



POTENCIAL ECONÔMICO DO USO DA ÁGUA DE CHUVA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.XV-002>

Rafael Melo Torres (*), Fabíola da Costa Catombé Dantas, Pedro Canisio Azevedo de Souza, Amanda Virgínia de Oliveira Soares

* Instituto Federal do Rio Grande do Norte

RESUMO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, cerca de 200 litros de água são utilizados para cada m³ de concreto. Visando uma menor utilização de água potável, esse estudo propôs o reuso de água de chuva na produção de concreto, como também, avaliar o seu potencial econômico através de simulação de uma usina de concreto projetada em tecnologia BIM (Building Information Model) e idealizada com indicadores de produção reais. Foi realizado ensaios de resistência à compressão no concreto, e podemos destacar que a resistência à compressão do concreto produzido com água de chuva comparado com a água potável foi estatisticamente igual. Foi determinado os custos de implantação do sistema de reaproveitamento de água e a determinação do período de retorno do investimento inicial. Verificamos que a quantidade de água potável que deixaria de ser comprada a concessionária seria considerável, e que a relação entre o custo de implantação do sistema e a economia gerada anualmente seria compensado a partir de 3,5 anos.

PALAVRAS-CHAVE: água de chuva, concreto, resistência

ABSTRACT

Concrete is the most used material in civil construction, around 200 liters of water are used for every m³ of concrete. Aiming to reduce the use of drinking water, this study proposed the use of rainwater in the production of concrete, as well as evaluating its potential through an economic simulation of a concrete plant designed using BIM technology (Building Information Model) and idealized with real production indicators. Specification resistance tests were carried out on the concrete, and we can highlight that the specification resistance of concrete produced with rainwater compared to drinking water was statistically equal. The costs of implementing the water reuse system and determining the payback period for the initial investment were determined. We verified that the amount of water required that would no longer be purchased upon delivery would be special, and that the relationship between the cost of implementing the system and the savings generated annually would be compensated after 3.5 years.

KEY WORDS: rainwater, concrete, resistance

INTRODUÇÃO

Atualmente a escassez de água potável vem tomando grandes proporções, e alguns fatores como o aumento da população, o crescimento dos centros urbanos e o aumento da atividade agropecuária/industrial são responsáveis pelo aumento da demanda por água. Por outro lado, o uso não racional e a gestão das águas ineficiente vêm causando sua escassez, uma vez que, interfere de forma negativa no seu ciclo hidrológico.

Há uma necessidade de ações prioritárias de preservação das águas, tanto na quantidade quanto na qualidade. No Brasil coloca-se como urgência a quantidade de água disponível protegendo mananciais e combatendo o desmatamento das matas ciliares, além de evitar o assoreamento das margens dos rios pelas ocupações irregulares (KUSTER; HERMANN, 2006).

Segundo Hespanhol (2003) os custos elevados de água industrial, associados a demanda crescentes, levam as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reuso e considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de água de reuso, a preços inferiores aos da água potável. Neste contexto, o aproveitamento da água de chuva se torna uma forma de enfrentar o problema da falta de água, por ser de boa qualidade e por muitas vezes ser dispensável o seu tratamento.

OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é reaproveitar a água de chuva, dado o alto consumo de água potável na fabricação de concreto, trazendo um importante papel de controle ambiental, aliado a uma água de boa qualidade com bons resultados mecânicos ao concreto. A pesquisa também avaliou o potencial econômico do uso da água de chuva através de simulação de uma usina de concreto projetada em tecnologia BIM (Building Information Model).

METODOLOGIA

A água de chuva utilizada foi coletada do telhado de um prédio de uma instituição de ensino. O primeiro milímetro da água de chuva não foi utilizado nos experimentos, pois a contaminação da água ocorre quando a água interage com o ar da atmosfera e na superfície de captação. Para o concreto dosado em laboratório foi utilizado o cimento Portland CP II – Z – 32. Foi utilizado agregado miúdo (areia de origem natural) e agregado graúdo (brita 19) de origem granítica. A dosagem do concreto foi baseada no método brasileiro ABCP/ACI, para resistência característica de 25 MPa e abatimento de 90 ± 10 mm, resultando no traço de referência 1: 1,62: 2,72: 0,50 (cimento: areia: brita: fator água/cimento).

