

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES: PROPOSTA DE PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL

Alexandre Arruda Ferraz⁽¹⁾; Luciane Cleonice Durante⁽²⁾; Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira⁽³⁾; Karyna de Andrade Carvalho Rossetti⁽⁴⁾; Ivan Julio Apolonio Callejas⁽⁵⁾

(1) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: xandohferraz@hotmail.com

(2) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: luciane.durante@hotmail.com

(3) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: mcjanp@gmail.com

(4) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: karyna.rossetti@gmail.com

(5) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: ivancallejas@ig.com.br

Resumo

Nas cidades com estações seca e chuvosa bem definidas, o armazenamento de águas pluviais torna-se economicamente inviável, se considerado o dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl, no qual deve ser previsto volume para suprir a integralidade das necessidades na estiagem. O objeto de estudo deste trabalho foi uma escola estadual, cujo projeto padrão está sendo implantado em diversas cidades mato-grossenses. Objetivou-se apresentar um método alternativo de aproveitamento de águas pluviais para fins de limpeza e lavagem, estabelecendo que estas atividades devam ser feitas exclusivamente por meio da água deste sistema durante o período chuvoso. Partindo desta premissa, dimensionou-se o reservatório para que os custos unitários da água pluvial aproveitada e os da concessionária fossem equivalentes, obtendo-se um volume de reserva de 30m³, abastecido diária e continuamente no período chuvoso. O sistema atendeu à demanda mínima de 77,32m³/mês/escola, sendo a disponibilidade pluvial mensal no período de chuvas de 120,86m³/mês. O acréscimo no valor global da obra foi de 1,75% e o tempo de retorno do investimento foi de 5,4 anos. Evidencia-se, desta forma, a importância de considerar as especificidades regionais nos métodos e técnicas convencionais de planejamento das ações sustentáveis.

Palavras-chave: uso racional da água, instalações hidráulicas, sustentabilidade.

Abstract

In cities with dry and wet seasons well defined, the storage of rainwater becomes economically infeasible, if it is considered the reservoir design by Rippl method, in which its volume should be provided to meet the full needs of the drought. The study object of this research was a public school, whose design pattern has been implemented in some cities in Mato Grosso, Brazil. The objective was to present an alternative method of use of rainwater for cleaning and washing, establishing that these activities should be made solely by means of this water system during the rainy season. Using this assumption, the reservoir was dimensioned admitting that the unit cost of rainwater harnessed and the concessionaire were equivalent, which resulted in a reserve volume of 30m³, daily and continuously stocked during the rainy season. The system attended the demand of at least 77.32 m³/month/school, availability and monthly rainfall during the rainy season from 120.86 m³/month. The increase in the global price of the school building was just 1.75% and the return on investment was 5.4 years. Therefore, it was possible to evidence the importance of considering regional specificities in conventional methods and techniques in the sustainable planning action.

Keywords: rational use of water, hydraulic installations, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Em sistemas de aproveitamento de águas pluviais, recomenda-se que a água da chuva não seja a única fonte de suprimento de água. O ideal é que a água da chuva seja uma fonte alternativa, suplementando sistemas de abastecimento de água potável ou sendo direcionada para fins não potáveis. Dessa forma, é de extrema importância que o uso final da água seja totalmente explícito no projeto do sistema de aproveitamento, para que não ocorram problemas de contaminação pelo uso inadequado das águas coletadas (ANNECCHINI, 2005).

Um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis considera a área de captação, o dimensionamento dos condutores e calhas e o reservatório. Deve-se realizar manutenção no sistema de aproveitamento de água e a eliminação, por meio de dispositivos manuais ou automáticos, das primeiras chuvas.

O aproveitamento das águas pluviais pode ser aplicado em áreas de grande índice pluvial, como medida preventiva para contenção de cheias, ou em casos extremos, em áreas de seca, onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem (FUNASA apud BARBOZA, 2008). No entanto, as águas pluviais podem ser utilizadas em qualquer lugar ou época, contribuindo com a conservação do meio ambiente e minimizando o escoamento superficial nos momentos de picos de chuvas.

Em se tratando de ambiente escolar, segundo Marinoski (2007), o consumo médio de água para escolas e universidades varia de 10 a 50 litros/dia/aluno e 210 litros/dia/funcionário, distribuídos para diversos fins que variam conforme a tipologia da edificação. Tomaz (2003) realizou um estudo sobre o consumo de água no Brasil em escolas na rede pública de ensino da cidade de Campinas/SP, concluindo que o consumo de água não potável é bastante significativo nas escolas, aumentando com a idade dos alunos que a freqüentam, chegando a 82% do total da água consumida. Os autores indicam que as bacias sanitárias e mictórios eram responsáveis por quase toda demanda de água não potável.

