

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (11)

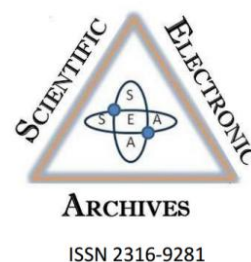
November 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/131120201142>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=1142&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES, CrossRef, ICI Journals Master List.



Pegada hídrica da hidreletricidade no Estado do Amapá, Brasil: usina hidrelétrica de Coaracy Nunes

Hydroelectricity water footprint in the State of Amapá, Brazil: Coaracy Nunes hydroelectric plant

O. B. C. Neto¹, W. C. M. Silva¹, G. F. Santiago², O. B. Q. O. Filho¹

¹ Universidade do Estado do Amapá

² Universidade Paranaense

* Author for correspondence: weliham.silva@ueap.edu.br

Resumo. A energia hidráulica é a principal fonte de energia elétrica brasileira, responsável por aproximadamente 80% da produção nacional. Por isso, este artigo tem como objetivo determinar a evaporação do reservatório e a pegada hídrica (PH) da Usina hidrelétrica de Coaracy Nunes (UHE) no Amapá. A evaporação média diária de 2013 foi a que apresentou menor valor, 4,87 mm/dia, enquanto 2012 indicou a maior média, 5,00 mm/dia. A evaporação variou de 110 a 180 mm/mês, e fevereiro apresenta menores valores, entre 110 e 125 mm/mês. Os maiores valores ocorreram entre setembro e dezembro, com destaque para outubro com máxima de 180 mm/mês. O volume evaporado mensal apresentou maior valor em outubro e novembro, acima de 3900000 m³. E o mês de fevereiro apresentou o menor consumo, em média 2700000 m³. Observou-se ainda, uma predominância de menores valores de PH entre janeiro e maio, sendo em parte o período de maior geração de energia. E a maior PH ocorreu em novembro, mês de menor geração de energia. A PH apresentou maiores valores entre outubro e dezembro, com valor máximo em novembro, 53,08 m³/GJ. A PH média foi de 25,3 m³/GJ, valor acima da média mundial, o que representa uma ineficiência da UHE em termos de geração de energia e PH. Com os resultados, conclui-se que a evaporação por Linacre se mostra relevante e concorda com o comportamento do clima no Amapá. E os valores da PH apresentam uma importante ferramenta na avaliação de projetos hidrelétricos e na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chaves Pegada Hídrica, evaporação, geração de energia.

Abstract. Hydraulic energy is the main source of Brazilian electric energy, responsible for approximately 80% of national production. Therefore, this article aims to determine the evaporation of the reservoir and the water footprint (PH) of the Coaracy Nunes hydroelectric plant (UHE) in Amapá. The average daily evaporation of 2013 was the one with the lowest value, 4.87 mm/day, while 2012 indicated the highest average, 5.00 mm/day. Evaporation ranged from 110 to 180 mm/month, and February has lower values, between 110 and 125 mm/month. The highest values occurred between September and December, with emphasis on October with a maximum of 180 mm/month. The monthly evaporated volume showed the highest value in October and November, above 3900000 m³. And the month of February had the lowest consumption, on average 2700000 m³. There was also a predominance of lower PH values between January and May, partly being the period of greatest energy generation. And the highest PH occurred in November, the month with the lowest energy generation. The PH showed higher values between October and December, with a maximum value in November, 53.08 m³/GJ. The average PH was 25.3 m³/GJ, above the world average, which represents an inefficiency of the HPP in terms of power generation and PH. With the results, it is concluded that the evaporation by Linacre is relevant and agrees with the behavior of the climate in Amapá. And the PH values present an important tool in the evaluation of hydroelectric projects and in the management of water resources.

Keywords: Water Footprint, evaporation, power generation.

Introdução

A água por ser um recurso natural essencial à vida, desde os usos mais vitais, passando pelos

usos domésticos, agricultura, fabricação de produtos industriais, usos para transporte e recreação, tem grande influência sobre o

desenvolvimento de uma sociedade. Em virtude desta grande importância, surgiu o conceito que ficou conhecido como Pegada Hídrica (PH).

Segundo Hoekstra et al. (2011), a PH de um produto é o volume de água utilizado para produzi-lo, medida ao longo de toda cadeia produtiva. É um indicador multidimensional, que mostra os volumes de consumo de água por fonte e os volumes de poluição pelo tipo de poluição. A PH é uma ferramenta capaz de fornecer uma informação precisa e de fácil entendimento: o quanto de água se gasta para realizar determinada atividade.

Entre os mais diversos usos da água, ainda podemos citar a hidroeletricidade que possui papel fundamental na geração de energia do Brasil, respondendo pelo suprimento de mais de 80% da demanda de energia elétrica nacional (Piagentini, et al., 2014).

A energia hidrelétrica é considerada um uso não consuntivo (Mekonnen & Hoekstra, 2012). De fato, a água turbinada, efetivamente usada para geração de energia, retorna ao rio sem perdas de volume, no entanto, as perdas de volume por evaporação nos reservatórios podem atingir valores altos, dependendo de diversos fatores.