Foram produzidos 30 corpos de prova, sendo 15 para referência, utilizando água potável no amassamento, e 15 produzidos com a substituição total da água potável pela água de chuva. Para a determinação da resistência à compressão foram utilizadas 05 réplicas para as idades: 7, 15 e 28 dias. Uma análise de variância foi realizada, seguida de testes estatísticos a posteriori para comparação dos ensaios mecânicos.

Para verificar o potencial econômico do reaproveitamento da água no concreto foi realizada uma simulação de uma usina de concreto projetada em tecnologia BIM e idealizada com indicadores de produção de usinas de concreto da cidade de Natal, com produção diária de concreto de $100\text{m}^3/\text{dia}$.

Foi realizado dimensionamento de cisternas, considerando a existência de um galpão na usina de concreto idealizada na pesquisa, com área de captação de 450m^2 (Figura 1). O método utilizado para o dimensionamento das cisternas foi o de Andrade Neto (2015) que se constitui em um balanço hídrico. O dimensionamento é feito com base no cálculo da precipitação crítica, mostrada na equação 1. Onde P_{cr} é a precipitação crítica (mm); C_{mensal} é o consumo mensal (litros); A é a área de captação (m^2); C é o coeficiente de aproveitamento de 0,80.

$$P_{cr} = \frac{C_{\text{mensal}}}{A \times C}$$

equação (1)

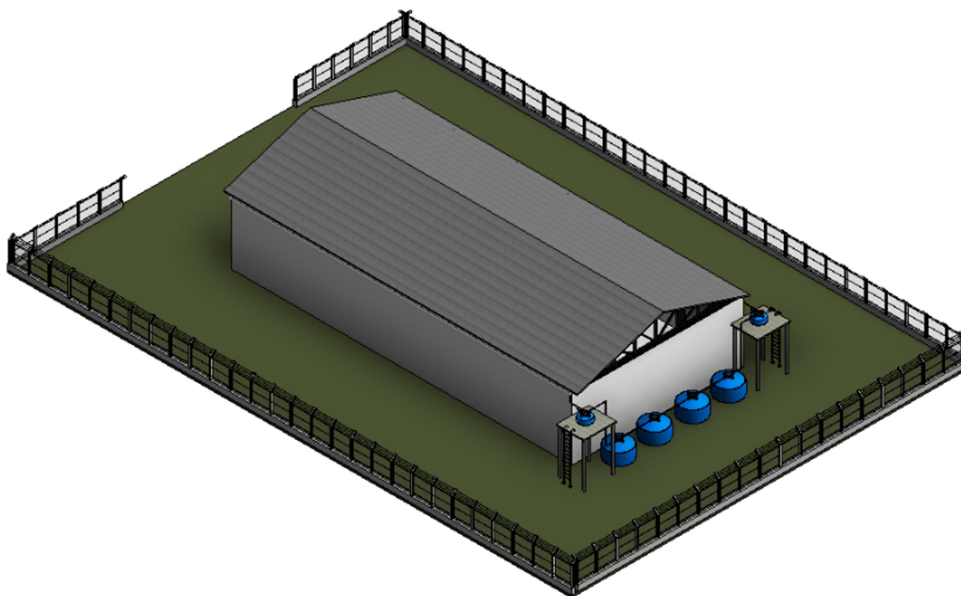


Figura 1: Vista Isométrica 3D do galpão idealizado 15mx30m. Fonte: Autor do Trabalho

RESULTADOS

Os resultados de resistência à compressão (Tabela 01) diagnosticaram-se que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) nos valores obtidos, e que consequentemente a resistência do concreto a compressão axial confeccionado com água de chuva é estatisticamente igual às amostras com água potável.

