



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**RODRIGO RUDSON VENÂNCIO DE MELO OLIVEIRA**

**PERDA DE ÁGUA POR EVAPORAÇÃO EM UM PEQUENO  
RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO**

**NATAL-RN  
2017**

Rodrigo Rudson Venâncio de Melo Oliveira

Perda de água por evaporação em um pequeno reservatório do semiárido

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Adelena Gonçalves Maia

Natal-RN  
2017

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Oliveira, Rodrigo Rudson Venâncio de Melo.

Perda de água por evaporação em um pequeno reservatório do semiárido / Rodrigo Rudson Venâncio de Melo Oliveira. - 2017.  
15 f.: il.

Artigo Científico (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil. Natal, RN, 2017.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adelena Gonçalves Maia.

1. Evaporação - TCC. 2. Água - TCC. 3. Reservatório - TCC.  
I. Maia, Adelena Gonçalves. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 556.13

Rodrigo Rudson Venâncio de Melo Oliveira

Perda de água por evaporação em um pequeno reservatório do semiárido

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Artigo Científico, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em 13 de junho de 2017:**

---

Profa. Dra. Adelena Gonçalves Maia – Orientadora

---

Profa. Dra. Joana Darc Freire de Medeiros – Examinadora interna

---

Prof. Dr. Hélio Rodrigues dos Santos – Examinador externo

## **RESUMO**

O trabalho avalia a perda de água por evaporação no reservatório de Encanto (RN). A evaporação foi estimada pelo método empírico Jensen-Haise e os resultados demonstraram que, em média, a evaporação anual equivale a aproximadamente 45% do volume máximo do reservatório estudado. Foram realizadas simulações para a avaliação do tempo de esvaziamento do reservatório frente a um período de estiagem severa, considerando diferentes cenários de volume inicial do reservatório. Os resultados demonstraram que o reservatório leva cerca de 4 anos e 4 meses para secar completamente, quando a simulação inicia com 100% da capacidade máxima e que, para 50% do volume do reservatório, o açude seca em 2 anos e 11 meses. A evaporação no reservatório de Encanto é elevada e consome grande parte da água armazenada, também foi constatada subutilização do reservatório, pois o consumo de água corresponde a valores pequenos, se comparados com os volumes evaporados. O açude de Encanto é um exemplo de um pequeno reservatório que deve ter o uso das suas águas otimizado.

Palavras-chave: água, evaporação, reservatório, seca, volume.

## **ABSTRACT**

The work evaluates the loss of water by evaporation in the Encanto Reservoir (RN). Evaporation was estimated by the Jensen-Haise empirical method and the results showed that, on average, the annual evaporation corresponds to approximately 45% of the maximum volume of the reservoir studied. Simulations were carried out to evaluate the time of emptying of the reservoir against a period of severe drought, considering different scenarios of initial reservoir volume. The results showed that the reservoir takes about 4 years and 4 months to dry completely, when the simulation starts with 100% of the maximum capacity and that the water level is dry at 2 years and 11 months for 50% of the volume of the reservoir. The evaporation in the Encanto reservoir is high and consumes a great part of the stored water, it was also observed underutilization of the reservoir, because the water consumption corresponds to small values, when compared with the evaporated volumes. The Encanto reservoir is an example of a small reservoir that should have the use of its waters optimized.

Keywords: water, evaporation, reservoir, drought, volume.

## 1. INTRODUÇÃO

A evaporação da água de reservatórios artificiais, principalmente os reservatórios a céu aberto, é de grande interesse para a sociedade, pois afeta a confiabilidade do atendimento do abastecimento humano, além da geração de energia, pecuária, agricultura e indústria que dependem de água para seus processos.

A região Nordeste possui cerca de 70.000 reservatórios a céu aberto (SUASSUNA, 2002), quantidade que pode ser justificada pelas características climáticas da região, como o clima semiárido e as precipitações irregulares. Essa irregularidade de chuvas se dá tanto em quantidade, com precipitação anual entre 300 a 800 mm (CRISPIM et al, 2016), como em má distribuição ao longo do ano, com precipitações concentradas nos primeiros meses do ano. Além disso, alguns fatores como alta evapotranspiração, de cerca de 2000 mm por ano (SUASSUNA, 2002), estimularam a construção de reservatórios artificiais na região, com a finalidade de aumentar a disponibilidade de água e energia nos períodos de escassez e assim atender às demandas.