A evaporação também é um importante processo do ciclo hidrológico e sua quantificação é fundamental para diversos projetos, ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Além disso, as perdas por evaporação devem ser consideradas no planejamento da expansão do sistema elétrico brasileiro. Para o gerenciamento atual, estimativas mais precisas do processo refletem em dados mais confiáveis de previsões de cenários de oferta hídrica e energética.

Todas estas situações requerem dados confiáveis de evaporação, entretanto, medidas diretas desta variável, em escala espacial e temporal não existem em quantidade suficiente, seja tanto por limitação técnica quanto financeira.

Desta forma, estimativas baseadas em métodos fundamentados em princípios físicos ou em relações empíricas que utilizam dados climatológicos comuns são usadas com frequência no meio acadêmico e profissional, como alternativas para suprir esta carência.

E para fins de geração hidrelétrica, a situação é mais específica, uma vez que se busca quantificar a PH em termos da relação entre evaporação dos reservatórios e a energia produzida (geralmente expressa em m³/GJ). Isto significa que é fundamental quantificar a perda de água para a atmosfera, para determinada produção de energia elétrica, via matriz hidráulica.

Segundo Cantarani et al. (2009), a disponibilidade e confiabilidade da geração hidrelétrica dependem de condições climáticas, que podem sofrer alterações em consequência das mudanças no clima global. Neste sentido, o conhecimento mais preciso do processo de evaporação, também, é importante para o gerenciamento de riscos de empreendimentos hidrelétricos.

Em vista do exposto, a realização deste trabalho tem como objetivo determinar a evaporação do reservatório e a pegada hídrica da Usina hidrelétrica de Coaracy Nunes no estado do Amapá, Brasil.

Métodos

A área de estudo compreende o reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Coaracy Nunes, situado na região do médio rio Araguari, entre os municípios de Ferreira Gomes e Porto Grande, no estado do Amapá. O reservatório se localiza a 15 km distante de Ferreira Gomes e a 150 km de Macapá, entre as coordenadas 00°54'11,8" N e 051°15'35,5" W, e uma altitude de 51,43 m. Possui área de drenagem de 23,5 km², com vazão média de 976m³s⁻¹ e profundidade média de 15 m. Apresentando volume total de 138 Hm³ (Oliveira et al, 2013).

O reservatório da UHE Coaracy Nunes, foi constituído na década de 1960, com o barramento do rio Araguari. Este reservatório é o primeiro e mais antigo da Amazônia construído com fins de produção de energia elétrica (Eletrobras/Eletronorte, 2020). A Eletronorte assumiu oficialmente as responsabilidades pela usina desde a fase inicial de construção no início da década de 1970, as obras que abrangeram os sistemas de geração e transmissão foram concluídas em 1975. A Eletrobras/Eletronorte é responsável pela geração de energia para o Estado do Amapá. Esta UHE tem atualmente uma potência instalada de 78 MW. Isso sem falar que a recente interligação do Amapá ao Sistema Interligado Nacional (SIN) ampliou a capacidade de evolução de Coaracy Nunes, uma vez que passou a integrar um dos sistemas mais modernos de transmissão de energia (Eletrobras/Eletronorte, 2020).

Os dados obtidos de geração de Energia Elétrica da UHE de Coaracy Nunes foram de produção de energia anual e mensal em MW/h, para o período de 2011 a 2014, e disponibilizados diretamente pela Eletrobras/Eletronorte, por meio do setor responsável pelos dados hidrelétricos da Usina.

Para a estimativa de evaporação do reservatório, foram utilizados dados meteorológicos diários do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 2011 a 2014 (total de 04 anos) da estação meteorológica de Macapá (Lat.: -0.05; Long.: -51.11; Alt.: 14.46 m), estação mais próxima da UHE. Os dados coletados foram Temperatura média do ar (Ta) e Umidade Relativa (UR).

A estimativa da evaporação para o período de 2011 a 2014 foi baseada no método de Linacre (Pereira, et al., 2013), expressa por:

$$E = \frac{700(Ta+0,006h)}{100-\phi} + 15(Ta-Td) \quad \text{Equação 1}$$

(80-Ta)

Em que:

E = evaporação (mm/dia);

Ta = temperatura média do ar (°C);
 h = altitude (m);
 Ø = latitude (graus);
 Td= temperatura do ponto de orvalho (°C).

Para determinação da Temperatura do ponto de Orvalho (Td), utilizou-se a equação 2 de acordo com Vianello e Alves (2012).

$$Td = \frac{186,4905 - \text{Log } 10^{ea}}{\text{Log } 10^{ea} - 8,2859} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:
 ea = pressão parcial de vapor d'água (KPa).

$$ea = \frac{0,6108e^{\left(\frac{17,27Ta}{Ta+237,3}\right)}UR}{100} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:
 UR = umidade relativa do ar (%).

O cálculo da PH foi realizado com a evaporação estimada pelo método de Linacre e com os valores de energia elétrica produzida pela UHE de Coaracy Nunes.

De acordo com Mekonnen e Hoekstra (2012), a PH para geração Hidrelétrica pode ser obtido de acordo com a equação 4:

$$PH = \frac{E}{H} \quad \text{Equação 4}$$

Em que

PH = Pegada Hídrica anual (m³/GJ);
 H = produção anual de energia (GJ/ano);
 E= evaporação anual (m³/ano), obtida pelo produto da altura de evaporação (em m/ano) pela área média do reservatório (Km²).

