Ao ganhar velocidade pelos gradientes negativos em seu rumo ao leste, o rio retorna para a Zâmbia e cria as cataratas de Victoria – uma das maiores do mundo. Após as quedas, o Zambeze continua a correr ao longo da região fronteira da Zâmbia com o Zimbábue onde, estreito e veloz, esculpiu diversos cânions na rocha basáltica. Rumo ao leste, o curso de 853 km do segmento intermediário do Zambeze forma, ainda, dois grandes lagos: o Kariba, maior lago artificial do mundo, com 5,4 mil km²; e o Cahora Bassa, com 2,7 mil km² – ambos reservatórios de usinas hidrelétricas homônimas.¹ O último segmento do rio, de 593 km, estende-se do Cahora Bassa até o oceano Índico, onde deságua, com volume médio anual de 107 km³, suas águas repletas de sedimentos e nutrientes.²

1. A usina de Kariba é compartilhada por Zâmbia e Zimbábue, enquanto a Cahora Bassa, já inteiramente dentro das fronteiras de Moçambique, é operada exclusivamente por este.

2. São quatro os principais tributários do Zambeze nesse trecho e que ajudam a formar complexos sistemas de planícies inundáveis: Luia, Revuboe, Luenha e Shire, o maior destes.

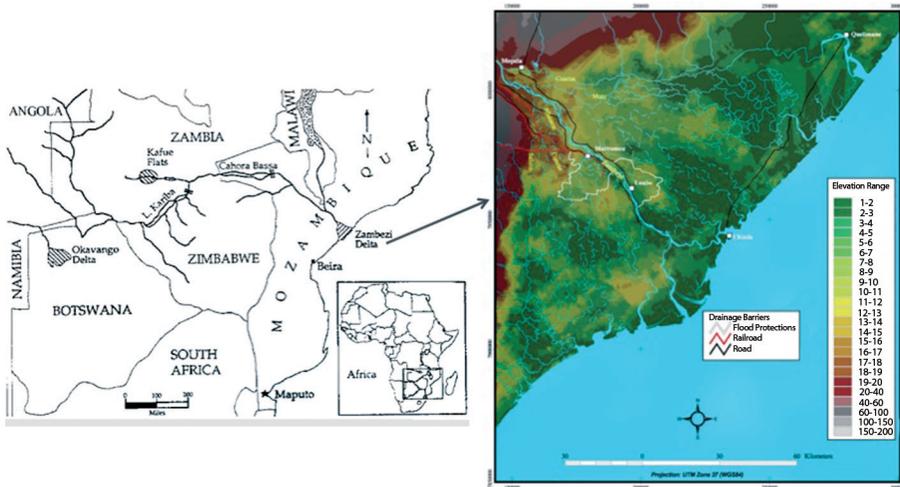
Ao final do curso do rio, de 2.574 km no total, forma-se um magnífico e extenso delta. Períodos bem definidos de estiagem e chuva, ocorrendo principalmente em seu primeiro segmento (à montante), causam respectivamente pronunciados períodos de secas e cheias no delta. Esta última inunda o delta e assim o define como tal. O movimento de recorrentes inundações e secas é determinante na caracterização da paisagem do delta, tendo influenciando profundamente os ciclos de sua flora e fauna, evitando a erosão e a salinização de seu solo, nutrindo pesqueiros e definindo o modo de vida com que seus habitantes o cultivam.

A riqueza ambiental da área não se restringe à sua exuberante flora, mas também à fauna. Segundo Beilfuss e Brown (2006), mamíferos como: elefantes (*Loxodonta africana*), antílopes (*Kobus kob* e o endêmico *Kobus leche*), búfalos (*Synerus caffer*), leões (*Panthera leo*), rinoceronte-negro (*Diceros bicornis*), cão selvagem (*Lycaon pictus*), zebras (*Equus quagga selousi*), antílope-de-Lichtenstein (*Alcelaphus lichtensteinii*) e o elande (*Taurotragus oryx*) encontram abrigo no delta. Adicionalmente, o delta abriga uma vasta gama de aves aquáticas, como o vulnerável grou carunculado (*Bugeranus carunculatus*), o ganso-de-esporas (*Plectropterus gambensis*), a garça-golia (*Ardea goliath*) e o bico-de-tesoura (*Rynchops flavirostris*) (Beilfuss e Brown, 2006; Bills, 2000; Beilfuss, 1995; Cumming *et al.*, 2004; Timberlake, 1998).

Juntamente com a miríade de fauna, o delta abriga praticamente um terço dos mais de 1,5 milhão de moçambicanos que vivem ao longo do rio Zambeze. Os habitantes do delta nele encontram sua peça central de cultura e modo de vida. Tal como a fauna e a flora do delta, eles dependem do rio Zambeze para sua sobrevivência. Muito além de coletar sua água para beber, lavar e cozinhar, eles cultivam suas culturas graças aos solos férteis e úmidos deixados quando da recessão da inundação; pescam os peixes que se criam e se abrigam no rio; criam animais que de suas águas bebem, diretamente ou por poços; coletam frutas para comer, plantas para curar e material para construir que estão a ele intrinsecamente conectados. A importância internacional de seu delta como zona úmida foi reconhecida por Moçambique quando da inclusão da área à Convenção de Ramsar em 2004.³

3. A Convenção de Ramsar promove a conservação e o uso sustentável desses biomas que têm sofrido altas taxas de conversão para outros usos (Ramsar, 2007). Pela nomeação, a ONG World Wide Fund For Nature (WWF) concedeu ao país o prêmio de "Presente para a Terra". Também classificados, ao lado do delta do Zambeze, como zonas úmidas de importância internacional estão o delta do Okavango, em Botsuana, os pântanos de Kafue e Bangweulu, na Zâmbia, e o de Santa Lúcia, na África do Sul.

FIGURA 1
Localização do rio Zambeze e mapa topográfico de seu delta



Fonte: imagem esquerda reproduzida de Davies, Beilfuss e Thorns (2000); direita, de Beilfuss e Santos (2001).

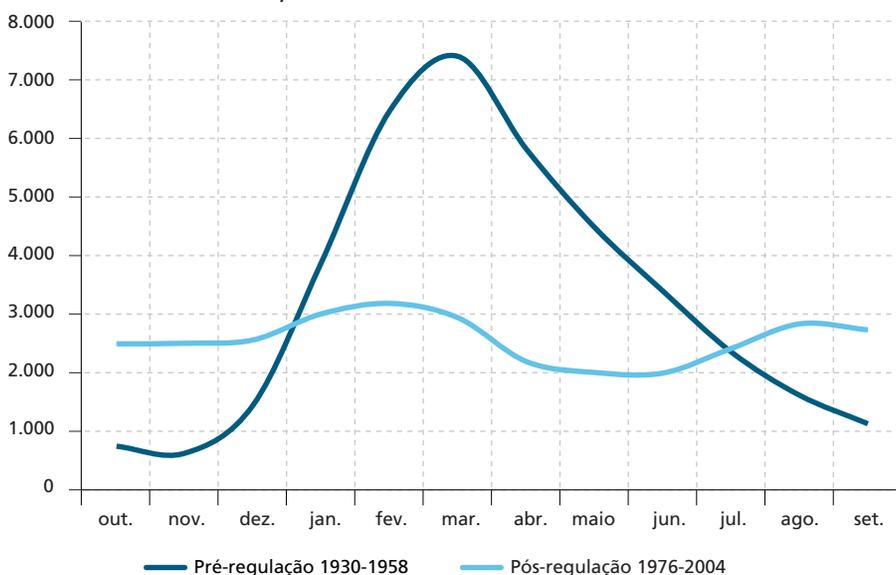
Não obstante a importância do movimento cíclico de cheias e secas para a fauna, flora e habitantes do delta, as águas do rio Zambeze não mais transbordam com a periodicidade e o volume de outrora. Enquanto as recorrentes cheias inundavam uma área de 1,2 mil hectares, hoje, cerca de 0,25 mil hectares (22%) são anualmente submersos pelas ricas águas do rio. Represas construídas ao longo de seu curso causam o controle de praticamente 90% da área de drenagem de sua bacia hidrográfica. O controle do rio Zambeze modificou seu fluxo, alterando significativamente o regime de inundações de seu delta. Segundo Beilfuss *et al.* (2002), em vez do característico pico de inundação ao longo do ano, de previsibilidade e durabilidade acurada, o rio passou a ter um fluxo quase constante, interrompido apenas por rápidas inundações, praticamente imprevisíveis em sua ocorrência e durabilidade – as cheias erráticas.

A hidrelétrica de Cahora Bassa, localizada na província de Tete, no centro-oeste moçambicano, é a maior dessas represas. Sua barragem, finalizada em dezembro de 1974, tem uma parede de 171 metros de altura; seu lago é maior que Luxemburgo e causa uma pressão de água suficiente para a geração de pouco mais de 2 mil MW de energia elétrica. Para Moçambique, o principal produto da Cahora Bassa não é a energia, e, sim, as divisas: praticamente toda a eletricidade produzida é vendida para a África do Sul, rendendo ao país produtor uma média anual de € 51 milhões.

A construção da Cahora Bassa permitiu o controle do fluxo do rio Zambeze para a maximização da produção de energia elétrica. As águas, que chegam à represa em grande volume no período das cheias, são por ela estocadas. Com a represa

cheia, as águas passam a ser liberadas apenas ao longo dos períodos de estiagem, quando o fluxo à montante é bastante reduzido. Assim sendo, a manutenção do nível do reservatório preserva constante a pressão da parede de água sobre as turbinas geradoras no intuito de garantir a mais alta produção de energia possível. Como resultado direto desta administração, a vazão do rio Zambeze passou a ser alterada tanto pela liberação de uma quantidade drasticamente inferior de água nos períodos de cheia (de janeiro a junho), como pela liberação superior de água em relação ao fluxo natural nos períodos de seca (de julho a dezembro).⁴

GRÁFICO 1

Vazão do rio Zambeze, média mensal em m³/s

Fonte: dados de Beiffuss e Brown (2006).
Elaboração dos autores.

O represamento das águas que outrora inundariam o delta para garantir a produção de energia nas épocas de estiagem erradicou completamente a extensa e previsível inundações anuais. Não apenas em extensão, a duração das cheias também foi comprometida, o que interfere negativamente na umidade do solo e do ar. A umidade é característica vital para o suporte das pradarias que alimentam os grandes herbívoros, que, por sua vez, alimentam os animais no topo da cadeia. Assim sucessivamente, os efeitos negativos em cadeia estão sendo sentidos e amplificados desde o fechamento da barragem até os dias de hoje: *i*) o solo não é mais fertilizado pelas águas ricas em nutrientes, reduzindo as áreas propícias para

4. A mudança causada pela Cahora Bassa é ainda mais aguda do que a demonstrada pelo gráfico, pois a mensuração da vazão ilustrada se dá após a incorporação do rio Shire, importante tributário não regulado à jusante da hidrelétrica.

a prática da agricultura de recessão; *ii*) espécies de peixe de planície de inundação perderam seu *habitat*; *iii*) espécies de peixe de rio tiveram seus padrões de migração e reprodução alterados; *iv*) áreas de pastagem se tornaram menos produtivas; *v*) a taxa de reabastecimento das águas subterrâneas caiu; *vi*) manguezais secaram, colocando em risco todo o sistema de filtragem de água e abrigo para as espécies marinhas; *vii*) há pronunciada erosão ao longo do delta, principalmente nas margens de pequenos cursos de água, que não mais são enchidos; *viii*) há invasão de espécies exóticas, típicas de biomas florestais; e *ix*) há intrusão salina, causadora de potenciais perdas de biodiversidade (Turpie *et al.*, 2006; Davies, 1998).

