



TDSE - Texto de Discussão do Setor Elétrico n.º 58

A Geração Hídrica Brasileira no Longo Prazo

Pedro Bara Neto

Rio de Janeiro

Março de 2014

Sumário

Introdução.....	2
1- Planejamento integrado da Amazônia.....	4
2- Medidas de adaptação às mudanças climáticas	18
3- Recomendações para o SEB ao setor elétrico da Bolívia.....	26
Anexo.....	29
Referências.....	30

A Geração Hídrica Brasileira no Longo Prazo

Pedro Bara Neto ¹

Introdução

A geração hídrica brasileira encontra-se em uma encruzilhada, entre um caminho onde a exploração dos rios amazônicos se dá *ceteris paribus* ao lado de um cenário crescentemente conflituoso com a questão socioambiental e cultural, e outro com a geração hídrica nacional buscando um patamar diferenciado de sustentabilidade e, ao mesmo tempo, abrindo espaço a outras formas de geração e distribuição de energia renovável e a diferentes geografias do potencial hídrico regional entendido, primordialmente, como aquelas que se encontram na bacia hidrográfica amazônica.

Enfim, de uma forma ou de outra, a Amazônia está no centro da pergunta por onde deve caminhar a geração hídrica brasileira no longo prazo.

Para que haja clareza neste caminhar, é preciso reconhecer que o contexto por onde podem ocorrer estas intervenções é muito diferente daquele historicamente vivido pelo setor elétrico brasileiro. Os desafios são múltiplos, desde a imensa diversidade de formas de vida cujo processo de criação e manutenção tem íntima relação com o livre pulsar dos rios amazônicos, passando pelo cotidiano daqueles que lá vivem em harmonia com a natureza ao lado de um contingente urbano historicamente induzido por ciclos erráticos ou artificiais de desenvolvimento ou por grandes projetos geopolíticos de ocupação do território, até o recorte regional por áreas de uso especial para proteção ecológica e cultural e manejo sustentável de seus recursos naturais.

¹ Pesquisador-Associado ao Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL) do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

O raciocínio inverso também é verdadeiro, ou seja, o futuro da Amazônia depende em larga medida desta nova onda de intervenções regionais em grande escala, particularmente de energia e mineração, e pela forma como estas serão planejadas, consultadas, decididas e implantadas no território amazônico.

Tratando-se da Amazônia e de como se tecem as relações entre os grupos de interesse na região, do local ao global, não é difícil imaginar o que ela representa para a tomada de decisão de investimentos. Se esta decisão é tomada pontualmente, sem uma visão estratégica, isto é, projeto a projeto, é grande a tendência da complexidade ser crescente na medida em que a fronteira da geração hídrica avance muito à frente daquela do desenvolvimento social, econômico e institucional e, portanto, sobre culturas e rios mais conservados e desprotegidos socialmente. Além disso, se estamos falando de uma única bacia transnacional, fragiliza-se a eventual robustez de uma decisão individual a partir do momento em que a análise dos impactos cumulativos não é tratada de forma apropriada, como veremos.

Já na dimensão do clima, segundo CASTRO et al. (2012), o Brasil constitui uma exceção no setor elétrico mundial na medida em que conta com recursos naturais endógenos e renováveis suficientes para expandir a oferta de energia elétrica nas próximas décadas sem estar sujeito às restrições impostas pela necessidade de se mitigar os impactos climáticos. Entretanto, considerando-se o protagonismo da fonte hídrica na matriz elétrica brasileira e o relatório de mudanças climáticas IPCC AR4 (2007), em que observações históricas e projeções climáticas fornecem abundante evidência de que os recursos hídricos são vulneráveis e revelam potencial de serem fortemente impactados pelas mudanças climáticas, com uma ampla gama de consequências para a sociedade humana e os ecossistemas, fica evidente a relevância da questão da adaptação às mudanças climáticas para o futuro do setor elétrico brasileiro.

Os impactos sobre os recursos hídricos observados pelo aquecimento ao longo das últimas décadas, segundo o IPCC TECHNICAL PAPER VI (2008), se relacionam a mudanças em grande escala no ciclo hidrológico. Tais mudanças

advém do aumento da quantidade de vapor na atmosfera, alterações nos padrões de precipitação, tanto em intensidade como em eventos extremos, redução da área coberta por neve e correspondente incremento na área de derretimento de gelo, impactos na umidade do solo e no escoamento superficial, todos estes fatores de interesse da geração hídrica na Amazônia.

Como se lê ainda em CASTRO et al. (2012), no caso brasileiro a questão central é a definição de quais dentre as várias fontes primárias de energia disponíveis devem ser priorizadas na expansão da matriz de geração com vistas ao atendimento da demanda crescente por energia elétrica. Este “problema”, denominado como o “paradoxo da abundância”, deve ser equacionado de forma tal que a garantia do suprimento esteja associada à manutenção do caráter renovável e sustentável da matriz elétrica brasileira em bases competitivas de custos.

São, portanto, questões relevantes para este trabalho o planejamento integrado da Amazônia (Capítulo 1), a necessidade de se adaptar às mudanças climáticas incluindo-se a alternativa da integração regional do potencial hídrico amazônico (Capítulo 2), e as recomendações deste cenário transformador no ciclo de planejamento, preparação e implantação de projetos e na sua abrangência territorial (Capítulo 3).

1- Planejamento integrado da Amazônia

A necessidade de se definir rios livres

De acordo com RIVEROS et al. (2010), o rio Amazonas representa o maior sistema de rios do mundo, com a maior bacia, a maior descarga e o mais diverso e produtivo sistema de água doce do planeta. Este sistema peculiar ainda não está muito alterado por grandes infraestruturas, mas isso pode mudar rapidamente, pois a expansão hidroenergética está nos planos de todos

os países amazônicos. Dada a magnitude e complexidade desta intervenção, não é possível tratar o avanço da hidroeletricidade sobre os rios amazônicos de uma forma singela e estreita como a que se pratica com a discussão dos projetos caso a caso. A abordagem dos impactos cumulativos sobre a diversidade e integridade dos ecossistemas aquáticos, que afetarão de forma irreversível o modo de vida das populações tradicionais e dos povos indígenas, requer um ferramental analítico e um processo político diferenciado.

Segundo TUNDISI (2007), o conhecimento científico dos processos ecológicos, da biodiversidade e da interação dos sistemas aquáticos e terrestres ampliou-se consideravelmente nas últimas décadas. O funcionamento da região amazônica foi sintetizado por SIOLI (1984) e mais recentemente, contribuições de Val et al. (1996), AYRES et al. (1999) e JUNK (2005) consolidaram essa descrição das estruturas e funções dos organismos, ecossistemas e seus processos temporais e espaciais.

