



Utilização de água pluvial como fonte alternativa de abastecimento de água com fins não potáveis em hotel no município de Aracaju

Mariana Rollemberg Santana de Carvalho¹, Denise Conceição de Gois Santos Michelin², Ludmilson Abritta Mendes³

¹Universidade Federal de Sergipe (mari_rollemberg@hotmail.com)

² Universidade Federal de Sergipe (denise_gois@yahoo.com.br)

³ Universidade Federal de Sergipe (ludmilsonmendes@yahoo.com.br)

Resumo

A utilização de fontes alternativas de abastecimento de água para suprir o consumo de atividades que não exigem potabilidade é impulsionada pelos problemas de escassez de água recentemente enfrentados em estados do Brasil, visando à conservação dos recursos naturais. Com o propósito de avaliar os benefícios resultantes dessa prática, estudou-se a aplicação de um sistema que associa o aproveitamento de águas pluviais em um empreendimento hoteleiro no município de Aracaju – SE. Com base em dados meteorológicos da cidade e informações a respeito do funcionamento do hotel, foi estimada a quantidade de água captada pelo sistema e dimensionado um reservatório que atendesse à demanda específica das bacias sanitárias, comparando os volumes obtidos pelos métodos indicados na NBR 15527 (ABNT, 2007) e pelo programa computacional NETUNO com o volume de reservação existente. A realização deste trabalho permitiu observar as limitações dos métodos aplicados e a necessidade do desenvolvimento dos procedimentos e normas que envolvem a aplicação de fontes alternativas para o abastecimento de água, de modo a incentivar e ampliar sua utilização.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Reuso de água condensada. Dimensionamento de reservatório.

Área Temática: Tecnologias Ambientais.

Use of rainwater as an alternative source of water supply for drinking not in hotel in the city of Aracaju

Abstract

The use of alternative sources of water supply to meet the consumption of activities that do not require potability is driven by the water scarcity problems recently faced by states in Brazil, aimed at conserving natural resources. In order to evaluate the benefits resulting from this practice, the application of a system that associates rainwater harvesting in a hotel located in Aracaju - SE was studied. Based on meteorological data of the city and information about the hotel operation, the amount of water collected by the system was estimated and a tank that would meet the specific demands of toilets was sized, comparing the volumes obtained by the methods outlined in the NBR 15527 (ABNT, 2007) and by computer program NETUNO with the existing volume reservation. The realization of this work allowed to observe the limitations of the methods applied and the need to develop procedures and standards for the application of alternative sources for water supply, in order to encourage and increase its use.

Key words: Rainwater harvesting. Condensed water reuse. Tank sizing.

Theme Area: Environmental technologies.



Introdução

Muitas áreas com recursos hídricos abundantes experimentam as consequências da escassez de água por apresentarem demandas excessivas, provando que o problema não se restringe apenas às regiões áridas e semiáridas (SAUTCHUK et al., 2005). Tratando-se da sustentabilidade da água, é unânime que a gestão eficiente dos recursos hídricos deve atrelar a gestão da demanda, com o uso racional da água e minimização de desperdícios e perdas no sistema, à gestão da oferta, buscando fontes alternativas de abastecimento e reuso.

Fontes não convencionais, como a captação de água de chuva, apesar de fundamentais no combate à escassez, não têm a devida disseminação na população. Como enfatizado por Sautchuk et al. (2005), a normalização brasileira restringe-se apenas ao aproveitamento de águas pluviais, ainda assim sem estudo detalhado a respeito de todos os requisitos necessários para o emprego desse sistema alternativo. A adoção de recursos complementares de oferta de água deve ser incentivada, principalmente, como forma de reservar o uso de águas com melhor qualidade para fins mais nobres.

Desse modo, o presente trabalho tem foco na fonte alternativa para o abastecimento de água com base no aproveitamento de água. O estudo de caso foi desenvolvido em um hotel que busca a reutilização e aproveitamento dessas águas para fins não potáveis, em substituição ao sistema já existente no estabelecimento com captação própria de águas subterrâneas.

