

Estudo sobre o uso da água a partir das tecnologias de geração de eletricidade no estado do Ceará

DEIVID MATIAS DE FREITAS (UFC) - deivid_ce@hotmail.com

PAULO C. M. CARVALHO (UFC) - carvalho@dee.ufc.br

Kaio Martins Ramos (UFC) - kaiomartins@dee.ufc.br

Arthur P. de S. Braga (UFC) - arthurp@dee.ufc.br

Marcello Anderson Lima (UFC) - marcello@ifce.edu.br

Resumo:

Considerando o estresse hídrico vivido pelo mundo na atualidade e o desafio da geração de eletricidade sustentável, a utilização da água no setor elétrico é uma importante questão a ser estudada. Dessa forma, este trabalho pretende contribuir para um planejamento eficaz de políticas integradas de energia e água. No Ceará, 65% da energia é produzida por tecnologias de usinas termelétricas (UTES) a carvão e gás natural (GN), segundo o EPE (2018). A partir de dados de Viscondi et al. (2016), estimamos que, no atual cenário estadual, a vazão de retirada de água das tecnologias de geração é de 1 m³/s, equivalente a 15% do abastecimento humano de Fortaleza (CE) no ano de 2017. Identificamos ainda que a retirada por unidade de geração de usinas a carvão é 3 vezes maior que a de GN, 500 vezes a retirada da tecnologia de geração eólica e 120 vezes a da fotovoltaica (FV), aproximadamente. Dessa forma, os resultados parciais deste estudo apontam para a necessidade de se pensar num aproveitamento máximo das fontes renováveis e, além disso, de se implementar uma melhor escolha da tecnologia de resfriamento das termelétricas, outro fator determinante na dimensão de consumo hídrico.

Palavras-chave: *geração de eletricidade do Ceará, retirada de água, termoelétricas.*

Área temática: *Mercado, economia, política e aspectos sociais*

Subárea temática: *Impactos sociais, econômicos e ambientais de energias renováveis*

ESTUDO SOBRE O USO DA ÁGUA A PARTIR DAS TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE NO ESTADO DO CEARÁ

Deivid Matias de Freitas – deivid.ce@hotmail.com

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Paulo Cesar Marques de Carvalho – carvalho@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Artur Plínio de Souza Braga – arthurp@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Kaio Martins Ramos – kaiomartins@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Marcello Anderson Ferreira Batista Lima – marcello@ifce.edu.br

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

Resumo. Considerando o estresse hídrico vivido pelo mundo na atualidade e o desafio da geração de eletricidade sustentável, a utilização da água no setor elétrico é uma importante questão a ser estudada. Dessa forma, este trabalho pretende contribuir para um planejamento eficaz de políticas integradas de energia e água. No Ceará, 65% da energia é produzida por tecnologias de usinas termelétricas (UTES) a carvão e gás natural (GN), segundo o EPE (2018). A partir de dados de Viscondi et al. (2016), estimamos que, no atual cenário estadual, a vazão de retirada de água das tecnologias de geração é de 1 m³/s, equivalente a 15% do abastecimento humano de Fortaleza (CE) no ano de 2017. Identificamos ainda que a retirada por unidade de geração de usinas a carvão é 3 vezes maior que a de GN, 500 vezes a retirada da tecnologia de geração eólica e 120 vezes a da fotovoltaica (FV), aproximadamente. Dessa forma, os resultados parciais deste estudo apontam para a necessidade de se pensar num aproveitamento máximo das fontes renováveis e, além disso, de se implementar uma melhor escolha da tecnologia de resfriamento das termelétricas, outro fator determinante na dimensão de consumo hídrico.

Palavras-chaves: geração de eletricidade do Ceará, retirada de água, termoelétricas

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por ter uma matriz elétrica predominantemente renovável, com destaque para geração hidrelétrica, cerca de 65,2% da capacidade instalada (EPE, 2018). A taxa de crescimento do setor elétrico brasileiro aproximada é de 4% ao ano (Moreira et al., 2015). Com o aumento da demanda por eletricidade, cada estado tem participação importante na matriz elétrica brasileira. Dessa forma, o setor energético deve enfrentar desafios como a descentralização, a descarbonização e a redução do risco de falhas (digitalização) (Teixeira, 2019).

A produção elétrica mundial é predominante em fontes não renováveis (petróleo e derivados – 31,9%, carvão – 27,1%, gás natural – 22,1%). Somadas à participação da energia hidráulica (2,5%) e da biomassa (9,8%), as renováveis totalizam 14%. Fontes como eólica, solar e geotérmica, juntas, correspondem a apenas 1,7% e são representadas como outros (EIA, 2018).

