

## **AS USINAS HIDRELÉTRICAS REVERSÍVEIS, A INSERÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO ATENDIMENTO A SAZONALIDADE HÍDRICA E O NEXO DA ÁGUA E ENERGIA.**

Márcia Rose Alves de Macedo Azzolino Ricetta

Alfredo Akira Ohnuma Jr.

Julio Domingos Nunes Fortes

**Resumo:** Diante da atual crise hídrica em que o país se encontra, comprometendo os diversos usos da água e principalmente, o setor elétrico com usinas hidrelétricas a fio d'água, a pesquisa vem ressaltar a importância dos recursos hídricos e a proposta de compensação da sazonalidade hídrica com fontes limpas de energia e a necessidade de usinas hidrelétricas reversíveis (UHR) como armazenamento de energia/água, a fim de manter a segurança energética aumentando a energia firme, tal fato nos remete a um velho *trade-off* mundial, o uso da água e da energia cada vez mais crescente com a demanda. O tema também se justifica, frente às mudanças climáticas com aumento da temperatura e a necessidade de redução dos gases de efeito estufa (GEE), no que se refere ao uso das usinas térmicas na ponta e base. As UHR podem mitigar ou reduzir o nexo água/energia entre esses dois elementos na bacia hidrográfica, quando viável geologicamente com potencial para tal reversão, sem comprometer ou impactar socioambientalmente a região no entorno do empreendimento, no que tange ao consumo e saneamento, no momento atual e para os próximos anos.

**Palavras-Chave:** Usinas Hidrelétricas Reversíveis, Energias Intermitentes, Nexos Água e Energia

**Objetivo do trabalho:**

Analisar a inserção de fontes renováveis na compensação da sazonalidade hídrica, em conjunto com usinas hidrelétricas reversíveis, melhorando o fator de capacidade da região da bacia hidrográfica sem comprometer os múltiplos usos da mesma, e sugerir a gestão de recursos hídricos com a pegada hídrica em locais com população ribeirinha amenizando o impacto de efluentes na bacia do empreendimento.

**Metodologia utilizada**

A metodologia utilizada consiste na revisão bibliográfica do assunto proposto, ressaltando a importância do nexo água e energia e como as usinas hidrelétricas reversíveis amenizam esse dilema em parceria com as energias renováveis frente às mudanças climáticas.

A revisão bibliográfica destaca primeiro, o papel das mudanças climáticas no dilema de descarbonizar a matriz energética incentivando o uso de energias renováveis sem aumentar o nexo água/energia para essa geração e a futura. Em seguida mostra que essa escolha por fontes intermitentes, como a solar e a eólica, implica em um armazenamento de energia no sistema elétrico para garantir a energia firme, e que o mesmo pode ser fornecido por usinas hidrelétricas reversíveis sem criar o atrito entre água e energia. Por fim, analisa que não só as UHR podem contribuir para o nexo da água/energia pelo lado da oferta, como a gestão de

recursos hídricos no que tange ao saneamento pelo lado da demanda também o pode através do incentivo da pegada hídrica na bacia hidrográfica.

### **Justificativa:**

Estamos passando pela maior crise hídrica do país, comprometendo os diversos usos da água e principalmente, no setor elétrico com usinas hidrelétricas a fio d'água que seguem o fluxo do rio<sup>1</sup>, onde o uso da água/energia se reduz sem a barragem, mas de forma limpa, porém a complementação térmica no *grid* necessita de um grande volume de água para suas caldeiras, dependendo do combustível fóssil utilizado, as emissões são inevitáveis. Estas plantas usam o calor (a partir nuclear, carvão, gás natural, petróleo, fontes de energia solar ou de biomassa) para gerar energia. Percebe-se no sistema brasileiro hidrotérmico atual um deslocamento de volume de água/energia de uma fonte para outra, de um caminho sustentável para outro a ser mitigável. Ou seja, a água é usada diretamente para a geração de energia hidrelétrica, bem como para quase todas as formas de esquemas de geração de energia pelas usinas térmicas. A água também permite indiretamente a geração de energia através do arrefecimento que prevê a grande maioria das usinas térmicas hoje e no futuro. Esta tendência está contrabalançando aspirações para a segurança energética e autossuficiência, bem como mitigação das mudanças climáticas. A energia hidrelétrica é sem dúvida a melhor opção em termos de armazenamento de energia e potência rápida necessária para contrabalançar a intermitência de outras energias renováveis. Vale destacar que cerca de 90% da geração de energia global é intensivo de água, WWDR (2014). É fato que as energias renováveis são intermitentes (solar e eólica) e não substituem as térmicas por completo, porém sua redução é possível e projetada para cenários futuros de