JUNK (1997, 2005) descreveu a ecologia do sistema de pulso nos grandes deltas internos da Amazônia Central. De acordo com esse autor, o sistema de pulso de inundação é a principal função de força nos grandes sistemas de vales de inundação e várzeas amazônicos. Essas funções de força promovem condições ambientais diversas, alterações periódicas nas comunidades vegetais e animais e múltiplas e intensivas alterações entre as fases aquáticas e terrestres com processos bióticos de produção de matéria orgânica e decomposição, deposição de sedimentos e com alta diversidade de espécies. Esse processo de pulsos que ocorre em outros ecossistemas de várzea em todos os continentes atinge seu máximo de escala justamente na região amazônica. A conectividade entre áreas alagadas, canais naturais, lagos, rios e pântanos apresenta um gradiente de interações diretas e indiretas de grande importância ecológica e econômica, com reflexos no ciclo hidrossocial.

Portanto, e ainda segundo TUNDISI (2007), a construção de hidrelétricas na região amazônica, especialmente nos tributários do Rio Amazonas, demandará profundas alterações no ciclo hidrológico, na biodiversidade aquática, no ciclo

hidrossocial e hidroeconômico da região, exigindo estudos interdisciplinares detalhados de alto nível para resolver os problemas desses impactos e minimizá-los. O autor afirma que são necessários estudos estratégicos, ecológicos e econômicos, de forma a promover uma visão de Estado de longo prazo na exploração hidroenergética da Amazônia. É de suma importância que seja feita a escolha adequada de rios a impactar e dos rios que serão preservados vis-à-vis os benefícios econômicos e sociais da exploração da hidroenergia e da preservação.

Segundo o MANUAL DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (2007), o ciclo de implantação de uma usina hidroelétrica compreende cinco etapas: a estimativa do potencial, o inventário, a viabilidade, o projeto básico e o projeto executivo. Para efeito do planejamento integrado da Amazônia, a etapa mais relevante é a do inventário hidroelétrico, que se caracteriza pela concepção e análise de várias alternativas de divisão de queda para a bacia hidrográfica, que são comparadas entre si, visando selecionar aquela que apresente melhor equilíbrio entre os custos de implantação, benefícios energéticos e impactos socioambientais.

Faz parte dos estudos de inventário submeter os aproveitamentos da alternativa selecionada a um estudo de Avaliação Ambiental Integrada (AAI) visando subsidiar os processos de licenciamento. Ainda segundo o MANUAL (2007), os critérios adotados para os estudos socioambientais adequam os instrumentos metodológicos e procedimentos usuais de avaliação de impacto ambiental aos requisitos e especificidades dos estudos de inventário hidroelétrico, sendo considerados neste contexto os procedimentos relativos à AAI. Esses critérios deverão orientar a sistematização do conhecimento sobre as principais questões socioambientais, a identificação de fragilidades ambientais e de potencialidades econômicas, bem como as principais sinergias e cumulatividades resultantes da implantação da alternativa de divisão de queda selecionada.

Estão, pois, colocados os principais elementos para se discutir a questão do planejamento integrado da Amazônia. De um lado, a necessidade imperativa de

se definir os rios a preservar e, de outro, os estudos da AAI contrapondo as fragilidades ambientais às potencialidades econômicas à luz dos efeitos cumulativos de um programa hidrelétrico na escala de uma bacia hidrográfica.

Sob este aspecto fica evidente que há uma enorme distância de enfoque entre estas proposições. A primeira trata de um ativo ambiental a preservar, o livre correr e pulsar de um rio e suas consequências na criação e manutenção de diversas formas de vida e, neste sentido, refere-se a uma potencialidade ambiental; a segunda, por sua vez, coloca a questão ambiental pelo lado de suas fragilidades vis-à-vis as potencialidades econômicas, isto é, pela vertente da mitigação dos impactos.

Como observado inicialmente, se há, sob a perspectiva de integridade dos ecossistemas aquáticos amazônicos, a necessidade de se diferenciar a discussão da sustentabilidade da geração hídrica no longo-prazo, é preciso aproximar a distância entre as perspectivas econômicas e socioambientais ao prover equidade no tratamento entre o potencial econômico e o socioambiental. Nesse sentido, é preciso se refletir sobre a escala adequada da bacia hidrográfica sobre a qual esta visão abrangente de riscos e oportunidades de se conservar ou se desenvolver deve se desenrolar. E é preciso, acima de tudo, entender que o programa hidrelétrico gerado pela melhor partição de queda, ou seja, aquele de “equilíbrio” entre os custos de implantação, benefícios energéticos e impactos socioambientais, não pode se manter imune a uma eventual redução do seu escopo se o ativo socioambiental corre risco de ser comprometido pelo seu efeito cumulativo.

Antes de fazer isto, no entanto, é preciso se aprofundar na análise de casos práticos de aplicação da AAI na Amazônia, de forma a se conhecer o potencial desta ferramenta na tomada de decisão de investimentos, em particular de sua localização, na escala adequada de uma bacia hidrográfica.

Síntese metodológica de uma Avaliação Ambiental Integrada (AAI)

Para descrever sucintamente a metodologia de uma AAI tomou-se como base a sua elaboração na bacia hidrográfica do Rio Tapajós, a mais importante das bacias amazônicas brasileiras em termos de potencial hidroelétrico. Nesse caso, optou-se por uma AAI para a sub-bacia do Rio Teles-Pires² e outra para a do Rio Juruena³, ambos formadores do Rio Tapajós, restando por se tornar público o estudo daquela formada pelo Rio Tapajós propriamente dito e seu tributário, o Rio Jamanxin. Essa decisão de se fatiar a bacia do Tapajós propicia a oportunidade de se discutir em que nível deve-se desenvolver uma avaliação de impactos cumulativos. Da forma como foi feito, isto é, em uma escala de sub-bacia de interesse do planejamento hidrelétrico, reduz-se consideravelmente o potencial de cumulatividade dos impactos, particularmente daqueles que se referem aos recursos hídricos e aos ecossistemas aquáticos.

Embora o cenário ideal para uma análise integrada fosse o da bacia hidrográfica amazônica como um todo, restrições de ordem prática, tais como a falta de um ator político relevante nesta escala ou a incipiente articulação das instituições nacionais responsáveis pela gestão hídrica nesta bacia transnacional ou mesmo a heterogeneidade do grau de informação disponível em cada país, acabam encaminhando a análise de cumulatividade para o contexto nacional. De qualquer forma, seria de boa prática se considerar a realização de avaliações integradas, ao menos para o primeiro nível de uma bacia hidrográfica brasileira, segundo a Resolução 30, de 11 de Dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), no caso, a bacia do Rio Tapajós como um todo.

A metodologia da AAI envolve três etapas: caracterização socioambiental, avaliação ambiental distribuída – AAD, que inclui a análise de conflitos, e a AAI propriamente dita em cujo fecho se encontram “diretrizes orientadas para a atuação dos agentes do setor elétrico, com vistas à realização dos estudos de viabilidade, dos EIA e do processo de licenciamento ambiental de cada aproveitamento selecionado, e as recomendações, para os demais atores

² Esta avaliação metodológica tem como base o Sumário Executivo da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires disponível em www.epe.gov.br

³ Idem para Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Juruena, Relatório Final, Avaliação Ambiental Integrada da alternativa selecionada, Tomos 1, 2 e 3

intervenientes na sub-bacia, com o intuito de contribuir para a atuação de cada um deles à luz dos princípios do desenvolvimento sustentável⁴.