Adicionalmente, para que a produção de energia elétrica seja maximizada, o nível do reservatório trabalha sempre em níveis altos. Quando chove em demasia à montante, os limites de segurança do reservatório podem ser rapidamente alcançados, o que leva à abertura das comportas para a vazão da água excedente e preservação da integridade física da barragem. O efeito da rápida e inesperada liberação de grandes volumes de água causam estragos devastadores sob a forma de cheias inesperadas (erráticas) à jusante. Diferentemente da bonança trazida pelas cheias naturais e regulares, estas encontram homens e animais despreparados, causando inúmeras perdas econômicas e ambientais.

O efeito das cheias erráticas é potencialmente amplificado pela existência de múltiplos reservatórios ao longo do rio Zambeze, pois a liberação emergencial de água por parte de uma barragem à montante desencadeia um efeito bola de neve que obriga a Cahora Bassa, o último reservatório, a descarregar quantidades ainda maiores de água. A primeira cheia errática ocorreu apenas 4 anos após o término da obra moçambicana, em parte pela falta de coordenação entre os operadores desta com os da hidrelétrica de Kariba – reservatório imediatamente à montante. O fluxo de água liberado emergencialmente foi três vezes maior que o normal para um ano de inundação, causando verdadeira tragédia humana e ambiental no delta, culminando na morte de diversas pessoas e animais (Beilfuss e Santos, 2001). O último episódio de cheia errática ocorreu em 14 de fevereiro de 2008, pouco antes da pesquisa *in situ* ora conduzida.

3 SUSTENTABILIDADE POR MEIO DA VAZÃO ECOLÓGICA

Os custos sociais e ambientais da regulação do rio Zambeze, embora sejam cobrados dos ecossistemas e dos habitantes rurais de forma implacável, são, por sua vez, externos à operação da hidrelétrica. Os usuários à jusante da usina, entretanto, foram tolhidos de seus direitos sobre o uso das águas do rio. Diversos estudos, não apenas no caso da Cahora Bassa, mas também de outras hidrelétricas e barragens de irrigação que causaram efeitos similares, apontam para os benefícios gerados à jusante quando ao menos uma vazão mínima é garantida ao curso de água.

Esta vazão, denominada de “ecológica” ou “sanitária” (*environmental flow*, em inglês), deve ser suficiente para manter viável os ecossistemas que dela dependem (Acharya, 2000; Brander *et al.*, 2006; Beilfuss *et al.*, 2002; Dyson, Bergkamp e Scanlon, 2003).

A compreensão dos efeitos negativos de um controle excessivo de fluxos hídricos levou ao regramento e à obrigatoriedade da consideração da vazão ecológica para novos desenvolvimentos por parte da comunidade internacional, a exemplo da Comissão Mundial de Barragens (WCD, 2000). A pressão realizada pela comunidade científica e pelos membros de comunidades afetadas fez com que cada vez mais gestores de recursos hídricos e gestores públicos compartilhassem da necessidade de se manejar a água de maneira mais holística e menos utilitária.

Empreendimentos já construídos podem vir a corrigir as negligências do passado por meio do restabelecimento da vazão ecológica. Sua aplicação não objetiva controlar e regulamentar o poder e a imprevisibilidade da natureza – ao contrário, empenha-se em corrigir modificações do homem aos fluxos naturais, tentando trazer para mais próximo do estado natural os fluxos de outrora. Da mesma forma, a vazão ecológica não impede outros usos dos recursos hídricos, mas, sim, os distribui de forma mais igualitária.

A partir dos anos 1990, diversos atores no delta do Zambeze mobilizaram esforços para tornar realidade a implementação da vazão ecológica ao rio. Extensas pesquisas foram realizadas nas áreas de hidrologia, ecologia e meio ambiente como forma de estabelecer as bases sobre as quais as decisões políticas poderiam ser tomadas. Em 2006, Beilfuss e Brown (2006) produziram um estudo compilando os principais efeitos ambientais e hidrológicos de diversas propostas de modificação de fluxo por meio do uso do modelo *downstream response to imposed flow transformations* (DRIFT, ou, em tradução livre, efeitos para jusante de transformações impostas ao fluxo).⁵ O sólido estudo qualitativo demonstrou que a implementação de vazão ecológica suficiente para restabelecer a inundação anual do delta do rio Zambeze resultaria em concretos benefícios ambientais (Beilfuss e Brown, 2006). A aplicação da modelagem DRIFT analisou diversas possibilidades de duração, magnitude e época de liberação da vazão.

A imposição da vazão ecológica, facilitada pela própria Cahora Bassa, implica necessariamente na redução da capacidade de geração de energia elétrica da usina. Esta, por consequência, representa perda de receitas e possível quebra de contrato de fornecimento junto aos compradores da energia moçambicana.

5. Segundo Brown e King, o DRIFT é “projetado para detalhar e quantificar os vínculos entre as condições de um rio, as mudanças a ele impostas e os impactos socioeconômicos para as pessoas ribeirinhas” (2000, p. 4, tradução nossa). Sua metodologia envolve uma série de oficinas baseadas em um ambiente multidisciplinar com o objetivo de incorporar a visão de todos os usuários e todos os aspectos biofísicos de um sistema fluvial.

Assim, embora os ganhos ambientais sejam claramente demonstrados por Beilfuss e Brown (2006), o estabelecimento da vazão ecológica passa por complexa questão econômica e política.

Como forma de auxiliar a decisão de se estabelecer ou não vazão ecológica para o rio Zambeze ao custo de uma menor geração de energia – e, assim, operacionalizar-se a sustentabilidade –, realizou-se a presente análise de custo-benefício estendida. Antes da realização desta pesquisa, não havia sido encontrado estudo que quantificasse os custos e benefícios envolvidos na adoção da vazão ecológica que traduzisse de forma pecuniária seus efeitos. A necessidade de se monetizar as externalidades negativas da regulação excessiva dos fluxos do rio Zambeze objetiva refletir seu custo social de forma a desencadear uma realocação dos demais fatores de produção para seus fins mais eficientes.

4 VALORAÇÃO ECONÔMICA E ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO

As terras úmidas do delta do rio Zambeze provêm serviços ambientais. A valoração econômica destes revela seus valores utilitários, diretos ou indiretos. Há ainda valores de não uso, como beleza cênica e abrigo da vida, cujos cálculos são de difícil sistematização. Exemplificam-se como valores de uso direto: pesca comercial; extração de madeira e materiais de construção; extração de material lenhoso para fabricação de carvão para o cozimento de alimentos e também aquecimento; água para beber, cozinhar e lavar; e usos recreativos diversos. Por sua vez, os de uso indireto passam por: proteção contra enchentes; proteção contra o efeito de ressacas; reabastecimento de águas subterrâneas; retenção de sedimentos e nutrientes; prevenção de erosão; sequestro de carbono; e *habitat* para diversas espécies (Van Beukering, 2005; Turpie *et al.*, 2006; Costanza, Farber e Maxwell, 1989).

Diversas técnicas de valoração econômica conseguem quantificar tais usos, diretos e indiretos. Estas se dividem, conforme se pode observar no quadro 1, basicamente, em duas categorias: *i*) as que utilizam os próprios instrumentos de mercado; e *ii*) aquelas cujo elo é comportamental, isto é, que desvendam os valores por meio de preferências reveladas ou explicitadas (Kahn, 2005; Costanza *et al.*, 1998).

QUADRO 1
Técnicas de valoração econômica

Instrumentos de mercado			Instrumentos não de mercado			
Funções de dose-resposta			Preferência revelada		Preferência explicitada	
Preços de mercado	Custo de reposição, substituição ou custo evitado	Função de produção	Preços hedônicos	Custo de viagem	Valoração contingente	Experiência de escolha

Elaboração dos autores.

Cada técnica de valoração apresenta vantagens e desvantagens, sendo que, na maioria das vezes, é a própria disponibilidade de dados e seu grau de confiabilidade que levam à utilização de uma ou outra. Há também um indiscutível conflito de escolha entre a valoração de diversos serviços ambientais com baixo grau de aprofundamento e a valoração de um ou outro serviço, o(s) mais pertinente(s) no contexto local, de maneira aprofundada. Isto se dá pelas dificuldades intrínsecas de se relacionarem efeitos ambientais físicos com os sociais, bem como pela disponibilidade de dados e revelações de preferência confiáveis. Frente a este impasse, Van Beukering (2005) recomenda a utilização da melhor técnica possível e da forma mais aprofundada possível ante a utilização superficial de diversas técnicas com graus difusos de aprofundamento. A monetarização de diversos serviços ambientais sem o devido grau de aprofundamento invariavelmente trará grandes – e por vezes politicamente inaceitáveis – margens de erro que podem, eventualmente, invalidar ótimos exercícios de valoração e suas consequentes decisões práticas.

Assim sendo, a valoração econômica utilizada para se mensurar os ganhos e as perdas dos diferentes cenários propostos de estabelecimento de vazão ecológica no delta do rio Zambeze enfocou os efeitos na agricultura, na pesca e na redução da produção de eletricidade. A opção por estes efeitos foi feita com base na influência da subsistência no modo de vida dos habitantes do delta, que são, em sua virtual totalidade, dependentes destes para a sobrevivência. Entre as diversas ferramentas de auxílio à tomada de decisão disponíveis – tais como as análises de multicritério e de efetividade de custo –, optou-se pela análise de custo-benefício (ACB) que, segundo Adler e Posner (1999), é própria para analisar projetos sob a ótica de maximização do bem-estar social, desde que as preferências não sejam distorcidas.

O propósito da ACB é a avaliação de alterações ao bem-estar social por conta de uma proposta de mudança do *status quo*, seja esta promovida pela execução de um projeto ou, como aqui tratado, pela adoção de vazão ecológica ao fluxo de um rio. A teoria sublinhada é a de uma melhoria de Pareto, em que uma redistribuição dos benefícios deve ser feita desde que pelo menos um usuário seja beneficiado sem que outros usuários sejam prejudicados como consequência. Sua mecânica baseia-se na agregação de medidas de mudança nas curvas de utilidade individual, resultando no contraste de curvas representativas do bem-estar social em um cenário de *status quo* e o projetado “estado de mundo com o projeto” (Pearce, 1978 *apud* Adler e Posner, 1999).

Análises de custo-benefício consideram os efeitos que, em termos microeconômicos, detêm impactos sobre o bem-estar e podem embasar políticas públicas correlatas ao projeto ou à proposta em questão. Adiciona-se para o caso tratado a palavra “estendida” como reforço da manutenção da essência da metodologia, ao considerar custos e benefícios sociais e ambientais. Isto porque, segundo os

referidos autores, algumas das análises de custo-benefício, realizadas sob a ótica restritamente financeira, falham ao captar tais aspectos. Ademais, o uso da metodologia para as questões que envolvem valoração econômica de recursos naturais é recomendado, por permitir a fácil comunicação dos resultados sem a perda de profundidade e complexidade existentes – comparando-se a projeção de situações atuais *versus* alternativas conservacionistas, quantificando ganhos e perdas resultantes (Munda, 1996; Acharya, 2000).