1 Metodologia

O empreendimento comercial analisado foi o Hotel Pousada do Sol, localizado no município de Aracaju-SE. O hotel abrange área de 6.400,50 m² e é composto por três blocos de apartamentos, cada um com dois pavimentos (Blocos A, E e F), um restaurante (Bloco D) e oito cabanas. No hotel já existem reservatórios inferiores e superiores, compartimentados, sendo um exclusivo para o preenchimento com água a ser usada nas descargas dos vasos sanitários, nos volumes de 20.000 L inferior e dois superiores de 5.000 L e 3.000 L. A área de estudo se limitará aos blocos de apartamentos E e F, abrangendo um total de 59 unidades de hospedagem.

A utilização da água da chuva captada de aparelhos condicionadores de ar, específico para o estudo em questão, tem como finalidade o suprimento da demanda de água do hotel restrita para uso em bacia sanitária. Para as águas de chuva, com uso não potável, recomenda-se um tratamento simples, com telas de proteção nas calhas, para evitar o transporte de sólidos grosseiros na captação. Ruskin (2001, apud MANO, 2004) aconselha a instalação da tela seguindo a mesma inclinação do telhado, favorecendo o arraste de folhas e demais sólidos retidos, sem, contudo, dispensar a manutenção do sistema. A fim de garantir a qualidade da água armazenada, que pode apresentar proliferação de microrganismos devido ao tempo em repouso, é indicada uma desinfecção por pastilhas de cloro (HAFNER, 2007).

Com relação ao consumo diário do hotel em estudo, foi realizada verificação in loco, uma vez que a literatura apresentava valores diversos para essa finalidade, considerando consumo por hóspede, com variação mensal e uso médio de 3 acionamentos da bacia sanitária por pessoa por dia, com fixação de 6 litros por acionamento, como proposto por Andrade (2013), pela dificuldade de estimativa da opção de descarga adotada por pessoa e já incluindo perdas por vazamentos, buscando considerar a pior situação para a determinação da demanda. O volume de água destinada às descargas dos vasos sanitários fica definido pela equação:

$$D = N_{\text{apto}} \cdot O\% \cdot H \cdot n_{\text{desc}} \cdot V_{\text{desC}} \quad (1)$$

onde,

D = demanda diária para descargas, em litros; N_{apto} = número de apartamentos contemplados com o sistema de aproveitamento; $O\%$ = taxa de ocupação média do hotel; H =



média de hóspedes por apartamento; n_{desc} = média diária do número de descargas por hóspede; v_{desc} = volume médio por descarga, em litros.

Com relação às Instalações para captação e aproveitamento de água de chuva:

- O estudo teve limitação da área de captação apenas do bloco F, de 784,15 m², por já apresentar uma área expressiva para o cálculo.

- O valor do coeficiente de escoamento superficial (C) adotado para o trabalho foi de 0,80, seguindo recomendação de Tomaz (2003).

- As calhas (tipo de saída em funil) e condutores horizontais e verticais foram dimensionados segundo os critérios da NBR 10844 (ABNT, 1989).

- O aproveitamento de água de chuva, baseou-se no cálculo da vazão de referência de projeto na intensidade pluviométrica da região, mensalmente entre 2005 e 2014, NBR 10844 (ABNT, 1989), para período de retorno de $T = 5$ anos e a duração da precipitação de $t = 5$ min. Com estas informações, obteve-se a precipitação média anual de 1140,21 mm.

- Para o estudo de aproveitamento de água de chuva, foram analisados os métodos dispostos na NBR 15527 (ABNT, 2007), assim como o *software* NETUNO, para verificar o desempenho dos reservatórios já existentes no hotel.

2 Resultados

A determinação do consumo do hotel é apresentada na Tabela 1. A demanda diária obtida para cada mês foi, então, multiplicada por 30, com estimado 2 hóspedes por apartamento e volume médio da descarga de 6 L.