Na etapa da AAD avalia-se a sensibilidade dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, do meio físico e ecossistemas terrestres e da socioeconomia, que são considerados como componentes-síntese da AAI, em compartimentos sub-regionais definidos através de variáveis capazes de identificar as similares geográficas, emanadas dos domínios da geoformas e dos grandes domínios florestais, ou por sub-bacias de ordens inferiores (caso dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos). Assim, é possível facilitar a análise e interpretação das fragilidades e potencialidades por componente-síntese e compartimento. A participação pública ocorre somente após a AAD e é vista como uma oportunidade de se obter insumos para o desenvolvimento da etapa seguinte⁵.

Toda a lógica, como já observado anteriormente, se fundamenta na abordagem de fragilidades e potencialidades em uma combinação entre impactos potenciais do conjunto de empreendimentos sobre indicadores locais (sensibilidade por compartimento), sendo que as potencialidades se referem exclusivamente ao componente da socioeconomia.

Cenários futuros são idealizados por um “Cenário Tendencial com Hipótese de Desenvolvimento Sustentável”, no qual são avaliadas as fragilidades e potencialidades ainda sem a implantação dos empreendimentos hidrelétricos previstos. À luz do conjunto de empreendimentos, são então estimados e avaliados os impactos positivos e negativos, por componente-síntese, e apontados os efeitos cumulativos e sinérgicos do referido conjunto.

Com a estimativa dos impactos provenientes da implantação dos empreendimentos disponível, prospectam-se as fragilidades e potencialidades futuras sob a mesma premissa, ou seja, a de que o espaço da análise vai se desenvolver de forma sustentável, no cenário denominado Cenário Dirigido.

⁴ Página 15 do Tomo 3/3 dos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Juruena, Relatório Final, Avaliação Ambiental Integrada da alternativa selecionada

⁵ Página 8, Sumário Executivo do Relatório Final da AAI da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires

Adicionalmente, para garantir a consistência da “hipótese de desenvolvimento sustentável”, apresentam-se ao final da AAI, diretrizes setoriais e recomendações amplas “dirigidas” a outros setores e a diferentes níveis de governo.

Enfim, como ambos os cenários futuros, o tendencial e o dirigido, se desenvolvem em “espaços otimizados”, os conflitos existentes no cenário de partida tendem a se atenuar, assim como as diferenças entre os cenários sem e com os empreendimentos. Em outras palavras, se todas as diretrizes e recomendações que fazem parte da hipótese que baliza as projeções futuras se tornarem realidade, não há mais com o que se preocupar em termos de impactos dos empreendimentos, particularmente daqueles que contam com uma institucionalidade local fragilizada, caos fundiário, déficits sociais elevados, baixo capital humano, ilegalidades na exploração dos recursos naturais e apropriação de terras, desintegração econômica e logística, falta de informações biológicas, ecológicas e hidrológicas, entre outras. Todas estas preocupações muito latentes na fronteira amazônica do presente.

Portanto, na lógica da AAI a responsabilidade pela consecução da hipótese de desenvolvimento sustentável regional que amortece boa parte dos impactos cumulativos potenciais sobre o meio físico e os ecossistemas terrestres, assim como sobre a socioeconomia⁶, é amplamente compartilhada com outros setores do governo federal e em diferentes níveis de governo, além do próprio Estado brasileiro.

Considerando-se que a AAI da bacia hidrográfica do Rio Teles-Pires tornou-se pública há quase sete anos e que a do Rio Juruena já é realidade há mais de três, não se vê um avanço significativo em boa parte das diretrizes e recomendações que fazem parte dessas avaliações. Isto supostamente se deve ao grau de complexidade política do que se propõe e da forma como se propõe, isto é, simplesmente através de um estudo setorial, não muito difundido ou debatido na sociedade civil e sem qualquer caráter vinculante, ação de monitoramento ou

⁶ Nesse caso potencializando também os impactos positivos

estímulo para sua efetivação. Para exemplificar as dificuldades supramencionadas, seguem abaixo alguns dos pressupostos para a sub-bacia do Rio Teles-Pires⁷:

- i. Estimular o desenvolvimento de programas de conservação e recuperação da vegetação ciliar, considerando a manutenção do equilíbrio ambiental e das condições de conservação do solo e da qualidade dos corpos d'água da bacia do rio Teles-Pires;
- ii. Estimular a elaboração de programas destinados à adequação das finanças públicas municipais e ao fortalecimento institucional, considerando as novas receitas advindas dos repasses decorrentes da implantação de grandes empreendimentos hidrelétricos e a necessária melhoria da gestão e governança municipal;
- iii. Estimular o estabelecimento de um programa de ações conjuntas para o ordenamento das formas de uso do solo na bacia;
- iv. Estimular a articulação entre os agentes intervenientes na bacia do rio Teles-Pires, destinada à implantação de sistemas de saneamento básico em seu território;
- v. Estimular a instituição de programa de pagamento por serviços ambientais relativos à cobertura vegetal e proteção e conservação da água;
- vi. Realizar estudos complementares da relação da população indígena com o Rio Teles-Pires. “Esta recomendação justifica-se pelas características culturais e de sobrevivência específicas do contingente indígena do norte do estado de Mato Grosso e sudoeste do estado do Pará, que incluem, entre outros, o uso do rio Teles-Pires e seus

⁷ Capítulo 10, Diretrizes e Recomendações, Sumário Executivo do Relatório Final da AAI da bacia hidrográfica do Rio Teles-Pires

tributários para navegação e pesca, atividade que se constitui na principal fonte de alimentação da população indígena⁸”.

Nos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, sobre os quais os impactos negativos cumulativos atingem seus níveis mais altos, vale a pena ressaltar que o raciocínio mencionado anteriormente não se aplica. Isso significa que uma melhora hipotética nas condições regionais de contorno (enabling conditions), em especial na governança, economia e cidadania, não corrobora de maneira significativa a atenuação de impactos sobre este componente. Assim, os prejuízos a espécies migratórias ou àquelas que dependem de habitats específicos a serem perdidos, seja pela fragmentação do ambiente aquático ou pela inundação de seu habitat, dependem em muito menor grau de tais condições. Isso decorre do fato de que os impactos sobre os recursos hídricos e os ecossistemas aquáticos que têm uma relação física direta com o tipo de empreendimento simplesmente vão acontecer com o barramento dos rios e não são, em muitos casos, sequer mitigáveis.