Em meio a um período de transição e crescimento da demanda por eletricidade brasileira e diante das limitações encontradas na construção de novas hidrelétricas, fontes como solar fotovoltaica (FV) e eólica são bem vistas diante dos baixos impactos ambientais, mas é importante ressaltar

a preocupação com a intermitência dessas fontes. Por isso, existe uma tendência que aponta para a continuação do crescimento de usinas termelétricas (UTE) de origem fóssil como fonte complementar no país (Merschmann et al., 2013). Para atender às demandas atuais e futuras da eletricidade brasileira, todas as fontes de energia devem ser consideradas (Moreira et al., 2015).

Diante dos desafios do setor energético brasileiro, mas focando no crescimento sustentável da matriz elétrica cearense, este estudo pretende analisar as retiradas de água que ocorrem nas UTEs a carvão e gás natural GN e verificar a relação destas com as retiradas da geração elétrica renovável eólica e solar fotovoltaica FV presentes no estado.

Como o Ceará possui baixa disponibilidade de água e sua matriz elétrica em 2019 conta com 2 das 12 UTEs existentes no Brasil que utilizam carvão, o estado está em 1º lugar em capacidade instalada, com 1.085 MW, seguido das UTEs de Jorge Lacerda A, B e C, que têm 860 MW, em Capivari de Baixo (SC) (Tolmasquim, 2016).

A UTE a carvão tem tecnologia do ciclo *Rankine* e demanda bastante água no ciclo termodinâmico. Existe uma preocupação para que não ocorra estresse hídrico da região, que seria verificado quantitativamente quando há problemas de disponibilidade de água, ou seja, quando as vazões dos recursos hídricos já não são suficientes para o atendimento da demanda dos diferentes usos (Viscondi et al., 2016). Em um mundo cada vez mais estressado pelo consumo de água, é uma grande preocupação a sua utilização na geração de eletricidade. Para regiões como Cingapura, por exemplo, a água limpa é altamente valiosa e escassa (Saidur et al., 2011).

2. USO DA ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A produção de energia elétrica e a água estão inter-relacionadas. A distribuição de água por grandes distâncias requer grandes quantidades de energia, enquanto a produção de energia elétrica requer grandes quantidades de água, utilizada na extração e processamento de combustível (fósseis e nucleares, bem como biocombustíveis) e na geração de eletricidade (hidrelétricas, tecnologias renováveis e térmicas), principalmente nos sistemas de resfriamento de usinas térmicas (Stillwell e Webber, 2013) (Carrillo e Frei, 2009) (Spang et al., 2014). Isso significa que o setor de energia pode ser vulnerável a restrições causadas pelas condições de seca e a outras mudanças nos recursos hídricos não apenas diretamente devido à água necessária para as operações (Macknick et al., 2012).

Cabe destacar que toda interferência ou uso que alterem o regime da água são sujeitos à outorga, que tem como objetivo garantir os direitos de acesso e uso da população. Esse direito é constituído e gerido por Políticas Estaduais de Recursos Hídricos, previstas no Art. 5º da Lei 14.844 – publicada no DOE (30/12/2010).

A Figura 1 apresenta uma projeção do uso da água no Brasil até 2030, que deve crescer 24%. Em 2017, esse consumo foi de 2.083 m³/s. Em 1931, eram utilizados 131 m³/s, 6% do uso atual. A agricultura irrigada, o abastecimento urbano e a indústria de transformação são responsáveis por 85% das retiradas de água; a retirada para fins de geração das termelétricas foi de 3,8% em 2017, cerca de 79,5 m³/s (ANA, 2019).

Para definir o uso da água, é importante explicar a diferença entre a retirada e o consumo de água. A retirada é a quantidade de água removida do solo ou desviada de uma fonte de água para uso, enquanto o consumo refere-se a uma quantidade de água que não retorna por ter evaporado, transpirado, sido incorporada em produtos ou culturas ou removida do meio ambiente imediato (Macknick et al., 2012) (Spang et al., 2014).

Diante da preocupação de estresse hídrico, é necessário um planejamento eficaz de políticas integradas de energia e água. Isso exigirá identificar os impactos individuais e cumulativos que as configurações das usinas têm sobre os recursos hídricos e as vulnerabilidades de usinas específicas a mudanças nos recursos hídricos (Moreira et al., 2015).