5 VALORANDO AS PROPOSTAS DE VAZÃO ECOLÓGICA

A aplicação da metodologia descrita na seção anterior abrangeu os efeitos pecuniários de seis alternativas de adoção de vazão ecológica por meio da liberação de fluxos de água pela hidrelétrica de Cahora Bassa. Estes se utilizam da modelagem realizada por Beilfuss e Brown (2006), provendo os dados necessários para as projeções das mudanças hidrológicas em seis dos dezoito cenários considerados pelo modelo DRIFT. Os seis cenários de vazão ecológica abrangem a combinação de três volumes variados de liberação de água (4.500 m³/s, 7.000 m³/s e 10.000 m³/s) que causariam diferentes extensões de inundação com dois períodos distintos para a realização da liberação desta (dezembro a fevereiro), sempre considerando um mês de duração de liberação.

TABELA 1
Cenários de vazão ecológica considerados

Código dos cenários	Referência do cenário no estudo DRIFT	Volume da vazão em m ³ /s	Período da descarga	Duração da descarga
Ae & Al	02 & 04	4.500		
Be & Bl	18 & 10	7.000	Dezembro (e) Fevereiro (l)	Quatro semanas
Ce & Cl	14 & 16	10.000		

Elaboração dos autores.

Após a definição dos cenários, sempre comparados à linha de base (*status quo*, sem nenhuma adoção de vazão ecológica), realizou-se a análise espacial necessária para a avaliação da extensão do alcance que cada um dos três níveis de vazão propostos teria sobre as comunidades da área de estudo. Considerou-se como área de abrangência do estudo a porção sul do delta do rio Zambeze, denominada de Complexo do Marromeu. A porção norte do delta, ocupada por áreas de preservação com inexpressiva população humana, foi, por conta disto, desconsiderada.

5.1 Caracterização do Complexo do Marromeu

O Complexo do Marromeu localiza-se na província de Sofala e abrange a população dos distritos de Marromeu (119 mil hab.) e de Cheringoma (34 mil hab.). Três quartos desta população vive organizada em comunidades rurais lideradas

por chefes (“régulos”), habitando casas construídas com materiais rústicos que duram em média dois anos, dependentes da agricultura e pesca de subsistência, que são complementadas por caças de animais e coletas de frutas selvagens. Os habitantes urbanos, embora organizados de maneira diferente da tribal, são, da mesma forma, altamente dependentes da agricultura e pesca de subsistência, considerando as limitadas atividades de comércio e indústria local.

O restabelecimento das inundações do delta com periodicidade e previsibilidade traria, uma vez incorporado às comunidades, benefícios para a agricultura e pesca locais. Como forma de se mensurar tal ganho, foi necessário desvendar o perfil de ambas as atividades que, por sua vez, demandaram extensa e abrangente pesquisa de campo junto às comunidades. A realização dessa pesquisa ocorreu entre os dias 4 e 24 de maio de 2008. Com o auxílio de oito entrevistadores locais, foram realizadas 613 entrevistas em quatorze das comunidades, sendo que, em cada uma delas, realizou-se também discussões em grupo (média de quinze participantes por grupo) envolvendo quatro temas focais.⁶

Preços de mercado foram coletados nas vilas de Marromeu, Caia e Cheringoma, e também junto às comunidades. Os dados coletados *in situ* foram de valor inestimável para a realização da análise estendida de custo-benefício (AECB) visto que as diversas atividades comerciais do Complexo do Marromeu não ocorrem em mercados formais com preços tabelados e de fácil acesso. Ademais, levantou-se em campo dados sequer coletados e compilados pelos órgãos estatísticos oficiais. De interesse para o estudo de valoração, apresentam-se, a seguir, dados populacionais, de agricultura e pesca.

- *População*: a divisão administrativa oficial de Moçambique é realizada por províncias ou estados – há onze deles. As províncias são, então, divididas em distritos, no interior do qual existem postos administrativos. Finalmente, dentro destes, existem as aldeias que abrangem todas as áreas remanescentes dos distritos (postos administrativos) e não se configuram como centros urbanos. Em Marromeu, existem dois centros urbanos, Marromeu e Chupanga, enquanto Cheringoma tem Inhaminga e Inhamitanga. Além disso, há os regulados, que são organizadas pelas regras tribais tradicionais. O nome do regulado é o último nome do régulo, ou chefe. Este estudo vai ao nível de regulados, denominados a seguir de “comunidades”. Onze comunidades, de um total de 27 que se enquadram dentro da área de estudo, foram pesquisadas. Como o governo de Moçambique não mantém registros da população ao nível

6. Dado o universo da pesquisa, ao nível de confiança de 95%, o tamanho da amostra produziu um intervalo de confiança de 1,69, validando, assim, os resultados encontrados. Os testes estatísticos mostraram que as distribuições das respostas às práticas da agricultura e da pesca não devem ser consideradas como normalmente distribuídas. Dado o excesso de curtose à direita, utilizou-se a mediana em vez da média como forma de corrigir qualquer possível superestimação.

da comunidade, as informações demográficas coletadas em campo representam os números mais precisos disponíveis, visto que os líderes comunitários e seus assistentes mantêm registros do número de famílias sob sua chefia.

- *Agricultura*: a agricultura de subsistência é o principal instrumento de sobrevivência das comunidades rurais. As principais culturas identificadas foram: milho; milhete (milho-miúdo ou painço); arroz; mandioca; sorgo; batata-doce; e feijão-fradinho. Alguns agricultores cultivam culturas de rendimento como tabaco, algodão, cana-de-açúcar e gergelim. A área cultivada por cada família é de 1,8 ha (mediana). Pouquíssimas famílias utilizam qualquer forma de tração animal ou mecanização (0,1%) e nenhuma delas aplica fertilizantes nem pratica irrigação, embora a maioria delas cultive pequenas áreas, geralmente de 2 x 5 m², jardinadas com tomates, cebolas, couves, alfaces e cenouras, que são irrigadas com balde. Muitas vezes, este recurso é compartilhado por duas ou três famílias da comunidade e está sujeito à condição de recursos suficientes para novas sementes.

A agricultura é predominantemente alimentada pela chuva, e muitos praticam a agricultura de recessão, em que canais inundáveis e até pequenas ilhas de rios são cultivadas. A maioria pratica a queima como forma de limpeza da área cultivável. A semeadura é feita manualmente, muitas vezes, envolvendo dois ou mais membros da família. Os produtos agrícolas são transferidos para sacos ou latas e guardados em locais secos e elevados, tanto dentro das casas como em cabanas próprias de armazenamento, elevadas para proteção contra cheias e animais. A maior parte da produção é para consumo próprio, embora pequenas porções sejam negociadas a fim de levantar dinheiro para outros produtos que não são produzidos localmente (notavelmente querosene, sal de cozinha, óleo e açúcar).

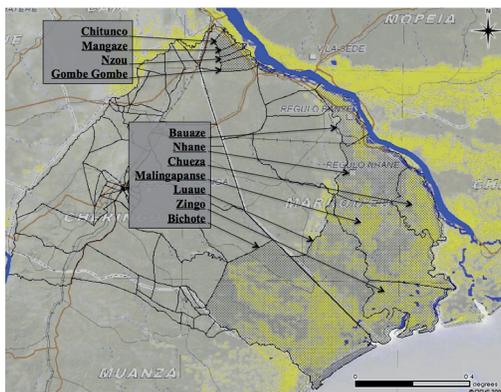
- *Pesca de subsistência*: a pesca é a segunda atividade mais praticada pelas comunidades, com 39% dos domicílios tendo membros que regularmente a exercem. A quantidade e a diversidade de espécies pescadas, assim como os métodos utilizados, variam de acordo com a localização da comunidade: as que estão próximas ao leito do rio Zambeze capturam espécies predominantemente ribeirinhas, usando varas e redes; enquanto as comunidades distantes do rio capturam espécies predominantemente de várzea, utilizando armadilhas e redes. As comunidades que vivem mais afastadas do Zambeze dependem de áreas inundadas para a captura de seus peixes. Após fortes chuvas ou alagamento, algumas espécies de peixes invadem a planície de inundação, ficando presas nas armadilhas quando da recessão.

Nos anos em que não há cheias (inundações via precipitação ou via cheias do rio), a pesca torna-se um privilégio daqueles localizados próximos ou adjacentes ao Zambeze. É frequente o caso de, quando não há cheias, os pescadores deixarem suas comunidades e montarem acampamentos temporários às margens de rios distantes, onde passam até uma semana pescando. Posteriormente, as capturas são secadas ou defumadas antes de retornarem à casa. Há uma clara relação entre a quantidade de peixes pescados e as cheias.

5.2 Análise espacial

As 27 comunidades que compõem o Complexo do Marrromeu foram, para fins de avaliação dos efeitos das inundações previstas pela liberação de vazão ecológica, agrupadas em três grupos de influência, de acordo com a extensão que cada um dos cenários de vazão ecológica teria sobre seus territórios. Uma vez que mensurações precisas da extensão das inundações de outrora não se faziam disponíveis, considerou-se a extensão da última inundação, ocorrida em fevereiro de 2008, como padrão (*benchmark*) para o cenário de média inundação devido à vazão próxima de 7 mil m^3/s . Os mapas da figura 2, obtidos a partir de imagens de satélite, apresentam uma mancha de cor amarela, que indica a extensão da referida cheia.

FIGURA 2
Grupos de comunidade e extensão da cheia errática (2008)



Grupo 1:

Afetados severamente pela inundação errática de 2008 (áreas sombreadas)

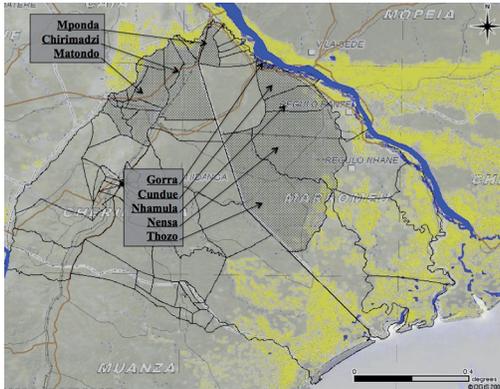
Onze comunidades (Chitunco / Gombe Gombe / Mangaze / Nzou Bauaze / Chueza Nhane / Malingapanse / Zingo / Luau / Bichote)

Grau de interferência nos cenários:

A (4.400 m^3/s): parcialmente afetado

B (7.000 m^3/s): afetado

C (10.000 m^3/s): afetado

**Grupo 2:**

Parcialmente afetados pela inundação errática de 2008 (áreas sombreadas)

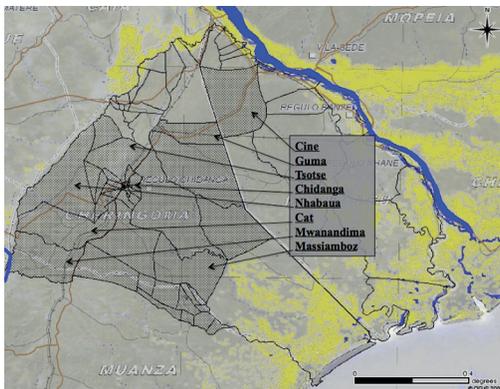
Oito comunidades (Cundue / Gorra / Chirimadzi / Matondo / Mponda / Nensa / Nhamula / Thoza)

Grau de interferência nos cenários:

A (4.400 m³/s): não afetado

B (7.000 m³/s): parcialmente afetado

C (10.000 m³/s): afetado

**Grupo 3:**

Não afetados pela inundação errática de 2008 (áreas sombreadas)

Oito comunidades (Cine / Guma / Massiamboz / Chidanga / Mwanandima / Nhabau / Cat / Tsotse)

Grau de interferência nos cenários:

A (4.400 m³/s): não afetado

B (7.000 m³/s): não afetado

C (10.000 m³/s): não afetado

Fonte: para a imagem de satélite da cheia de 2008, Unitar Operational Satellite Applications Programme (UNOSAT); limites das comunidades, Departamento de Informação Espacial da Universidade Católica de Moçambique; Software QGIS. Elaboração dos autores.

