



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFAMETRO  
ENGENHARIA CIVIL**

**SHELDON SIRILO UCHÔA OLIVERA  
ANDRÉ LUIZ MOURA FAÇANHA**

**METÓDO PARA AMENIZAR A CRISE HÍDRICA NO ESTADO DO CEARÁ  
A eficácia do uso das *Shade Balls***

**FORTALEZA-CE**

**2022**

SHELDON SIRILO UCHÔA OLIVEIRA

ANDRÉ LUIZ MOURA FAÇANHA

METÓDO PARA AMENIZAR A CRISE HÍDRICA NO ESTADO DO CEARÁ

A eficácia do uso das *Shade Balls*

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – UNIFAMETRO – como requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação da prof.<sup>a</sup> Marcos Abílio Medeiros De Saboia.

BANCA EXAMINADORA

---

---

---

**FORTALEZA-CE**

**2022**

**AGRADECIMENTOS**

Inicialmente antes de tudo, sempre agradeço a Deus por me dar mais uma oportunidade de viver, seguirei sempre o proposito que ele me almeja. Aos nossos familiares que foram tão importantes por estarmos aqui. Nosso agradecimento ao professor Marcos Abílio Medeiros De Saboia por todo o apoio e paciência no processo de construção deste artigo.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>9</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>13</b>

**METÓDO PARA AMENIZAR A CRISE HÍDRICA NO ESTADO DO CEARÁ: A  
eficácia do uso das *Shade Balls*.**

SHELDON SIRILO UCHÔA OLIVEIRA

ANDRÉ LUIZ MOURA FAÇANHA

**RESUMO**

A qualidade da administração dos recursos hídricos está sempre em foco para novas tecnologias e propostas com o intuito de corroborar com atuais existentes e desenvolver melhorias. A estiagem no Ceará é intensificada por não ter um aproveitamento do período chuvoso a longo prazo, pois em questões de meses, o volume precipitado é evaporado pela ausência de um método que retenha mais recursos hídricos nos reservatórios. Nesse artigo, demonstro a técnica e a eficácia do uso de *shade balls* que diminuem a evaporação da água nos reservatórios cearenses, através de um experimento empírico.

Palavras-chave: Administração hídrica. Shade balls. Estiagem

**ABSTRACT**

The quality of water resources management is always in focus for new technologies and proposals in order to corroborate with current existing and develop improvements. The drought in Ceará is intensified by not taking advantage of the rainy season in the long term because in a matter of months, the precipitated volume is evaporated due to the absence of a method that retains more water resources in the reservoirs. In this article, I demonstrate the technique and effectiveness of using shade balls that reduce water evaporation in Ceará's reservoirs, through an empirical experiment.

key words: Water management. Shade balls. Drought.

## **1 INTRODUÇÃO.**

As preocupações com as condições ambientais abrangem todas as esferas social, política e econômica, e em um momento em que as preocupações ambientais exigem repensar o uso dos recursos naturais em todos os países industrializados e em desenvolvimento. Em muitos casos, essa questão pode ser atribuída pela sua escassez devido ao aumento da população, desperdício, inadequada distribuição geográfica, poluição e degradação de mananciais, resultando no comprometimento do desenvolvimento e crescimento de gerações futuras (SAUTCHÚK, 2013).

Um marco importante na história da humanidade é a revolução neolítica, entre o período de 7000 a.C. até 2500 a.C., onde deu-se início ao domínio da agricultura e a sedentarização de grupos humanos (PROENÇA, 2011). Com isto, houve uma criação rudimentar da administração dos recursos hídricos. Devido a tal acontecimento, sabemos a importância da política de manuseio dos recursos hidrológicos para que as estiagens sejam controladas, principalmente em locais com contexto hidrogeológico adversos como o Ceará.

O estado do Ceará tem uma história de baixa disponibilidade hídrica, devido as suas questões geológicas e seu clima semiárido bastante preponderante (ARAÚJO, 2002). Porém, engana-se indicar que o principal fator, para a crise hídrica, é exclusivamente dos baixos níveis pluviométricos, cerca de 600,7 mm/ano. Existem uma série de fatores que compactuam para o agravamento, dentre elas podemos destacar as altas taxas de evaporação, superiores a 2000 mm/ano, afetando principalmente os grandes reservatórios de água (SOUZA FILHO, 2018.).

Os reservatórios cearenses de Pedra Branca, Marengo, Pacajus, Tijuquinha, Pacoti, Gavião, Riachão e Santo Anastácio, tem uma média de perda dos recursos hídricos aproximando-se dos 2,4 bilhões de litros de água por dia, através da evaporação. (GOMES COSTA, 2021).

