

ESTUDO DA VIABILIDADE DO REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA RESIDÊNCIAS

FEASIBILITY STUDY OF PLUVIAL WATER REAPROVEMENT

Rafael Henrique da Silva¹

Jonadabe Pereira Rocha Alves²

Fabio Braga Fonseca³

RESUMO: A falta de água é um dos grandes problemas mundiais, que afetam diretamente a sobrevivência dos seres humanos. O uso desordenado, o desperdício e o constante crescimento das cidades são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável. Partindo desse ponto de vista, o presente trabalho tem por objetivo avaliar um sistema de captação de águas pluviais, e a viabilidade econômica de sua implantação em edificações residenciais, executando o dimensionamento hidráulico e de materiais requeridos, efetuando a composição de custos e análise econômica, constatando que o sistema de reaproveitamento de água da chuva não é viável economicamente, sendo, entretanto, torna-se interessante quando se refere a questão ambiental.

Palavras-chave: Reaproveitamento de água, Viabilidade econômica, Captação de águas pluviais.

ABSTRACT: *The lack of water it's a big world problem, that directly affect the human survival. The disorderly use, waste and the steady growth of cities are factors that support the shortage of drinking water. From this point of view, the present work aims to experimentally measure the construction of a rainwater harvesting system, as well as to analyze the economic feasibility of a implantation in residential buildings, performing the hydraulic dimensioning and required materials, making cost composition, and economic analysis. Concluding that the rainwater reuse system isn't economically viable, being, however, viable when referring to the environmental issue.*

Keywords: Water reuse, economic viability, Rainwater harvesting.

¹ Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: rafaelhenrique@outlook.com

² Graduando em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: dabe.alves@hotmail.com

³ Docente em Engenharia Civil no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro, SP. E-mail: fabiobf31@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes e essenciais para a manutenção da vida na terra, para a sobrevivência do ser humano e de toda a biodiversidade existente, o uso racional da água e o combate ao seu desperdício são uma preocupação mundial (PERSONA, 2012).

A água está na centralidade das discussões que ocorrem em todo o globo sobre sustentabilidade e sobre como superar os enormes desafios que se impõe para garantir a toda humanidade o acesso a esse bem essencial para a vida (NASCIMENTO, 2005).

O constante crescimento da população, mostra o quanto é necessário o uso racional da água, já que mananciais de abastecimento de água tornam-se insuficientes ou tem a qualidade da água reduzida pela poluição gerada na própria expansão urbana (BOTELHO, 2006).

O Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos, pois, possui cerca de 12% a 13% das águas doces disponíveis em todo o planeta terra. Entretanto, apesar da mesma ser encontrada em abundância a sua distribuição é heterogênea (SALGADO et al., 2007).

Em torno de 80% da disponibilidade hidrológica encontram-se distribuídas na região hidrográfica da Amazônia, aonde se localiza o menor contingente de pessoas e valores menores de demandas, ou seja, a alta escassez de água potável em várias regiões tem sido ocasionada pelo desequilíbrio da distribuição demográfica, industrial e agrícola, e a concentração de água (REBOUÇAS, 2001).

A conscientização da importância da capitalização de água é um dos principais passos para mitigar o problema, e instigar mudanças de hábitos da população para o uso racional da água. Assim, faz-se necessário que haja uma redução brusca de desperdícios, bem como uma drástica redução da degradação da qualidade da água causada pelos esgotos gerados nas indústrias e até mesmo em residências sem o devido tratamento. Para isso é necessário desenvolver práticas de gestão integrada da água disponível (TOMAZ, 2009).

Unindo o aproveitamento de água da chuva com um conjunto de ações, que visa aperfeiçoar o consumo de água na edificação, reduz-se o volume de efluente gerado, que resulta na economia, pela redução de custos e aumento da disponibilidade de água potável. A importância desse recurso natural para a

sobrevivência da população traz a necessidade de busca por tecnologias de aproveitamento de água das chuvas. Portanto, a engenharia precisa se enquadrar no contexto de desenvolvimento sustentável, essencial para uma sociedade saudável (AVILA et al., 2003).

Este trabalho tem por objetivo verificar o potencial de economia de água potável obtido através da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água

A escassez da água está diretamente relacionada ao crescimento da população humana, ao aumento da urbanização que afetam a sua quantidade e qualidade. A quantidade de água no planeta terra é de 1.386 milhões de Km³, sendo que esse volume tem permanecido constante durante os últimos 500 milhões de anos (GIL, 2013).

A água corresponde a 2/3 da superfície terrestre, desse total, apenas 2,5% é de água doce. A água é um componente fundamental da dinâmica da natureza, impulsionando todos os ciclos. O homem assim como todas as espécies animais e vegetais do planeta utiliza os recursos hídricos para manutenção da vida, além das atividades humanas como produção de energia, navegação, cultivo de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (TUNDISI, 2003).