Esta pesquisa tem como objetivos propor um método de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, para implantação em locais que possuem abastecimento regular de água potável e período significativo de estiagem anual, de forma que o preço da água captada seja viável economicamente. Analisou-se também o tempo de retorno do investimento do sistema considerando sua implantação e manutenção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado para uma escola da rede estadual de ensino em construção na cidade de Cuiabá/MT, cujo projeto foi adotado como padrão para o estado de Mato Grosso. As edificações compreendem um bloco de dois pavimentos, com cobertura em telha de barro com duas águas ($i=35\%$) e uma quadra coberta com telhas metálicas com duas águas ($i=20\%$).

O dimensionamento do sistemas de aproveitamento de águas pluviais proposto compreendeu as seguintes etapas:

a) Cálculo da área de captação: a partir das áreas da cobertura calculou-se as áreas de captação de acordo com as normas da NBR 10844/1989 (Figuras 1 e 2).

b) Índice pluviométrico: os índices pluviométricos foram obtidos na Estação Mestre Bombed, localizada no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, em Cuiabá/MT, próxima ao local da escola. Organizou-se as alturas pluviométricas em uma planilha com o somatório das chuvas de cada mês no período de 1989 a 2009 e a média mensal, obtendo-se a média mensal para os meses de chuva (abril a outubro) de $120,86m^3$ e para os meses secos (maio a setembro) de $32,89m^3$.

c) Estimativa da demanda: razão do número de alunos matriculados nas escolas com o projeto padrão em 2009 fornecido pela SEDUC/MT pelo número de salas de aulas, obtendo-se 24,59 alunos/sala. Estimou-se, também, o consumo de água não potável na escola, considerou-se as atividades de lavagem de pisos e calçadas e rega de jardim, realizadas diariamente.

Figura 1 – Cobertura do bloco principal (a) e detalhe das telhas de barro (b)

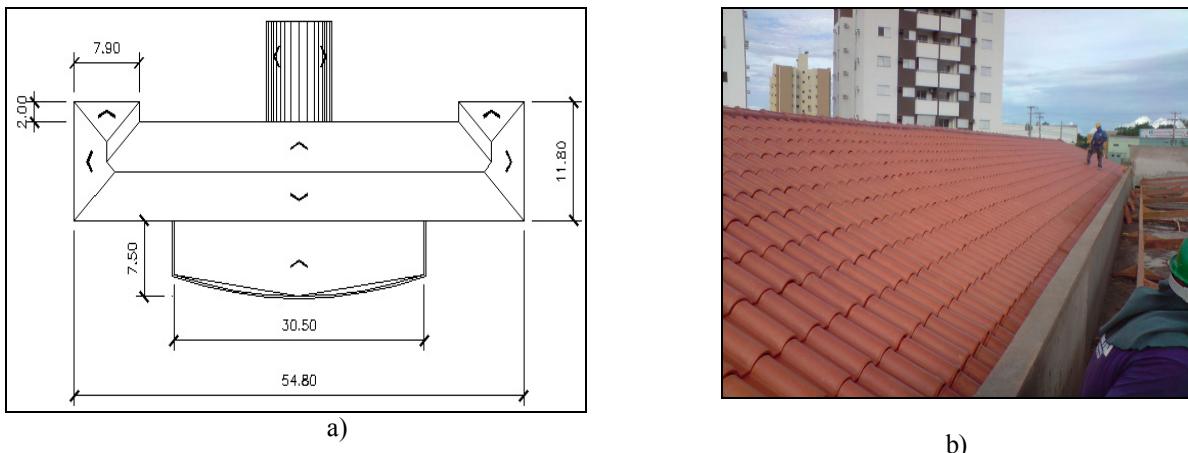


Figura 2 – Cobertura da quadra (a) e detalhe da estrutura metálica (b)



d) Cálculo da vazão de projeto: a NBR 15527 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) cita que o período de retorno (T) deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, sendo T=1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos são tolerados; T=5 anos, para coberturas ou terraços e T=25 anos, para áreas onde empoçamento ou extravasamento não são tolerados. Ainda de acordo com a norma, a duração de precipitação foi fixada em t=5min e o valor da intensidade pluviométrica para um período de retorno de cinco anos foi de I=190mm/h, com os quais calculou-se as vazões de projeto e dimensionou-se as calhas, condutores horizontais e verticais.

e) Volume da água captada: o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (V , em litros) depende além da área de captação (m^2), da precipitação média anual, mensal ou diária da região (A , em mm), do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, conhecido como Coeficiente de Runoff ($0,50 \leq C \leq 0,90$) e da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial (N), conforme Equação 01.