Esse panorama leva a um agravamento socioeconômico das cidades do interior do estado, em que historicamente em alguns períodos, por exemplo, entre 1887 a 1890, 1958 a 1970 e 2012 a 2017, houveram grandes êxodos do interior, tornando os riscos hidrológicos em problemas sistêmicos e de grande impacto ao desenvolvimento econômico (SOUZA FILHO, 2018).

Afinal, existiria alguma técnica que amenizasse as altas taxas de evaporação? Este estudo está sendo dirigido com o objetivo da aplicação de uma técnica com baixa demanda de manutenção e mão de obra, que possivelmente, diminuirá os níveis de evaporação de água dos reservatórios no estado do Ceará, acrescentando a gestão atual mais uma solução viável através das *shade balls*.

## 2. METODOLOGIA.

Trata-se de uma pesquisa explicativa, com o intuito de demonstrar a funcionalidade da técnica para retardar a evaporação e diminuir a interação da água com os raios solares. O estudo será feito através de um experimento discriminado a seguir.

Foram utilizados 2 reservatórios artificiais R-1 e R-2 (Figura 1), idênticos, com diâmetro interno de 88 cm, 21,1 cm de altura e volume total de 128,3 litros, com área superficial de 0,60821 m<sup>2</sup> em lona de PVC. Os reservatórios R-1 e R-2 no início do experimento, contêm uma coluna d'água de 14,8 cm e volume de 90.015,4259 cm<sup>3</sup> ou 90,01 litros de água. R-1 foi coberto pelas bolas de sombras, enquanto o reservatório 2 (R-2) foi totalmente exposto a atmosfera.

As *shade balls*, também conhecido como bolas de sombras, tem o diâmetro de 8 cm com área seccional de 0.00503 m<sup>2</sup>. Foram utilizadas 120 unidades para o cobertura total do R-1, onde todas as bolas foram preenchidas por 10 ml de água, com o intuito de evitar a interferência de quedas pela existência de intempéries. Elas são criadas a partir de polietileno preto, material este, que é inerte com a água em seus componentes químicos. A especificidade da sua coloração é para diminuir o contato dos raios solares a superfície do leito d'água, além de aumentar a vida útil do material, pois este espectro de cor, apresenta maior durabilidade à exposição aos raios solares.

O custo de aquisição das *shade balls* foram de R\$76,89 (setenta e seis reais e oitenta e nove centavos) por 150 unidades, na qual essa quantidade é suficiente para cobrir uma área de 0,7545 m<sup>2</sup>, ou seja, baseado no preço de 150 unidades, podemos deduzir que os custo de aquisição por 1 m<sup>2</sup> é aproximadamente R\$101,90 (cento e um reais e noventa centavos).

**Figura 1** - Reservatórios R-1 e R-2



**Fonte:** Compilação do autor, 2022

O experimento foi iniciado no dia 21 de maio de 2022, às 09:23 da manhã, com localização de latitude e longitude (Figura 2), respectivamente de -3.7608970876541203 e -38.62869599701619. As localizações foram retiradas através do software de pesquisa *google maps*.

**Figura 2:** Localização via satélite

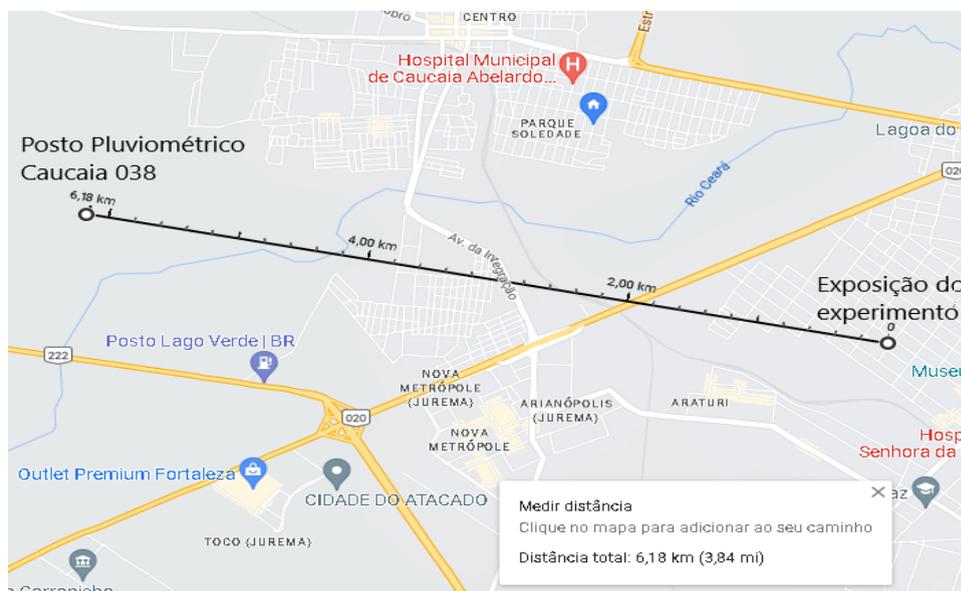


**Fonte:** Google Maps, 2022

Os dados pluviométricos foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme, o posto de coleta é