No cálculo da PH proposta por Mekonnen e Hoekstra (2012), desconsiderou-se o consumo de água para operação da usina (por exemplo, para resfriamento de equipamentos, lavagem de máquinas, uso dos funcionários), e admitiu-se que estes sejam insignificantes em relação ao volume evaporado pelo reservatório.

Resultados e discussão

As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam a variação da evaporação diária (mm/dia) para cada um dos anos estudados, na qual pode-se observar o mesmo padrão sazonal de evaporação, com taxas mínimas diárias estimadas para os meses de janeiro a abril, concordando com Souza e Cunha (2010), em que as estações do verão e outono abrigam os meses mais chuvosos no Amapá, e conseqüentemente menor possibilidade de evaporação. Apresenta ainda as taxas máximas de evaporação que ocorrem nos meses de setembro a novembro, caracterizados por maiores temperaturas do ar e por período de estiagem da região.

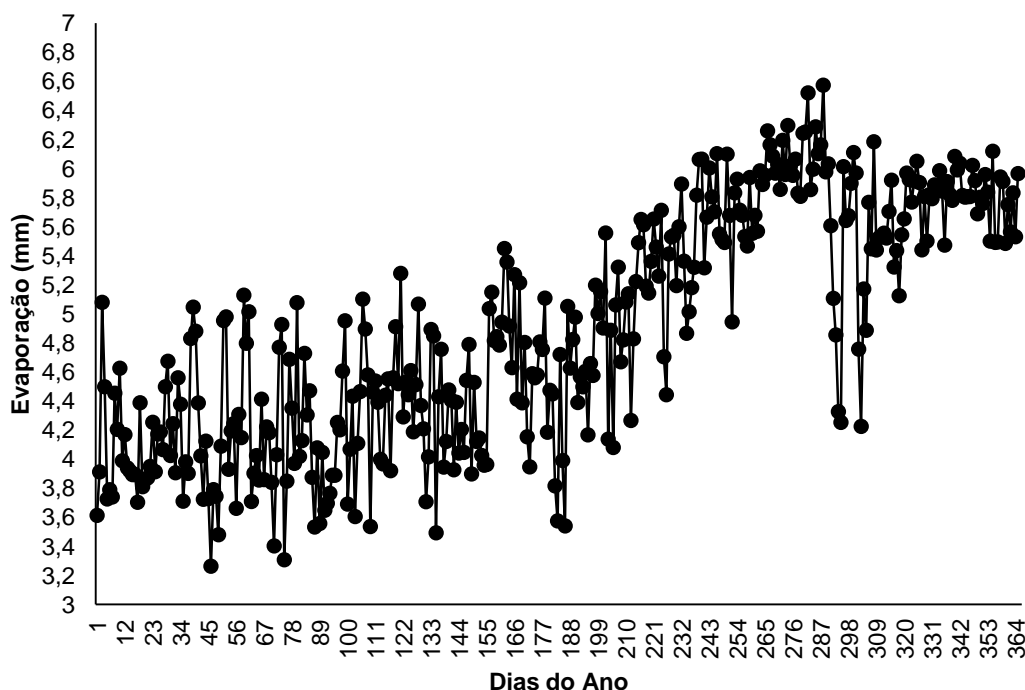


Figura 1. Evaporação diária para o ano de 2011, obtida pelo método de Linacre.