O Rio Grande do Norte, entre outros estados da região nordeste, possui grande histórico de secas. O último período de seca dura cinco anos, apresentando índices pluviométricos abaixo da média (EMPARN, 2017). Decorrente deste cenário, as principais bacias hidrográficas do RN apresentam situação crítica, com 69% dos reservatórios em volume morto ou completamente secos. (IGARN, 2017)

Conhecendo os altos índices de evapotranspiração na região nordeste e a escassez de recursos hídricos no estado do Rio Grande do Norte, se verifica a importância de conhecer o comportamento dos reservatórios do estado. Diante desses fatos, este estudo tem como objetivo quantificar a perda por evaporação no reservatório de Encanto, município localizado na região do semiárido norte-rio-grandense. O trabalho também irá simular a operação do reservatório em um período crítico para verificar em quanto tempo ocorreria o esvaziamento completo do açude.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os mananciais são reservas hídricas ou fontes utilizadas no abastecimento humano, devendo garantir a quantidade, qualidade e disponibilidade de água, de acordo a finalidade de abastecimento. Segundo o “Manual de Saneamento” da Fundação Nacional de Saneamento - FUNASA (2016), mananciais se dividem em:

- Mananciais Superficiais: Compreendem os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais, como açudes e lagos represados. As águas oceânicas também são uma opção de manancial superficial, pois em várias partes de mundo foram desenvolvidas tecnologias de dessalinização, que as tornam próprias para abastecimento.

- Mananciais Subterrâneos: São aqueles cuja água advém do subsolo, como fontes naturais, poços, aquíferos (lençóis) freáticos e profundos, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, poços escavados ou tubulares, galerias de infiltração, barragens subterrâneas ou pelo aproveitamento de aflorações na superfície, como as fontes de encostas (bicas d’água) e minadouros.

O manancial superficial mais comum no nordeste do Brasil, e também no Rio Grande do Norte, é o açude. Açude é o conjunto constituído por barragem ou barramento de um curso d'água e o respectivo reservatório ou lago formado (SEMARH/SE, 2017). A construção de barramentos altera o curso natural dos rios, pois cria um ambiente lântico, criando um reservatório e um espelho d’água. De acordo com Hoestra e Mekonen (2012) essas alterações ocasionadas pelos reservatórios artificiais, aumentam as taxas de evaporação, consumindo uma parcela considerável da água acumulada.

## 2.1 Evaporação

Evaporação é o processo físico onde um líquido passa para o estado gasoso, de maneira lenta e gradual, sob pressão constante. “Perda por evaporação é a quantidade de água evaporada por unidade de área horizontal, durante certo intervalo de tempo...” (PINTO et al, 2008). Essa grandeza é medida por altura de água evaporada, de maneira uniforme e distribuída por toda a área planimétrica do reservatório, em milímetros ou metros. A intensidade de evaporação, por sua vez, é a velocidade com que se processam as perdas por evaporação, em  $\text{mm.dia}^{-1}$  ou  $\text{mm.ano}^{-1}$ . Os principais fatores que influenciam na evaporação são:

- Temperatura: a transformação é endotérmica, o que significa que quanto maior for a temperatura, mais rápido o líquido vai evaporar;
- Vento: quanto mais ventilação houver sobre o líquido, menos saturado o ar estará e maior será a energia transferida às partículas superficiais, então maior será a evaporação;
- Pressão barométrica: quanto maior a pressão, mais difícil é para as moléculas escaparem da fase líquida para a atmosfera e menor é a evaporação;
- Umidade do ar: grandes valores de umidade do ar, indicam que há muito vapor d’água, dificultando a evaporação;
- Radiação: fornece energia à substância líquida, acelerando a evaporação. A principal fonte de radiação é o sol, por isso reservatórios artificiais a céu aberto, diretamente em contato com os raios solares possuem elevados níveis de evaporação.

Leão (et al., 2013) elucida que a evaporação pode ser estimada por modelos baseados em métodos de transferência de massa, balanço de energia, balanço hídrico, métodos combinados por meio de fórmulas empíricas, como as derivadas da equação de Penman. Outro método de cálculo é a estimativa através de dados levantados por evaporímetros, sendo o mais utilizado no Brasil, tanque classe A.

### 2.1.1 Método Jensen-Haise

O método de cálculo de evaporação, objeto central deste trabalho, foi desenvolvido pelos pesquisadores americanos Jensen e Haise, em 1963. No estudo que desenvolveu o método, os dois pesquisadores usaram mais de 3000 observações de variação de evapotranspiração, determinada por amostras de solo estatisticamente relacionadas, colhidas durante 35 anos no oeste dos Estados Unidos.