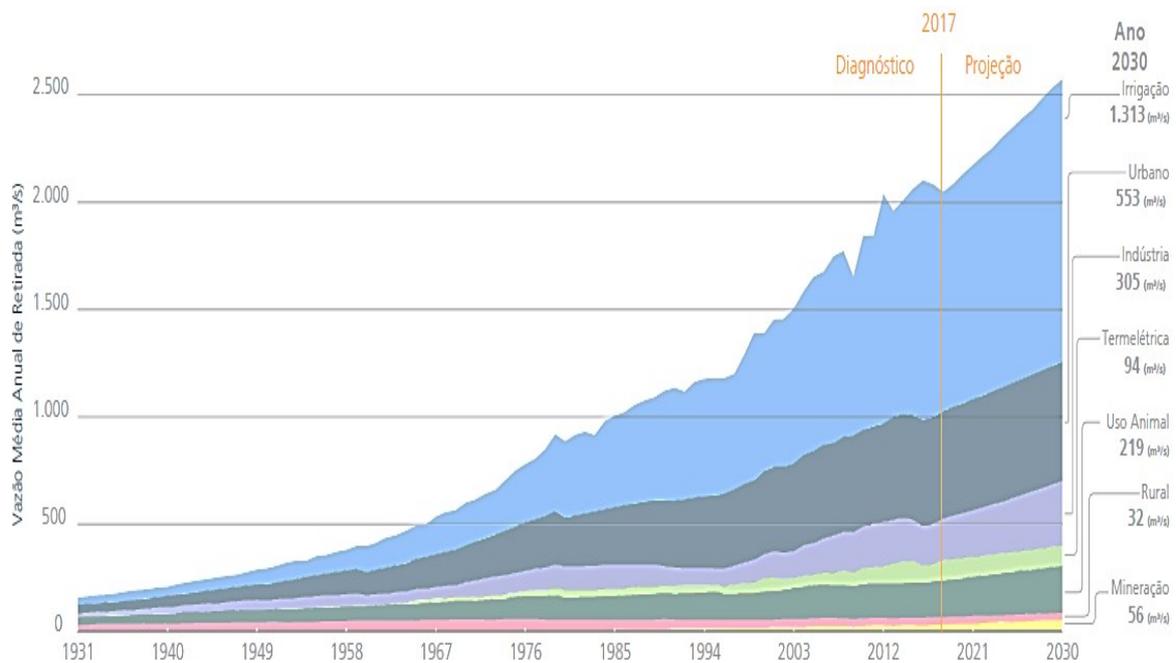


Figura 1 – Evolução da retirada de água no Brasil (1931-2030), em m³/s.

Fonte: ANA (2019).

3. DESCRIÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS - MÉTODOS E DADOS

Neste trabalho, serão analisadas características da matriz elétrica do estado do Ceará, visando a contribuir para um planejamento eficaz de políticas integradas de energia e água e com o objetivo de identificar vulnerabilidades das usinas específicas. Consideramos a retirada e o consumo de água apenas para a fase operacional, excluindo o uso de água no ciclo de combustível ou outros aspectos do ciclo de vida, que serão abordados em outros trabalhos em desenvolvimento.

3.1. Matriz elétrica cearense

A capacidade instalada do Ceará, segundo o BIG (ANEEL, 2019), tem como principais fontes geradoras em sua matriz: 37 usinas termelétricas (2.158,8 MW), 81 centrais geradoras eólicas (2.054,9 MW) e 8 centrais geradoras solares FVs (218 MW), que correspondem, respectivamente, a 48,7%, 46,36% e 4,92% (juntas correspondem a 99,98%). O Ceará ocupa o 15º lugar em capacidade instalada do Brasil, com participação de 2,64% (4.433 MW) na matriz elétrica brasileira. Na Figura 2, é possível visualizar a localização da infraestrutura energética do Ceará.

3.2. Método e dados

Na literatura, foram identificados inúmeros coeficientes técnicos (CTs) utilizados. Instituições oficiais brasileiras (ANA, 2019) (Viscondi et al., 2016) disponibilizam os coeficientes utilizados neste trabalho, observados na Tabela 1, possibilitando, assim, a comparação entre dados específicos do Ceará com valores nacionais. Para os coeficientes de geração eólica e solar, optou-se por utilizar indicadores de Macknick et al. (2012) e Meldrum et al. (2013), por se tratarem de grandes revisões do estado da arte. Dessa forma, o estudo específico contribuirá para complementar a pesquisa das instituições, tornando possível comparar os resultados de forma individualizada para o Ceará.

Para a realização do estudo, foi considerada toda a capacidade instalada eólica e solar. Já as 37 UTEs foram analisadas para verificar se atendiam a dois critérios:

- 1º critério: capacidade instalada superior a 100 MW;
- 2º critério: o uso da água é avaliado ou quantificado pela literatura.