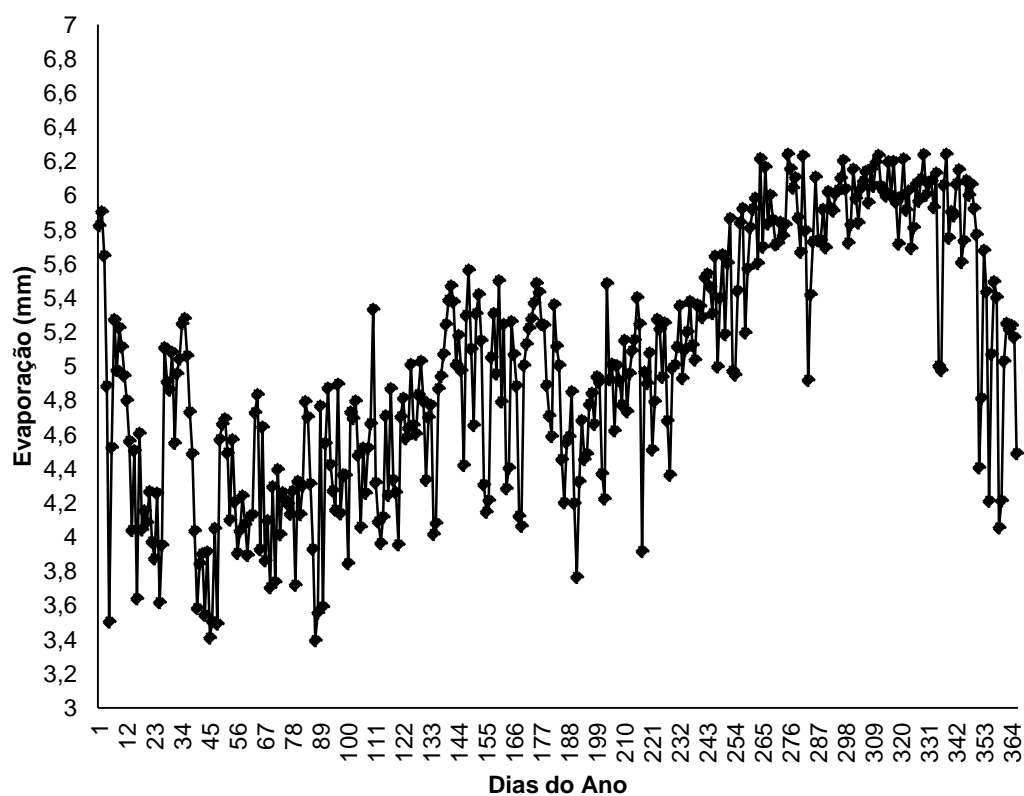


Figura 2. Evaporação diária para o ano de 2012, obtida pelo método de Linacre.

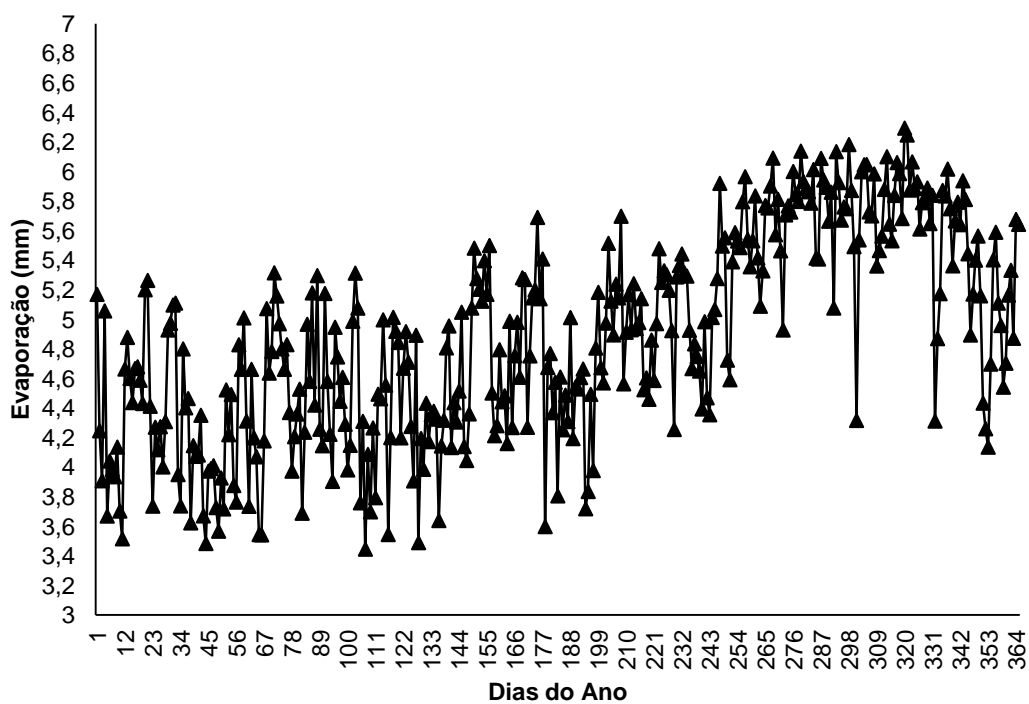


Figura 3. Evaporação diária para o ano de 2013, obtida pelo método de Linacre.

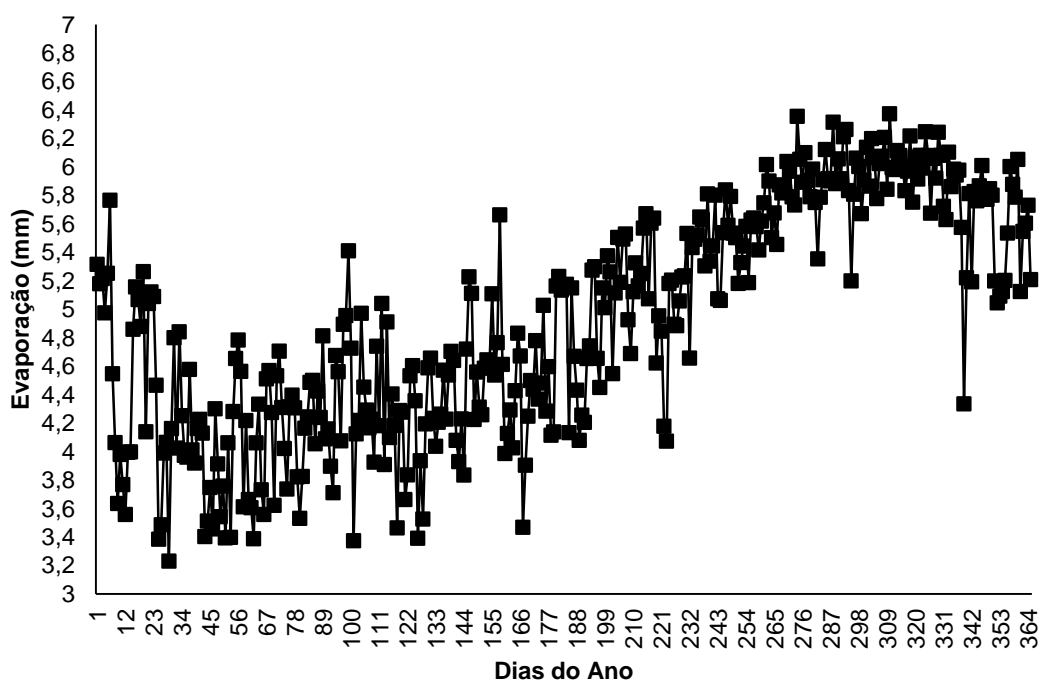


Figura 4. Evaporação diária para o ano de 2014, obtida pelo método de Linacre.