1

Segundo, WWDR (2014), as usinas hidrelétricas a fio d'água ou de fluxo contínuo '*Run-of-the-river*' ou ainda de consumo mínimo são recentes no mundo e não necessitam de reservatórios, ou seja, não acumulam água/energia, não estabelacendo assim um nexo entre esses dois elementos, porém, as usinas a fio d'água não atendem a sazonalidade hídrica no período seco, visto que com as mudanças climáticas deveremos ter regiões com estresse hídrico e consequentemente seca, devido ao aumento da temperatura, o multiplouso da água deverá ser seriamente afetado, como consumo e saneamento, além de irrigação e geração de energia. O relatório destaca que essa tecnologia por questões ambientais vem sendo adotada, todavia ela é mais aconselhada a atender ao consumo específico, pois quando interligada ao *grid* como no Brasil, o fator de capacidade ou energia firme diminui, sendo necessária a complementação térmica e de fontes intermitentes como a solar e a eólica sem armazenamento de energia e novamente as questões ambientais, de mudanças climáticas e o nexos água/energia são e serão ressaltados.

energia no Brasil e o Mundo. O estresse hídrico em alguns países nos faz refletir sobre os cenários futuros de energia/água, o Brasil, não se enquadra nesse perfil, porém a crise hídrica vivida no sistema Cantareira em São Paulo nos últimos meses é um alerta para que se encontre um bom senso no uso de ambos. Neste interim, as Usinas Hidrelétricas Reversíveis se apresentam como uma tecnologia mais ajustada para o momento em que o Brasil se encontra, sem esquecer que as bacias hidrográficas nos grandes centros urbanos continuarão vivendo onexo água/energia, não só para consumo, como para saneamento e ambos necessitam de energia. O nexo da energia/água não deve ser tratado apenas na oferta, mas também na demanda requerendo pesquisas futuras com base na gerência das ISO 14046 e ISO 50001, como em Walsh et al. (2015).

## **Introdução**

O papel das mudanças climáticas no dilema de descarbonizar a matriz energética incentivando o uso de energias renováveis como caminho para a sustentabilidade.

Segundo Yang e Jackson (2011), com as crescentes preocupações sobre o aquecimento global, as sociedades estão cada vez mais se voltando para a utilização de fontes de energia renováveis intermitentes como forma de mitigar os gases de efeito estufa (GEE), onde o armazenamento de energia se torna mais e mais importante, os pesquisadores destacam as usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), como a tecnologia mais apropriada para este propósito em escala global.

O Brasil surge como um novo potencial para a instalação desses empreendimentos e no caso brasileiro pode ser complementada com fontes renováveis como a eólica e a solar no período de sazonalidade hídrica (seco com baixa afluência nos rios) das hidrelétricas, podendo substituir parte da geração termelétrica a diesel na ponta, ELETRONORTE (2014), reduzindo assim parte das emissões nos últimos anos.

Todavia VOITH (2014) ressalta que a diminuição da capacidade de armazenamento de energia pela construção de Usinas Hidrelétricas a fio d'água nos

últimos anos no Brasil e a maior participação das fontes renováveis, como as supracitadas em nossa matriz energética, necessita de compensação para as variações dessas fontes que podem ocorrer com as Usinas Reversíveis que armazenam água/energia nos períodos de baixo consumo e reverte a energia para um alto valor no período de ponta ou no período de baixa potência devido à intermitência dessas fontes.

Deve-se compreender que as Usinas Hidrelétricas Reversíveis não são Usinas Hidrelétricas convencionais que seguem o fluxo do rio com barragens, na verdade, um reservatório à montante (platô mais elevado) e outro à jusante (platô mais baixo) realizam o trabalho de bombeamento (noite) e turbinamento (dia), desta forma os impactos socioambientais como deslocamento de populações ribeirinhas, Soito & Freitas (2009) para implantação de reservatórios não ocorre, bem como a redução de peixes na região, nem tão pouco afeta as cidades na irrigação, consumo da água, saneamento e transporte fluviais, ou seja, os múltiplos usos da água podem ser preservados na bacia hidrográfica quando bem planejados. Mesmo com eficiência de 75-80% no processo de reversão, o volume alagado pode ser variável, facilitando o controle de energia no sistema elétrico quando necessário e consequentemente o volume de água sem configurar um dilema quanto aos seus usos.