O modelo gerou resultados significantes em diversos estudos, como o de Majidi (et. al, 2015), onde o método Jensen-Haise produziu as estimativas de evaporação mais precisas, mesmo possuindo limitações nos seus dados de entrada. A pesquisa ressalta ainda que, apesar de sua simplicidade, o método proporcionou estimativas de evaporação mais confiáveis do que vários métodos mais complexos e caros.

A simplicidade do método está no número de parâmetros utilizados para o cálculo. Enquanto alguns métodos empíricos de cálculo de evaporação requerem muitas informações, a equação utilizada pelo método Jensen-Haise necessita, apenas, de dois parâmetros para concretização dos cálculos, que são a temperatura e a radiação solar local.

O estudo intitulado “Estimativa de Evapotranspiração de Referência no Semiárido Pernambucano”, por sua vez, discorre que os melhores desempenhos para a estimativa da evapotranspiração foram obtidos pelo método de Jensen-Haise (DA SILVA; DE SOUZA, 2011, p. 18).

O método escolhido para calcular a evaporação neste estudo apresenta bons resultados, quando o aplicado a regiões áridas e semiáridas (MEDEIROS, 2008), se assemelhando a região onde o reservatório estudado está localizado. Assim, a equação definida por Jensen e Haise (1963) e utilizada nesta metodologia foi:

$$E = 0,03523 \cdot R_s \cdot (0,014 \cdot T_a - 0,37) \quad (1)$$

Sendo:

**E** - taxa de evaporação diária (mm/dia)

**R<sub>s</sub>** – radiação solar ( $W \cdot m^{-2}$ )

**T<sub>a</sub>** - temperatura do ar ( $F^\circ$ )

### 3. MATERIAS E MÉTODOS -3.1 Caracterização da Área de Estudo

O reservatório de Encanto pertence à bacia hidrográfica Apodi/Mossoró, a segunda maior do estado, em extensão. O açude está situado na cidade de Encanto (figura 1), que pertence á mesorregião Oeste Potiguar e faz divisa com o estado do Ceará. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município possui população estimada em 5.630 habitantes e área de 125,749 km<sup>2</sup> (2015).

Figura1: Localização do Município de Encanto-RN



Fonte: adaptado pelo autor, de EMPARN, 2017

Figura 2 – Vista aérea do açude de Encanto



Fonte: Studio Vídeo Produções

Fruto de barramento de riacho Encanto, o açude (figura 2) foi construído pela Secretária de Agricultura - SAG em 1984, sendo gerido, atualmente, pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, SEMARH/RN. A bacia hidráulica é de 123,78 hectares, a área de sua bacia hidrográfica totaliza 130km<sup>2</sup> e a capacidade máxima do reservatório é de 5.192.538,00 m<sup>3</sup>, com volume morto de 160.398,00m<sup>3</sup>. O açude possui barragem de terra compactada com altura máxima de 16,87m e coroamento com extensão de 340 metros e altura de 6 metros.

### 3.2 Evaporação

A informações iniciais utilizadas para calcular a evaporação foram os dados de monitoramento do nível de água, da área do espelho d'água e do volume do reservatório, cedidas pela SEMARH/RN. A série histórica desses dados compreende o período entre a primeira medição do ano 2009 e a última medição do ano 2016. Essas medições foram realizadas com diferentes intervalos de tempo, sendo algumas medições feitas com diferença de dias, outras com diferença de semanas e algumas com diferença de meses. Por causa dessas diferenças entre medições, os valores obtidos foram readequados para o intervalo de tempo dia.

Em seguida, foi necessária a obtenção dos dados para o cálculo da evaporação, de acordo com a equação do método Jensen-Haise:

- Radiação solar, em (W.m<sup>-2</sup>);
- Temperatura do ar, em °F.

Os dados de temperatura utilizados (Tabela 1) foram os da estação climatológica de Apodi, a estação com menor distância da área de estudo. A estação climatológica é uma das 15 do estado, das quais 7 são mantidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia e 8 pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN, 2017). As informações constam no documento “Normais Climatológicas do Brasil, do INMET” (2017), que contém uma série histórica de 1961 a 1990. As temperaturas em questão foram colhidas em graus Celsius, sendo convertidas em Fahrenheit pela equação a seguir, para assim se adequarem a equação de cálculo de evaporação.