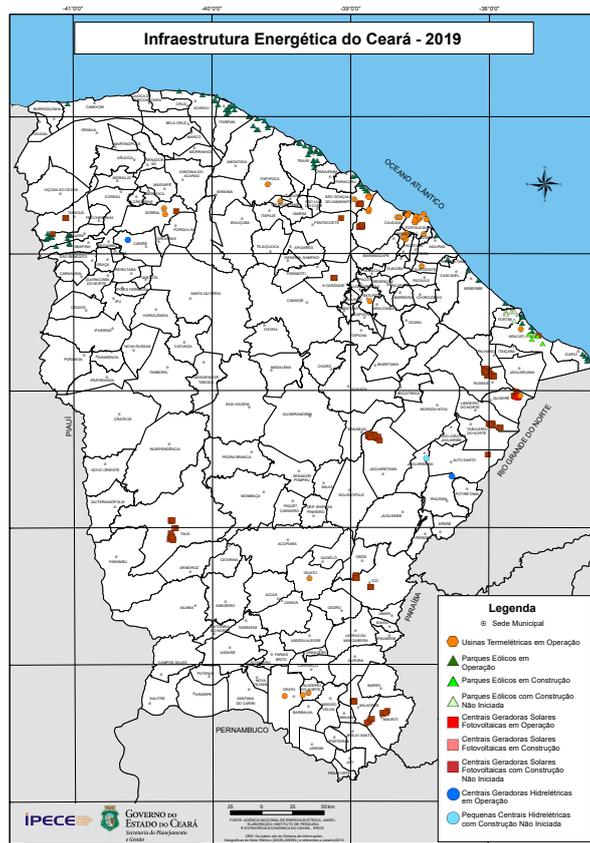


Figura 2 – Infraestrutura Energética do Ceará 2019.

Fonte: ANEEL (2019).

Após a verificação dos critérios, foi construída a Tabela 1. É importante ressaltar que a UTE Maracanaú tem capacidade instalada de 168 MW, mas não atende ao segundo critério: a tecnologia não é considerada pela literatura por apresentar volume extremamente baixo (Viscondi et al., 2016). A capacidade instalada apontada na Tabela 1 representa 76% das termelétricas (carvão 100% e gás natural 96%), que, reunidas com eólica e solar, representam 88% da capacidade total da matriz elétrica cearense (ANEEL, 2019).

Tabela 1 – Tecnologias de geração de eletricidade do Ceará (UTE capacidade > 100 MW).

Nome	Fonte	CT (Retirada) L/MWh	CT (Consumo) L/MWh	FC (%)	Ano de operação	Capacidade (MW)
Porto do Pecém I	Carvão	2.850	2.500	77	2012	720,3
Porto do Pecém II	Carvão	2850	2500	91	01/10/13 - atual	365
Fortaleza	GN	900	700	80	01/12/03 - atual	326,6
Termo Ceará	GN	900	700	80	01/07/02 - atual	220
Eólica	Ventos	5,68	3,79	38	1998 - 2018	2054,96
Fotovoltaica	Sol	23 a 98	68,6	18	2011 - 2019	218
Total						3.904,86

Fonte: Adaptado de EPE (2018), Costa et al. (2018) e ANEEL (2019).

O operacional das turbinas eólicas requer pouco uso da água, apenas se houver e quando houver lavagem e manutenção. Os valores de 5,68 L/MWh e 3,79 L/MWh são referentes a usinas *onshore*

e disponibilizados no banco de dados de Harmonização da ACV (www.nrel.gov/harmonization) (Meldrum et al., 2013).

As estimativas de retirada e consumo de água para a tecnologia FV deste trabalho têm valores entre 23 e 98 L/MWh e se referem a placas de silício cristalino (C-Si). Os operadores podem diferir bastante em suas programações de lavagem de painéis e supressão de poeira, que dependem das condições locais, tipo de tecnologia e preferências econômicas. Dessa forma, a literatura aborda de duas formas a retirada e o consumo: a primeira abordagem afirma que qualquer água retirada e utilizada na tecnologia de geração FV evapora, assim, as retiradas são equivalentes aos valores de consumo; já para o segundo entendimento, o consumo corresponde a 30% da retirada, aproximadamente. Dessa forma, adotamos dois valores para essa métrica, um valor médio e um valor máximo (Macknick et al., 2012) (Meldrum et al., 2013).

Com o conjunto de dados da Tabela 1, será possível realizar as estimativas de demanda para uso de água necessária para as tecnologias de geração elétrica do Ceará.