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot N \quad [\text{Eq. 01}]$$

f) Dimensionamento do reservatório: dimensionou-se o reservatório segundo o Método de Rippl (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). Devido ao fato de

que a escola possui abastecimento regular de água durante o ano todo, a premissa deste estudo foi de que não é necessário o armazenamento de água para todo o período de estiagem. Desta forma, considerou-se quatro volumes possíveis de armazenamento em medidas comerciais ($20, 30, 40$ e 50m^3), apresentados na Tabela 1, onde:

Coluna 1 – Estima-se um volume de reservatório;

Coluna 2 – Volume total captado pelo sistema;

Coluna 3 – Área de captação;

Coluna 4 – Altura pluviométrica máxima obtida através da divisão da coluna 1 pela coluna 3 multiplicado por mil.

Coluna 5 – Número total de dias que ultrapassaram o resultado obtido na coluna 4;

Coluna 6 – Somatório das alturas pluviométricas que ultrapassaram a altura pluviométrica máxima da coluna 4. Analisou-se os números de dias em que a chuva ultrapassou a altura máxima de armazenamento de cada reservatório, obtendo-se o somatório da altura perdida.

Coluna 7 – Cálculo do volume perdido pelo sistema obtido através da subtração da coluna 6 pela multiplicação das colunas 4 e 5. Multiplica-se o resultado pela coluna 3 e divide-se por mil.

Coluna 8 – Representa o total de volume captado pelo sistema e é obtido através da subtração da coluna 2 pela coluna 7. Comparando este resultado com o volume que se deseja armazenar, tem-se a capacidade do reservatório.

g) Custo unitário e volume mínimo da água aproveitada: no custo do volume cúbico unitário de água aproveitada, computou-se os custos de manutenção e limpeza do reservatório durante o período de um ano. Os custos considerados na composição foram: dispositivo de descarte do escoamento inicial (1h de limpeza por mês); calhas (8h de limpeza a cada 6 meses, realizadas por 2 serventes, totalizando 32h); condutores (5h de limpeza a cada 6 meses, realizadas por 2 serventes, totalizando 20h); bomba de recalque (considerou-se o custo de manutenção da bomba como sendo o valor do equipamento a cada seis meses); reservatório (uma limpeza anual calculada em m^2).

Para que a implantação do sistema seja viável economicamente considerou-se como necessário que a água aproveitada tivesse menor custo que a fornecida pela concessionária. Em Cuiabá, este valor para a categoria pública era de R\$3,51 e de R\$5,75 para consumidores de 0 a 10m^3 e acima de 11m^3 , respectivamente (SANECAP, 2009). A fração do custo unitário da água aproveitada pelo preço da água potável fornece um valor referente ao número mínimo de vezes que o reservatório deve ser utilizado, que multiplicado pelo volume do reservatório representa o volume mínimo de água que deve ser aproveitado para que o sistema seja viável economicamente.

h) Custo da implantação do sistema: calculados conforme os preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2009). Utilizou-se os preços com 121,20% de Encargos Sociais e 30% de Bonificação e Despesas Indiretas (BDI). Obteve-se a quantidade de cada serviço a partir do volume calculado para caixa d'água e distâncias médias de sua possível localização.

i) Análise da viabilidade de implantação: para analisar a viabilidade de implantação do sistema de águas pluviais, considerou-se a dimensão do reservatório, o custo de implantação do sistema em termos de porcentagem do investimento sobre o total da obra e o tempo de retorno do investimento.

3. RESULTADOS

A demanda mensal de água não potável para as funções de descarga nas bacias sanitárias, lavagem de pisos e rega de jardim, totalizam 581,32m³/ano (Tabela 1). Como a demanda total de água para uso não potável foi maior do que o volume máximo captado mensalmente (120,86m³) optou-se por utilizar a água apenas para lavagem de piso e calçadas, o que demanda consumo anual de 927,84m³.

Tabela 1 - Quadro resumo da demanda mensal.

LOCAL DE APLICAÇÃO	CONSUMO	FREQUÊNCIA	QUANTIDADE	VOLUME DIÁRIO (m ³)	VOLUME MENSAL (m ³)
Bacias Sanitárias	12l/descarga	02/aluno	900 Alunos	21,60	432,00
Lavagem de pisos	2l/m ²	20/mês	1933 m ²	3,86	77,32
Rega de Jardim	2l/m ²	20/mês	1800 m ²	3,60	72,00

O volume do reservatório dimensionado pelo Método de Rippl foi 196,33m³. Calculou-se os volumes captados por quatro possíveis volumes de reservatórios conforme Tabela 2. Como a estimativa de consumo é de 927,84 m³ por ano, optou-se pelo reservatório de 30m³, que disponibilizou 942,21m³/ano (Tabela 3).