O uso da inundação errática de 2008 como *benchmark* torna-se suficientemente preciso enquanto a ênfase deste estudo se dá nos efeitos socioeconômicos das vazões ecológicas para os usuários do rio Zambeze à jusante da Cahora Bassa e não no aspecto técnico dos fluxos hidrológicos das vazões do rio. Além disso, a coincidente extensão da cheia prescrita sob categoria média e do evento de 2008 permitiu categorizar precisamente quais as comunidades estariam realmente afetadas pelas enchentes. O grupo 1, composto por onze comunidades, foi afetado severamente pela inundação errática de 2008, enquanto o grupo 2 foi parcialmente afetado e o grupo 3 não foi afetado. Por conta desta divisão, para cada um dos cenários, foi elencado o grau de influência sob cada uma das comunidades. Os dados obtidos a partir do grupo 3 – embora este não tenha sido afetado pela inundação errática de 2008 – são amplamente utilizados para os cálculos das variações esperadas pela reinstalação das cheias anuais recorrentes.

5.3 Metodologia de valoração

A metodologia de valoração econômica utilizada para as práticas agrícolas de subsistência e pesca das populações rurais do delta foi a abordagem dos meios de impacto, em que: *i*) as mudanças físicas decorrentes da adoção de cada um dos cenários de vazão ecológica produzem, por meio de; *ii*) uma função física; *iii*) um impacto associado na sociedade que; *iv*) por sua vez, puderam ser valorados por preços de mercado. Ao agregar informações sobre hidrologia, geração de energia, clima, ecologia, pesca e agricultura, verificou-se que o restabelecimento das inundações periódicas o mais próximo possível do natural serviria para beneficiar o delta em uma vasta gama de impactos.

Para a produção agrícola de subsistência, obter-se-ia: *i*) rendimentos crescentes para a mesma quantidade e variedade de culturas plantadas, além de mais área viável para a agricultura; *ii*) redução da pressão sobre a produção das culturas em períodos de estiagem; e *iii*) redução da vulnerabilidade dos usuários a jusante de inundações erráticas.

Adicionalmente, as vazões ecológicas beneficiariam a prática da pesca de subsistência por: *i*) aumentar a área de várzea, *habitat* para a maioria das espécies capturadas (culminando em capturas mais elevadas, visto que o esforço de pesca para tal já é praticado); *ii*) aumentar a disponibilidade de peixes de espécies de rio por regular os padrões de migração e desova; e *iii*) reduzir a perda de *habitat* dos peixes de várzea durante períodos de estiagem.

Os benefícios da pesca seriam igualmente sentidos pelos pescadores comerciais que praticam a pesca de camarão na região costeira de Sofala. Além da agricultura e pesca artesanais, assim, valorou-se o efeito da pesca comercial, pois esta mantém uma relação direta e muito significativa entre a descarga do rio Zambeze no oceano Índico e a quantidade pescada de camarões.

Por sua vez, os custos relativos à perda de eletricidade produzida pela hidrelétrica de Cahora Bassa foram modelados por meio da aplicação direta dos preços de mercado, uma vez que o estudo DRIFT (Beilfuss e Brown, 2006) já havia estabelecido para cada cenário a perda de geração de eletricidade necessária. O alcance destas perdas potenciais vai de 0,8% até 9,7% da produção anual ao longo dos seis cenários de vazão ambiental. Considerou-se, ademais, o arcabouço das práticas comerciais adotadas pela usina. Importante notar que o custo modelado é puramente financeiro, haja vista que não capta os usos da energia que, por exemplo, poderia iluminar vilarejos ou hospitais.

Para cada um dos impactos na sociedade oriundos das alterações físicas causadas pelo restabelecimento de vazões ecológicas, em seus determinados volumes e periodicidades, estabeleceu-se uma função de produção, em que a variação resulta em alterações nos gradientes destes. Uma vez mensurados de forma física, os impactos foram valorados com base nos preços de mercado praticados na região.

QUADRO 2
Funções de impacto para valoração econômica

Variação		Função física		Impacto associado		Valoração
Inundações periódicas e agricultura de subsistência	>	Criação de zonas de amortecimento naturais	>	Perdas evitadas pelas cheias erráticas	>	Preços de mercado
	>	Inundação e fertilização de novas áreas	>	Maior disponibilidade de áreas para plantio	>	Preços de mercado
	>	Reabastecimento de águas subterrâneas	>	Maior produtividade das culturas cultivadas	>	Preços de mercado
			>	Perdas evitadas pela redução na frequência de secas	>	Preços de mercado
Inundações periódicas e pesca de subsistência	>	Criação de novas áreas de desova e regulação do ciclo de migração dos peixes de rio	>	Aumento da pesca de espécies de peixe de rio	>	Preços de mercado
			>	Perdas evitadas pela redução na frequência de secas	>	Preços de mercado
	>	Aumento do <i>habitat</i> para peixes de espécies de rio e de planície inundável	>	Aumento da pesca de espécies de peixe de planície inundável	>	Preços de mercado
Inundações periódicas e pesca comercial	>	Inundação anual dos manguezais e descarga dos camarões	>	Aumento da pesca comercial de camarões na região de Sofala	>	Preços de mercado
			>	Aumento da pesca acessória ao camarão na região de Sofala	>	Preços de mercado
Inundações periódicas e produção de eletricidade	>	Liberação controlada de vazão ecológica pelas comportas da usina	>	Redução da capacidade de produção de energia	>	Preços de mercado

Elaboração dos autores.

As dez categorias de impacto identificadas, entre a agricultura e a pesca de subsistência, a pesca comercial e a perda de energia elétrica, foram avaliadas individualmente de acordo com as técnicas de preços de mercado, considerando a coleta e interpretação dos dados da pesquisa, a categorização espacial das comunidades do delta e suas relações com os gradientes de inundação. A seguir, são apresentados detalhes sobre o desenrolar metodológico.

5.3.1 Valoração da agricultura de subsistência

- *Perdas evitadas pelas cheias erráticas*: a análise das descargas históricas de Cahora Bassa (CB), ao longo de quase toda a sua existência (28 anos de séries temporais diárias de 1976 até 2004), mostra que existem três diferentes eventos de inundações irregulares:

- 1) Um evento de inundações com probabilidade de ocorrência de 1:5 anos, em que CB descarrega um máximo de cerca de 6.500 m³/s – por conveniência, esta probabilidade de inundação irregular será

em seguida referida como “enchente média”. Como sua última ocorrência foi no início de 2008, a simulação deste evento para o intervalo prospectivo é de acontecer em 2013, 2018, 2023, 2028, 2033 e 2038.

- 2) Um evento com probabilidade de ocorrência de inundação de 1:18 anos, em que a vazão máxima de CB gira em torno de 9.000 m³/s, convenientemente chamada de “enchente grande” – dado que a última ocorrência foi em 2001, os anos de 2019 e 2037 esperam ter um evento como esse.
- 3) Por fim, uma enchente de mesma magnitude que o evento 1978 (denominada de enchente mega) é de uma em cinquenta anos (1:50), quando CB é então forçado a liberar tanto quanto 14.500 m³/s.

As inundações relacionadas são modeladas no cenário *status quo* (*business as usual*), bem como nos seis cenários de vazão ecológica simulados. Uma vez que as probabilidades de inundação são indicados para um contínuo de faixas de inundação, no ano em que as probabilidades de enchentes médias e grandes se encontram, presume-se que a grande sobrepõe-se à média. Ressalta-se que esta é uma medida conservadora, a fim de evitar qualquer possível superestimação das perdas evitadas, uma vez que as inundações irregulares de diferentes magnitudes podem ocorrer em qualquer sequência de anos.

A série histórica mostra também que há uma chance de 50% que uma descarga da CB de mais de 6.500 m³/s ocorra antes do mês de fevereiro e 50% de chance de que isto aconteça no período a partir de março. Isto significa que uma inundação prevista em fevereiro (Al, Bl ou Cl) cria uma capacidade extra de armazenagem de água no reservatório da CB capaz de impedir que metade das inundações erráticas modeladas sob o cenário de referência ocorram. As vazões estabelecidas em dezembro (cenários Ae, Be ou Ce), criariam espaço no reservatório suficiente para impedir qualquer inundação irregular, evitando-as completamente.

O valor monetário das perdas evitadas foi calculado com base nos preços de mercado coletados *in loco*. Uma vez conhecido o que se produz, o que se perde em cada enchente, a expectativa de ocorrência de futuras inundações irregulares e o que se evitaria delas com o reestabelecimento de vazões ecológicas, pode-se calcular o valor monetário desta categoria de impacto.

- *Mais disponibilidade de áreas para plantio*: a quantidade exata de áreas a mais que se tornariam disponíveis para plantio, caso os cenários de vazão ecológica se concretizassem, não pôde ser medida com precisão

devido à falta de dados georreferenciados suficientes. A abordagem adotada, portanto, considerou a estimativa grosseira oriunda das entrevistas com as comunidades, que inferiram decréscimos de 15% nas áreas cultiváveis desde que Cahora Bassa entrou em operação. Tomou-se extremo cuidado ao calcular este benefício para não duplicar a contagem dos efeitos cumulativos previstos pela vazão ecológica, de sorte que três restrições foram assim aplicadas: *i*) limitações decorrentes do crescimento populacional; *ii*) limitações geográficas devido às fronteiras de cada comunidade; e *iii*) tecnologia de plantio.

O aumento na terra cultivável para cada um dos grupos da comunidade, respeitando-se as restrições impostas, resultam em: 0,0051 hectares extra além dos 1,40 ha atualmente cultivados pelo grupo de comunidades 1 (CG1) (51 ha em área total) para cada família representativa; enquanto o grupo de comunidades 2 (CG2) iria aumentar sua área cultivada de 2,13 ha para 2,22 ha (aumento de 0,0883 ha, 293 ha em área total). Além disso, é esperado que enchentes grandes beneficiam plenamente a CG1 e CG2, enquanto uma enchente média atingiria apenas a CG1.