As UHRs mitigam desta forma um nexos entre a água e a energia, uma vez que as Usinas Hidrelétricas com reservatórios necessitam de grande volume de água armazenada afetando os múltiplos usos dentro da bacia hidrográfica inserida e grandes impactos ambientais causados, dado que a demanda por energia se elevará e o uso das energias renováveis uma realidade, as Usinas Hidrelétricas Reversíveis ou bombeadas reaparecem como uma solução viável para redução das emissões e reduzem o *trade-off* entre água e energia.

Água e energia são fortemente interligados e altamente interdependentes. As escolhas feitas em um domínio têm consequências diretas e indiretas sobre a outra. A forma de produção de energia projetada determina a quantidade de água necessária para produzir essa energia. Ao mesmo tempo, a disponibilidade e alocação de recursos de água determinar o quanto (ou quão pouco) de água pode ser assegurada para a produção de energia, caso das UHRs. As decisões tomadas pelo uso e gestão da água e de produção de energia podem ser significativos,

multifacetada e impactando um no outro em larga escala - esses impactos muitas vezes carregam uma mistura de ambas as repercussões positivas e negativas, WWDR (2014).

O lado positivo das usinas reversíveis nonexo água/energia

A escolha por fontes intermitentes, como a solar e a eólica, implica em um armazenamento de energia no sistema elétrico para garantir a energia firme, e que o mesmo pode ser fornecido por usinas hidrelétricas reversíveis sem criar o atrito entre água e energia.

De acordo com Zuculin *et al.* (2014), as UHR representam parte significativa do parque gerador em diversos países e vem tendo utilização crescente. A potência instalada atual no mundo é da ordem de 127.000 MW. Usinas Hidrelétricas Reversíveis são inerentes a sistemas elétricos que combinam fontes de energia renováveis como a eólica e a solar, pois podem compensar intermitências, nivelando as flutuações características dessas fontes. Em sistemas com grande capacidade instalada de eólicas, usinas hidrelétricas a fio d'água e usinas nucleares, a UHR pode funcionar como uma carga na forma de bateria, armazenando energia.

Em Bacaltchuk *et al.* (2015), descrevem sucintamente o esquema de operação da Usina Hidrelétrica Reversível que é constituída basicamente de um “Reservatório Inferior” (em nível baixo) dotado de “Estação de Bombeamento” com “TurboGeradores Reversíveis” interligada a um “Reservatório Superior” em nível (mais alto) por meio de condutos forçados ou túneis, como na figura 1. Durante a noite a água é bombeada do Reservatório inferior para o “Reservatório Superior”, para gerar durante o dia, nas horas de maior demanda. Bacaltchuk *et al.* (2015), ainda destaca o fato de que o custo de implantação das UHs Reversíveis é menor do que novas UHs convencionais, pois não requerem barragem, reservatório, vertedouro, ensecadeiras, desvio do rio, desapropriações de áreas inundadas, estradas de acesso, grandes canteiros de obra e outros, reduzindo assim os custos do projeto e da construção, além de reduzir as perdas d'água e consequentemente impactando menos a bacia hidrográfica onde está inserida.

Seguindo esta linha de raciocínio de Bacaltchuk *et al.* (2015) e complementando com VOITH (2014), o nexoda água/energia é positivo, pois

destaca o quão pouco de água pode ser assegurada para a produção de energia WWDR (2014), representada pela constante de tempo de geração e de bombeamento. A constante de tempo na geração: corresponde ao tempo necessário para esvaziar o reservatório superior ou encher o reservatório inferior, considerando a UHR funcionando a plena potência na geração. Inversamente, a constante de tempo no bombeamento: corresponde ao tempo necessário para encher o reservatório superior ou esvaziar o reservatório inferior, considerando a UHR funcionando a plena potência no bombeamento. Ou seja, a constante de tempo de uma UHR depende diretamente, portanto, do volume útil do menor de seus reservatórios e da vazão do equipamento Rogeaux (2014), atendendo assim as premissas de WWDR (2014).