A tabela 1 apresenta a evaporação (mm/dia) máxima, média e mínima anual estimadas pelo método de Linacre, em que se verifica que todos os anos apresentaram evaporação média diária próximo a 5 mm/dia, ou seja, com baixa variação diária nos anos de estudo, concordando com os estudos de Tavares (2014) sobre as variações climáticas do estado do Amapá.

A evaporação média diária do ano de 2013 foi a que apresentou menor valor (4,87 mm/dia), enquanto o ano de 2012 indicou a maior média para o período em estudo (5,00 mm/dia). As variações de valores de evaporação durante os anos de estudo, segundo Vieira (2015), podem estar associadas às condições meteorológicas distintas, como variação na incidência de insolação, temperatura e velocidade do vento, associados com a baixa precipitação. Isto representa para o método de Linacre, que os valores máximos e mínimos estimados de evaporação, em intervalo diário, são bastantes sensíveis às variações de temperatura e umidade do ar.

Na Figura 5, é apresentado a sazonalidade da Temperatura média do ar, variável de maior influência no método de Linacre. Pode-se observar que o comportamento da temperatura média apresenta oscilação ao longo do ano, variando entre um mínimo de 26°C em fevereiro, e um máximo de 29°C em novembro, concordando com os estudos realizados por Tavares (2014), ou seja, entre janeiro e junho temos o período de temperaturas mais baixas (período chuvoso); e de julho a dezembro o período mais seco, com altas temperaturas (período de estiagem). Mesmo havendo uma variação ao

longo do ano, a temperatura média é quase constantemente elevada, em virtude da região se localizar próximo a linha do Equador (altas temperaturas distribuídas ao longo do ano).

Tabela 1. Evaporação média, mínima e máxima para o período de 2011 a 2014, obtida pelo método de Linacre

Ano	Evaporação (mm/dia)		
	Máxima	Média	Mínima
2011	6,57	4,89	3,26
2012	6,24	5,00	3,39
2013	6,29	4,87	3,44
2014	6,37	4,94	3,23
Média	6,3	4,9	3,3

A Figura 6 apresenta a evaporação mensal estimada pelo método de Linacre, na qual pode-se observar o comportamento estimado para o período de estudo, onde temos a evaporação variando de 110 a 180 mm/mês. O mês de fevereiro apresenta menores valores de evaporação, com variação aproximada entre 110 e 125 mm/mês. Em estudo de evaporação e balanço de energia para um lago do Tibet-Himalaya, Yu et al. (2011) constataram que diminuições na insolação, temperatura e velocidade do vento reduziram a taxa de evaporação, o que corrobora com os resultados obtidos para o estudo.

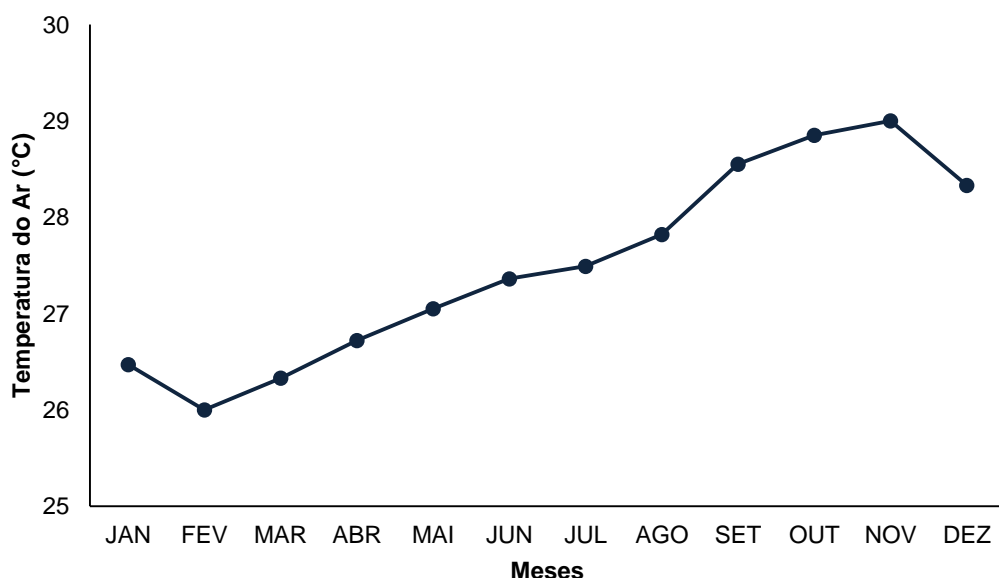


Figura 5. Distribuição mensal da temperatura média do ar.