038-Caucaia, com latitude -3.7500 e longitude de -38.6833. O posto usado em análise possui uma distância de aproximadamente 6,18 km (Figura 3) do local do experimento, tornando os valores de precipitações mais conclusivas na região

**Figura 3:** Distância entre pluviômetro e experimento



Fonte: Google Maps, 2022

As medições dos reservatórios foram no dia 28 de maio de 2022, às 16:42. E no dia 03 de junho de 2022, às 17:42. Para que não houvesse imprecisão na medição da altura de coluna d'água, todas as *shade balls* foram retiradas dos reservatórios no momento da metragem (Figura 4).

### 3. RESULTADOS

Durante a primeira semana de experimento, tivemos precipitações sobre os reservatórios, e em razão disso, primeiramente iremos discriminar os valores que foram acrescentados durante a primeira semana de experimento (tabela 1) e durante a segunda semana (tabela 2). Os dados foram obtidos através do posto pluviométrico da Funceme, Caucaia (038).

Segue as tabelas 1 e 2 com os dados de chuvas no período dos dias 21 de maio de 2022 a 5 de junho de 2022. Onde foram subdividido em 1º semana e 2º semana, o motivo desta divisão dar-se pelo alto índice pluviométrico no período e os intervalos de visitação em campo para a coleta de valores.

**Tabela 1:** Dados pluviométricos

1º Se m a n a	Data	Precipitação (mm)
	21 de maio	0
	22 de maio	23
	23 de maio	12,6
	24 de maio	5,2
	25 de maio	29,2
	26 de maio	0
	27 de maio	0
	28 de maio	0
	TOTAL	70

Fonte: Funceme, 2022

Durante a primeira semana de experimento houve um acréscimo, embutido proporcionalmente a sua dimensão, no sistema de 70 mm decorrentes de chuvas, no qual será calculado, através de uma multiplicação da área superficial efetiva dos reservatórios pelo total de precipitações ao longo da semana.

A função pode é expressa pela **Equação 1**:

$$(1) \quad V_a = P_1 \times A_r$$

$V_a$  é volume precipitado;

$P_1$  é a precipitação total da semana;

$A_r$  é a área superficial efetiva do reservatório.

Resultando no valor acrescentado ao sistema de 42,5747 mm (42 litros). Transformando esse volume, em altura de coluna d'água, através da seguinte **Equação 2**.

$$H_{cd} = \frac{V_a}{A_r} \quad (2)$$

$H_{cd}$  é altura da coluna d'água acrescentada.

Aplicando a equação, teremos um valor aproximado de 6,99 cm de altura acrescentado nos reservatórios R-1 e R-2.

A coleta de dados da primeira semana, que perdurou entre os dias 21 de maio de 2022 até 28 de maio de 2022, apresentaram os seguintes valores expressos na tabela 3.

**Tabela 2:** Dados coletados.

1º semana	Coluna d'água inicial (cm)	Coluna d'água precipitada (cm)	Coluna d'água teórica (cm)	Coluna d'água medida (cm)	Taxa evaporada (cm)	Taxa evaporada (L)
	A	B	C	D	E	E
Reservatório 1	14,8	6,99	21,79	17,7	4,09	24,86
Reservatório 2	14,8	6,99	21,79	13,4	8,39	51,00

**Fonte:** Acervo próprio.

Legenda:

A = Altura inicial do projeto;

B = Altura acrescentada por precipitação;

C = Altura teórica (A + B);

D = Altura da coluna d'água real;

E = Diferença entre altura teórica e real. (C – D).

O estudo durante a segunda semana inicia com valores reais da primeira semana, ou seja, a altura de água no dia 29 de maio em R-1 é 17,7 cm e R-2 é de 13,4 cm. Durante a 2º semana houve uma ocorrência de chuva, maior do que na primeira etapa do estudo, segue a tabela 3 com os dados pluviométricos.