2.1.1 Ciclo hidrológico

Os principais elementos do ciclo são a evaporação, a transpiração, a percolação, a precipitação e a infiltração e drenagem do solo. Então sob determinadas condições de altitude e temperatura o vapor é condensado em forma de nuvens que formam a chuva, neve e granizo. Uma certa parcela de água precipitada retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas, outra parte escoar pela superfície da terra até rios e lagos, e outra se infiltra no solo e é absorvida pelas plantas ou abastece o lençol freático que supre os poços artesianos, nascentes e rios (CAMPOS et al., 2001).

Este equilíbrio está totalmente integrado com o desenvolvimento da biosfera e com o fluxo de calor e luz provenientes do Sol e do interior da Terra. A água, em

estado líquido, só existe graças à temperatura adequada do nosso Planeta, que é mantida pela radiação solar e pelo calor gerado pelas substâncias radioativas nas camadas profundas da Terra (KITAMURA, 2004).

2.1.2 Chuva

A chuva é um dos fatores climáticos que mais favorece alteração nas condições ambientais de um ecossistema, pois a sua ocorrência intervém na descrição do microclima local. As peculiaridades do regime de chuva promovem variações na temperatura e umidade do ar, nebulosidade e na quantidade de radiação solar que atinge a superfície da terra, e que conseqüentemente afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (TOMAZ, 2009).

2.1.3 Água e saúde

A água auxilia na regulação da temperatura corpórea, hidrata e limpa o organismo, e promove a eliminação de resíduos metabólicos e toxinas pela urina, além de ser ótima para a prática de exercícios físicos, já que o meio aquático relaxa a musculatura (CAMPOS et al., 2001).

Muitas doenças são causadas por ingestão do agente patogênico que pode conter na água. Também pode ser relacionada a água as doenças que podem de ser transmitidas durante a higiene pessoal através do contato com a água contaminada (VIANA, 2016).

2.1.4 Legislação

Apesar do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais ser utilizado há anos em algumas regiões do Brasil, somente em setembro de 2007 entrou em vigor a NBR 15527/2007 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. No Brasil existem poucas legislações que regulamentam o reuso de águas. Não é aceita a junção de tubulações ligadas aos sistemas públicos com tubulações que envolvam água vinda de outras fontes de abastecimento. É também expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas de chuva ou resultantes do escoamento nos ramais prediais de esgotos. Ainda ressalta que os sistemas não potáveis resultantes das águas pluviais não devem ser misturados ao sistema de água potável (PERSONA, 2012).

2.2 Aproveitamento de água de chuva

Um grande meio de amenizar a crise de água prevista para o futuro é através do aproveitamento da água da chuva. A composição de um sistema de aproveitamento de água de chuva depende de diversos fatores. De acordo com a disponibilidade de recursos disponíveis para a implantação destes sistemas e a destinação prevista para o uso destas águas, estes sistemas podem variar dos mais simples aos mais sofisticados tecnologicamente (MAY & PRADO, 2004).

O aproveitamento de água da chuva é feito pela humanidade desde os primórdios da civilização. Porém atualmente é utilizada para reduzir custos, gerando economia na conta de água com o sistema de captação, e auxiliando de forma preventiva nos casos de enchentes em regiões baixas das cidades, causadas principalmente por chuvas torrenciais devido às cidades serem altamente impermeabilizadas, não permitindo a absorção e a infiltração natural da água no solo (VIANA, 2016).

Para que se promova a sustentabilidade dos recursos hídricos, deve-se pensar de maneira integrada no gerenciamento da demanda destes recursos nos diferentes níveis na qual ela se encontra no ecossistema, tanto no ambiente urbano como no ambiente natural, buscando sempre adotar as medidas e políticas que promovam a sua conservação nos diversos setores da sociedade (GONÇALVES, 2006).

O reaproveitamento de água pluvial pode ser uma alternativa a fim de suprir o uso de água tratada em algumas atividades, tais como: descargas de vasos sanitários, lavagens de carros, pisos e passeios e irrigação de jardins (CAMPOS et al., 2001).

2.2.1 Captação de água da chuva

Os fatores principais que influenciam a captação da água de chuva são a área da superfície coletora, a porção de água essencial para atender a demanda e a definição do tipo de reservatório. São exemplos de dados de entrada para o cálculo do reservatório a precipitação média mensal, a solicitação mensal constante ou variável, e o coeficiente de runoff, que é a perda de água por vazamentos, evaporação, absorção, entre outros (TOMAZ, 2009).

Os componentes essenciais para a captação de água são a área de captação, as calhas, os tubos verticais e o reservatório de armazenamento. Já os acessórios são os elementos opcionais do projeto ligados à finalidade da água captada, como filtros, freios de água, bombas, entre outros (KITAMURA, 2004).

Um sistema de aproveitamento de água de chuva é dividido basicamente em 3 processos: coleta, transporte e armazenamento. Esses têm sua categorização dependendo de fatores como tamanho e natureza das áreas de captação, e local onde o sistema será implantado (zonas urbanas ou rurais). Geralmente, a coleta é feita através dos telhados, os quais já se encontram construídos, onde a água da chuva cai, sendo conduzida, por meio de calhas, para um reservatório de armazenamento (MARINOSKI, 2004).