4. RESULTADOS

Foi identificado na literatura que, mais que o sistema específico de geração, o sistema de resfriamento costuma ser um dos principais fatores que influenciam tanto no consumo quanto na retirada de água de uma UTE, assim como na eficiência da planta (Spang et al., 2014). Existem diferentes sistemas de resfriamento que podem ser adotados, e o que caracteriza esses sistemas é a forma como se retira o calor da usina geradora de eletricidade: com água (sistema úmido) ou com ar (sistema seco) (Viscondi et al., 2016). No Brasil, predomina a utilização de sistemas de resfriamento com água, principalmente torre úmida (Viscondi et al., 2016).

As UTEs cearenses utilizam o mesmo sistema de resfriamento (torre úmida com circulação forçada); a geração eólica e a FV não necessitam de resfriamento. A retirada de água na usina eólica e na FV é tão baixa comparada com as outras tecnologias que não seria visível em outra escala.

A Figura 3 representa a retirada de água demandada pela matriz elétrica cearense para as usinas operando a plena carga. Como pode ser visto, a retirada é de 3.617.536 l/h ou 1 m³/s. Os maiores valores de retirada de água resultam da tecnologia a carvão (porto do Pecém I e II). A tecnologia de gás natural tem relação de aproximadamente 1 para 3 vezes menos água por unidade de geração elétrica comparada com a tecnologia a carvão, enquanto os menores valores de retirada são para eólica e FV.

Segundo o SNIS (2019), o consumo de água no Ceará no ano de 2017 foi de 117,9 l/hab.dia (médio dos últimos 3 anos 128,3 l/hab.dia). De acordo com o IBGE (2017), a capital cearense tem estimativa da população de 2.609.716, o que torna Fortaleza a 5ª capital mais populosa do país. No relatório da ANA (2019), Fortaleza tem a 6ª maior vazão de retirada (m³/s) por município de 2017 para uso humano e urbano do país, com 6,89 m³/s.

Na Figura 4, é possível verificar a variação do consumo de água para as tecnologias de geração existentes na matriz elétrica cearense. Os mais altos fatores de consumo de água ocorreram nas tecnologias a carvão. Dessa forma, também podemos perceber que as tecnologias renováveis representam oportunidades para reduzir o consumo de água da matriz e, além disso, reduzir as emissões de carbono (Spang et al., 2014).

Ainda na Figura 4, tem-se uma ideia de valores mínimo, máximo e mediana das tecnologias, mas é importante ressaltar que existe uma variabilidade e incerteza de valores na literatura e condições regionais e de logística, como do caminho percorrido pela água até o destino de uso, que podem fazê-la evaporar ou transpirar e não são consideradas pelo método. Dessa forma, o consumo pode atingir valores maiores.

É importante ressaltar que, apesar dos valores elevados da tecnologia a carvão nas Figuras 3 e 4, comparado-se com as demais, o carvão utilizado nas UTEs é importado da Colômbia e apresenta