Por outro lado, chama a atenção de quem lê os relatórios a falta de informação sobre os recursos hídricos e os ecossistemas aquáticos e como este fato poderia afetar a qualidade da avaliação. Isto fica claro pelo grande número de diretrizes voltadas para a melhoria da qualidade da informação sobre este componente, como se pode ver na relação abaixo⁹:

i. Desenvolvimento de Estudos e Pesquisas

Justificativa

“O desenvolvimento dos estudos de inventários e da própria AAI demonstrou lacunas de conhecimentos sobre aspectos ambientais importantes que requerem estudos e pesquisas objetivando que as ações preventivas, mitigadoras ou compensatórias possam ser delineadas com maior precisão. Muitas dessas pesquisas requererão sistemas de monitoramentos periódicos que deverão conformar uma rede abrangente da bacia, a ser implantada

⁸ Página 62 do Sumário supramencionado

⁹ Capítulo 7, Diretrizes e Recomendações, Estudos de Inventário hidrelétrico da bacia do Rio Juruena, AAI da alternativa selecionada, Tomo 3/3

progressivamente quando da viabilização dos aproveitamentos. Por essa razão, é necessária, previamente, a concepção dessa rede para a bacia, de modo que cada empreendedor se insira nessa concepção global de gerenciamento¹⁰.

Escopo

- Estudos de Vazões, Qualidade da Água e Transporte de Sedimentos;
- Complementação de Informações Existentes e Estudos da Ictiofauna compreendendo caracterização da diversidade ictiofaunística da bacia, estudo dos movimentos migratórios de peixes na bacia e conservação e desenvolvimento da ictiofauna¹¹;

- ii. Gestão e Monitoramento de Ecossistemas Aquáticos: “os peixes da bacia do rio Juruena carecem de estudos taxonômicos, além de inventários das espécies de peixes detalhados ao longo de toda a bacia, composta por numerosos e importantes rios dentro do estado de Mato Grosso¹²”.
- iii. Análise de Soluções para a Conservação da Ictiofauna:

Justificativa

“Um levantamento dos peixes da bacia é necessário para avaliação de sua diversidade, distribuição das espécies, grau de endemismo e impactos sobre a ictiofauna, visando a adoção de medidas adequadas à sua preservação, sobretudo em face das barreiras impostas por novas UHEs. São necessários estudos nos tributários inseridos nas bacias dos reservatórios para a compreensão do papel dos trechos livres de barramentos para a ecologia dos peixes da bacia¹³”.

Resultados práticos de uma AAI: caso Tapajós

Embora a cumulatividade de mais de quarenta projetos tenha sido analisada na AAI das duas sub-bacias que formam o Rio Tapajós e com todas as limitações

¹⁰ Página 178, Capítulo 7 supramencionado

¹¹ Página 180, Capítulo 7 supramencionado onde se destaca que “a instalação de reservatórios impõe profundas restrições ao fluxo migratório e ao processo reprodutivo de diversas espécies, comprometendo a integridade do patrimônio genético da ictiofauna da bacia”

¹² Página 180, Capítulo 7 supramencionado

¹³ Página 181, Capítulo 7 supramencionado

de informação disponível, não há qualquer menção a um possível descarte de projetos de alto impacto, que era o que se esperaria de uma avaliação de impactos sinérgicos e cumulativos, à luz dos elevados riscos identificados sobre os recursos hídricos e os ecossistemas aquáticos. A justificativa principal de aceitação plena do conjunto de projetos recai sistematicamente sobre valores médios de impacto cumulativo dos três componentes-síntese, sendo que para dois deles, como vimos, os resultados são enviesados por um cenário futuro que minimiza o impacto negativo sobre o meio físico e os ecossistemas terrestres e maximiza o impacto positivo sobre a socioeconomia.

Nessa forma simplista, em um cenário futuro idealizado por terceiros e sem um limite superior claro que dê conta do risco cumulativo inerente ao conjunto de intervenções, a metodologia adotada pela AAI agrega pouco valor para uma tomada de decisão socioambiental ponderada e segura acerca de investimentos hidrelétricos no espaço amazônico. Assim, seu valor é resumido a explicitar necessidades setoriais e regionais traduzidas por diretrizes e por um padrão de desenvolvimento sustentável regional que só se tornaria realidade a partir da efetiva implantação das recomendações gerais que lhe dão sustentação.

Planejamento Sistemático da Conservação (PSC)

Segundo MARGULES e PRESSEY (2007), a realização de objetivos de conservação requer estratégias de gerenciamento de paisagens inteiras incluindo-se áreas tanto para a produção, quanto para a proteção. Reservas não são por si só suficientes para a conservação da natureza, mas elas representam a base sobre a qual estratégias regionais são construídas. Reservas representam dois papéis principais: devem ser uma amostra representativa da biodiversidade de cada região e precisam proteger esta biodiversidade de processos que ameacem sua persistência.

O sistema de áreas protegidas ao redor do mundo contém uma amostra distorcida da biodiversidade, usualmente aquela representada por lugares

remotos e outras áreas que não são aptas para uso comercial. Uma abordagem mais sistemática para localizar e projetar reservas vem evoluindo, e esta abordagem precisará ser implantada caso se pretenda que uma grande porção da biodiversidade remanescente exista em um futuro com um número crescente de pessoas e suas demandas por recursos naturais. Neste sentido, o PSC é a alternativa metodológica mais adequada para colocar o ativo socioambiental no mesmo patamar do ativo econômico no caso do desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia.

Trata-se de definir áreas e rotas prioritárias de conservação que garantam uma amostra representativa, eficiente, funcional e resiliente da diversidade biológica na escala da bacia hidrográfica e que, portanto, devem ser preservadas no futuro. O raciocínio, como se pode ver, é o de uma engenharia reversa em relação à AAI, pois se parte de um cenário plausível para o futuro da conservação da bacia para caminhar, de forma retroativa, à avaliação do que se quer desenvolver no horizonte de planejamento e como esta decisão afetaria o futuro desejável.

RIVEROS et al. (2010) descreve o desenvolvimento de uma visão ecológica da Amazônia utilizando uma abordagem de planejamento sistemático de conservação. Esta priorização em grande escala baseou-se nos princípios de representação, possibilidade de substituição, funcionalidade, flexibilidade, vulnerabilidade e conectividade. A metodologia se baseia em uma relação econômica de benefício (oportunidade) e custo (risco) e encerra três etapas: a definição de objetos e metas, o mapeamento de oportunidades e riscos e a “melhor solução de conservação”.

No caso da Amazônia, as oportunidades são representadas pelo sistema atual de unidades de conservação (UCs) e terras indígenas (Tis), avaliando-se a pertinência de que algumas áreas como, por exemplo, as unidades de proteção integral, sejam obrigatoriamente parte da solução final. O mesmo raciocínio se aplicaria a territórios indígenas de povos que decidam pela integridade dos mesmos. O mapeamento dos riscos é uma consequência da evolução espacial

das ações antropogênicas na bacia e incluem, por exemplo, o avanço da fronteira agropecuária, as redes viárias, os projetos de exploração mineral e energética, a exploração madeireira, a rede de centros urbanos, etc. A chamada capa de custos (riscos) do sistema de informações geográficas que um PSC requer utiliza um protocolo de integração entre os impactos humanos e a integridade ecológica, conhecido como índice de risco ecológico (IRE), cuja principal referência é MATTSON e ANGERMEIER (2006).