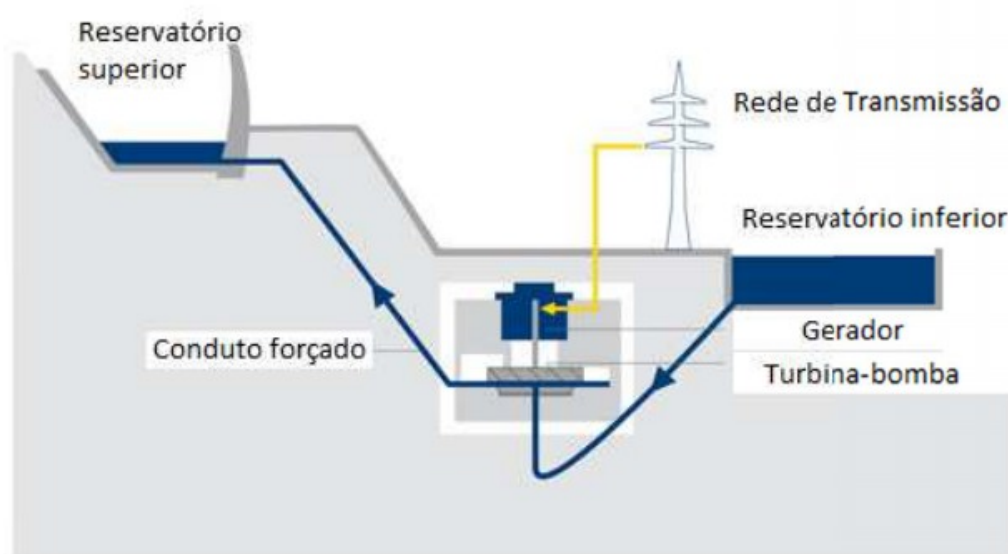


Figura 1 – Esquema básico de uma Usina Hidrelétrica Reversível, VOITH (2015).

Desta forma, deve-se observar, além de possíveis locais de implantação dessa tecnologia no Brasil, os tipos de UHR que melhor se adequem ao nexo da água/energia, em função dos volumes dos reservatórios e das quedas d'água para uma melhor potência instalada.

Na UHR diária, a constante de tempo na geração é de cerca de 4 a 8 horas e a constante de tempo no bombeamento (reservatório inferior) é de cerca de 5 a 10 horas. Este tipo de UHR funciona todos os dias e utiliza diariamente todo o volume disponível (esvaziamento do reservatório superior durante o dia e enchimento na noite seguinte). Já na UHR semanal, a constante de tempo na geração é de cerca de 20 a 30 horas e a constante de tempo no bombeamento é de cerca de 25 a 40 horas (reservatório inferior um pouco maior). Este tipo de UHR funciona todos os dias da semana e utiliza uma parte do volume. O reservatório superior é abastecido no final de semana por bombeamento contínuo, durante 25 a 40 horas, Rogeaux (2014).

Em Zuculin *et al.* (2014), Um estudo de caso de UHR foi feito, onde com cerca de 800 MW de potência instalada e geração de 8 horas diárias e seis dias por semana, precisaria de um reservatório de menos de 10 hm<sup>3</sup>. E destaca que a UHE Três Irmãos, em São Paulo, tem 808 MW instalados e um reservatório de cerca de 13.500 hm<sup>3</sup> (3.500 hm<sup>3</sup> de volume útil). Essa é uma diferença radical na análise de impactos socioambientais, pois enquanto na UHE convencional o reservatório é projetado para criar ou concentrar a queda de um rio, na UHR a queda é o próprio desnível natural abrupto de uma serra, ficando o reservatório apenas para conter o volume de geração e bombeamento, num circuito fechado ou semiaberto. Também para comparação em Zuculin *et al.* (2014), a UHE Ilha dos Pombos, no Rio de Janeiro, com 187 MW, tem um reservatório similar, com 7 hm<sup>3</sup>. Ou seja, os reservatórios, por serem pequenos e minimizarem o nexos água/energia, sofrerão oscilações consideráveis e frequentes do nível d'água, podendo essa variação ser diária ou semanal, dependendo da duração do ciclo bombeamento e geração. A exceção à variação se dá em casos nos quais um dos reservatórios seja existente e infinito (por exemplo, quando se usa o reservatório existente de uma hidrelétrica). Ambientalmente falando, tais variações de nível d'água podem provocar erosão das margens ou criar uma faixa inóspita à habitação e a irrigação.