Tabela 1. Resultados de resistência à compressão. Fonte: Autor do Trabalho

Dias	ÁGUA POTÁVEL				ÁGUA DE CHUVA			
	Carga (kgf)	Média Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)	Média Resistência (Mpa)	Carga (kgf)	Média Carga (Kgf)	Resistência (Mpa)	Média Resistência (Mpa)
7	18.230	19.820	22,80	24,74	20.350	20.172	25,40	25,18
	20.530		25,60		18.140		22,60	
	21.790		27,20		21.620		27,00	
	19.570		24,40		19.120		23,90	
	18.980		23,70		21.630		27,00	
15	22.860	22.580	28,50	28,18	22.520	22.980	28,10	28,70
	22.870		28,60		21.270		26,60	
	22.210		27,70		23.570		29,40	
	22.260		27,80		21.760		27,20	
	22.700		28,30		25.780		32,20	
28	25.290	24.614	31,60	30,72	25.440	25.066	31,80	31,30
	23.930		29,90		30.740		38,40	
	23.820		29,70		22.010		27,50	
	25.490		31,80		23.020		28,70	
	24.540		30,60		24.120		30,10	

Esses resultados sugerem que a água em estudo não contém impurezas que podem interferir na pega do cimento, afetar negativamente sua resistência do concreto ou levar à corrosão das armaduras (NEVILLE, 2013). Os dados climatológicos (Figura 2) foram obtidos junto a Estação Climatológica da UFRN (COSTA, 2018), constituindo de uma série de 34 anos.

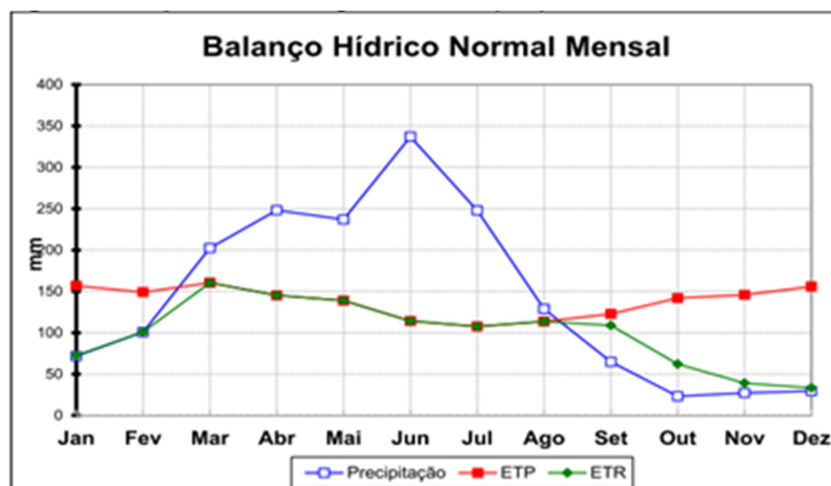


Figura 2: Balanço Hídrico Climatológico em Natal/RN de 1984 a 2017. Fonte: COSTA, 2018

Conforme a série histórica o mês de Junho tem a maior taxa de precipitação, uma média de 336,9 mm. Considerando que a produção diária da usina de concreto idealizada é de 100m³/dia, isto gera um consumo de 20 m³ de água/dia,

totalizando um consumo mensal de água de 600m^3 . Em seguida foi feito o cálculo da precipitação mensal crítica necessária para atender a demanda.

$$P_{cr} \times A \times C = C_{\text{mensal}} ; P_{cr} \times 450\text{m}^2 \times 0,80 = 600\text{m}^3 ; P_{cr} = 1,66\text{m} = 1660\text{mm}$$

Observamos na série histórica que todos os meses apresentam uma precipitação inferior a precipitação crítica, ou seja, constituem um déficit. Dessa maneira, calculamos o volume da cisterna para o mês de maior precipitação (Junho). O volume da cisterna foi obtido a partir da multiplicação da precipitação média diária do mês de Junho por 4 dias (número de dias médio no mês de Junho que a usina de concreto não opera em virtude das chuvas) pela área de captação do telhado, mostrado na equação 2.

$$V = P_d \times D \times A \quad \text{equação (2)}$$

V = Volume da Cisterna; P_d = Precipitação diária; D = nº de dias médio que a usina de concreto não opera em virtude das chuvas; A = Área de captação do telhado.

Desta maneira obtemos o seguinte volume da cisterna: $V = 0,01123\text{m} \times 4 \text{ dias} \times 450\text{m}^2 ; V = 20\text{m}^3$

Através do método de Andrade Neto (2015) encontramos o volume da cisterna de 20m^3 , dessa maneira, dividimos em 04 reservatórios apoiados de polietileno de 5.000 litros. O motivo de adotar reservatórios de polietileno e apoiados no solo é devido a diminuição de custos com escavação e serviços de contenção do solo.