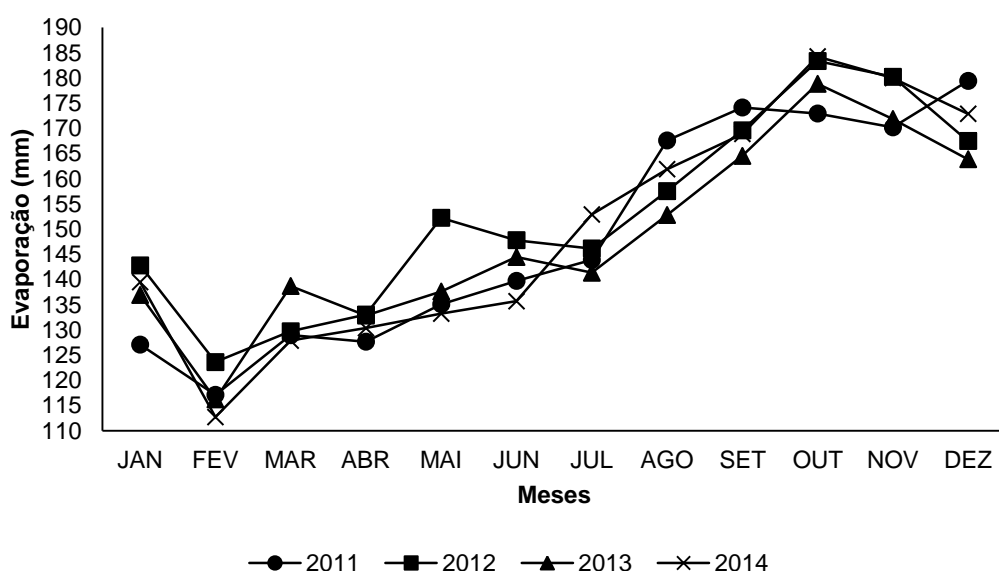


Figura 6. Evaporação mensal (mm/mês) estimada pelo método de Linacre para o período de 2011 a 2014.

Os maiores valores de evaporação, acima de 170 mm/mês, são observados entre os meses de setembro e dezembro, com destaque para outubro com taxa máxima de 180 mm/mês, e segundo Tavares (2014), outubro é o mês mais seco e com altas temperaturas para a região.

Em estudo similar realizado por Bueno (2014), a estimativa da evaporação mensal para o reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos não apresentou variação significativa ao longo do ano, permitindo ao referido autor concluir que a pouca variação da evaporação obtida pelo método de Linacre ocorre pelo fato deste método considerar apenas a temperatura média do ar em suas análises, o que reforça os resultados obtidos neste estudo.

A Figura 7 apresenta o volume evaporado mensal (m^3) no período estudado, na qual se observa que os meses de outubro e novembro sempre apresentam os maiores consumo de água por volume evaporado, com valores acima de $3900000 m^3$. Os resultados obtidos concordam com as informações de Tavares (2014) em que os meses de outubro e novembro apresentam maiores temperaturas (período de estiagem), e conseqüentemente maior evaporação. Ainda segundo Tavares (2014) o mês de fevereiro apresenta os menores valores de temperatura, e de acordo com as informações contidas na Figura 7 este mês também apresenta menor consumo de água por volume evaporado, com média de $2700000 m^3$, ou seja, corrobora com a ideia que a temperatura do ar por ser variável, é determinante

no comportamento da evaporação, em especial quando esta é obtida pelo método de Linacre.

A Tabela 2 apresenta a energia gerada e a PH na UHE de Coaracy Nunes, calculada a partir da estimativa de evaporação pelo método de Linacre e dos valores fornecidos de energia gerada, na qual

se pode observar a distribuição da PH da UHE ao longo dos anos como resultante da combinação de fatores climáticos que influenciaram as variações da evaporação, e com o padrão de geração de energia observado, que depende da demanda de mercado.