A busca da “melhor solução de conservação” se baseia tecnicamente em um software chamado MARXAN¹⁴, desenvolvido por BALL e POSSINGHAM (2002), que gera milhões de interações, isto é, combinações de unidades de planejamento da bacia (micro bacias, no caso), nas quais estão gravados atributos de interesse da conservação e/ou do desenvolvimento.

As interações são balizadas pelas oportunidades e custos de conservação, valorando-se ao máximo o sistema atual de UCs e Tis e evitando, quando possível, os riscos da proximidade com a fronteira econômica, representados pelo mapeamento do índice de risco ecológico, como descrito anteriormente. Ao final do processo se chega a um conjunto de áreas prioritárias de conservação que atende de forma eficiente às metas de conservação de uma amostra representativa da biodiversidade regional, ou seja, a um menor custo possível. O atendimento dessas metas pode exigir um conjunto de áreas insubstituíveis, isto é, ecossistemas terrestres e aquáticos, habitat/espécies, que dependem de áreas para as quais não há qualquer flexibilidade.

A visão do futuro, representada por áreas prioritárias de conservação geradas pela “melhor solução”, deve ser complementada pela análise da necessidade de uma conectividade hidrológica longitudinal entre ecossistemas aquáticos prioritários (rios ou segmentos de rios livres) de interesse de espécies migratórias ou de habitat aquáticos específicos que dependem da conectividade lateral, ou seja, do pulso natural do rio (lagoas marginais, por exemplo).

¹⁴ Disponível em <http://www.uq.edu.au/marxan/index.html?page=77654>

Assim como na AAI, o PSC também enfrenta limitações decorrentes das restrições de informações sobre a diversidade biológica na Amazônia, particularmente em recursos hídricos e ecossistemas aquáticos. Para isto, THIEME et al. (2007) propõe o uso da heterogeneidade dos ecossistemas terrestres e aquáticos como um substituto da biodiversidade, complementando-se com registros de pesquisas de campo habitat de espécies de distribuição restrita ou ameaçadas que vão representar a amostra representativa e funcional de conservação do futuro da bacia.

Mais do que o resultado do trabalho em si, traduzido em uma visão ecológica regional, trata-se de se dispor de uma ferramenta de apoio à decisão de interesse de um diálogo social entre os diversos atores preocupados com o desenvolvimento sustentável da hidroeletricidade e com o futuro da Amazônia, sem deixar de considerar os elementos intrínsecos ao desenvolvimento do sistema elétrico: diversificação e segurança energética, gerenciamento da demanda, modernização tecnológica, integração regional e boas práticas na tomada de decisão e governança.

Em relação à AAI, a grande vantagem da metodologia do PSC é a existência de um limite superior para os impactos cumulativos, sendo uma visão de conservação definida com base em informação científica e de forma transparente, o que garante elementos técnicos para uma tomada de decisão política informada e qualificada em relação ao grau de intervenção futura nos rios amazônicos e suas consequências para a diversidade da vida e da cultura na região.

2- Medidas de adaptação às mudanças climáticas

Segundo o IPCC- AR5 (2013), o aquecimento do sistema climático é inequívoco e muitas das mudanças observadas desde os anos cinquenta não têm precedente

ao longo de décadas, até milênios. A atmosfera e os oceanos estão aquecendo, as quantidades de neve e gelo têm reduzido, o nível do mar aumentado e as concentrações de gases do efeito estufa incrementaram.

Em cada uma das três últimas décadas, a superfície terrestre tem sido sucessivamente mais quente do que qualquer década precedente desde 1850. As concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano, e óxido nitroso se incrementaram a níveis jamais alcançados em pelo menos 800.000 anos. As concentrações de dióxido de carbono aumentaram 40% desde a época pré-industrial, principalmente a partir de emissões de combustíveis fósseis e, de forma secundária, pelas emissões de mudanças no uso do solo. Os oceanos absorveram cerca de 30% das emissões antropogênicas de dióxido de carbono, causando sua acidificação.

De acordo com o 4º Relatório “Diminuir o Calor” do BANCO MUNDIAL (2012), se não houver novos compromissos e ações para reduzir as emissões de gases do efeito estufa, o mundo provavelmente sofrerá um aquecimento de mais de 3°C acima das temperaturas do período pré-industrial.

A série de eventos extremos no mundo todo continua a pôr em evidência a vulnerabilidade não apenas dos países em desenvolvimento, mas também dos países ricos e industrializados. Contudo, é provável que a distribuição dos impactos seja intrinsecamente desigual e voltada às regiões mais pobres do mundo, que têm menos capacidade econômica, institucional, científica e técnica para fazer face aos impactos e adaptar-se a eles. Por exemplo:

- O aquecimento absoluto será maior nas latitudes mais altas, porém o aquecimento que ocorrerá nos trópicos é maior quando comparado à faixa histórica de temperatura e a extremos que os ecossistemas humanos e naturais estão adaptados e que conseguem suportar;
- A elevação do nível dos mares nos trópicos provavelmente será de 15% a 20% superior à mediana mundial;

- O aumento da intensidade dos ciclones tropicais deverá ser sentido de forma desproporcional nas regiões de baixa latitude;
- O aumento da aridez e das secas deverá ser consideravelmente maior em muitas regiões de países em desenvolvimento localizados nas áreas tropicais e subtropicais.

A porção tropical da América do Sul, a África Central e todas as ilhas tropicais do Pacífico provavelmente passarão a experimentar ondas de calor de magnitude e duração sem precedentes.

Segundo o RAN-1 (2013), Relatório de Avaliação Anual do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), o clima no Brasil nas próximas décadas deverá ser mais quente, com aumento gradativo e variável da temperatura média em todas as regiões do país entre 1° C e 6° C até 2100, em comparação à registrada no fim do século XX. No mesmo período, também deverá diminuir significativamente a ocorrência de chuvas em grande parte das regiões Central, Norte e Nordeste do país. Nas regiões Sul e Sudeste, por outro lado, haverá um aumento do número de precipitações.

De acordo com este relatório, tendo em vista que as mudanças climáticas e os impactos sobre as populações e os setores econômicos nos próximos anos não serão idênticos em todo o país, o Brasil precisa levar em conta as diferenças regionais no desenvolvimento de ações de adaptação e mitigação e de políticas agrícolas, de geração de energia e de abastecimento hídrico para essas regiões.

Segundo SCHAEFFER et al. (2011), o sistema energético brasileiro é vulnerável às mudanças climáticas. Todas as simulações do estudo “Mudanças climáticas e segurança energética” para as diferentes fontes, salvo a cana-de-açúcar, mostram uma tendência à queda na oferta de energia, em maior ou menor grau dependendo da região. A vulnerabilidade do Brasil é tão intensa quanto maior é sua dependência de fontes renováveis de energia, sobretudo a hidroeletricidade, que hoje corresponde a mais de 80% da produção de energia elétrica no país.

O Nordeste será a região mais afetada, tanto na produção de energia hidrelétrica, em virtude da redução das vazões na bacia do rio São Francisco, quanto na produção de biodiesel e de energia eólica. Algumas culturas de oleaginosas, como a mamona e a soja, poderão tornar-se inviáveis com as elevações de temperatura e de seca previstas para a região, e as menores velocidades de vento previstas para o interior nordestino podem causar uma redução de até 60% no potencial eólico nacional.