Na Europa, algumas das Usinas Hidrelétricas Reversíveis proporcionam em determinada época do ano (menos solicitadas pelo sistema) uma área de veraneio no reservatório inferior, caso da UHR de Grand'Maison, situada nos Alpes e em funcionamento desde 1985. Outro exemplo é a UHR de Cheylas, situada também



nos Alpes perto de Grenoble na França, figura 2, em funcionamento desde 1979, onde se estabeleceu ao redor dos reservatórios inferior e superior, cidades, sendo bem aceitas socialmente, contando como um fator que pesa aqui no Brasil ambientalmente e no aspecto do nexo água/energia também pontua positivamente para sua implantação, Rogeaux (2014).



Figura 2 – UHR de Cheylas, situada nos Alpes perto de Grenoble na França, Rogeaux (2014).

Outro exemplo de Usinas Hidrelétricas Reversíveis que contribuem para o nexo da energia/água é o projeto de Kannagawa, desenvolvido pela TEPCO (Tokyo Electric Power Company), como a maior unidade de armazenamento hidráulico no Japão, onde possui potência máxima de 2.820 MW, sendo que a primeira unidade entrou em operação em 2005, a análise técnica do local de implantação do projeto de Kannagawa leva em consideração os aspectos ambientais, sociais e de design objetivando menores impactos ambientais e sociais relacionados à paisagem do local, à alteração da superfície do solo, à temperatura da água e à conservação do meio ambiente aquático (Nishiwaki, 2009 apud Monteiro, 2014). Kannagawa foi o

primeiro projeto em larga escala que obteve a certificação do Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001, atraindo atenção para o esforço contínuo de mitigar os impactos ambientais e sociais citados em sua área de construção (Nishiwaki, 2009 apud Monteiro, 2014).

A certificação no lado da oferta abre caminho para a certificação pelo lado da demanda com a ISO 14046, intitulada pegada hídrica, melhorando ainda mais o desempenho da bacia hidrográfica, amenizando as ações antrópicas na mesma, principalmente se a Usina Hidrelétrica Reversível for de circuito aberto, com afluência de rio.

#### A questão do nexo água/energia e da oferta/demanda na bacia hidrográfica

Por fim, devemos analisar que não só as UHR podem contribuir para o nexo da água/energia pelo lado da oferta, como a gestão de recursos hídricos no que tange ao saneamento pelo lado da demanda também o pode através do incentivo da pegada hídrica na bacia hidrográfica.

As diferenças e as divergências em termos mais simples, onde a água é um recurso natural renovável único, insubstituível e difícil (bem como caro) para se mover, além da força da gravidade. Ao considerar o papel da água no nexo, é necessário fazer a distinção entre recursos hídricos e serviços de água, e como ambos são geridos. Gestão de recursos hídricos é sobre como gerenciar o ciclo da água, em que a água flui como um recurso natural através do ambiente (ou seja, rios, lagos, estuários e outros corpos d'água, solos e aquíferos), em termos de quantidade e qualidade. Gerenciamento de serviços de água é de cerca de desenvolvimento e gestão de infraestrutura para captura, tratar, se necessário, transportar e entregar água para o usuário final, e para capturar os fluxos de resíduos (efluentes) através de reticulação para o tratamento, descarga ou reutilização. Considerando que é necessário energia principalmente para o fornecimento de serviços de água e saneamento, são também necessários recursos hídricos na produção de energia. Ao contrário da água, a energia pode vir em diferentes formas e pode ser produzido de várias maneiras, tendo cada um requisito distinto - e impacto sobre - recursos de água, WWDR (2014).

No Brasil, devido à ação antrópica nas bacias hidrográficas, está ocorrendo o deplecionamento do volume útil dos reservatórios. A impermeabilização do solo das bacias hidrográficas acarretou maiores escoamentos superficiais no período chuvoso. No período de estiagem, a água que escoou da bacia é necessária para manter os níveis dos rios e, conseqüentemente, dos reservatórios de aproveitamento hidrelétrico na bacia (Ottoni et al., 2005 apud Monteiro, 2014).