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} * 1,8) + 32 \quad (2)$$

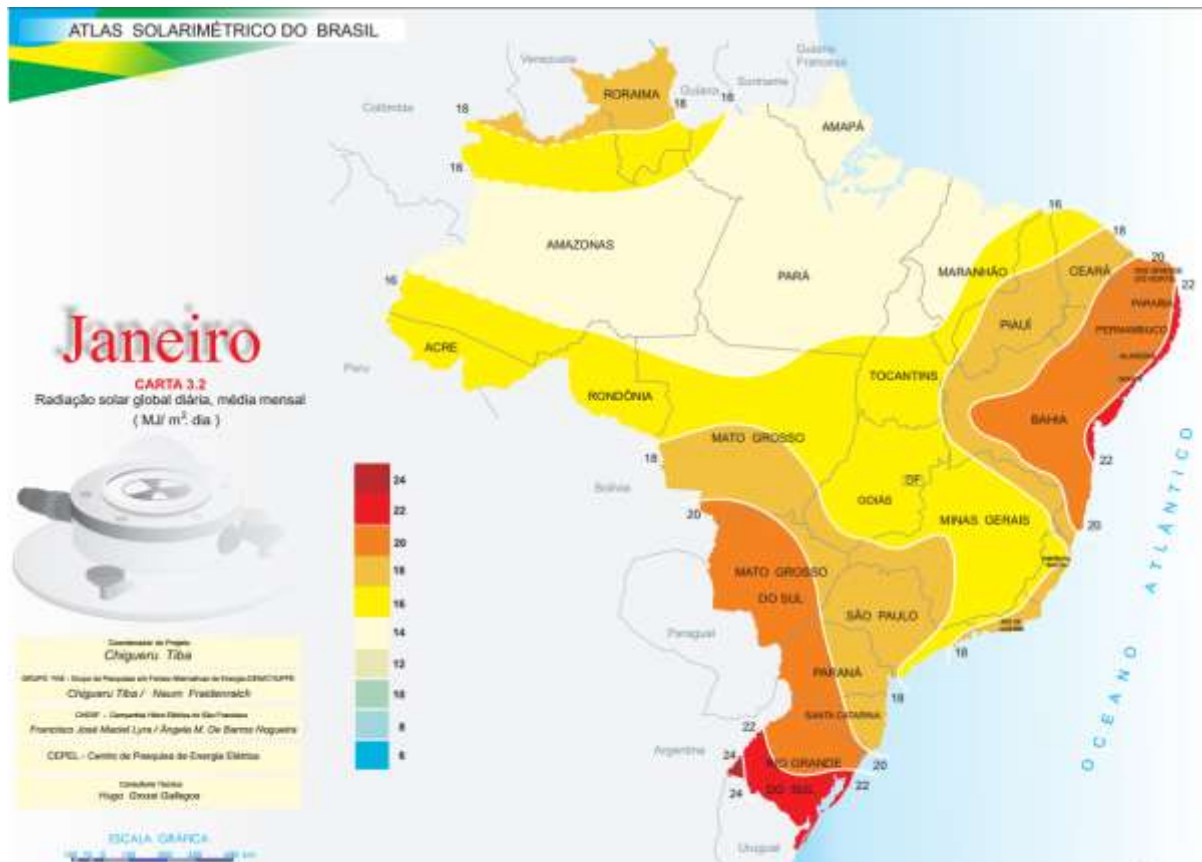
Tabela 1: Médias históricas da Temperatura (Apodí)

Unid.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
°C	28,1	27,3	26,4	26,8	26,3	26,2	26,0	26,7	27,3	27,9	28,0	27,9
°F	82,6	81,1	79,5	80,2	79,3	79,2	78,8	80,1	81,1	82,2	82,4	82,2

Fonte: INMET (Normais Climatológicas do Brasil)

A radiação não pôde ser retirada da mesma estação climatológica, pois a série de dados de radiação estava incompleta e curta. Por esse motivo, a radiação solar foi obtida através do Atlas Solarimétrico do Brasil, documento produzido pelo Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco.

Figura 3: Carta de isolinhas do mês de janeiro



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, UFPE (2000)

O material disponibiliza, por meio de cartas de radiação solar global diária (figura 3), a média mensal das radiações para cada mês do ano, em todo o território nacional. As isolinhas separam regiões com radiação solar aproximada, com estimativas de erro abaixo dos 10%. Os valores foram fornecidos em MJ/m<sup>2</sup>.d, devendo esta ser convertida em W/m<sup>2</sup> (Tabela 1) como requer a equação do método Jensen-Haise.