Clima na Amazônia

Segundo JENKINS et al. (2013), a bacia amazônica é um componente chave do sistema climático global. Ainda que um completo entendimento da variabilidade climática da Amazônia permaneça elusivo em razão da ausência de dados históricos, um de seus aspectos mais notáveis é a ocorrência de secas, caracterizadas por um longo período de chuvas abaixo do normal, cuja frequência e intensidade têm previsão de aumentar em um clima mais quente. À despeito dos efeitos nos ecossistemas amazônicos, os registros de seca para essa região são esparsos ou inexistentes, e os registros mais antigos são qualitativos e de intensidade e duração desconhecidas.

De acordo com MARENGO (2013), a seca é um fenômeno que já faz parte da história da Amazônia. Indicadores paleoclimáticos sugerem a ocorrência de secas na região há milhares de anos. Na história recente da bacia amazônica, grandes secas têm sido detectadas, entre elas citam-se as de 1912, 1925, 1964, 1980, 1983, 1997/98, e mais recentemente as de 2005 e 2010. Em geral, suas causas têm sido associadas à variabilidade interanual nos padrões de circulação e temperatura de superfície do mar nos oceanos Pacífico e Atlântico tropicais, decorrentes, principalmente, de oscilações naturais. Porém, novos estudos já começam a discutir a possibilidade de influência humana nas secas, seja por meio dos impactos do desmatamento regional ou do efeito das queimadas, que

tendem a alongar a estação seca e a atrasar o início da estação chuvosa na Amazônia.

De qualquer forma, segundo PIEDADE et al. (2013), as previsões do IPCC AR4 (2007) sobre a precipitação na Amazônia são pouco precisas. Os resultados das simulações indicam que na parte ocidental o total de precipitação pode aumentar, diminuindo na parte oriental. Além disso, elas indicam que ocorrerá uma maior sazonalidade na precipitação, com eventos interanuais de secas e chuvas extremas (fortes eventos El Niño e La Niña), intercalados por períodos secos como os que ocorreram em 2005 e 2010, além de pancadas de chuvas pesadas mais frequentes (Cox et al., 2008; Mahli et al., 2008, 2009)

Segundo BORMA e NOBRE (2013), há de se considerar ainda a importância do atual equilíbrio dinâmico decorrente do balanço hídrico e térmico da região amazônica na disponibilidade de recursos hídricos em outras áreas da América do Sul, incluindo o território brasileiro e o norte da Argentina. Há décadas pesquisas relevantes vêm demonstrando que 40% do total de vapor d'água que entra na região amazônica advém dos limites daquela região, provocando um aumento no transporte de umidade e possivelmente influenciando o volume de precipitação de outras regiões da América do Sul. Assim, qualquer alteração na frequência de eventos extremos da Amazônia poderá impactar tais regiões.

Medidas de adaptação do SEB às mudanças climáticas

Apesar das inúmeras incertezas que cercam as projeções de cenários com mudanças climáticas, dado o alto risco envolvido é preciso agir. Conforme observado anteriormente, a questão da mitigação de emissões não é a questão primária do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), exceto no caso de potenciais impactos indiretos no uso do solo decorrentes do avanço hidrelétrico na Amazônia, como abordado no próximo capítulo.

O potencial hídrico nacional remanescente encontra-se na planície amazônica, onde a viabilidade de usinas com reservatórios plurianuais é limitada pelo relevo regional e a necessidade de se preservar o capital ambiental e cultural da região. Assim, a questão central a ser respondida é como um setor tão dependente de recursos hídricos pode se adaptar às mudanças climáticas sem comprometer seu baixo nível de emissões e sua competitividade.

Ainda na linha de incertezas decorrentes da falta de informações e da variabilidade de resultados dos modelos de projeção das mudanças climáticas, particularmente em escalas menores, o SEB deveria, como premissa para fundamentar uma política de adaptação, investir em um sistema de informação, conhecimento e monitoramento das mudanças climáticas regionais voltado para seus interesses. Tal sistema poderia, no caso da Amazônia, agregar instituições e interesses de outros países amazônicos cujo futuro também depende do potencial hídrico remanescente na região. O desenvolvimento de um sistema com estas características que sirva de guia para a construção de cenários e prováveis ciclos de eventos climáticos extremos encerra um ferramental importante para incorporar a questão das mudanças climáticas no planejamento energético, como tratado no próximo capítulo.

Na linha de ações específicas de adaptação, a mais relevante delas é o aumento da eficiência energética do país, ou seja, o consumir melhor. No entanto, segundo NEWBORNE et al. (2014), enquanto a intensidade energética do Brasil cresceu entre 1990 e 2010 (mais energia por unidade de produto era demandada), a dos demais países da América Latina e Caribe, assim como a dos países de renda média no mundo, se reduzia. Ou seja, neste período esses Estados se tornaram, em termos relativos, mais eficientes do que o Brasil, embora ao final do período, em termos absolutos, nosso país ainda fosse o mais eficiente de todos considerados nesta análise¹⁵.

Tal fato se reflete também no horizonte do Plano Nacional de Energia 2030, onde apenas a partir de 2025 a intensidade energética do Brasil deve iniciar sua

¹⁵ Brasil 5,5 MJ/\$2005 PPP, LAC 5,6 MJ/\$2005 PP, Países de renda média 9,7 MJ/\$2005 PPP (Fonte: IEA/WDI)

trajetória de decréscimo. Em outras palavras, o país está caminhando na direção oposta daquela definida pela iniciativa “Energia sustentável para todos”¹⁶, cujos objetivos a serem alcançados em 2030 são:

- 1) Assegurar acesso universal aos serviços de energia;
- 2) Dobrar a taxa global de incremento na eficiência energética;
- 3) Dobrar a participação de energia renovável na matriz global.

O indicador que emula o objetivo 2 implica em dobrar a taxa de redução da intensidade energética dos países, ou seja, partir de uma redução de 1,3% a.a. em 2010 para alcançar 2,6% a.a. em 2030.

Embora a questão da eficiência energética seja um tema amplo e complexo, não há aparentemente uma razão clara para que o Brasil não ingresse em um círculo virtuoso de redução da sua intensidade energética. Isso poderia ser alcançado a partir da introdução de maior valor tecnológico e de conhecimento aos seus produtos e serviços, devendo ser evitado um efeito de inércia no horizonte de planejamento devido, principalmente, a decisões de investimento na expansão de indústrias de capital ou energia intensiva. De qualquer forma, à luz do risco das mudanças climáticas e por ser a alternativa mais atrativa em tempo de realização e retorno do investimento, esta deve ser a principal prioridade do país.

A diversificação da matriz elétrica brasileira, que está em curso com o notável avanço da energia eólica, consubstancia outra medida relevante de adaptação do setor às mudanças climáticas. O incremento da participação de outras fontes renováveis no horizonte do PDE 2022, com a conseqüente redução na dependência da fonte hídrica, proporciona, em tese, o incremento da resiliência climática do sistema pela complementariedade de um conjunto mais diferenciado de fontes renováveis na matriz, incluindo-se aí hídrica de vários portes, eólica e biomassa.