Tabela 1 – Cálculo da demanda a ser suprida

Mês	Taxa de ocupação (%)	Total de aptos ocupados	Total de hóspedes	D _t diária (m ³)	D _t mensal (m ³)	V _{cond} mensal (m ³)	D _t – V _{cond} (m ³)
Jan	87,15	52	104	1,872	56,16	5,46	50,70
Fev	70,20	42	84	1,512	45,36	4,41	40,95
Mar	70,16	42	84	1,512	45,36	4,41	40,95
Abr	63,83	38	76	1,368	41,04	3,99	37,05
Mai	55,48	33	66	1,188	35,64	3,47	32,18
Jun	56,89	34	68	1,224	36,72	3,57	33,15
Jul	59,38	36	72	1,296	38,88	3,78	35,10
Ago	44,83	27	54	0,972	29,16	2,84	26,33
Set	63,67	38	76	1,368	41,04	3,99	37,05
Out	61,39	37	74	1,332	39,96	3,89	36,08
Nov	63,88	38	76	1,368	41,04	3,99	37,05
Dez	64,42	39	78	1,404	42,12	4,10	38,03

Fonte: Carvalho (2015)

O cálculo do volume do reservatório, com base no método de Rippl, resultou em volume do dimensionamento para o reservatório de água de chuva de 80 m³, como pode ser observado na Tabela 2.

O método da simulação forneceu o volume estimado, com base em volume de reservatório que já existia no hotel, que foi de 20000L. (Tabela 3).

A partir do volume de 20 m³, realizou-se a tentativa do potencial de economia (%), confiança e eficiência, para os volumes de 20, 25, 30, 50 e 80 m³ e obteve-se: 88,79; 90,47; 92,16; 96,64 e 100(%) de potencial de economia, 75,00; 83,33; 87,50; 95,83 e 100% de confiança e de eficiência: 55,40; 56,45; 57,50; 60,30 e 62,40, respectivamente. Como pode ser



observado, para o volume de 50 m^3 , o mínimo de confiança e de potencial de economia abrange 96,64%.

Tabela 2 – Cálculo do volume do reservatório pelo método Rippl

Mês	P (mm)	$Q_t (\text{m}^3)$	$D_t (\text{m}^3)$	$D_t - Q_t (\text{m}^3)$	Volume (m^3)
Jan	33,15	20,72	50,70	29,98	29,98
Fev	71,49	44,68	40,95	-3,73	26,26
Mar	71,76	44,84	40,95	-3,89	22,36
Abr	172,61	107,87	37,05	-70,82	-
Mai	244,65	152,89	32,18	-120,71	-
Jun	140,94	88,08	33,15	-54,93	-
Jul	149,83	93,63	35,10	-58,53	-
Ago	96,96	60,59	26,33	-34,27	-
Set	57,66	36,03	37,05	1,02	1,02
Out	60,82	38,01	38,03	-1,93	-
Nov	20,04	12,52	37,05	24,53	24,53
Dez	20,30	12,69	38,03	25,34	49,87
Jan	33,15	20,72	50,70	29,98	79,85
Fev	71,49	44,68	40,95	-3,73	76,12
Mar	71,76	44,84	40,95	-3,89	72,23
Abr	172,61	107,87	37,05	-70,82	1,41
Mai	244,65	152,89	32,18	-120,71	-
Jun	140,94	88,08	33,15	-54,93	-
Jul	149,83	93,63	35,10	-58,53	-
Ago	96,96	60,59	26,33	-34,27	-
Set	57,66	36,03	37,05	1,02	1,02
Out	60,82	38,01	38,03	-1,93	-
Nov	20,04	12,52	37,05	24,53	24,53
Dez	20,30	12,69	38,03	25,34	49,87

Volume do reservatório de $79,85 \text{ m}^3$

Fonte: Carvalho (2015)

Como resposta do cálculo do volume, pelo método australiano, foi elaborada a Tabela 4, no qual foi aplicado o volume de 20 m^3 , buscando atendimento da demanda de 90%. Dentre as alternativas analisadas foi adotado como resultado o primeiro volume do intervalo de confiança indicado pela NBR 15527 (ABNT, 2007), sendo este de 54 m^3 . Nota-se que, para as condições de precipitação utilizadas em cálculo, não é possível alcançar percentuais de confiança superiores a 95,83%, relativo ao atendimento de 23 meses do ano duplicado.