Assumiu-se que a terra incremental estaria disponível de forma linear entre os cinco primeiros anos após o restabelecimento das vazões ecológicas, sendo que, após o sexto ano, o benefício se repete anualmente de forma integral. Este pressuposto ocorre devido ao fato que, ano após ano, nutrientes trazidos pelo rio são depositados no solo e o penetram lateralmente com a água das cheias. Foi também assumido que a distribuição das culturas permanecerá constante. Por último, assume-se que os rendimentos de cada tipo de cultura, por hectare, permanecerão inalterados. Os preços de mercado são novamente utilizados para se obter os benefícios.

- *Mais produtividade*: para cálculos do aumento da produtividade oriunda da maior disponibilidade de água por meio do reestabelecimento das vazões ecológicas, assumiu-se que: *i*) a divisão dos grupos de comunidade com base na enchente de 2008 reflete de forma linear o nível de influência que o rio tem sobre suas terras; e *ii*) a composição do solo, trabalho e tecnologia são constantes em todos os três grupos de comunidade. Assim, foi utilizada a regressão linear como forma de estimar a influência das águas ao fertilizar o solo e torná-lo úmido.

As regressões foram realizadas por categoria de cultura, pois estas se relacionam diferentemente com a disponibilidade de água. Os cereais – alimento básico das populações do delta – são os que mais se correlacionam positivamente com as águas do Zambeze. As leguminosas e

oleaginosas também apresentaram correlação positiva, embora menor para o último grupo. Entretanto, a proximidade com o rio não pôde explicar de forma significativa os rendimentos das raízes tuberosas, hortaliças e frutas (estas duas últimas categorias são as únicas irrigadas manualmente, conforme resultados da pesquisa aplicada).

Presume-se que os agricultores se adaptariam a ambos os períodos de liberação da vazão ecológica visto que, atualmente, contam apenas com as chuvas para lhes fornecer a água de seus plantios. As enchentes pequenas e médias, em ambos os períodos de liberação (dezembro ou fevereiro), beneficiam o CG1, apesar de uma pequena cheia ser traduzida apenas em benefícios parciais (assumido como 50% dos benefícios). Apenas uma grande enchente (C), por sua vez, afeta a CG2.

Sob os critérios de impacto modelados, os dois melhores cenários para os produtores do delta do Zambeze seriam os derivados das grandes enchentes. Uma vez que a prática agrícola do delta costumava ser de recessão antes do funcionamento da CB e de consequente controle dos fluxos do rio, os valores obtidos também podem ser interpretados como um retorno ao que era antes da existência do barramento do rio.

- *Perdas evitadas pela redução na frequência de secas:* o cálculo deste benefício foi modelado no cenário de referência por meio da análise do histórico de ocorrência de secas na região, em seguida, extrapolando esta tendência para o futuro. Registros pluviométricos mensais foram meticulosamente mantidos pelo Sena Sugar Company desde 1970 (com exceção do período 1985-1990, devido à guerra civil). Esta série temporal, de 31 anos, permitiu o cálculo de probabilidades de seca da mesma maneira como para as enchentes erráticas: *i*) seca moderada (75% do volume médio de chuva) – a probabilidade de ocorrência é de uma em cada quatro anos (1:4), quando a quantidade de chuva é de cerca de 680 mm. Uma seca deste tipo foi registrada em 1972. Espera-se que, em 2012, 2016, 2020, 2024, 2028, 2032, 2036, esta seca se repita; *ii*) seca severa (metade da precipitação média registrada, ou 450 mm) – probabilidade de ocorrer uma vez em cada 12 anos (1:12). Como sua última ocorrência foi em 1995, a previsão de reincidência é em 2020 e 2032; *iii*) seca muito severa, como a de 1994/1995, tem uma probabilidade de recorrência de apenas 55 anos, fora do tempo de trinta anos considerado no estudo. Durante esta ocasião, choveu apenas 18% do esperado. Uma vez que as probabilidades de seca são calculadas para um contínuo de anos, para os anos em que as probabilidades de secas moderadas severas sejam combinadas, supõe-se que a severa se sobreporá à moderada.

A pesquisa junto às comunidades permitiu calcular a quantidade de produção agrícola perdida em um ano de seca. Diferentemente da área de influência do rio Zambeze em uma inundação, a produção perdida em uma seca varia pouco entre os grupos da comunidade. A CG1 relatou perda de 64%, enquanto a CG2, de 59%, e a CG3, de 63%. A CG3, como já visto, não será influenciada por qualquer cenário de vazões ecológicas.

Os percentuais distribuídos ao longo dos dois grupos de comunidade são beneficiados pela menor perda agrícola por secas, ao longo dos seis cenários de enchentes previstas. Eles representam o montante de substituição das secas esperadas que as inundações propiciam. Durante a ocorrência de uma seca moderada, a CG1, por exemplo, teria 20% de suas perdas evitadas se o cenário A fosse estabelecido. Esta distribuição é correlacionada com a magnitude da vazão ecológica inundação prescrita uma vez que maiores quantidades de água seriam espalhadas em áreas maiores e duraria mais tempo no solo antes da evaporação. A cheia prescrita em fevereiro deverá ter um maior efeito de substituição de águas pluviais devido à sua maior proximidade com a estação seca, o que significa que os solos estariam mais úmidos na estiagem. A vazão ecológica de dezembro, por sua vez, coincidirá com o período chuvoso, diminuindo o efeito de substituição. Nenhum nível de vazão ecológica seria suficiente para substituir a água da chuva, não obstante os percentuais de substituição escolhidos sejam considerados pela literatura e por depoimentos locais como estimativas bastante conservadoras.

5.3.2 Valoração da pesca de subsistência

Tal como para a agricultura, o levantamento realizado em campo possibilitou a correlação entre a quantidade e as espécies pescadas por tipo de ano: seco, normal e de cheias. A correlação entre a quantidade de água e a quantidade de pescado não só é positiva (como seria de se esperar), mas também muito significativa. As regressões lineares revelam a seguinte relação: *i*) 1ª temporada de pesca (janeiro a maio) = $7,6036 * (\text{tipo de ano}) + 3,8709$; *ii*) 2ª temporada de pesca (junho a dezembro) = $4,4585 * (\text{tipo de ano}) + 5,3225$. O R2 da primeira temporada é 0,8032, enquanto o da segunda é 0,7919. Por razões conservadoras, as regressões anteriores foram estimadas com a constante no nível da quantidade pescada no ano de seca. As regressões confirmam a existência de diversas conexões complexas e intrincadas das áreas inundáveis, como a criação de lagoas de várzea, os canais de maré, áreas com vegetação rasa e restingas, formação e composição do substrato e interações entre e dentro do reino animal, como aves, répteis, insetos e mamíferos. Dadas estas interações, analisar os

efeitos das cheias regulares das vazões ecológicas apenas pela regressão feita é, por si só, uma simplificação da realidade. Entretanto, a captura da correlação apresenta uma aproximação razoável e esclarecedora.

Após a barragem do rio Zambeze pela Cahora Bassa, em dezesseis dos 22 anos normais (73% do tempo em que uma descarga de emergência não ocorreu), não houve fluxos que excedessem a caixa do rio. Assim, a hipótese conservadora é a de que, em um ano típico, a vazão ecológica de 4.500 m³/s não afetaria positivamente a pesca. Por sua vez, a vazão ecológica de 7.000 m³/s, dos cenários Be e Bl, pode ser correlacionada com as quantidades pescadas em 2008, após a ocorrência da inundação errática de similar magnitude. Os resultados da pesca oriundos do nível máximo de cheia prescrita, de 10 mil m³/s, foram calculados proporcionalmente.

A interrupção dos fluxos naturais do rio é prejudicial para o sucesso das espécies que habitam o próprio corpo do rio, pois seus ciclos reprodutivos são sincronizados com as inundações. Por sua vez, os peixes da planície de inundação detêm uma ligação mais direta com as áreas alagadas *per se*. Dado que as espécies de rio e as de áreas de várzea não compartilham o mesmo *habitat*, também não são assumidas a reagir aos níveis de vazão ecológica da mesma forma. Considerou-se que as espécies de rio são afetadas exclusivamente pela época da cheia prescrita e não por sua magnitude. Adicionalmente, supõe-se que uma cheia prescrita liberada em fevereiro atenda melhor às espécies de rio que as cheias prescritas em dezembro, uma vez que as cheias naturais antes da regulação eram em fevereiro. De forma análoga, presume-se que as espécies das planícies de inundação sejam exclusivamente influenciadas pela magnitude das inundações, e não pela época de sua liberação. De acordo com o alcance das cheias fixado sobre cada um dos três grupos da comunidade, como visto na análise espacial, a vazão ecológica média traria benefícios para a CG1, enquanto a vazão maior beneficiaria tanto CG1 como a CG2.

Enquanto os efeitos descritos foram analisados com base nas diferenças de um ano normal para um ano típico de cheia, há ainda outro benefício das inundações anuais: a prevenção de perdas nos períodos de seca, tal como para a agricultura de subsistência. A adoção de vazões ecológicas se traduziria em mais pescados durante os anos de chuvas abaixo da média, uma vez que esta estaria sendo parcialmente compensada pela disposição da inundação anual. Para captar este efeito, foram utilizadas as mesmas premissas e probabilidades de seca utilizadas para o efeito correlato na agricultura, com a ressalva de que não é esperado que a vazão pequena traga qualquer benefício. Diferentemente da agricultura, em que os efeitos esperados das cheias aumentariam conforme a localização do grupo comunitário (com base no *benchmark* da cheia de 2008), a pesca foi diretamente mensurada pela captura e esforço que cada grupo de comunidade relatou nas pesquisas.

Agregando todos os pressupostos descritos com as informações mercadológicas coletadas em campo, foi possível traduzir os efeitos dos seis cenários de vazão ecológica e descontar os fluxos de resultados dos benefícios em valores presentes líquidos.

5.3.3 Valoração da pesca comercial

A pesca comercial de camarão representa cerca de € 60 milhões por ano para Moçambique, constituindo-se no quinto produto na pauta de exportações do país (INE, 2008). Desde o fechamento da barragem de Cahora Bassa, a taxa de captura do camarão tem diminuído progressivamente. O extenso manguezal localizado na confluência do delta do Zambeze e do oceano Índico serve como berçário para determinadas culturas de camarão que desfrutam das águas salobras e de menor presença de predadores para crescerem. A inundação anual do delta servia para expulsar estes camarões para águas mais profundas, visto que adultos não toleram água doce nem salobra. Consequentemente, estes camarões nutridos no delta são levados pelas cheias ao alcance das flotilhas de pesca industrial e semi-industrial no banco do Sofala (Silva, 1989).

Gammelsrød (1992) e Hogueane (2000) analisaram séries temporais anuais de quantidades pescadas e esforço empreendido, permitindo a ambos calcular por meio de regressões a relação entre a captura do camarão e do escoamento do rio Zambeze na região costeira de Sofala. Hogueane (2000) incrementou a relação encontrada por Gammelsrød (1992) ao contabilizar o estoque do ano anterior como determinante do estoque do ano corrente, em um relacionamento cujo R^2 é de 0,87 e a margem de erro relativo inferior a 11%. O resultado é a relação linear representada na equação 1, em que C é a captura de camarão atual em quilogramas por hora de esforço (padronizado para o esforço de uma embarcação tipo VEGA); S é o saldo do ano anterior (definida como a captura do ano anterior); e Q é o deságue do rio Zambeze entre dezembro e março, em metros cúbicos (Hogueane, 2000):

$$C = (0,6 * S), + (149 * Q) + 8,6 \quad (1)$$

A fim de analisar os efeitos pecuniários da adoção das vazões ecológicas, utilizou-se deste modelo, adaptando os cenários de inundação previstos (Ae/l , Be/l e Ce/l). Assim como para os outros efeitos das cheias prescrito, os cálculos assumem as contribuições dos afluentes do Zambeze à jusante da Cahora Bassa como constantes e iguais à sua contribuição média.