2º Se ma na	Data	Precipitação (mm)
	29 de maio	11
	30 de maio	6,4
	31 de maio	0
	01 de junho	22,6
	02 de junho	59
	03 de junho	20,8
	04 de junho	0
	<b>TOTAL</b>	<b>119,8</b>

**Tabela 3:** Dados pluviométricos

**Fonte:** Funceme, 2022

Aplicando Equação 1 novamente, podemos determinar o volume adicional que corresponde a 72,863558 mm (72 litros). Através da Equação 2 descobrimos a altura da coluna d'água de 11,98 cm.

Os valores da tabela 4 discriminado durante os dias 29 de maio de 2022 a 04 de junho de 2022.

**Tabela 4:** Dados coletados.

2º semana	Coluna d'água inicial (cm)	Coluna d'água precipitada (cm)	Coluna d'água teórica (cm)	Coluna d'água medida (cm)	Taxa evaporada (cm)	Taxa evaporada (L)
	A	B	C	D	E	E
Reservatório 1	17,7	11,98	29,68	19,4	10,28	62,49
Reservatório 2	13,4	11,98	25,38	11,2	14,18	86,20

**Fonte:** Acervo próprio.

Legenda:

A = Altura inicial do projeto;

B = Altura acrescentada por precipitação;

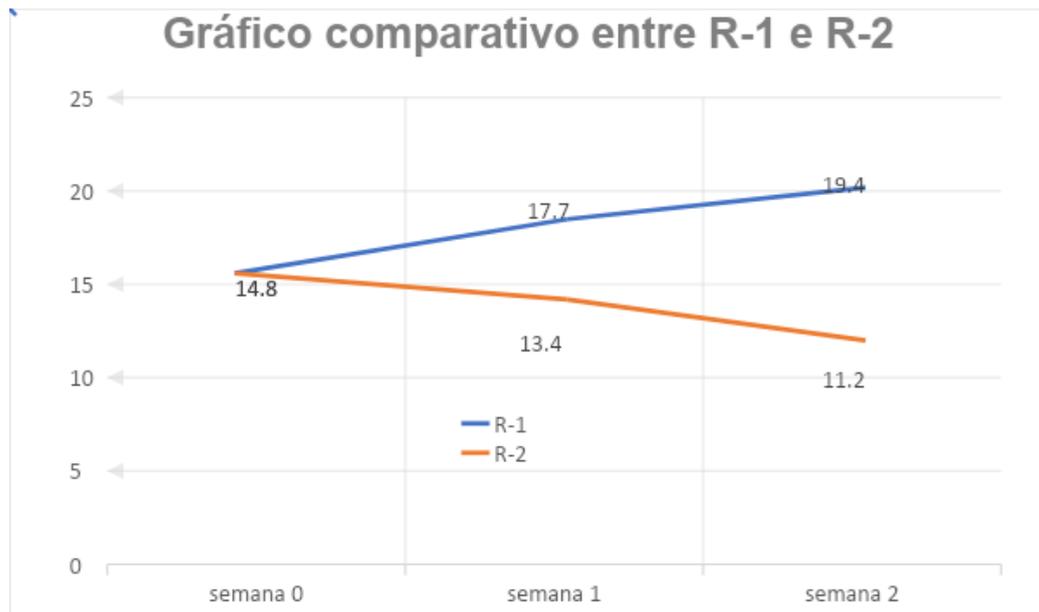
C = Altura teórica (A + B);

D = Altura da coluna d'água real;

E = Diferença entre altura teórica e real. (C – D).

Ficou nítido a diferença entre a evaporação de água entre o reservatório 1, onde está inserido as shade balls, e o reservatório 2 que está exposto ao sol. Com os resultados, podemos demonstrar através do gráfico 1 a altura da coluna d'água ao longo das duas semanas de experimento.