No projeto também adotamos um desvio automático das primeiras águas de chuva simplesmente através de um “tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna, que deriva para 02 pequenos reservatórios suspensos (500 litros, um de cada lado da cobertura) de água de lavagem do ar e da superfície de captação (Figura 3). O fecho hidráulico adotado no sistema através de um “tê” dispensa boias ou outros artificios e são realmente eficientes na proteção sanitária da água das cisternas (ANDRADE NETO, 2004).

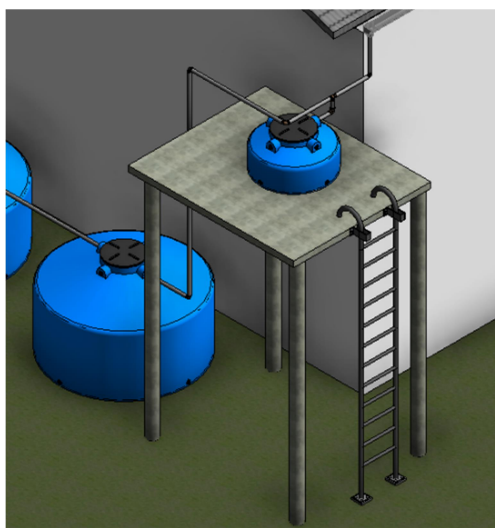


Figura 3: Vista isométrica do reservatório de desvio das primeiras águas. Fonte: Autor do Trabalho

Com a finalidade de avaliar o potencial econômico da água de chuva foi elaborado um orçamento para a implantação do sistema de reuso com um custo de R\$ 12.954,11 (Tabela 2). Após a determinação dos custos de implantação é possível então à determinação do período de retorno do investimento inicial feito para realização do sistema. Para o cálculo de economia de água em reais, foi levado em consideração o valor tarifário cobrado pela concessionária que é de R\$ $4,46/\text{m}^3$ água. A quantidade de água potável que deixaria de ser comprada a concessionária de saneamento seria de aproximadamente $780\text{m}^3/\text{ano}$ que corresponde uma economia de R\$ 3.483,26/ano. Fazendo uma relação entre o custo de implantação do sistema e a economia gerada anualmente encontramos um retorno em aproximadamente 3,5 anos (Figura 4).

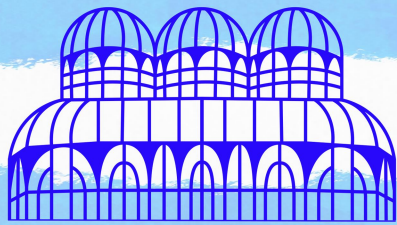


Tabela 2. Orçamento. Fonte: Autor do Trabalho

1	TUBOS E CONEXÕES	Qte	Un	Preço Unit.	Preço Total
1.1	CALHA AQUAPLUV STYLE 3m	60,00	m	38,00	2.280,00
1.2	GRELHA HEMISFÉRICA FLEXÍVEL AQUAPLUV STYLE	2,00	Un	20,69	41,38
1.3	BOCAL CIRCULAR ESQUERDO AQUAPLUV STYLE	1,00	Un	53,00	53,00
1.4	BOCAL CIRCULAR DIREITO AQUAPLUV STYLE	1,00	Un	55,00	55,00
1.5	TÊ SOLDÁVEL FORTLEV 32mm	2,00	Un	3,16	6,32
1.6	JOELHO SOLDÁVEL FORTLEV 32mm	2,00	Un	2,09	4,18
1.7	TUBO PVC SOLDÁVEL 32mm	7,00	m	5,32	37,24
1.8	TUBO PVC SOLDÁVEL 100mm	6,00	m	4,00	24,00
1.9	TÊ SOLDÁVEL 100mm	2,00	Un	4,05	8,10
1.10	JOELHO SOLDÁVEL 100m	6,00	Un	4,89	29,34
1.11	TANQUE DE POLIETILENO 5000L	4,00	Un	1.700,00	6.800,00
1.12	TANQUE DE POLIETILENO 500L	2,00	Un	139,00	278,00
1.13	BOMBA CENTRÍFUGA DE 1CV, INC. TUBOS E CONEXÕES	1,00	Un	400,00	600,00
2	MÃO DE OBRA				
2.2	AUXILIAR E ENCANADOR	10,00	diária	160,00	1.600,00
3	CONCRETO ESTRUTURAL PARA SUPORTE DE CAIXAS DE ÁGUA DE 500L E BASE PARA CAIXAS DE 5.000L				
3.1	CONCRETO ARMADO	5,104m ³	m ³	262,06	1.337,55
TOTAL					12.954,11