¹⁶ Para mais informação da iniciativa, na qual o Brasil detém posições de destaque tanto no Conselho Consultivo, quanto no Comitê Executivo, veja <http://www.se4all.org/>

Mas a grande ausência neste momento é, sem dúvida, a de uma política mais agressiva de geração solar distribuída, não necessariamente como parte de uma política de diversificação da matriz brasileira, mas principalmente como o estímulo à criação de uma cidadania elétrica. Ou seja, o cidadão poderia ser incluído como parte da solução do desafio que se coloca sobre o país e o SEB: dispor de um sistema mais eficiente ao mesmo tempo em que este se expande sem comprometer seu caráter de energia limpa, competitiva e segura sob a perspectiva das mudanças climáticas.

Além disso, se o cenário mencionado anteriormente de que a porção tropical da América do Sul provavelmente passará a experimentar ondas de calor de magnitude e duração sem precedentes se confirmar, a geração solar distribuída pode servir também de atenuante de picos de demanda relacionados ao consumo de energia de aparelhos de refrigeração. Assim, a mesma onda de radiação solar que provoca o aumento de consumo poderá ajudar no atendimento desta demanda instantânea.

No contexto específico deste trabalho, isto é, em relação à geração hídrica de longo prazo no Brasil, a medida de adaptação climática mais atrativa é a integração energética amazônica, última grande fronteira hidrelétrica sul-americana.

Segundo CASTRO et al. (2009), a Bacia Amazônica, maior bacia hidrográfica do mundo, se estende pelos territórios do Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia e Venezuela e é cortado pela linha do Equador, o que ocasiona dupla captação das cheias de verão: de novembro a abril no hemisfério sul e de maio a outubro no hemisfério norte. Esse duplo regime de chuvas na Bacia Amazônica confere importante complementaridade hidrológica à América do Sul.

Algumas premissas de políticas energéticas devem ser assumidas inicialmente para o desenvolvimento da integração energética. Segundo SANCHEZ (2006), estas seriam:

- i. Assegurar o desenvolvimento energético sustentável e, por conseguinte, a segurança e a eficiência do abastecimento energético e a proteção do patrimônio natural, mediante a exploração racional das fontes e de consumo eficiente de energia;
- ii. Projetar mecanismos de cooperação que permitam aprofundar a integração da infraestrutura regional;
- iii. Institucionalizar, fortalecer e dar coerência entre si e os diversos mecanismos de cooperação energética regional;
- iv. Complementar os sistemas almejando como meta final a livre circulação de produtos e serviços energéticos.

Ainda de acordo com SANCHEZ (2006), a integração energética pode avançar até a integração plena de mercados mediante um enfoque de complementaridade. O bilateralismo pode ser potencializado como construtor do multilateralismo, dinamizando a integração e abrindo possibilidade de interconexão a terceiros países. O planejamento conjunto deverá construir progressivamente um marco institucional e normativo que oriente a integração energética.

Enfim, uma maior abrangência de uma rede de transmissão multinacional envolvendo os países amazônicos, os andinos em um primeiro momento e depois a interconexão desses ao SEB e finalmente aos países do Arco Norte, onde a complementariedade hidrológica alcançaria seu gradiente máximo (vide ANEXO), consubstancia uma medida de aumento da resiliência às mudanças climáticas do sistema hídrico regional como um todo.

Nesse contexto amazônico mais amplo cabem também discussões sobre o risco de depender de alguns poucos projetos muito grandes, ao invés de uma extensa e mais populosa rede de projetos médios e, portanto, climaticamente mais resiliente, ao lado da própria discussão levantada no Capítulo 1 acerca da necessidade de um planejamento integrado na Amazônia que leve em conta

rios a preservar e instrumentos de seleção de localização de usinas que incorporem também cenários regionais de mudanças climáticas, todas estas questões abordadas a seguir.

3- Recomendações para o SEB

Em síntese, este trabalho aponta para dois fatores estratégicos que devem marcar o horizonte de longo-prazo da geração hídrica no Brasil: de um lado, a Amazônia e seu futuro, e de outro, a necessidade do SEB se adaptar às mudanças climáticas, sendo que estes fatores não são mutuamente excludentes porque o próprio futuro da Amazônia influenciará e será influenciado pelas mudanças climáticas regionais. As recomendações buscam atender a todas estas direções, a saber:

- 1) A expansão hídrica na Amazônia deve se orientar por um diálogo social em torno de uma proposta de planejamento integrado em nível de bacia hidrográfica que defina áreas prioritárias de conservação e rios a preservar. Idealmente, tal planejamento deveria abranger a bacia amazônica como um todo e, minimamente, a bacia amazônica brasileira em uma visão de conservação e desenvolvimento à luz de cenários climáticos regionais para consolidação de um plano nacional de conservação da Amazônia, de interesse compartilhado com a gestão integrada da bacia, e da geração hídrica regional de longo-prazo (2050);