As mudanças das características físicas nas bacias hidrográficas alteram o seu regime hídrico, tornando-o mais irregular e suscetível às flutuações hidrológicas. Segundo Ottoni et al. (2005) apud Monteiro (2014), a irregularidade da disponibilidade hídrica, ou sazonalidade hídrica, influencia na operação dos reservatórios, que operam em condições hidrometeorológicas diferentes das previstas em projeto. O deplecionamento do nível operacional do reservatório significa uma perda de energia a ser gerada, pois a energia/água armazenada no sistema diminui.

A crise hídrica vivida no país hoje é representada pelo sistema Cantareira, para captação e tratamento de água, sendo o maior dos sistemas administrados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). As seis represas que o compõem estão interligadas com o objetivo de aproveitar os desníveis e a conseqüente acumulação da água por gravidade para abastecer a Grande São Paulo (Sabesp, 2014 apud Monteiro, 2014). O estado passa por sérios problemas para abastecer determinadas cidades devido ao deplecionamento acentuado do volume útil de seus reservatórios. De acordo com Sabesp (2014), ano passado o nível de água dos seus reservatórios estava em níveis mais altos do que o atual. Em 2014 níveis cada vez menores foram registrados.

Como visto, a bacia hidrográfica é um elemento de elo de suma importância no nexo água/energia, onde a energia é um grande negócio em comparação com água e pode comandar um grande número de mais recursos de todos os tipos. As forças do mercado tendem a desempenhar um papel muito mais importante no desenvolvimento do setor de energia em comparação com a gestão dos recursos hídricos e à melhoria dos serviços relacionados com a água (abastecimento de água e saneamento), que têm sido historicamente mais de uma questão de saúde e bem-

estar público. Os recursos hídricos têm sido considerados por alguns como um bem público (embora a definição econômica de "bem público" não se aplica à água doce) - com acesso a água potável e saneamento reconhecido como um direito humano. O acesso à água potável e ao saneamento é reconhecido como um direito humano (Resolução 64/292 das Nações Unidas, em 28 de Julho de 2010), nenhum dos quais geralmente se aplica a energia WWDR (2014).

Como a crescente demanda de água leva a crescente escassez, ele também leva a crescente urgência para gerenciar os *trade-offs* e maximizar os benefícios em vários setores, incluindo a energia WWDR (2014).

Os riscos para os recursos hídricos leva a riscos de energia. A crescente demanda por fontes de água limitadas aumenta a pressão sobre os produtores de energia intensiva de água, como as Usinas Hidrelétricas convencionais e as Usinas Térmicas, para buscar abordagens alternativas, tais como as UHR e Fontes Intermitentes como a Solar e a Eólica, especialmente em áreas onde a energia está competindo com outros grandes usuários de água (por exemplo, agricultura, indústria, serviços de água potável e saneamento para as cidades) e quando as utilizações de água podem ser restritas para manter ecossistemas saudáveis WWDR (2014).

Uma vez que a mudança climática induz eventos climáticos mais extremos, o setor de energia pode estar exposto a níveis mais elevados de risco. Por outro lado, a mudança climática projetada também pode reduzir certos riscos para a geração de eletricidade a partir de energia hídrica em algumas áreas com armazenamento WWDR (2014).

No caso brasileiro, as Usinas Hidrelétricas Reversíveis não precisam estar localizadas necessariamente na região Norte, pois nas regiões Sudeste e Sul, grandes bacias hidrográficas consumidoras de energia, temos várias áreas geologicamente propícias à instalação dessas usinas, como em Bacaltchuk *et al.* 2015.

Como são áreas de bacias hidrográficas próximas aos centros consumidores, tanto para sistemas fechados (sem afluência de rio), quanto abertos (com afluência de rio), o uso dos recursos hídricos deve ser bem planejado tanto no lado da oferta com a instalação das Usinas Hidrelétricas Reversíveis, tanto no lado da demanda

com práticas de captação de águas pluviais e reuso da água<sup>2</sup> atendendo aos quesitos da pegada hídrica junto aos consumidores dentro da bacia hidrográfica.