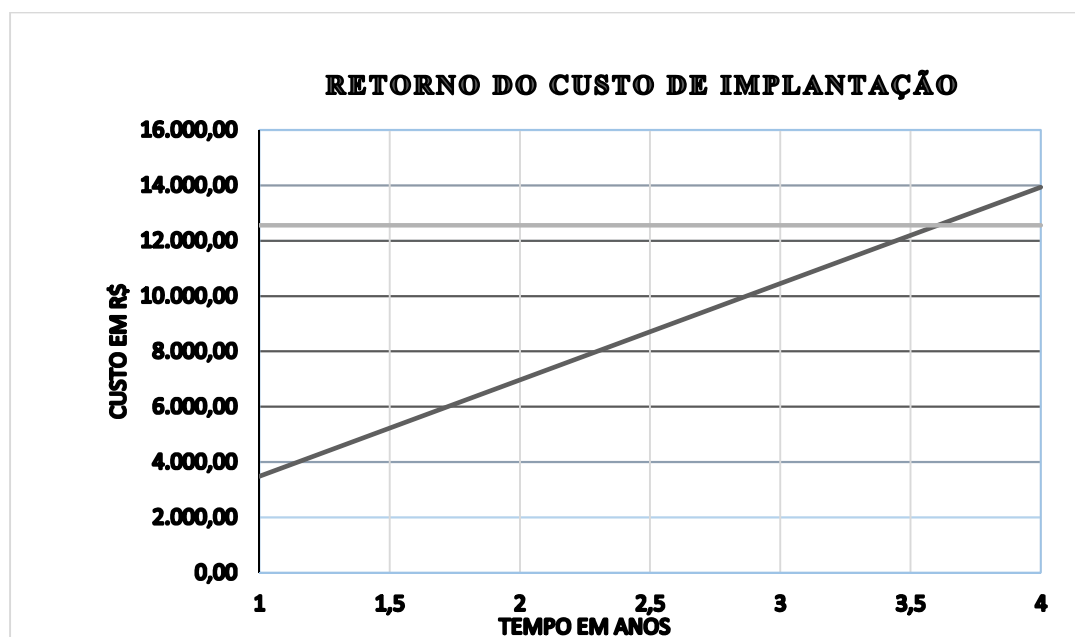


Figura 4: Gráfico de retorno econômico. Fonte: Autor do Trabalho



CONCLUSÕES

Podemos concluir que os resultados apresentados favorecem ao uso da água de chuva para a confecção de concreto, pois proporcionou valores semelhantes aos de resistência à compressão comparada ao uso da água potável. Esse resultado ocorreu devido à ausência de impurezas dissolvidas na água, essa hipótese poderá ser corroborada pela literatura científica que demonstra que a água de chuva, geralmente, apresenta boas características químicas e físicas.

O estudo também mostrou que a água de chuva tem potencial econômico para a utilização na construção civil, por exemplo, demonstrado na composição do concreto. Verificamos que o prazo de recuperação de investimento é curto com grande atrativo para abastecimento industrial a baixos custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade Neto, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, 2004.
2. Andrade Neto, C. O. Reserva de água em cisternas. (Notas de aula). Departamento de Engenharia Civil, UFRN. 2015.
3. Costa, P. M. Balanço hídrico como contribuição ao estudo de impactos socioambientais na cidade de Natal/RN: um estudo de caso. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Graduação em Geografia. Natal, RN, 2018.
4. Hespanhol, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Bahia Análise de Dados. V. 13. 2003.
5. Kuster, A., Hermanns, K. Agenda 21 local – Gestão Participativa de Recursos Hídricos. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2006.
6. Neville, A.M. Tecnologia do Concreto. Porto Alegre: Bookman, 2013. 2.ed. 448p.