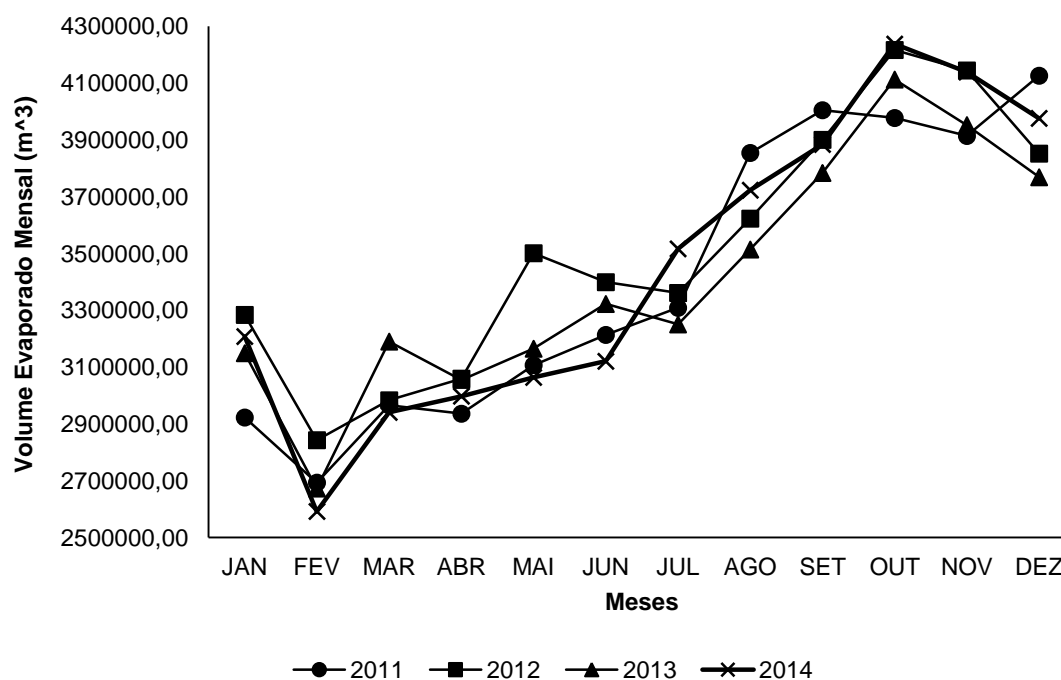


Figura 7. Volume Evaporado mensal (m³) estimado pelo método de Linacre.

Tabela 2. Energia Gerada e a Pegada Hídrica mensal (2011 a 2014) para geração de energia na UHE de Coaracy Nunes

Mês	Energia Gerada (GJ/mês)				Pegada Hídrica (m³/GJ)			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Janeiro	152210,56	167346,43	177631,49	170185,54	19,20	19,62	17,73	18,85
Fevereiro	145299,06	120444,19	168231,17	149022,72	18,54	23,60	15,89	17,39
Março	146209,93	128402,50	203263,78	208349,57	20,28	23,23	15,69	14,11
Abril	153367,38	121824,00	194063,04	199195,20	19,14	25,11	15,74	15,05
Mai	147979,19	128402,50	206504,64	207924,19	20,99	27,27	15,33	14,73
Junho	143444,02	124597,44	199532,16	200646,72	22,40	27,28	16,65	15,55
Julho	144032,04	127170,43	193166,21	207174,24	22,97	26,43	16,83	16,97
Agosto	148788,43	128482,85	207040,32	204522,62	25,90	28,20	16,97	18,20
Setembro	138895,88	127370,88	183176,64	198443,52	28,83	30,62	20,65	19,57
Outubro	138922,78	119081,66	161105,76	181970,50	28,63	35,41	25,53	23,29
Novembro	67831,63	53965,44	96577,92	112129,92	57,70	76,79	40,92	36,91
Dezembro	83556,18	77432,54	154543,68	114019,49	49,38	49,74	24,38	34,87

Ainda na tabela 2 pode-se observar que a predominância de valores mais baixos de PH ocorreu entre os meses de janeiro a maio, sendo em parte o período de maior geração de energia pela UHE, com razoável eficiência do uso da água indicada por PH mais baixa. A exceção foi o ano de

2013 em que a PH mais baixa se deu no mês de maio e a maior geração de energia ocorreu em agosto, sem motivo aparente para esta situação. Já o período de maior PH ocorreu em novembro, sendo este também o mês de menor geração de energia. Segundo Tavares (2014), novembro é o mês do ano

com menor intensidade de precipitação e maior disponibilidade de energia, conseqüentemente, maior demanda evaporativa da atmosfera.

A Figura 8 apresenta a relação entre a PH e a Geração de Energia da UHE de Coaracy Nunes, para fins de análise da eficiência do uso da água, na qual pode se observar que o comportamento da PH apresentou maiores valores nos meses de outubro a

dezembro, com valor máximo mensal em novembro, de 53,08 m³/GJ. As maiores PH's correspondem ao período de menor geração de energia pela UHE de Coaracy Nunes, o que aponta ineficiência no uso da água, pois houve maior consumo de água no período de menor produção de energia hidráulica.

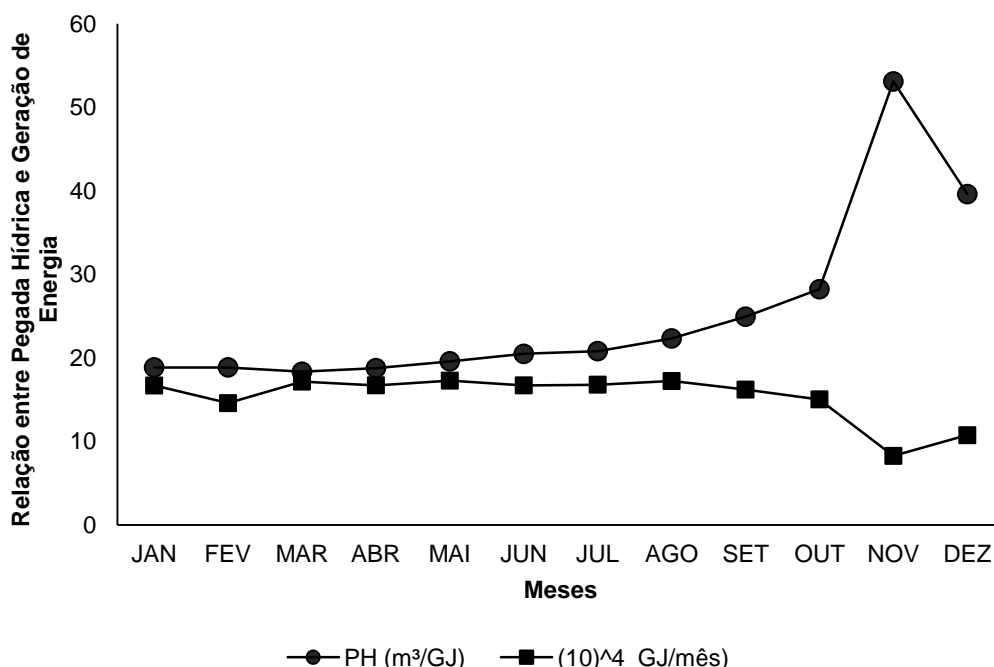


Figura 8. Valores médios de PH versus Geração de Energia da UHE de Coaracy Nunes.