Tabela 2 - Possíveis volumes do reservatório.

Volume do Reservatório (m ³)	Volume Total (m ³)	Área de Captação (m ²)	Altura Pluviométrica Máxima (mm)	Dias que ultrapassam	Σ das Alturas	Volume Perdido (m ³)	Volume Captado (m ³)
20	1.450,34	1.365,27	14,65	38	1.159,70	823,30	627,04
30	1.450,34	1.365,27	21,97	26	943,50	508,13	942,21
40	1.450,34	1.365,27	29,30	17	717,10	299,04	1151,30
50	1.450,34	1.365,27	36,62	10	483,90	160,65	1289,69

Tabela 3 - Chuvas que ultrapassam a altura de capacidade de armazenamento dos reservatórios de 20, 30 e 40m³

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
20m³	115,50	168,80	207,40	90,00	117,40	22,20	23,20	48,00	19,70	80,10	92,30	175,10
Nº dia	3	6	8	3	2	1	1	1	1	2	4	6
Acum.	3	9	17	20	22	23	24	25	26	28	32	38
Dias com chuva > h					38	Altura (mm)	1.159,70	Volume Perdido (m³)	823,30			
30m³	98,50	132,90	120,50	90,00	117,40	22,20	23,20	48,00	-	80,10	51,40	159,30
Nº dia	2	4	3	3	2	1	1	1	0	2	2	5
Acum.	2	6	9	12	14	15	16	17	17	19	21	26
Dias com chuva > h					26	Altura (mm)	943,50	Volume Perdido (m³)	508,13			
40m³	98,50	110,10	120,50	34,00	117,40	-	-	48,00	-	55,50	-	133,10
Nº dia	2	3	3	1	2	0	0	1	0	1	0	4
Acum.	2	5	8	9	11	11	11	12	12	13	13	17
Dias com chuva > h					17	Altura (mm)	717,10	Volume Perdido (m³)	299,04			

O custos para implantação dos reservatórios de 196 m³ e 30 m³ totalizaram R\$78.812,61 e R\$30.981,69 e as despesas com manutenção do sistema totalizaram R\$2.888,30 e R\$1.868,30, respectivamente. O custo do volume unitário da água armazenada pelo sistema foi de R\$0,067. Como o sistema tem disponibilidade de 942,21m³/ano, a água do sistema de

aproveitamento se torna mais barata do que a água potável (Tabela 4), com tempo de retorno de 5,88 anos, enquanto que o sistema dimensionado pelo Método de Rippl resultou em custo do volume unitário de água de R\$0,016 e tempo de retorno de 14,81 anos.

Tabela 4 – Custo-benefício do sistema

Reservatório (m ³)	196,00	30,00
Preço Unitário (R\$)	14,74	62,28
Quantidade de Reservatórios	2,56	10,83
Volume Necessário (m ³)	502,31	324,92
Representação do preço total da obra (%)	4,77	1,87
Preço da Água (R\$)	0,016	0,067
Economia (R\$)	5320,23	5272,91
Tempo de Retorno (anos)	14,81	5,88

4. CONCLUSÃO

Pelos estudos realizados, observa-se que o dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl, por usar uma demanda constante de água em seus cálculos, supõe que obrigatoriamente deve-se ter água armazenada para aproveitamento em épocas de seca, deixando o reservatório com grandes dimensões, encarecendo significativamente o custo de implantação do sistema.

Com o cálculo do custo unitário da água aproveitada, conclui-se pelo volume de água que deve ser captado para que se tenha água de menor custo que a potável da concessionária, não exigindo a construção de um reservatório com grandes dimensões, mas sim, que se tenha um planejamento adequado de como essa água será utilizada. O acréscimo no valor global da obra foi de 1,75% e o tempo de retorno do investimento foi de 5,4 anos. Evidencia-se, desta forma, a importância de considerar as especificidades regionais nos métodos e técnicas convencionais de planejamento das ações sustentáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória – ES**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo – ES, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**: Água de chuva-Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- BARBOZA, D. S. **Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências**. Monografia (Especialização Ambiental em Municípios) – Universidade Federal do Paraná, Medianeira, 2008.
- SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Custo de Composições – Sintético**. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/>. Acesso em: Dezembro/2010.
- MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.
- SANECP. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE CUIABÁ. Disponível em: <http://www.sanecap.com.br>. Acesso em: dez/2009.