Uma vez que a captura por unidade de esforço é definida para cada um dos cenários de vazão ecológica, o esforço de pesca deve ser determinado a fim de calcular a quantidade de camarão pescado por ano. Segundo Hogueane (2000), os pesqueiros atuando no litoral de Sofala exercem esforço mínimo de 150 mil

horas de redes arrastadas por temporada de pesca. O esforço em anos de grandes cheias, quando os estoques de camarão são maiores, chegam a 300 mil horas por ano, embora as cheias médias resultem em esforços de aproximadamente 190 mil horas por ano. Utilizou-se como esforço padrão as 190 mil horas por ano, uma vez que a flotilha pesqueira deverá diminuir seu esforço a partir de um nível mais elevado e constante de pescado. Assim, a captura de camarão, por ano, sob o cenário de referência, seria de 7,7 mil toneladas no primeiro ano de vazão ecológica. Após a estabilização dos estoques e os primeiros seis anos, a pesca seria de 8,2 mil toneladas e assim permaneceria até o final da simulação, em 2038.

O restabelecimento das cheias anuais por meio das vazões ecológicas aumenta significativamente os números pescados, confirmando o que Gammelsrød (1992) e Hogue (2000) descreveram: no melhor cenário de inundações para a indústria pesqueira – o maior lançamento em dezembro (Ce) –, um aumento de 16% do montante de camarão capturado poderia ser realizado, colocando a quantidade pescada em 9,6 mil toneladas por ano. Tendo calculadas as quantidades de pesca sob cada um dos cenários, a técnica de preço de mercado é utilizada para obter o valor do excedente do produtor oriundo da atividade.

Para além dos benefícios oriundos da maior quantidade de camarão pescado, a indústria pesqueira também se beneficiaria de grandes números de pesca acessória, que é a pesca de peixes e outras espécies (lulas e polvos) capturadas nas redes de camarão. Embora se estime que 20% das capturas sejam acessórias, destas apenas o equivalente a 13% são realmente comercializáveis. Praticamente todas as capturas acessórias que ocorrem no litoral de Sofala são descarregadas e vendidas na cidade portuária de Beira. O aumento nas quantidades pescadas de camarão resulta, proporcionalmente, no aumento de capturas acessórias, valoradas novamente pelos preços de mercado. Os resultados dos cálculos, das hipóteses e correlações descritos resultam em acréscimos de renda significativos.

5.3.4 Valoração da perda de produção de energia elétrica

A liberação das vazões ecológicas pelas comportas da Cahora Bassa reduzirá o nível da água do reservatório, o que se traduz em uma consequente redução na pressão que a água exerce sobre as turbinas. Com a adoção da vazão ecológica, assim, haveria uma redução na produção de energia. Os custos da AECB traduzem-se na perda de energia de cada cenário multiplicada pelo seu preço de mercado. Como mencionado anteriormente, Beilfuss e Brown (2006) realizaram um complexo estudo hidrológico com base no modelo de DRIFT, que precisou as perdas de capacidade hídrica de geração de energia resultante da reinstituição de cenários de inundação anual. Por sua vez, para a captura do preço de mercado da energia vendida pela Cahora Bassa, analisou-se a composição de exportação e o consumo interno da hidrelétrica com base em relatórios oficiais do governo,

operador e proprietário desta. É assumido que os preços se mantêm nos mesmos níveis atuais durante todo o período. Novamente reforça-se que não foram considerados custos de oportunidade de uso da energia elétrica não produzida.

6 RESULTADO DA ANÁLISE ESTENDIDA DE CUSTO-BENEFÍCIO

Os dados foram processados e reunidos, finalmente, sob a análise estendida de custo-benefício. A comparação dos resultados se dá mediante o valor presente líquido de cada uma das categorias de impacto, agrupadas em custos e benefícios. Caso os benefícios decorrentes do aumento da disponibilidade de água para a agricultura e a pesca à jusante da usina sejam maiores que as perdas decorrentes da menor produção de energia elétrica, a implantação da vazão ecológica deverá ser realizada.

A contabilização dos impactos de cada uma das dez categorias foi realizada para o período de trinta anos. A opção de tal prazo se apoia na literatura de valoração econômica de recursos naturais (Brander *et al.*, 2000; Costanza *et al.*; 1998; Turpie *et al.*, 2006; Van Beukering *et al.* 2005; Van Beukering *et al.*, 2003). A adoção de vazões ecológicas para o rio Zambeze não intenta ser medida de curto e médio prazos, mas, sim, de longo. Embora resiliente, as profundas alterações almejadas pela natureza, tal como a regeneração de espécies das pradarias inundáveis, expulsão de espécies vegetais exóticas, recuperação de estoques pesqueiros etc., bem como as adaptações humanas à retomada dos períodos de inundação, necessitam de tempo. Como taxa de desconto foi utilizada a média do crescimento real do PIB *per capita* ao longo da última década até 2006: de 6,44%.⁷

A tabela 2 resume os resultados da AECB, mostrando em euros os valores presentes líquidos de trinta anos de simulações com a adoção de vazões ecológicas para cada uma das dez categorias de impacto, sendo nove de benefícios e uma de custo. Os resultados agregados denotam a viabilidade do estabelecimento dos cenários de vazão Ae e Al, enquanto os quatro restantes, não.

O cenário de inundação com o resultado mais positivo é claramente o Ae (4.500 m³/s de inundação lançados ao longo do mês de dezembro). Se adotado, a prática resultaria em uma perda de valores presentes de € 17 milhões para a

7. A escolha de tal taxa de desconto é suportada pelas distintas razões listadas a seguir: *i*) a análise estendida de custo benefício (AECB) não intenta mensurar o valor da natureza *per se*, mas os efeitos que os diferentes cenários de intervenção nesta (as inundações prescritas) teriam sobre o ponto de vista puramente social da agricultura e da pesca. Taxas baixas de desconto, simulando, assim, valores de sustentabilidade e valores de legado ambiental, não seriam portanto realistas; *ii*) a taxa de juros real de Moçambique, cuja média entre 2000 e 2007 foi de 9% ao ano (a.a), é significativamente maior que o seu hiato do produto, uma vez que embute um prêmio de risco que não é aplicável à área de estudo (a economia do Baixo Zambeze é praticamente inteira informal); *iii*) a taxa de crescimento média do PIB *per capita* foi escolhida em detrimento a outros indicadores financeiros, uma vez que o mercado financeiro moçambicano ainda não está totalmente desenvolvido (prova disto é a baixa taxa de crédito em relação ao PIB, de 8% médios ao longo da última década finda em 2006); e *iv*) de acordo com Kahn (2005), nenhuma taxa de desconto pode ser superior à taxa de crescimento real do PIB no longo prazo.

Cahora Bassa pela energia que deixaria de ser gerada ao longo dos trinta anos simulados. Não obstante, a agricultura de subsistência geraria benefícios líquidos da ordem de € 19,5 milhões, enquanto a pesca comercial de camarão e acessória na região costeira de Sofala adicionariam mais € 20 milhões. As perdas financeiras incorridas pela hidrelétrica, assim, seriam mais que compensadas pelos ganhos nas outras frentes, resultando em acréscimo líquido de € 22,5 milhões para a economia de Moçambique.

TABELA 2
Resultados da análise estendida de custo-benefício

Níveis de vazão ecológica/categorias de impacto (VPL em EUR mil)	Descarga em dezembro			Descarga em fevereiro		
	Ae (4.500 m ³ /s)	Be (7.000 m ³ /s)	Ce (10.000 m ³ /s)	Al (4.500 m ³ /s)	Bl (7.000 m ³ /s)	Cl (10.000 m ³ /s)
Agricultura de subsistência	19.530	24.947	30.660	13.604	19.021	25.092
Perdas evitadas pelas cheias erráticas	14.713	14.713	14.713	7.357	7.357	7.357
Mais disponibilidade de áreas para plantio	127	254	1.042	127	254	1.042
Mais produtividade	3.859	7.718	10.647	3.859	7.718	10.647
Perdas evitadas pela redução na frequência de secas	831	2.262	4.259	2.262	3.692	6.047
Pesca de subsistência	0	4.812	14.702	0	9.296	27.047
Aumento da pesca de espécies de rio	0	0	0	0	4.295	12.104
Perdas evitadas pela redução na frequência de secas	0	4.508	14.124	0	4.508	14.124
Aumento da pesca de espécies de planície inundável	0	305	578	0	493	819
Pesca comercial	20.121	51.111	88.298	4.550	35.540	72.728
Aumento da pesca comercial de camarões na região costeira de Sofala	19.902	50.556	87.339	4.501	35.154	71.938
Aumento da pesca acessória ao camarão na região costeira de Sofala	218	555	959	49	386	790
Benefícios totais	39.651	80.870	133.660	18.155	63.858	124.867
Custos totais (energia não produzida pela hidrelétrica Cahora Bassa)	17.088	95.553	188.828	5.127	107.657	199.365
Benefícios menos custos	22.563	(14.683)	(55.167)	13.028	(43.800)	(74.499)

Elaboração dos autores.

Como única forma de se valorar as alterações decorrentes dos seis cenários de vazão ecológica para os dez impactos analisados, diversas hipóteses simplificadoras da realidade ou substitutas de melhores evidências tiveram de ser feitas. Embora estas tenham sido sempre baseadas no melhor julgamento científico disponível, são ainda passíveis de falhas. Além disso, a AECB para mudanças ecossistêmicas estende projeções para trinta anos no futuro – período longo suficiente para imprevistos ocorrerem. A fim de testar a robustez da análise, portanto,

realizou-se uma série de testes de sensibilidade pertinentes a: erros de estimativa; escolha da taxa de desconto; e flutuações de preços no futuro.