O cenário com menor PH e maior produção de energia, apresenta maior aproveitamento do recurso água na geração de energia hidráulica. E segundo Gerbens-Leenes et al. (2009) a PH média global é de 22 m³/GJ, e o valor médio obtido utilizando o método de Linacre para UHE de Coaracy Nunes foi de 25,3 m³/GJ, valor acima da média mundial, o que representa uma ineficiência da UHE em termos de geração de energia e PH.

Conclusões

Com os resultados obtidos, conclui-se que a estimativa de evaporação pelo método de Linacre se mostra relevante e concorda com o comportamento do clima no estado do Amapá e suas respectivas estações (período chuvoso e de estiagem), ou seja, no período de maior estiagem ocorre as maiores evaporações, e no período chuvoso as menores.

A evaporação também é influenciada pela área do reservatório, sendo natural que as usinas hidrelétricas influenciem a média nacional para valores maiores, uma vez que se trata de um país, com uma grande disponibilidade de energia solar.

Os resultados apontam que a PH da UHE sofreu efeitos de elementos climáticos, em especial da temperatura que é relevante no método de Linacre, e com isto o consumo de água por

evaporação deve ser levado em conta na gestão de reservatórios e recursos hídricos.

Os resultados obtidos em relação a Pegada Hídrica e o processo evaporativo demonstraram uma ineficiência da UHE de Coaracy Nunes, e como a implantação de usinas hidrelétricas representa uma alocação expressiva de recursos hídricos, o que pode impactar na demanda de água para outros usos alternativos, é de extrema necessidade a tomada de atitude em relação a melhoria na geração de energia.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC.

Referências

BUENO, E. O. Evaporação do reservatório da usina hidrelétrica de Camargos: caracterização da pegada hídrica. 127f. (Dissertação de Mestrado) – Recursos hídricos e sistemas agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.

CANTARANI, R.; BIANCHI JUNIOR, A. COTRIM, M. RUGAI, S. Os riscos financeiros de empreendimentos hidrelétricos devidos à mudanças climáticas. 93f. Monografia (MBA em gestão sócio

- ambiental aplicada a energia hidrelétrica) – Fundação Instituto de Administração, São Paulo, 2009.
- Eletrobras/Eletronorte. disponível em <http://agencia.eletronorte.gov.br/site/eletronorte/ama pa/>. acesso em 28 de abr. 2020.
- GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y.; VAN DER MEER, T. H. The water footprint of energy from biomass: a quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio - energy in energy supply, *Ecological Economics*, v.68, p.1052–1060, 2009.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALADAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. Manual de avaliação da pegada hídrica: estabelecendo um padrão global. Secretaria do meio ambiente do estado de São Paulo, São Paulo, 216 p. 2011.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The blue water footprint of electricity from hydropower. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.16, p. 179-187, 2012.
- OLIVEIRA, J. C. S.; VASCONCELOS, H. C. G.; PEREIRA, S. W. M.; NAHUM, V. J. I.; JUNIOR, A. P. T. Caracterização da pesca no reservatório e áreas adjacentes da UHE Coaracy Nunes, Ferreira Gomes, Amapá - Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v.3, n.3, p.83-96, 2013.
- PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. Evapotranspiração. Campinas - SP: Fundag, 323p. 2013.
- PIAGENTINI, P. M.; BENASSI, R. F.; PENTEADO, C. L. C. Olhares sobre a hidreletricidade e o processo de licenciamento no brasil. *Revista estudos avançados*, São Paulo, v.28, n.82, p.139-153, 2014.
- SOUZA, E. B.; CUNHA, A. C. Climatologia de precipitação no amapá e mecanismos climáticos de grande escala. IN: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B. DE; CUNHA, H. F. A. (EDS.). Tempo, clima e recursos hídricos - resultados do projeto remetap no estado do Amapá. 1ª. Ed. Macapá: IEPA. p.177-195, 2010.
- TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá – AP. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v.15, n.50, p.138-151, 2014.
- VIANELLO, R. L. ALVES, A. R. Meteorologia básica e aplicações. 2ed. rev. amp. Viçosa, MG. ed. UFV, 460p. 2012.
- VIEIRA, N. P. A. Estimativa de evaporação nos reservatórios de Três Marias – MG e Sobradinho – BA. 91f. (Dissertação de Mestrado) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.
- YU, S.; LIU, J.; XU, J. Evaporation and energy balance estimates over a large inland lake in the Tibet-Himalaya. *Environmental Earth Sciences*, v.64, p. 1169-1176, 2011.