#### Resultados esperados com o tema proposto

O resultado esperado do tema proposto é mostrar a importância no momento energético brasileiro dos reservatórios com armazenamento de energia/água sem comprometer socioambientalmente a bacia hidrográfica, além de estar em consonância com a pegada hídrica tanto para a geração quanto para a demanda e reduzir o *trade-off* ounexo da energia e água no momento atual e para os próximos anos na bacia hidrográfica e na matriz energética nacional.

#### Conclusões

As usinas hidrelétricas reversíveis inseridas em uma determinada bacia hidrográfica, junto com as energias renováveis (solar e eólica) podem compensar a sazonalidade hídrica no período seco, aumentando o fator de capacidade da região, além de minimizar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelas usinas térmicas, outro fator importante é a redução do uso da água em curso para posterior geração quando solicitada, considerando o nexo da água e energia com pequenos reservatórios. O sistema proposto diminuiria a vulnerabilidade hídrica em certas bacias hidrográficas que tanto vem sendo afetadas, resultando na atual crise dos reservatórios e das usinas hidrelétricas a fio d'água sem comprometer os múltiplos usos nas bacias hidrográficas como consumo e saneamento.

---

<sup>2</sup> Incentivo do aproveitamento da água de chuva através dos telhados verdes e reuso das águas cinza que seriam despejadas na bacia hidrográfica e perdida sem o devido aproveitamento.

## Referências

BACALTCHUK, J.; PLATCHECK, E.R.; CASTELO, G. (2015). Usinas Hidrelétricas Reversíveis com uso compartilhado de reservatórios existentes. In **Anais do Comitê Brasileiro de Barragens**, XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens Foz do Iguaçu – Paraná. 2015.

BAZILIAN, M.; ROGNER, H.; HOWELLS, M.; HERMANN, S.; ARENT, D.; GIELEN, D. ; STEDUTO, P.; MUELLER, A.; KOMOR, P.; TOL, R.S.J.; YUMKELLA, K.K. (2011). **Considering the energy, water and food nexus**: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39 (2011) 7896–7906. *ScienceDirect Energy Policy*.

ELETRONORTE. (2014). Disponível em: <<http://www.eletronorte.gov.br/opencms/export/sites/eletronorte/seminarioTecnico/arquivos/FolderSeminarioUsinasReversiveis.pdf>>. Acesso em: 29 mai 2015

VOITH. (2014). **Apresentação**. Disponível em; <<http://www.voith.com/br/produtos-e-servicos/.../usinas-reversiveis-551.html>>. Acesso em: 29 mai 2015

HYDRO NEWS No. 21. (Abril) 04-2012. Revista da Andritz Hydro. Disponível em: <[www.andritz.com/hy-customer-magazine-hn21\\_pt.pdf](http://www.andritz.com/hy-customer-magazine-hn21_pt.pdf)>. Acesso em: 29 mai 2015.

MONTEIRO, M. M.. **Concepção de modelo teórico sobre armazenamento hidráulico**. UnB, (2014). Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, Orientação: Luciano Gonçalves Noleto.

ROGEAUX, C. (2014). **Apresentação**. Experiência da EDF em Usinas Hidrelétricas Reversíveis na França. Seminário Técnico Sobre Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Setor Elétrico Brasileiro. 11 e 12 de novembro 2014. Acesso em: 06 jun de 2015.

SOITO, J.L.S. & FREITAS, M.A.V. (2009). **Amazon and the expansion of hydropower in Brazil**: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change, 2009.

WALSH B.P., MURRAY S.N., O'SULLIVAN D.T.J. (2015). **The water energy nexus**, an ISO50001 water case study and the need for a water value system. *Water Resources and Industry* 10 (2015) 15–28. ScienceDirect Water Resources and Industry.

WWDR. (2014). **The United Nations World Water Development Report 2014**. Water and energy. Volume 1. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World Water Assessment Programme.

YANG, C-J; JACKSON, R.B. (2011). Opportunities and barriers to pumped-hydro energy storage in the United States. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 15, 839–844. ScienceDirect Renewable and Sustainable Energy Reviews.

ZUCULIN, S.; PINTO, M.A.R. R. C.; BARBOSA, P.S. F.. A retomada do conceito de usinas hidrelétricas reversíveis no setor elétrico brasileiro. In: **Anais do Seminário Eletronorte sobre Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Setor Elétrico Brasileiro**. Novembro de 2014.