Tabela 2: Médias históricas de Radiação (Encanto)

Unid.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MJ/m <sup>2</sup> .d	20,0	20,0	18,0	18,0	16,0	16,0	16,0	20,0	20,0	20,0	22,0	20,0
W/m <sup>2</sup>	231,5	231,5	208,3	208,3	185,2	185,2	185,2	231,5	231,5	231,5	254,6	231,5

Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, UFPE

Com as médias de temperatura e radiação de cada mês foi calculada a evaporação pelo método Jensen-Haise (equação 1), resultando em uma evaporação diária em milímetros. A evaporação, então, foi convertida em metros por dia e multiplicada pelo período de tempo, ou seja, a data da medição posterior menos a data da medição anterior. Essa evaporação no período entre medições, quando multiplicada pela média da área do reservatório (média entre as áreas entre as medições) resultou na perda de evaporação do reservatório, em metros cúbicos, no período.

### 3.3 Balanço hídrico

O balanço hídrico é uma metodologia que viabiliza a observação do comportamento do sistema, no caso o açude, considerando as entradas e saídas de água. Os cálculos utilizados no trabalho foram feitos por meio da equação a seguir.

$$\Delta V = V_{af} + P - E - V_{ef} \quad (3).$$

Onde:

$\Delta V$  – Variação de volume (m<sup>3</sup>)

$V_{af}$  – Volume afluyente ao reservatório (m<sup>3</sup>)

$P$  – Precipitação (m<sup>3</sup>)

$E$  – Evaporação (m<sup>3</sup>)

$V_{ef}$  - Volume efluente do reservatório (m<sup>3</sup>)

O balanço hídrico requer, além do volume de água evaporado por ano, a compreensão do volume de precipitação pluviométrica (tabela 3) sobre o reservatório, o volume efluente, ou seja, o volume que deixa o reservatório por utilização ou por vertimento de água, e o volume afluyente, aquele que entra no reservatório por escoamento superficial. O estudo realizou uma simulação do funcionamento do reservatório em período de seca, e para isso, desconsiderou os valores de volume afluyente.

O volume precipitado foi calculado utilizando as precipitações médias mensais da estação climatológica de Apodi (INMET) disponibilizados em milímetro por mês e convertidos em metros por dia. Estes dados foram convertidos multiplicados pela média entre as áreas do açudes em medições consecutivas e pelo período de tempo entre as medições (dias), resultando no volume precipitado sobre o reservatório em metros cúbicos.

Tabela 3: Médias históricas da precipitação

Unid	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm/mês	61,40	110,20	238,00	201,50	121,70	64,80	54,30	6,40	4,40	3,50	3,10	23,70
m/dia	0,0020	0,0037	0,0079	0,0067	0,0041	0,0022	0,0018	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008

Fonte: INMET (Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990)

O volume efluente foi estabelecido como sendo o valor de água consumida. Esse valor foi calculado por meio do valor de uso outorgado (tabela 4), registrado pela companhia de abastecimento CAERN, e vigente para o período de 2016/2017. Foram desconsiderados os valores de crescimento da população entre 2009 e 2016, superestimando a vazão outorgada. Como a outorga atual é a maior neste período, o consumo é o maior consumo possível, sendo este o cenário mais desfavorável para o reservatório. Outra justificativa para utilizar o valor de outorga como representação do consumo de água do reservatório, neste estudo, é a existência de demandas do reservatório não calculadas, como a água retirada por pecuaristas da região para dessedentação de animais, água usada pelos moradores no entorno do açude para abastecimento doméstico e irrigação de pequenas plantações, etc.

Tabela 4: Volume atual outorgado

Requerente	Nº de Outorga	Data Expedida	Data Validade	Local de Captação	Nº de pontos	Vazão Total Outorgada (m3/dia)
CAERN	0380/16	24/10/ 2016	24/10/ 2017	AÇUDE ENCANTO	1	1163

Fonte: IGARN-RN, 2017

O valor outorgado, em metros cúbicos por dia, foi multiplicado pelo período de tempo entre as medições, resultando no volume consumido no período. A somatória dos consumos culminou no consumo acumulado em todo o ano. Por considerar o consumo diário uniforme no período de estudo, todos os anos possuem valores de consumo iguais. As exceções são 2012 e 2016, que são anos bissextos (tabela 5).