Os cálculos aplicados pelo método prático Inglês (Tabela 5) e por Azevedo Neto (Tabela 6) desconsideram a demanda e possíveis variações da mesma, ou ainda a variação temporal da precipitação. Consequentemente, não há uma análise da variação do reservatório ao longo do tempo, podendo se tornar economicamente inviável a utilização do sistema. O método prático Alemão (Tabela 7), por sua vez, considera apenas o consumo médio anual e a precipitação média anual. Da mesma forma, as variações temporais não influenciam no dimensionamento, o que interfere na análise mais precisa do funcionamento do reservatório, com a determinação de percentuais de economia, eficiência ou confiança.



Tabela 3 – Cálculo do volume do reservatório pelo método da simulação

Mês	P (mm)	Q _t (m ³)	D _t (m ³)	S _{t-1} (m ³)	S _t (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento (m ³)
Jan	33,15	20,72	50,70	20,00	-	-	9,98
Fev	71,49	44,68	40,95	-	3,73	-	-
Mar	71,76	44,84	40,95	3,73	7,62	-	-
Abr	172,61	107,87	37,05	7,62	20,00	58,44	-
Mai	244,65	152,89	32,18	20,00	20,00	120,71	-
Jun	140,94	88,08	33,15	20,00	20,00	54,93	-
Jul	149,83	93,63	35,10	20,00	20,00	58,53	-
Ago	96,96	60,59	26,33	20,00	20,00	34,27	-
Set	57,66	36,03	37,05	20,00	18,98	-	-
Out	60,82	38,01	38,03	18,98	20,00	0,92	-
Nov	20,04	12,52	37,05	20,00	-	-	4,53
Dez	20,30	12,69	38,03	-	-	-	25,34
Jan	33,15	20,72	50,70	-	-	-	29,98
Fev	71,49	44,68	40,95	-	3,73	-	-
Mar	71,76	44,84	40,95	3,73	7,62	-	-
Abr	172,61	107,87	37,05	7,62	20,00	58,44	-
Mai	244,65	152,89	32,18	20,00	20,00	120,71	-
Jun	140,94	88,08	33,15	20,00	20,00	54,93	-
Jul	149,83	93,63	35,10	20,00	20,00	58,53	-
Ago	96,96	60,59	26,33	20,00	20,00	34,27	-
Set	57,66	36,03	37,05	20,00	18,98	-	-
Out	60,82	38,01	38,03	18,98	20,00	0,92	-
Nov	20,04	12,52	37,05	20,00	-	-	4,53
Dez	20,30	12,69	38,03	-	-	-	25,34

Fonte: Carvalho (2015)

Tabela 4 – Cálculo do volume do reservatório pelo método australiano

Mês	P (mm)	Q _t (m ³)	D _t (m ³)	S _{t-1} (m ³)	S _t (m ³)	Overflow (m ³)	Suprimento (m ³)
Jan	33,15	19,47	50,70	-	-	-	31,23
Fev	71,49	43,43	40,95	-	2,48	-	-
Mar	71,76	43,59	40,95	2,48	5,12	-	-
Abr	172,61	106,62	37,05	5,12	20,00	54,69	-
Mai	244,65	151,64	32,18	20,00	20,00	119,46	-
Jun	140,94	86,83	33,15	20,00	20,00	53,68	-
Jul	149,83	92,38	35,10	20,00	20,00	57,28	-
Ago	96,96	59,34	26,33	20,00	20,00	33,02	-
Set	57,66	34,78	37,05	20,00	17,73	-	-
Out	60,82	36,76	38,03	17,73	18,42	-	-
Nov	20,04	11,27	37,05	18,42	-	-	7,36
Dez	20,30	11,44	38,03	-	-	-	26,59
Jan	33,15	19,47	50,70	-	-	-	31,23
Fev	71,49	43,43	40,95	-	2,48	-	-
Mar	71,76	43,59	40,95	2,48	5,12	-	-
Abr	172,61	106,62	37,05	5,12	20,00	54,69	-
Mai	244,65	151,64	32,18	20,00	20,00	119,46	-
Jun	140,94	86,83	33,15	20,00	20,00	53,68	-
Jul	149,83	92,38	35,10	20,00	20,00	57,28	-
Ago	96,96	59,34	26,33	20,00	20,00	33,02	-