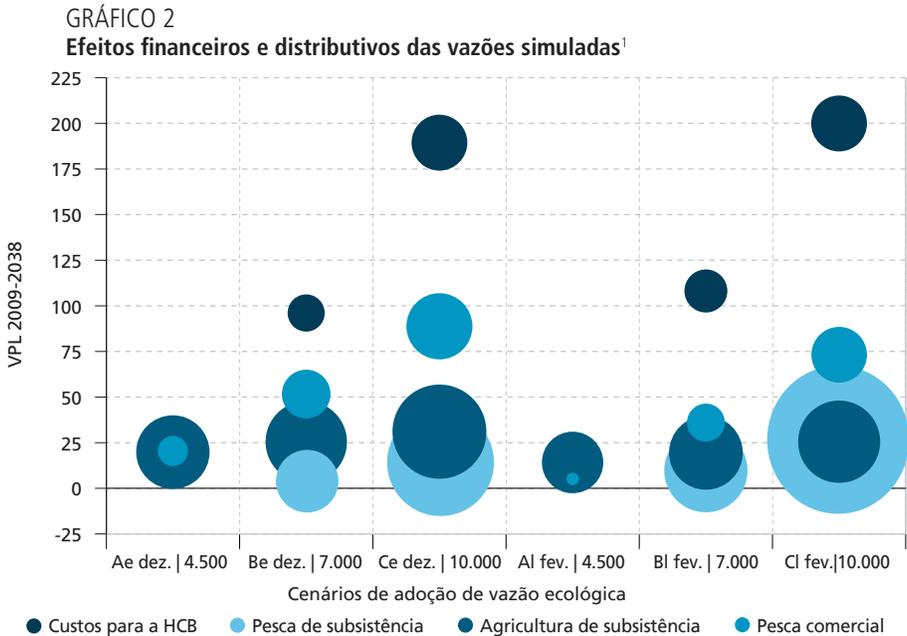
Conclusivamente, os cenários Ae e Al apresentaram-se como viáveis ao longo de todas as possibilidades previstas para erros de estimativa. Não apenas os resultados financeiros obtidos são superiores aos custos envolvidos, mas também se destacam os efeitos positivos da distribuição de renda que representam para as populações rurais do delta do Zambeze e para a atividade de pesca comercial na costa de Sofala. De forma similar, qualquer opção plausível da taxa de desconto em todos os seis cenários de fluxo simulado não altera os resultados encontrados. Em suma, inexistente um ponto de cruzamento em que, acima de um certo limite de taxa de desconto, o resultado seria invertido. Testes de incerteza de preços também não alteraram os resultados da análise, em especial, por trazerem incertezas tanto pelo lado dos custos quanto dos benefícios. Os resultados encontrados provam-se robustos o suficiente para subsidiar a tomada de decisões relativa à adoção de uma das duas categorias positivas de vazão ecológica com a segurança de que os custos serão menores que os benefícios.

7 ANÁLISE DOS EFEITOS DISTRIBUTIVOS

A energia elétrica produzida e vendida pela hidrelétrica de Cahora Bassa constitui-se em valioso produto para Moçambique, atingindo, em valores atuais, receita em excesso a € 2 bilhões no prazo simulado. Dos benefícios mensurados, apenas a prática da pesca comercial atinge magnitudes monetárias similares, devendo gerar um resultado líquido pouco superior a € 650 milhões. Sob o cenário de inundações mais favorável para a indústria pesqueira, Ce, seriam produzidos € 88 milhões a mais.

Por sua vez, os dois setores pertinentes aos habitantes rurais do delta do Zambeze, como o próprio nome dos impactos sugere, são voltados para a subsistência e não ao mercado, muito menos ao mercado internacional, como a energia e a pesca de camarões são. Não é de surpreender, portanto, que a agricultura de pequena escala e a pesca artesanal apresentem valores econômicos combinados de € 154 milhões para Moçambique – respectivamente 7,5% e 23,6% dos valores provenientes da energia e da pesca comercial. A gritante diferença entre os valores é exatamente o que sublinha os aspectos-chave de distribuição dos benefícios e dos custos da adoção de vazões ecológicas. No cenário Cl, como exemplo, tem-se um aumento do valor para a agricultura de subsistência e da pesca combinados de 34% – uma significativa melhoria na qualidade de vida dos moradores do delta. O mesmo fluxo de inundações aumentaria ainda o valor da pesca comercial em 11%, enquanto a hidrelétrica de Cahora Bassa prescindiria de 9,7% das suas receitas.

As variações e os tamanhos relativos dos efeitos distributivos que as vazões ecológicas trariam podem ser claramente visualizados no gráfico 2, em que o eixo horizontal retrata os seis cenários de fluxo simulados, e o eixo vertical, o valor presente líquido dos impactos avaliados em milhões de euros. O tamanho relativo das bolhas indica a variação percentual do efeito relativo ao cenário base de não adoção de vazões ecológicas.



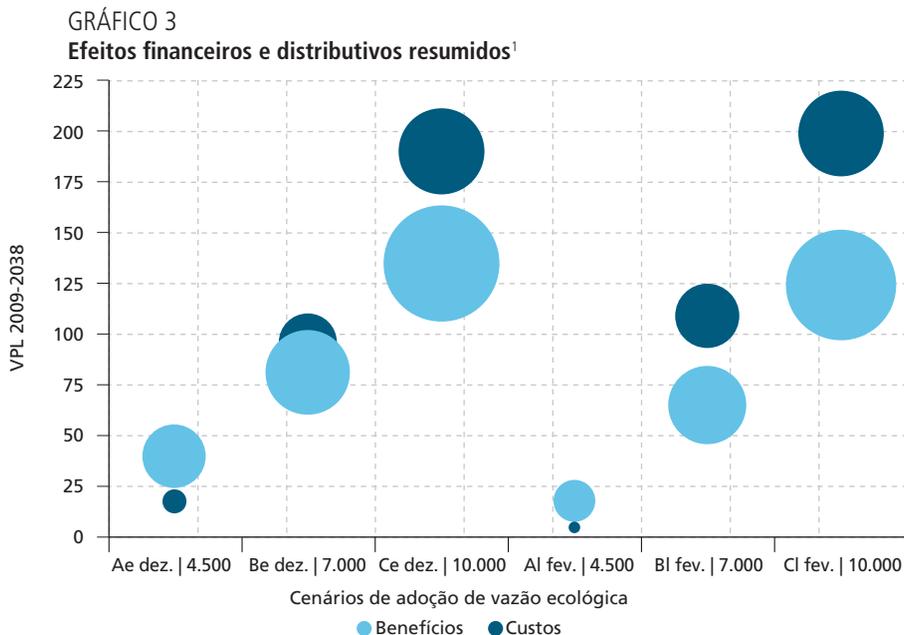
Elaboração dos autores.

Nota: ¹ O eixo vertical traz o VPL dos impactos avaliados em milhões de euros, e o tamanho relativo das bolhas indica a variação percentual do efeito referente ao cenário base de não adoção de vazões ecológicas.

Os cenários Be/l e Ce/l apresentam custos notadamente elevados em relação aos benefícios gerados. No entanto, como a disparidade entre o tamanho das bolhas demonstra, os ganhos relativos são muito maiores. Observa-se que a pesca de subsistência (bolhas azuis) aumentaria seus benefícios em razão proporcional à magnitude das inundações, principalmente pelo efeito de aumento das planícies alagáveis. Por sua vez, o efeito para a agricultura de subsistência (bolhas verdes) é um pouco menos acentuado. Para a pesca comercial (bolhas amarelas), uma inundação liberada em dezembro é mais benéfica que a liberada em fevereiro, embora qualquer acréscimo na descarga do rio Zambeze no período próximo ao das cheias naturais fosse traduzido em melhorias imediatas.

Enquanto o gráfico 2 ilustra os benefícios ao longo das três categorias de benefícios, o gráfico 3 agrega os benefícios em uma só “bolha”. A disparidade

entre os custos e os benefícios para os níveis de inundação Be/l e Ce/l torna-se relativa quando observada pelo tamanho da bolha – sempre maior para os benefícios. Além disso, a adoção do cenário de vazão ecológica Be apresenta uma interessante opção devido à proximidade dos custos com os benefícios. Outro fato interessante é a clara vantagem trazida pelos cenários Ae e Al: os benefícios superam totalmente os custos e são ao mesmo tempo significativamente maiores em seus efeitos distributivos.



Os ganhos agregados das práticas de subsistência (agricultura e pesca) apresentam-se da ordem de € 52 milhões para a vazão Cl e, mesmo assim, são suficientes apenas para compensar aproximadamente um quarto dos gastos incorridos pela Cahora Bassa. Não obstante, a adoção de tal prática aumentaria em 34% o resultado de duas das atividades mais importantes para a população rural do delta. Tal acréscimo representaria uma substancial melhora para as comunidades que sobrevivem da subsistência, com incalculáveis efeitos positivos em cadeia. Não apenas as comunidades poderiam negociar com mais frequência seus excedentes de produção (como de fato já ocorreu com a pesca após a grande cheia errática de 2001) e desenvolver novas habilidades e outras atividades pela menor dependência da agricultura e pesca, como se sentiriam mais seguros em relação à sua hoje precária situação alimentar.

Em última instância, o restabelecimento da vazão do rio Zambeze mais próximo ao natural histórico concederia às comunidades mais capacidade de planejar seus futuros, traduzindo-se em melhoria em suas vidas. A restauração da saúde ecossistêmica da planície de inundação não só beneficiaria as comunidades pela pesca e agricultura, mas também a todos dela dependentes.

Importante observar também que os resultados da análise estendida de custo-benefício contemplam os efeitos esperados para os três impactos positivos valorados: agricultura e pesca de subsistência e pesca comercial. Futuros estudos poderão contemplar e valorar as mudanças que os cenários de inundações prescritas trariam para: *i)* grandes mamíferos; *ii)* aves aquáticas; *iii)* qualidade da água subterrânea; *iv)* animais de criação; *v)* utilização de recursos naturais como material de construção, material lenhoso, coleta de frutas e plantas medicinais; e *vi)* turismo, especialmente no âmbito das concessões de caça. Todos estes impactos, tal como indicado por Beilfuss e Brown com o estudo DRIFT (2006), seriam beneficiados pela inundação do delta recorrente e mais próxima ao natural. Adicionalmente, futuros estudos poderiam enfatizar os custos de oportunidade incorridos pelo país por conta da perda de produção energética, haja vista que, aí sim, se contabilizariam custos econômicos e não apenas financeiros.

8 CONCLUSÕES E CAMINHOS A SEGUIR

O exercício de análise estendida de custo-benefício provou ser suficientemente robusto para o auxílio direto da tomada de decisão por parte do governo de Moçambique, legítimo responsável pela promoção do bem-estar social de seus habitantes e pela saúde ecossistêmica de seus *habitats*. A viabilidade pecuniária trazida pela adoção dos cenários de vazão ecológica Ae e Al manteve-se estável e sem inversões significativas mesmo quando submetida aos diversos testes de sensibilidade, incertezas a respeito dos erros das estimativa, escolha da taxa de desconto e flutuações de preços futuros. Os referidos cenários enfatizam a promoção de ganhos líquidos para Moçambique por meio de sua implementação, ganhos estes que não são apenas financeiros, mas também distribucionais.

Ademais, observou-se que a adoção de vazão média, sob as premissas do cenário Be, traz viabilidade muito próxima à positiva. Uma vez compreendido que se valorou apenas os benefícios gerados pela agricultura e pesca de subsistência e pesca comercial, a adição de qualquer outro beneficiário à jusante, como turismo ou grandes mamíferos, possivelmente traria a viabilidade de tal fluxo para campos positivos. Por conta disso, reforça-se que este seria o cenário ideal para a adoção de vazão ecológica.

Se, há trinta anos, quando da construção da hidrelétrica de Cahora Bassa, os usuários do delta do Zambeze fossem os únicos a ter realizado uma análise estendida de custo-benefício, teriam certamente concluído que a construção da barragem teria que considerar parte significativa dos fluxos naturais do rio com seus ciclos de cheia e seca. O Zambeze poderia ter sido controlado, ainda que mantido selvagem. Caso a hipotética volta ao passado tivesse ocorrido, o próprio dimensionamento da barragem e de suas máquinas geradoras teria sido alterado para contemplar menores volumes de água armazenada, tornando menos aguda a perda de eletricidade gerada.