Com os valores de precipitação pluviométrica sobre o reservatório, consumo de água e perda por evaporação, foi realizada a simulação de esvaziamento do reservatório em 20 cenários. Os valores de 95%, 90%, 85%, 80%, 75%, 70%, 65%, 60%, 55%, 50%, 45%, 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 5% do volume máximo do reservatório foram utilizados como volume inicial da simulação.

### 3. RESULTADOS

#### 4.1 Evaporação

O somatório das perdas por evaporação, nos períodos entre as medições, corresponde à evaporação acumulada do reservatório, que foi expressa por cada ano da série histórica na tabela 5. O mesmo modelo de demonstração de resultados foi adotado para o volume precipitado e o volume consumido.

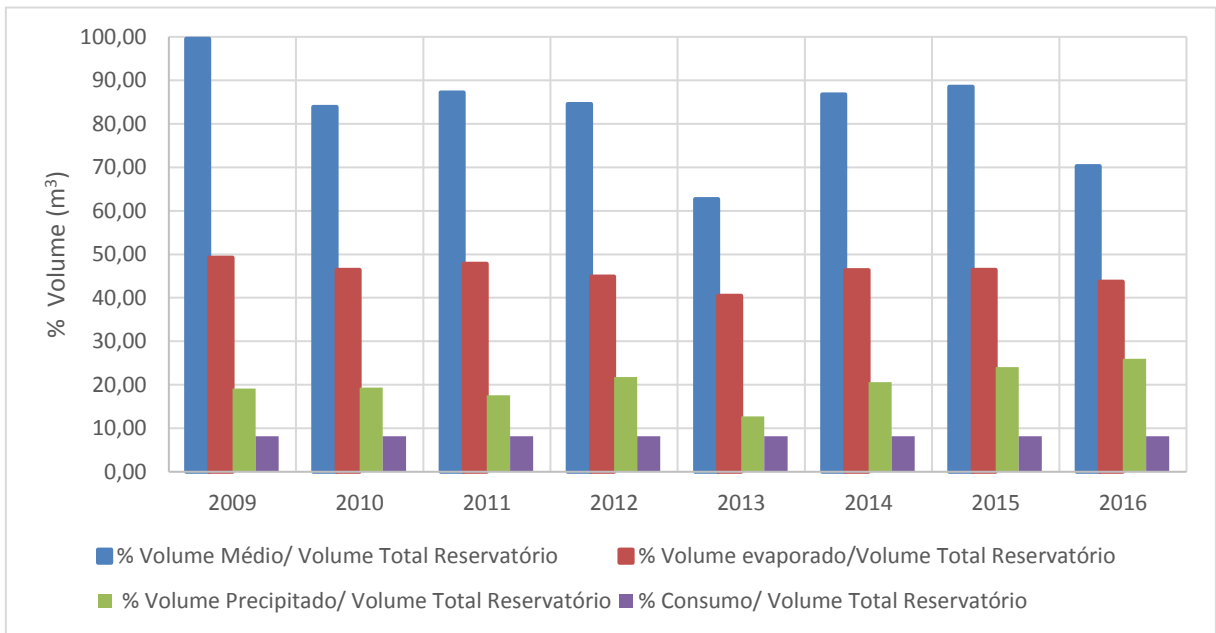
Tabela 5: Evaporação acumulada

Ano	Perda Evaporação Acumulada (m3)	Precipitação Acumulada na bacia hidráulica (m3)	Consumo anual (m3)
2009	2.555.337,97	994.806,48	424.495,00
2010	2.409.596,26	1.006.300,99	424.495,00
2011	2.485.486,48	913.775,74	424.495,00
2012	2.329.463,32	1.132.285,59	425.658,00
2013	2.103.498,95	659.751,96	424.495,00
2014	2.408.185,44	1.071.402,00	424.495,00
2015	2.410.177,46	1.248.630,30	424.495,00
2016	2.271.351,47	1.348.632,59	425.658,00

Fonte: Autor

Os volumes evaporados do reservatório foram comparados com os volumes precipitados, os volumes consumidos pela demanda e os volumes médios do reservatório no ano, todos em percentuais com relação ao volume máximo do reservatório (figura 4).