Vazão de Retirada da Matriz Elétrica do Ceará

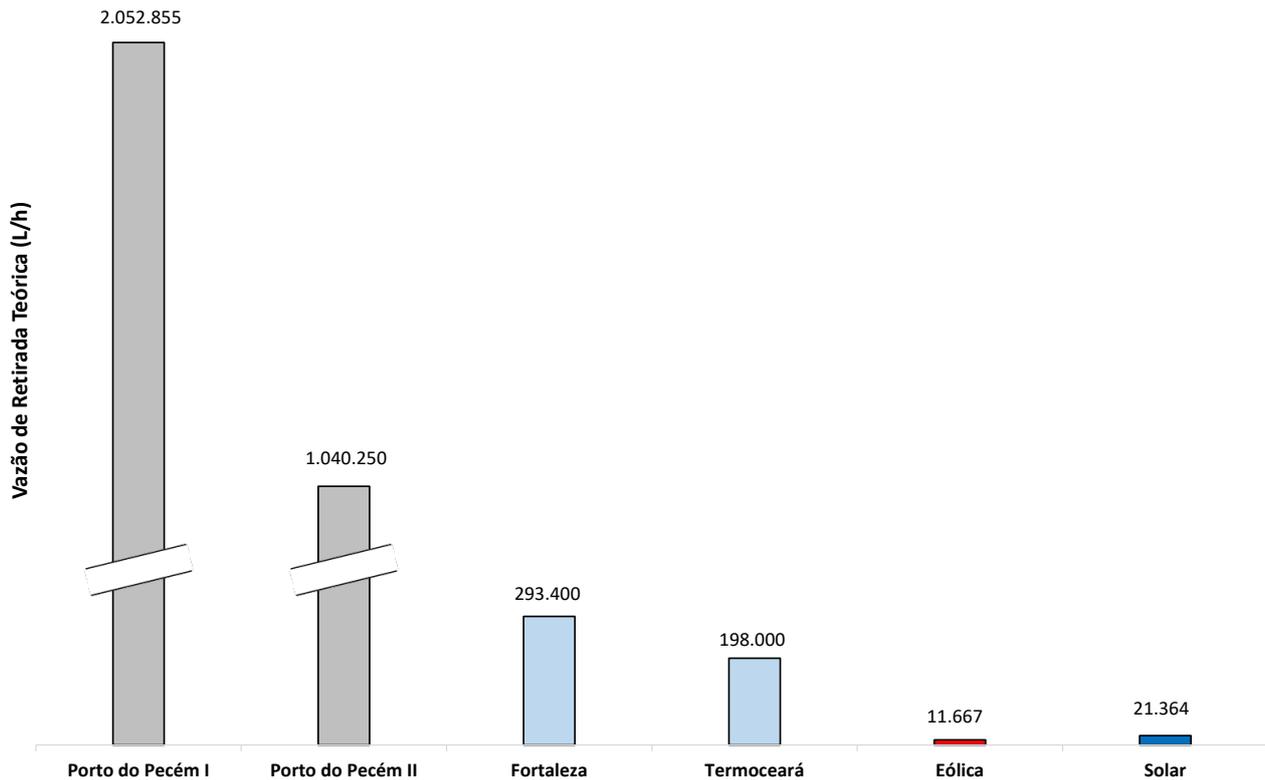


Figura 3 – Retirada operacional de água (L/h) para tecnologias de geração elétrica no Ceará.

uma qualidade de queima que permite às usinas cearenses uma maior eficiência em relação às usinas que utilizam carvão nacional (Arroyo, 2012) (EPE, 2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresenta estimativas de consumo e retirada de água para quatro tecnologias (carvão, gás natural, eólica e FV) presentes na matriz elétrica cearense trabalhando em plena carga, em que dois critérios foram estabelecidos para as UTEs: capacidade instalada maior que 100 MW e uso da água quantificado pela literatura. Foi identificado que a matriz elétrica do Ceará demanda retirada aproximada de 1 m³/s, que equivale aproximadamente a 15% da vazão de retirada para consumo humano de Fortaleza no ano de 2017.

Segundo o Relatório de Impacto Ambiental (Consultoria Ambiental Ltda., 2006), a usina Porto do Pecém I prevê que o principal concorrente do fornecimento de água da termelétrica do Ceará é o abastecimento humano, em períodos de seca. Os resultados permitem iniciar uma discussão acerca da vulnerabilidade das UTEs e do risco de falhas ou conflito pelo uso da água em períodos de seca.

Foi possível verificar que uma unidade de eletricidade produzida pela usina a carvão demanda aproximadamente 3 vezes a quantidade de água retirada para a usina a gás, 500 vezes a de usinas eólicas e 120 vezes a retirada da geração FV. O uso de água considerado na geração eólica refere-se a manutenções de limpeza e lavagem de peças, e na FV à limpeza dos painéis. Dessa forma, a complementaridade das tecnologias renováveis reduz o consumo de água por unidade média de geração do Ceará.

Apesar de ser uma atividade recente no Brasil, as termelétricas devem continuar tendo destaque na diversificação e crescimento da matriz elétrica brasileira. Todavia, mais estudos e discussões