Cahora Bassa, entretanto, é uma realidade, e o produto por ela gerado, uma necessidade. O restabelecimento de níveis mínimos de vazão ecológica constitui-se, portanto, na única forma de retornar a antigos usuários alguns dos seus direitos perdidos, colhendo, ainda, os frutos do desenvolvimento inicial. A adoção de vazão ecológica significaria o apreço à ecologia e às comunidades do delta, traduzindo um balanço mais justo da alocação de suas águas na promoção da equidade social e conservação da natureza, em vez do foco restrito à produção de energia elétrica. Mais importante ainda é a viabilidade positiva demonstrada pelos cenários Ae e Al, que operacionalizariam o conceito de sustentabilidade sem denegrir um de seus pilares, o econômico. Ao contrário, o país obteria ganhos líquidos concomitantes à melhoria dos pilares social e ambiental.

A Cahora Bassa foi planejada e construída pelo poder colonial de Moçambique, à época, Portugal. Jermann e Peter (2006) relatam que os portugueses construíram, concomitante à barragem de 171 metros, barreira equivalente de silêncio em torno das implicações ambientais e sociais que esta traria aos usuários localizados à sua jusante. Desde então, a hidrelétrica foi operada pelos portugueses até quando de sua transferência oficial para o governo de Moçambique em novembro de 2007. O presidente moçambicano Armando Guebuza declarou na ocasião que era “o último capítulo da história da dominação estrangeira” em Moçambique.⁸

Imaginar-se-ia que, por ser a Cahora Bassa detida e operada pelo próprio governo federal, o nível ótimo de vazão ecológica no rio Zambeze seria adotado com facilidade. Ao contrário: Moçambique está atualmente realizando estudos para a construção de uma segunda barragem, ainda à jusante do rio Zambeze, denominada de Mphanda Nkuwa. Simulações iniciais de vazão apontam para um arrocho no controle das águas do Zambeze. Agora é a hora de o governo agir para desvendar sua própria parede de silêncio e ouvir as vozes, reivindicando as severas consequências ambientais e econômicas que a nova barragem de Mphanda Nkuwa constituiria.

8. Declaração constante de diversas fontes midiáticas, entre elas o jornal *on-line* IOL, em 26 nov. de 2007, disponível em: <<http://www.iol.co.za/news/africa/mozambique-assumes-control-of-cahora-bassa-1.380167?ot=inmsa.ArticlePrintPageLayout.ot>>. Acesso em: jul. 2008.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, G. Approaches to valuing the hidden hydrological services of wetland ecosystems. **Ecological economics**, v. 35, p. 63-74, 2000.
- ADLER, M. D.; POSNER, E. A. **Rethinking cost-benefit analysis**. University of Chicago Law School; John M. Olin Law & Economics, Abr. 1999. (Working Paper, n. 72).
- BEILFUSS, R. D. Wattled cranes in the Great Zambezi Delta. **International Crane Foundation Bugle**, v. 21, n. 3, p. 2-3, 1995.
- BEILFUSS, R. D.; SANTOS, D. **Patterns of hydrological change in the Zambezi Delta, Mozambique**. Program for the sustainable management of Cahora Bassa Dam and the Lower Zambezi Valley, 2001. (Working Paper, n. 2).
- BEILFUSS, R. D. *et al.* **The impact of hydrological changes on subsistence productions systems and socio-cultural values in the Lower Zambezi Delta**. Program for the sustainable management of Cahora Bassa Dam and the Lower Zambezi Valley, 2002. (Working Paper, n. 6).
- BEILFUSS, R. D.; BROWN, C. (Eds.). **Assessing environmental flow requirements for the marromeu complex of the Zambezi Delta**: application of the DRIFT Model. Maputo: University of Eduardo Mondlane, 2006. (Downstream Response to Imposed Flow Transformations).
- BILLS, R.: Freshwater fish survey of the Lower Zambezi River, Mozambique. *In: Biodiversity of the Zambezi Basin wetlands*, edited by J. Timberlake, Biodiversity Foundation for Africa, Bulawayo, and The Zambezi Society, Harare. Occasional Publications in Biodiversity n. 8, Chapter 7, Appendix 1, 2000, p. 461-485.
- BRANDER, L. *et al.* The Empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature. **Environmental & resource economics**, v. 33, p. 223-250, 2006.
- BROWN, C.; KING, J. **Environmental flow assessments for rivers**: a summary of the DRIFT Process. Southern Waters, Ecological Research and Consulting Pty (Ltd), Mowbray, South Africa, 2000. (Southern Waters Informational Report, n. 01/00).
- COSTANZA, R.; FARBER, S.; MAXWELL, J. Valuation and Management of Wetland Ecosystems. **Ecological economics**, v. 1, p. 335-361, 1989.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. **Ecological economics**, v. 25, p. 67-72, 1998.

CUMMING, D. H. M. *et al.* **Aerial census of large herbivores in the Gorongosa National Park and the Marrromeu Area of the Zambezi Delta in Mozambique.** International Union for Conservation of Nature, Regional Office for Southern Africa, Harare, 2004.

DAVIES, B. R. (Ed.). The sustainable utilisation of the Cahora Bassa Dam and the valley of the lower Zambezi. *In: CAHORA BASSA WORKSHOP*, 29 Sept.- Oct. 1997, Songo. **Proceedings...** Maputo: Arquivos do Patrimônio Cultural, 1998.

DAVIES, B. R.; BEILFUSS, R.; THORNS, M. Cahora Bassa retrospective, 1974- 1997: effect on flow regulations on the lower Zambezi river. **Limnology in the Developing World**, n. 27, p. 1-9, 2000.

DYSON, M.; BERGKAMP, G.; SCANLON, J. (Eds.). **The essentials of environmental flows.** Gland: International Union for Conservation of Nature, 2003.

GAMMELSRØD, T. Variation in shrimp abundance on the Sofala Bank, Mozambique, and its relation to the Zambezi river runoff. **Estuarine coastal and shelf science**, n. 35, p.91-103, 1992.

HOGUANE, A. M. **The role of Zambezi runoff in the shrimp abundance in Sofala Bank.** Maputo: Eduardo Mondlane University, 2000.

INE – INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. Portal de Estatísticas de Moçambique. Disponível em: <www.ine.gov.mz>. Acesso em: maio, jun., jul. 2008.

JERMANN, D.; PETER, A. **The science and politics of large dams: Cahora Bassa (Zambezi River) case study.** Zurich: Swiss Federal Institute of Technology, 2006.

KAHN, J. R. **The economic approach to environmental and natural resources.** 3. ed. Estados Unidos: Thomson South-Western, 2005.

MUNDA, G. Cost-benefit analysis in integrated environmental assessment: some methodological issues. **Ecological economics**, n. 19, p.157-168, 1996.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. **Participatory skills:** Establishing and strengthening local communities' and indigenous people's participation in the management of wetlands. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands. Gland, Ramsar Convention Secretariat, 2007. 3rd ed., v. 5.

TIMBERLAKE, J. **Biodiversity of Zambezi Basin wetlands:** review and preliminary assessment of available information. Bulawayo: Biodiversity Foundation for Africa and Harare: The Zambezi Society, 1998. (Phase 1, Final report).

TURPIE, J. *et al.* **Economic value of the Okavango delta, Botswana, and implications for management.** International Union for Conservation of Nature, Directorate of Environmental Affairs and the Okavango Delta Management Project, Nov. 2006.

TWEDDLE, D.; MAKWINJA, R. D.; SODZAPANJA, G. Catch and effort data for the fisheries of the Lower Shire River and associated marshes, 1976-1993. **Malawi fish. bull.**, v. 31, 1995.

VAN BEUKERING, P.; CESAR, H. S. J.; JANSSEN, M. A. Economic valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia. **Ecological economics**, v. 44, p. 43-62, 2003.

VAN BEUKERING, P. *et al.* **The Niger, a lifeline:** effective water management in the upper niger basin. RIZA, Lelystad; Wetlands International Sevre; Amsterdam: Institute for Environment Studies (IVM); Veenwouden: A&W Ecological Consultants; Mali: The Netherlands, 2005.

WDC – WORLD COMMISSION ON DAMS. **Dams and development:** a new framework for decision making. London: Earthscan, 2000. (The Report to the World Commission on Dams).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BARBIER, E. B. Valuing the environment as input: review of applications to mangrove-fishery linkages. **Ecological economics**, v. 35, p. 47-61, 2000.

BARBIER, E. B.; ACREMAN, M.; KNOWLER, D. **Economic valuation of wetlands:** a guide for policy makers and planners. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Bureau, 1997.

BATES, B. C.; KUNDZEWICZ, Z. W.; WU, S.; PALUTIKOF, J. P. (Eds.). **Climate change and water.** Geneva: IPCC Secretariat, 2008. (Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change).

BEILFUSS, R. D.; BENTO, C. **Indicators of hydrological change in the lower Zambezi Valley and Delta, Mozambique:** how much water does the Zambezi need? Program for the sustainable management of Cahora Bassa Dam and the Lower Zambezi Valley. No prelo.

BROWN, C.; JOUBERT, A. Using multicriteria analysis to develop environmental flow scenarios for rivers targeted for water resource development. **Water SA**, v. 29, n. 4, 2003.

DAVIES, B. R.; HALL, A.; JACKSON, P. B. N. Some ecological aspects of the Cabora Bassa Dam. **Biological conservation**, v. 8, p. 189-201, 1975.

DEGNBOL, P. *et al.* **A Study of the fisheries sector in Mozambique**. Norwegian College of Fishery Science, Jan. 2002.

HOGUANE, A. M. Perfil diagnóstico da zona costeira de Moçambique. **Revista de gestão costeira integrada**, v. 7, n. 1, p. 69-82, 2007.

KING, J. M.; LOUW, D. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa, using the Building Block Methodology. **Journal of Aquatic Ecosystem Health and Management**, n. 1, 1998.

KUPSMANENA, T.; KORTELAINENB, M. Valuing environmental factors in cost-benefit analysis using data envelopment analysis. **Ecological economics**, n. 62, p. 56-65, 2007.

SCODANIBBIO, L.; MANEZ, G. **A fundamental step towards integrated water resources management and poverty**. The World Commission on Dams, 2005.

SILVA, C. História da pescaria de camarão de águas pouco profundas e condições ambientais. **Revista de investigação pesqueira**, n. 18, p. 47-60, 1989.

SINGINI, P. J. T. The Marrromeu complex of the Zambezi delta: Mozambique's unique wetland. *In*: AFRICAN CRANE AND WETLAND TRAINING WORKSHOP. Botswana. **Proceedings...** Baraboo: International Crane Foundation, 1996.

TWEDDLE, D., MAKWINJA, R. D.; SODZAPANJA, G. **Catch and effort data for the fisheries of the Lower Shire River and associated marshes, 1976-1993**. Malawi Fish. Bull., n. 31, 1995.

Originais submetidos em agosto de 2011. Última versão recebida em abril de 2012. Aprovado em maio de 2012.