Figura 4: Comparação entre evaporação, precipitação, consumo e volume médio

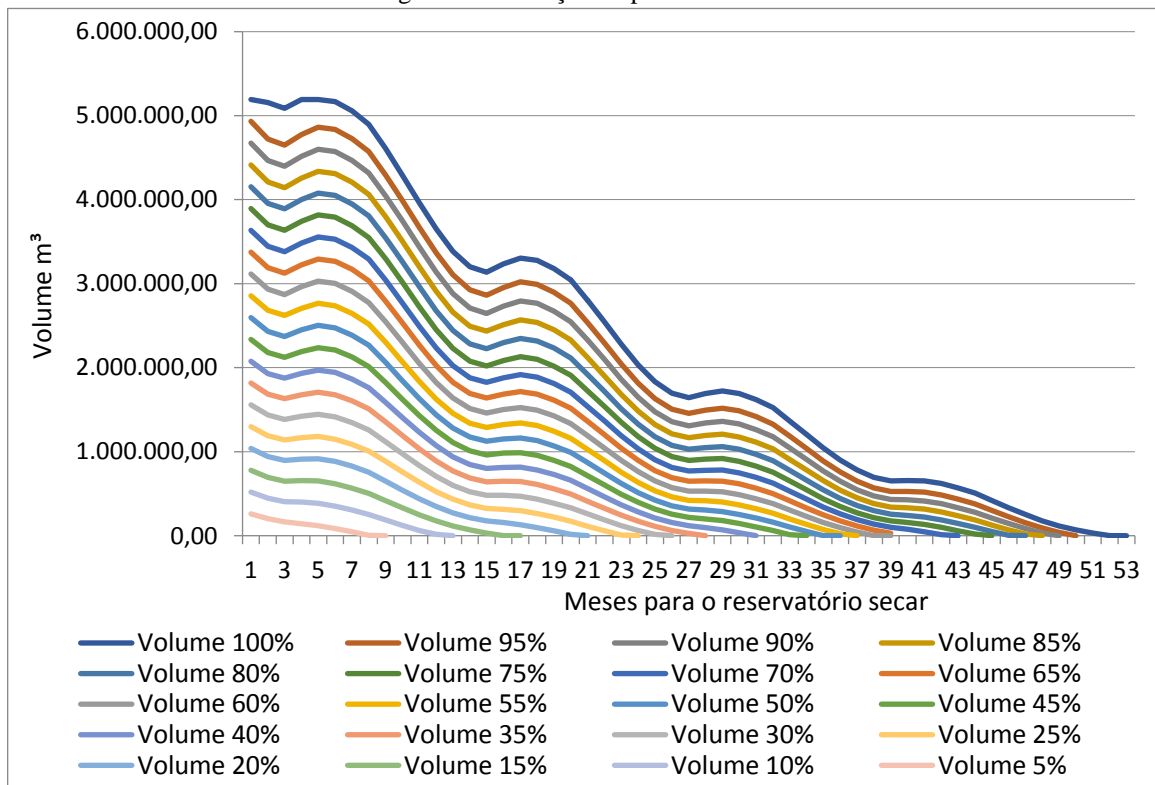


Fonte: Autor

O volume evaporado correspondeu ao dobro do volume precipitado em praticamente todos os anos. As precipitações pluviométricas sobre a área do reservatório variaram entre 17,60% e 25,97% do volume total, valores muito abaixo do volume evaporado.

#### 4.2 Simulação

Figura 5: Simulação de período crítico



Fonte: Autor

As simulações demonstraram que o reservatório, iniciando a simulação com sua capacidade volumétrica máxima de 5.192.538,00, resistiria a 52 meses, ou 4 anos e 4 meses, antes de secar completamente. Para 50% do seu volume total o reservatório demoraria cerca de 35 meses, ou 2 anos e 11 meses, para esvaziar e com 5% da capacidade, 8 meses. Analisando a figura 5, é perceptível que a cada 12 meses, aproximadamente, as linhas sofrem inflexões formando “ondulações”. Isso decorre do período chuvoso, concentrado nos 3 primeiros meses do ano, que é responsável por uma leve recuperação do volume do reservatório.

#### **4. DISCUSSÃO**

Os valores de evaporação atingiram índices entre 40% e 50% do volume total do reservatório em todos os anos de estudos. O resultado se assemelha aos encontrados por Suassuna (2002) na literatura. O autor afirma que: “A evapotranspiração elevada é fator importante a ser levado em consideração. Trabalhos nessa área estimam que os pequenos e médios açudes perdem cerca de 40% da água acumulada, através desse fenômeno”. Em outro estudo, Rebouças (1997) declara que: “anualmente, registra-se perda por evaporação da água em açudes, que representa uma lâmina média de 3 m”. Para o açude de Encanto, as alturas evaporadas anuais foram de cerca de 2,3 metros, valor próximo ao encontrado no trabalho citado.