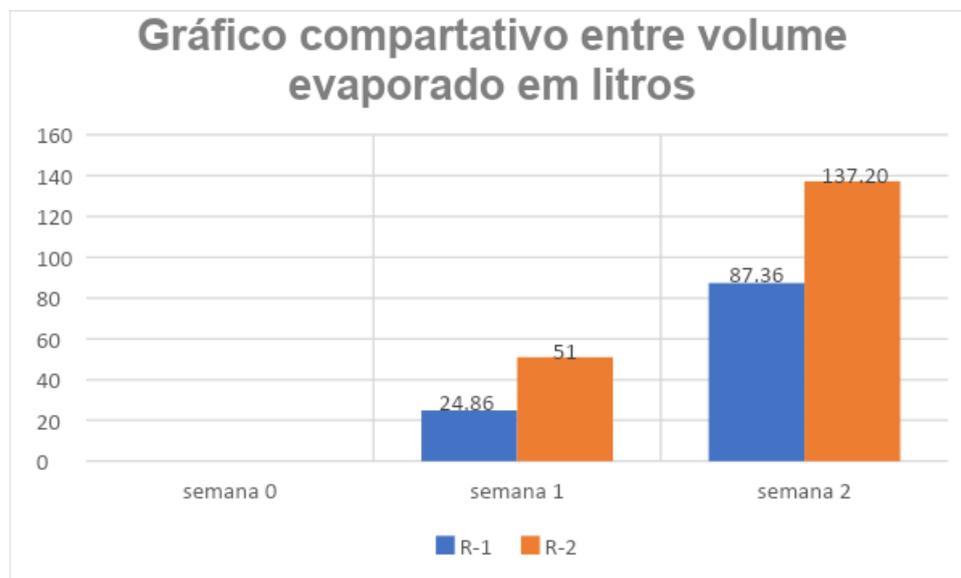
**Gráfico 1:** Comparativo de R-1 e R-2 em cm



**Fonte:** Acervo próprio

O gráfico 2 expõe os valores evaporado em cada reservatório na unidade de litros.

**Gráfico 2:** Comparativo de R-1 e R-2.



**Fonte:** Acervo próprio

Fazendo o comparativo entre o reservatório 1 e 2, concluímos que a taxa de evaporação, no reservatório onde há a existência das shades balls, a evaporação é reduzida em média de 36,30% se comparado ao um reservatório de mesma medida e expostas as mesmas circunstancias, provando um retorno

de resultados bem otimista e significativo. Podemos imaginar suas aplicações em reservatórios cearenses, a fim de melhorar a gestão.

#### **4. CONCLUSÃO**

Projetando a porcentagem de 36,30% aos 8 reservatórios hidrológicos de Pedra Branca, Marengo, Pacajus, Tijuquinha, Pacoti, Gavião, Riachão e Santo Anastácio, onde há uma evaporação diária de 2,1 bilhões de litros, podemos determinar que diariamente seria economizado 762.3 mil litros de água no leito do reservatório.

O processo de melhoria de gerenciamento dos recursos hídricos cearenses é uma necessidade mais que antiga, na qual, existem varias formas de amenizar os impactos socioeconômicos da estiagem no estado. Foi descrito no presente trabalho uma técnica de instalação de *shades balls* e sua eficácia plena, caso seja aplicada em algum reservatório, deverá melhorar a qualidade da gestão dos recursos hídricos, por consequência beneficiando a população.

#### **REFERÊNCIAS**

EVAPORATION in Brazilian dryland reservoirs: Spatial variability and impact of riparian vegetation. Fortaleza, 2021. Science of The Total Environment, [s. l.], ano 2021, v. 797, 25 nov. 2021.

NUNES, L. F. C. V., & Medeiros, P. H. A. (2020). Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade. Revista de Gestão de Água da América Latina, 17, e18. <https://doi.org/10.21168/reg.v17e18>

DILONARDO, M. J. Plastic balls are California's water-savers: Millions of black shade balls' float on the surface of reservoirs, slowing evaporation. [s.l.], 13 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.mnn.com/earth-matters/wilderness-resources/stories/plastic-balls-are-californias-watersavers>>. Acesso em: 15 de junho de 2022

SIFFERLIN, A.; JONES, HEATHER. This Graphic Shows How Plastic Balls Are Saving L.A. From Drought. 14 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://time.com/3998554/shade-ballsgraphic/>>. Acesso em: 24 de novembro de 2015.

COUTINHO, Maytê Duarte Leal; COUTINHO, Michelyne Duarte Leal; BRITO, José Ivaldo B. de. Análise de componentes principais com dados pluviométricos no estado do Ceará. Verify if the precipitation on the Ceará, [s. l.], 10 dez. 2013

FILHO, Francisco de Assis Souza. CEARÁ 2050. Estudo Setorial Especial, [s. l.], 28 jul. 2018. KELMAN, Jerson. Prefácio. In: SAUTCHÚK, Carla Araújo; LANDI, Fernando Del Nero; MIERZWA, José Carlos; VIVACQUA, Maria Carolina Rivoir; SILVA, Maurício da Costa Cabral da; LANDI, Paula Del Nero; SCHMIDT, William. Conservação e Reúso de Água. Conservação e Reúso de Água. Manual de Conservação e Reúso de Água Para a Indústria, São Paulo: FIESP/CIESP, vol.1, 9 p., 2004.