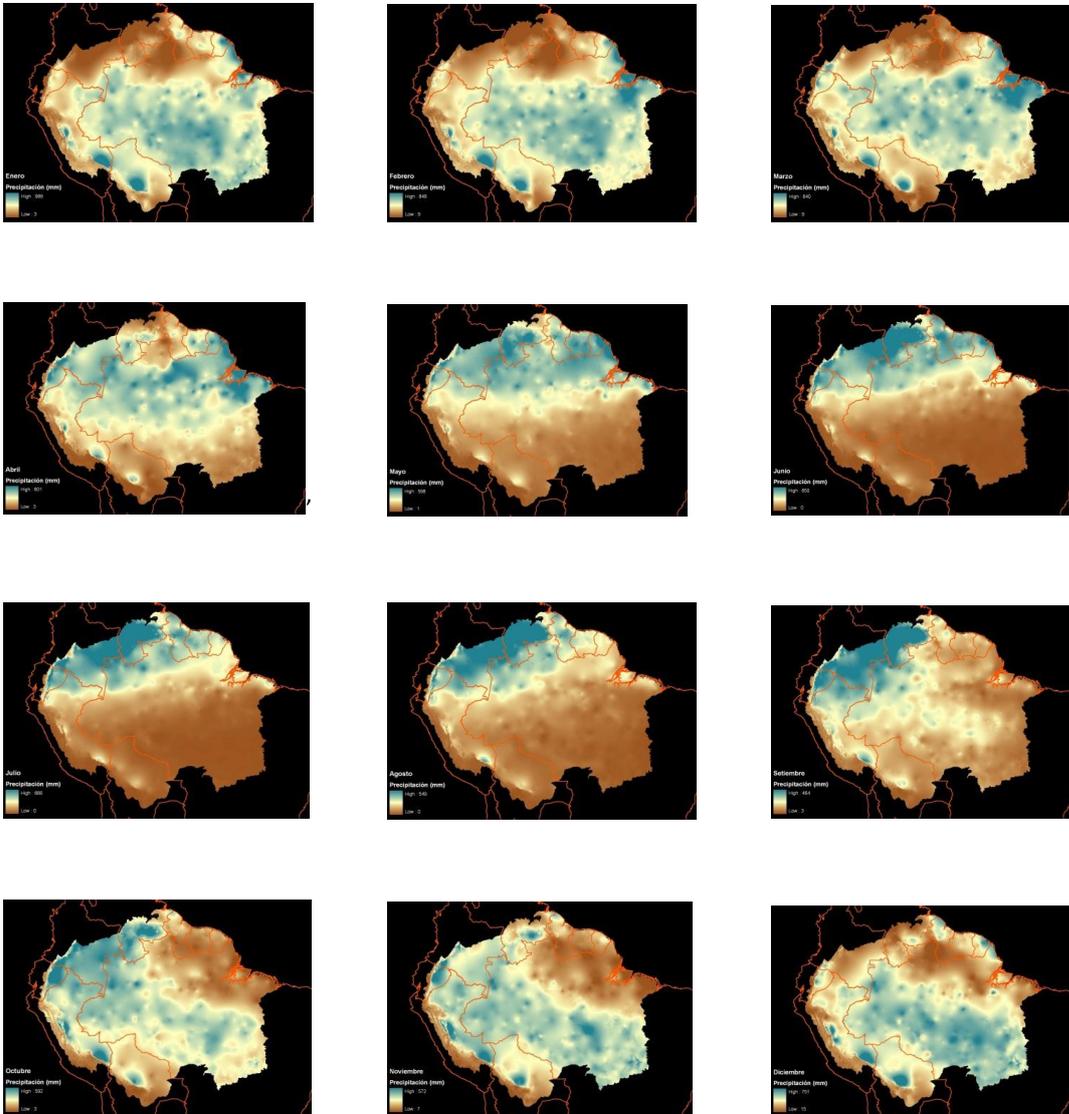
- 2) Os projetos hidrelétricos selecionados a partir da convergência social sobre uma visão do futuro da bacia amazônica, como descrito anteriormente, além de atenderem às melhores práticas de consulta livre, prévia e informada dos povos afetados por estes

projetos, devem ser precedidos de medidas antecipatórias que preparem a região para receber tais projetos, minimizando assim a intensificação de conflitos locais latentes sobre a exploração dos recursos naturais e os custos de implantação dos projetos, além potencializarem na forma mais adequada o desenvolvimento institucional, socioambiental e econômico da região;

- 3) Além de questões mais abrangentes que ajudariam no incremento da resiliência do SEB às mudanças climáticas, tais como, um círculo virtuoso de menor intensidade energética na sua produção de bens e serviços, a diversificação de sua matriz de fontes renováveis e uma rede cidadã de geração distribuída solar, este trabalho propõe, de forma específica, que se promova a integração elétrica na Amazônia, não só como uma alternativa de complementariedade hidrológica de interesse de todos aqueles que se unirem, mas principalmente como uma estratégia de adaptação regional às mudanças climáticas que privilegie uma redução na dependência de alguns grandes projetos hidrelétricos em prol de uma rede mais extensa e populosa de projetos médios;
- 4) Finalmente, a viabilização das recomendações anteriores que buscam diminuir riscos na cadeia de eventos amazônicos e climáticos desfavoráveis ao setor requer o desenvolvimento de um sistema de informação, conhecimento e monitoramento das mudanças climáticas de interesse do sistema elétrico brasileiro e uma revisão nos seus procedimentos de planejamento de longo-prazo.

ANEXO

Precipitação média mensal no bioma amazônico (1950-2000)



Referências

- AYRES M. J. et al. Mamirauá. *The conservation of biodiversity in na Amazonian Flooded Forest*. The New York Botanical Garden Press, 1999.
- BALL, I.R. & POSSINGHAM H.P. Spatial conservation prioritisation: Qunatitative methods and computational tools. Oxford, UK, 2009.
- BANCO MUNDIAL. *Diminuir o calor: porque um mundo 4° C mais quente precisa ser evitado*. Washington DC, 2012.
- BORMA, Laura de S. e NOBRE, Carlos A. *Secas na Amazônia: causas e consequências*. São Paulo, 2013.
- CASTRO, Nivalde José; Rosental, Rubens; Ferreira Gomes, Victor J. *A integração do setor elétrico na América do Sul: características e benefícios*. Rio de Janeiro: Gesel/IE/UFRJ, 2009.
- CASTRO, Nivalde José; BARA, Pedro Neto; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A; MARTELP, Ernesto Jr. *Expansão do Sistema Elétrico Brasileiro e o Potencial Hidroelétrico da Região Amazônica*. Rio de Janeiro: Gesel/IE/UFRJ, 2012.
- IPCC AR4. Intergovernmental Panel on Climate Change. *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge, 2007.
- IPCC AR5. Intergovernmental Panel on Climate Change. *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report*. Cambridge, 2013.
- IPCC TECHNICAL PAPER VI. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change and Water*, Geneva, 2008.
- JENKINS et al. *Eventos extremos de seca na Amazônia revelados pelo registro de anéis de árvores*. Em: *Secas na Amazônia: causas e consequências*. São Paulo, 2013.
- JUNK, W. J. *The Central Amazon Flood plain: Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag Berlim Heidelberg, 1997.
- JUNK, W. J. *Flood pulsing and the linkages between terrestrial, aquatic and wetland systems*. International Association of Theoretical and applied limnology. Stuttgart, Alemanha, 2005.
- MANUAL DE INVENTÁRIO HIDROELÉTRICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. Cepel/Estal. Rio de Janeiro:2007
- MARENGO, José A. *Prefácio, Secas na Amazônia: causas e consequências*. São Paulo, 2013.
- MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. *Systematic Conservation Planning*. Nature 405 www.nature.com, 2000
- MATTSON, Kimberly M. & ANGERMEIER, Paul L. *Integrating Human Impacts and Ecological Integrity into a Risk-Based Protocol for Conservation Planning*. Blacksbur, VA: 2006.

PIEIDADE et al. *Impactos da inundação e seca na vegetação de áreas alagáveis amazônicas*. Em: Secas na Amazônia: causas e consequências. São Paulo, 2013.

RAN-1, *Primeiro Relatório de Avaliação Anual do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC)*. Rio de Janeiro, 2013.

RIVEROS et al. *Energia Sustentável e exploração racional dos rios amazônicos*. III Encontro Latino-Americano Ciências Sociais e Barragens. Belém, 2010.

SCHAEFFER et al. *Mudanças Climáticas e Segurança Energética no Brasil*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2011.

SIOLI, H. *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, 1984.

THIEME et al. *Freshwater conservation planning in data-poor areas: An example from a remote Amazonian basin (Madre de Dios River, Peru and Bolivia)*

TUNDISI, José Galizia. *Exploração do Potencial Hidrelétrico da Amazônia*, São Paulo: Instituto de Estudos Avançados 21/USP, 2007.

VAL, A. et al. *Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon*. Manaus: INPA, 1996.