O volume de água consumido pelo abastecimento, em contrapartida, não ultrapassou os 10% do volume do reservatório, o que indica uma provável subutilização deste, coincidindo com resultados divulgados por Rebouças (1997): “Tradicionalmente, os açudes e poços do Nordeste brasileiro foram construídos visando principalmente ao abastecimento das populações e dos rebanhos. Tal circunstância contribui para a manutenção de um contexto de subutilização”.

Os resultados da simulação de esvaziamento foram otimistas ao afirmar que o reservatório, em sua capacidade máxima, demora 4 anos e 4 meses para secar. Na realidade, o consumo real é maior do que o valor outorgado pela CAERN e por isso o esvaziamento se dá de maneira mais rápida do que o valor encontrado. Em compensação, a desconsideração do volume afluente na simulação agiu de maneira pessimista, pois se fosse considerada a contribuição do escoamento superficial das águas de chuva sobre as serras que circundam o açude de Encanto e a contribuição promovida pelo riacho Encanto, a recuperação anual de volume do reservatório seria maior, aumentando o tempo para que o reservatório chegasse ao colapso e secasse.

#### **5. CONCLUSÃO**

Os resultados encontrados no trabalho indicaram que a evaporação no reservatório de Encanto é elevada e consome grande parte da água armazenada, ou seja, uma quantidade de água que poderia ser utilizada para melhorar o abastecimento, as condições sociais e econômicas da região próxima do reservatório, é perdida para o meio ambiente, enquanto dor má utilização ou falta de estrutura adequada.

Também foi constatada subutilização do reservatório, pois o consumo de água corresponde a valores pequenos, se comparados com os volumes evaporados. O açude de Encanto é um exemplo de um pequeno reservatório que deve ser o uso das suas águas otimizado.

## REFERÊNCIAS

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL: banco de dados solarimétricos / coordenador Chigueru Tiba... et al.- Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p. : il., tab., mapas.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília, 2016

CAMPOS, José Nilson Beserra; STUDART, Ticiania Marinho de Carvalho. **Secas no Nordeste do Brasil**: origens, causas e soluções. 2001.

CRISPIM, Andrea Bezerra et al. A questão da seca no semiárido nordestino e a visão reducionista do Estado: a necessidade da desnaturalização dos problemas socioambientais. **AMBIENTE & EDUCAÇÃO-Revista de Educação Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 39-59, 2016.

DA SILVA, Ana Paula Nunes; DE SOUZA, Leandro Rodrigues. **Estimativa de evapotranspiração de referência no Semiárido Pernambucano**. 2011.

EMPARN, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, disponível em: < <http://187.61.173.26/estacaomet.php>>. Acesso em: 10 mai. 2017

FONTES, Andrea S.; OLIVEIRA, JIR de; MEDEIROS, Yvonilde Dantas P. **A evaporação em açudes no semi-árido nordestino do Brasil e a gestão das águas**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v. 15, 2003.

CIDADES, I.B.G.E. – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <http://cod.ibge.gov.br/CNS>>. Acesso em: 04 de abr. 2017.

IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. **Situação Volumétrica dos reservatórios do RN** disponível em < <http://www.igarn.rn.gov.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. **Estimating evapotranspiration from solar radiation**. Journal of Irrigation and Drain Engineering. Bulletin of the American Meteorological Society, v.89, p.15-41, 1963.

MAJIDI, M. et al. **Estimating evaporation from lakes and reservoirs under limited data condition in a semi-arid region**. Water Resources Management, v. 29, n. 10, p. 3711, 2015.

MEDEIROS, Patrick Valverde. *Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empírico-teóricas com base na equação de Penman-Monteith*. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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.

PINTO, Nelson Luiz de Sousa; HOLTZ, Antonio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto. **Hidrologia básica**. Editora Blucher, 2008.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos Avançados, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

SEMARH/RN -Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. **Ficha técnica do reservatório Encanto**. Disponível em: <<http://sistemas.searh.rn.gov.br/MonitoramentoVolumetrico/Monitoramento/FichaTecnica?idReservatorio=1069>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

SEMARH/SE. **Glossário de recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/srh/modules/tinyd0/index.php?id=8>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

SUASSUNA, J. **A pequena e média açudagem no semi-árido nordestino: uso da água na produção de alimentos**. Disponível em <[http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&id=756&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=756&Itemid=376)>. Acesso em: 15 mai. 2017