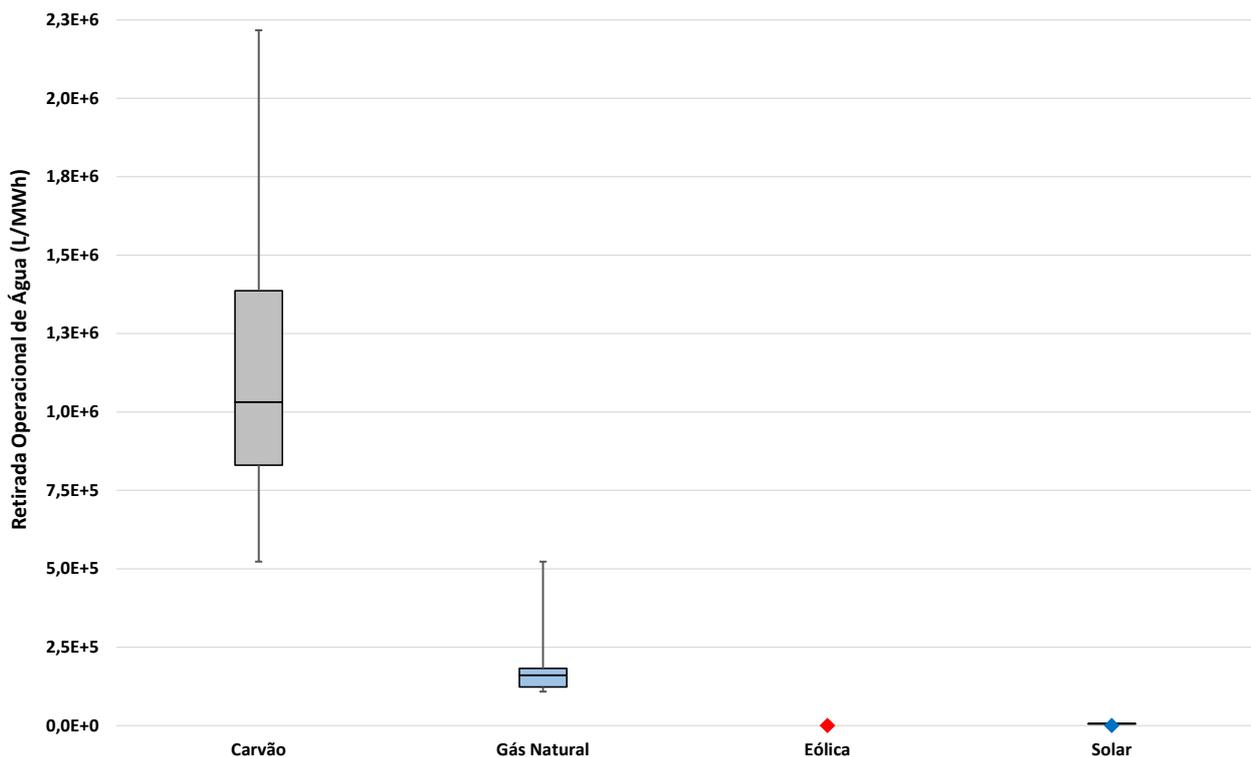


Figura 4 – Fator operacional de consumo de água (L/MWh) para tecnologias de geração elétrica do Ceará.

a respeito do consumo de água devem ser desenvolvidos, tendo em vista que, para algumas regiões com disponibilidade hídrica, essa demanda pode não ser problema, mas, em regiões que já apresentem baixa disponibilidade de recursos hídricos, a exemplo do Ceará, pode haver conflitos pelo uso da água.

Ademais, alguns estudos específicos e aprofundados estão sendo desenvolvidos para compreender o risco de falhas e o impacto hidrográfico nas bacias onde estão localizados os empreendimentos. Além disso, como apontado em Macknick et al. (2012), uma transição elétrica menos intensiva em carbono pode resultar tanto em aumento como em redução da retirada de água a depender do sistema de resfriamento e da tecnologia adotados. Um cenário com tecnologias de captura e sequestro de carbono (CSC) e geração nuclear está sendo implementado.

Com a instalação de sistemas de resfriamento com ar (sistema seco), a utilização de água seria bastante reduzida. Além disso, a instalação de uma planta de osmose reversa para dessalinização de água do mar possibilitaria reduzir o conflito de interesses pelo uso da água entre UTEs e consumo humano. Para atender à necessidade elétrica dessa planta, poderia ser utilizada uma fonte renovável (eólica ou solar) (Carvalho et al., 2004). Tais soluções podem mudar a relação financeira do MW gerado pelas UTEs.

Por fim, para auxiliar as tomadas de decisão sobre qual sistema de refrigeração ou tecnologia deve-se utilizar em determinadas regiões, diante das limitações de recursos, as análises de futuros projetos exigirão dados aprimorados e que estejam disponíveis, tanto sobre o perfil técnico das termelétricas, quanto sobre o gerenciamento dos recursos da água. No entanto, poucas informações públicas são disponibilizadas no Brasil, e elas estão espalhadas em vários órgãos, dificultando a aquisição e o tratamento dos dados.