Set	57,66	34,78	37,05	20,00	17,73	-	-
Out	60,82	36,76	38,03	17,73	18,42	-	-
Nov	20,04	11,27	37,05	18,42	-	-	7,36
Dez	20,30	11,44	38,03	-	-	-	26,59

Fonte: Carvalho (2015)

Tabela 5 – Cálculo do volume do reservatório pelo método Inglês

Precipitação média anual	1140,21 mm
Área de captação	781,15 m ²
Volume do reservatório	44,53 m ³

Fonte: Carvalho (2015)

Tabela 6 – Cálculo do volume do reservatório pelo método Azevedo Neto

Precipitação média anual	1140,21 mm
Nº de meses de pouca chuva ou seca	2 meses
Área de captação	781,15 m ²
Volume do reservatório	74,82 m ³

Fonte: Carvalho (2015)

Tabela 7 – Cálculo do volume do reservatório pelo método Alemão

Volume anual precipitado aproveitável	712,54 m ³
Volume anual de consumo	444,60 m ³
Volume do reservatório	26,68 m ³

Fonte: Carvalho (2015)

Por meio do *software* NETUNO, inicialmente, buscou-se identificar o volume ideal para o reservatório. Com os dados de entrada já definidos, o programa estimou um reservatório de 21.000 litros para um potencial econômico de água potável previsto de 67,50%. A soma dos percentuais de dias em que a demanda de água é atendida completamente e parcialmente, apresentados como resultados pelo programa foram considerados como o percentual de confiança do sistema. Foi aplicada a Equação de confiança para a determinação da eficiência do sistema, sendo o volume total de água pluvial aproveitado dado pela soma do volume de água de chuva utilizado e o volume de água potável usado como suprimento, ambos oferecidos pelo *software*.

Em seguida, a capacidade de reserva existente foi simulada pelo NETUNO, considerando o volume do reservatório inferior de 20.000 L e o superior de 8.000 L. É perceptível a variabilidade entre os volumes de reserva alcançados. Nota-se, com a utilização de dados diários de precipitação pelo programa NETUNO, uma maior precisão dos resultados. Esse fato já era esperado, considerando a análise diária do desempenho do reservatório pelo programa. A vantagem da utilização do *software* é a possibilidade de simular valores ideais de reserva, a partir dos quais o aumento de volume resultaria em um acréscimo insignificante no potencial de economia do sistema, o que não compensaria os gastos a mais com reserva. Desse modo, o programa indica a adoção de percentuais inferiores a 70% de economia. Rippl utiliza a mesma metodologia de cálculo dos métodos da Simulação e Australiano, apresentando como resultado o volume necessário para abastecer 100% do consumo indicado. O método da Simulação permite o estudo do volume ideal, visto que, na maioria das situações, é possível reduzir consideravelmente o volume do reservatório, com atendimento de 90% da demanda. O resultado obtido para 100% de confiança, como esperado, é o volume indicado pelo método de Rippl (50 m³). A ideia do método da Simulação também é utilizada no método Australiano, que considera ainda um volume



aproveitável menor, devido a perdas do sistema. Os métodos da Simulação e Australiano, que geram dados suficientes para o cálculo dos percentuais de potencial de economia, confiança e eficiência, foram os únicos a apresentar resultados com a confiança do sistema no intervalo desejado pela NBR 15527 (ABNT, 2007), sendo este de valores acima de 90%, diferente dos valores obtidos pelo programa NETUNO. A validade do intervalo de confiança proposto pela NBR 15527 (ABNT, 2007) deve ser limitada, então, às metodologias descritas pela norma que possibilitam seu cálculo.