REFERÊNCIAS

- ANA, 2019. Manual de usos consuntivos da água no Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA), Brasília.
- ANEEL, 2019. BIG – Banco de Informação de Geração. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/CapacidadeEstado.cfm>>. Acesso em 24 de setembro de 2019.
- Arroyo, E. M. V., 2012. Proposta metodológica para avaliação da vulnerabilidade da geração termelétrica a carvão mineral no Brasil às mudanças climáticas. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Carrillo, A. M. R., Frei, C., 2009. Water: a key resource in energy production. *Energy Policy*, 37(11):4303–4312.
- Carvalho, P. C. M., Pontes, R. S. T., Oliveira Júnior, D. S., Riffel, D. B., Oliveira, R. G. V., Mesquita, S. B., 2004. Estudo estatístico de radiação solar visando o projeto de unidades de dessalinização acionadas por painéis fotovoltaicos sem baterias. In *Anais do 5º Encontro de Energia no Meio Rural*. SciELO Brasil.
- Consultoria Ambiental Ltda., 2006. Relatório de impacto ambiental – Rima, usina termoelétrica MPX (Pecém I). Relatório técnico, MPX Mineração e Energia Ltda.
- Costa, A. R., de Oliveira Filho, E. R., Busson, B. d. O., Carneiro, B. d. A., Lima, C. W. S., Verde Neto, F. T. G. d. L., do Nascimento, J. W. F., Lima, M. A. F., de Carvalho, P. C. M., Marsylle, P. A. M., Dias, P. H. F., Araújo, P. H. M., Lopes, R. M., de Souza, W. F., 2018. Análise da sustentabilidade da geração de eletricidade do Ceará. *Revista Tecnologia*, 39(1):1–17.
- EIA, 2018. Annual energy outlook 2018. Relatório técnico, U. S. Energy Information Administration (EIA), Office of Integrated and International Energy Analysis, U. S. Department of Energy.
- EPE, 2016. Balanço energético nacional. Relatório técnico, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério de Minas e Energia (Brasil).
- EPE, 2018. Balanço energético nacional. Relatório técnico, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério de Minas e Energia (Brasil).
- IBGE, 2017. MUNIC - Perfil dos Municípios Brasileiros. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/pesquisa/1/21682?ano=2017>>. Acesso em 28 de setembro de 2019.
- Macknick, J., Newmark, R., Heath, G., Hallett, K. C., 2012. Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. *Environmental Research Letters*, 7(045802):1–10.
- Meldrum, J., Nettles-Anderson, S., Heath, G., Macknick, J., 2013. Life cycle water use for electricity generation: a review and harmonization of literature estimates. *Environmental Research Letters*, 8(015031):1–18.
- Merschmann, P. R. d. C., Vasquez, E., Szklo, A. S., Schaeffer, R., 2013. Modeling water use demands for thermoelectric power plants with CCS in selected Brazilian water basins. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 13:87–101.
- Moreira, J. M. L., Cesaretti, M. A., Carajilescov, P., Maiorino, J. R., 2015. Sustainability deterioration of electricity generation in Brazil. *Energy Policy*, 87:334–346.
- Saidur, R., Rahim, N. A., Islam, M. R., Solangi, K. H., 2011. Environmental impact of wind energy. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(5):2423–2430.
- SNIS, 2019. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2018. Relatório técnico, Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento (Brasil).
- Spang, E. S., Moomaw, W. R., Gallagher, K. S., Kirshen, P. H., Marks, D. H., 2014. The water consumption of energy production: an international comparison. *Environmental Research Letters*, 9(105002):1–14.
- Stillwell, A. S., Webber, M. E., 2013. Evaluation of power generation operations in response to changes in surface water reservoir storage. *Environmental Research Letters*, 8(025014):1–14.
- Teixeira, P. A., 2019. 3Ds do setor no Sendi 2020. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53109525/3ds-do-setor-no-sendi-2020>>. Acesso em 10 de outubro de 2019.

- Tolmasquim, M. T., 2016. Energia Termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro.
- Viscondi, G. d. F., Ferreira, A. L., da Silva, A. F., da Cunha, K. B., 2016. Uso de água em termelétricas. Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), São Paulo.

STUDY ON THE WATER USE FROM ELECTRICITY GENERATION TECHNOLOGIES IN CEARÁ STATE

Abstract. *Considering the water stress experienced by the world today and the challenge of sustainable electricity generation, the use of water in the electricity sector is an important issue to be studied. Thus, this paper aims to contribute to the effective planning of integrated energy and water policies. In Ceará, 65% of the energy is produced by coal and natural gas (NG) thermoelectric power plant technologies, according to EPE (2018). Based on data from Viscondi et al. (2016), we estimate that, in the current state scenario, the water withdrawal of generation technologies is $1\text{m}^3 / \text{s}$, equivalent to 15% of human supply in Fortaleza (CE) in 2017. We also identified that the withdrawal per generation unit of coal-fired power plants is 3 times higher than that of NG, 500 times the withdrawal of wind generation technology and 120 times that of photovoltaic (PV) approximately. Thus, the partial results of this study point to the need to think about the maximum use of renewable sources and, in addition, to implement a better choice of thermoelectric cooling technology, another determining factor in the dimension of water consumption.*

Key words: *Ceará electricity generation, water withdrawal, thermoelectric*