O Método Prático Alemão alcançou o resultado mais próximo ao volume de reservação indicado como ideal pelo programa NETUNO. Entretanto, esse método considera apenas a demanda anual de água não potável e o volume aproveitável de água de chuva, também anual. Devido à falta de precisão do método, assim como dos demais métodos empíricos apresentados na norma (Método Inglês e do Prof. Azevedo Neto), a utilização dos mesmos é indicada para uma estimativa inicial do volume necessário, necessitando de um estudo mais completo para resultados mais eficientes. As altas dimensões encontradas para os volumes obtidos por alguns métodos são fatores delimitadores, considerando o custo do reservatório e a área disponível para a instalação. As elevadas proporções necessárias para volumes de armazenamento acima de 40.000 L não condizem com a arquitetura e estética do hotel, sendo inviabilizada a instalação de um reservatório com tais volumes no estabelecimento estudado.

3 Conclusão

Com o estudo da implantação de dispositivos de captação de águas pluviais do hotel localizado no município de Aracaju, foi possível concluir que a exploração de fonte alternativa de abastecimento de água traz benefícios ao meio ambiente e à população. O objetivo principal da adoção dessa prática foi a destinação da água potável a fins mais nobres, com redução de seu consumo.

Para o estudo da utilização de águas pluviais, foram buscados os parâmetros indicados pela NBR 15527 (ABNT, 2007), sendo estes os dados de precipitação da cidade, a área de captação disponível na edificação e o coeficiente de escoamento superficial da mesma. Foram utilizados os métodos dispostos na NBR 15527 (ABNT, 2007) e o programa computacional NETUNO para o cálculo do volume do reservatório, de acordo com os usos não potáveis previstos, limitados à utilização em bacias sanitárias. Os resultados obtidos evidenciaram discrepância. O *software* apontou o volume de reservação mais confiável, de 21.000 L, considerando o nível de detalhamento dos dados utilizados em cálculo. O método prático alemão e o método da simulação apresentaram os volumes mais próximos, de 27.000 L e 30.000 L, respectivamente, considerando as variações apresentadas quanto à porcentagem de confiança, economia e eficiência dos sistemas analisados. Os demais métodos resultaram em volumes elevados, que exigem uma grande área para instalação do reservatório e implicam em um alto custo de implantação do sistema. O volume do reservatório existente no hotel, de 20.000 L inferior e 8.000 L superior, é compatível com os resultados do dimensionamento, apontando percentuais de economia, confiança e eficiência (68,87%, 47,69% e 75,06%, respectivamente) maiores que o volume indicado como ideal pelo programa NETUNO. Desse modo, apesar de o sistema de armazenamento não ter atingido o máximo de sua eficiência, foram encontrados valores ótimos para a execução da prática, podendo ser considerado satisfatório o atendimento à demanda estabelecida.

Enfatiza-se a necessidade do desenvolvimento dos procedimentos e normas que envolvem a aplicação de fontes alternativas para o abastecimento de água, de modo a incentivar e divulgar sua utilização, para que sejam alcançados resultados expressivos com as pesquisas e projetos na área. A elaboração de legislação específica e políticas públicas de



conscientização da população são meios para a disseminação da aplicação dos sistemas de aproveitamento e reuso de água.

Referências

ANDRADE, T. B. Aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Aracaju – SE. 71p. Monografia – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

HAFNER, A. V. Conservação e Reuso de Água em Edificações - Experiências Nacionais e Internacionais. 161 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MANO, R. S. A captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: Aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. 177 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SAUTCHUK, C. et al. Conservação e reuso da Água em edificações. Manual - Sindicato das Construções (SINDUSCON), p. 152, 2005.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, p. 125–138, 2003.