2.2.2 Dimensionamento do reservatório

Uma das dificuldades da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva é a determinação do volume dos reservatórios de armazenamento. Normalmente há uma tendência de se considerar que quanto maior o reservatório, maior será a porcentagem de chuva precipitada que se pode aproveitar. No entanto, isto não acontece (TOMAZ, 2009).

O reservatório de água da pluvial é o item mais caro do sistema, logo, deve ser projetado de acordo com as solicitações do usuário, e com a disponibilidade de precipitação local. O dimensionamento de um reservatório de água de chuva irá depender da precipitação atmosférica, da frequência com que as chuvas irão ocorrer e da quantidade de água que a edificação consome (VIANA, 2016).

A NBR 15527 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2007), que apresenta as condições para reaproveitamento de águas de pluviais em áreas urbanas para fins não potáveis, contém alguns métodos para dimensionamento de reservatório para água pluvial.

Dentre os métodos para realizar o dimensionamento de reservatórios de água de chuva, pode-se citar dois principais. O primeiro se dá a partir dos dados de precipitação, demanda e área de captação, visando um volume de reservatório que atenda às necessidades de consumo da edificação. No segundo método, estabiliza-se o volume de armazenagem do reservatório, e com isso é possível verificar quanto do consumo necessário que será atendido para um determinado volume de água em reserva. Com uma boa caracterização da utilização final da água, pode-se analisar a quantidade de água necessária para suprir esta demanda. Para isso, fatores relacionados com a tecnologia e equipamentos utilizados, assim como o padrão de vida e cultura da população local, afetam diretamente o consumo de água (KITAMURA, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na cidade de Barretos - SP, devido à ausência de dados pluviométricos para o ano de 2018 em Bebedouro – SP. Os dados foram extraídos da página www.ciiagro.sp.gov.br.

3.1 Identificação da demanda de água de reaproveitamento

A estimativa das demandas de águas de reaproveitamento da residência estudada foi calculada em função da soma do consumo total diário, tanto para uso externo como interno, considerando o número de moradores e a quantidade de vezes em que são realizadas as ações no dia. Os valores mais usuais são descritos na tabela 1 a seguir.

TABELA 1. Parâmetros para estimativa de demanda residencial de água não potável.

Demanda	Unidade	Faixa
Uso interno		
Vaso sanitário – Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso sanitário – Frequência	Descarga/hab/dia	4 a 10
Lavagem de roupas – Volume	L/ciclo	100 a 200
Lavagem de roupas – Frequência	Carga/hab/dia	0,2 a 0,3
Uso externo		
Rega de gramado ou jardim – Volume	L/dia/m ²	2 a 3
Rega de gramado ou jardim - Frequência	Lavagem/mês	8 a 12
Lavagem de carro – Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carro – Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Lavagem de área impermeável - Volume	L/dia/m ²	3 a 4
Lavagem de área impermeável - Frequência	Lavagem/mês	8 a 12

Fonte: Gonçalves (2006).

Para efeito de cálculo da demanda interna em que pode ser usada a água da chuva, ou seja, água não potável, foi substituído o uso de água potável nos aparelhos internos da residência como vaso sanitário e máquina de lavar roupas, pela água captada da chuva. Os valores de demanda variam de acordo com a frequência do uso dos moradores, como pode ser observado na tabela 2 abaixo.

TABELA 2. Valores de demanda e frequência de uso por residência.

Residências	Quantidade de pessoas	Frequência de uso vaso sanitário	Volume por ciclo	Frequência de lavagem de roupas	Volume por ciclo	Frequência área externa	Volume utilizado área externa
Modelo	Habitantes	Ciclos/Hab./dia	Litros	Ciclos/Hab./semana	Litros	Ciclos/mês	Litros
1	3	5	6	3	100	12	1.624,00
2	4	7	6	3	140	12	1.624,00
3	6	10	6	3	200	12	1.624,00
4	6	10	6	3	200	12	1.624,00
5	6	10	6	3	200	12	1.624,00

Fonte: Autoria Própria (2018).

3.1.1 Precipitação média local histórica

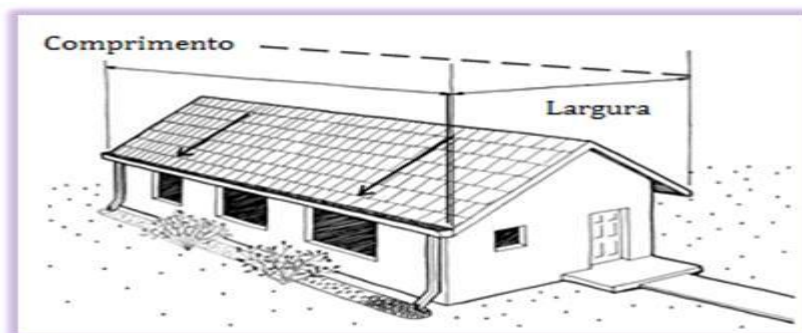
Os dados pluviométricos referentes às séries históricas de chuva no município de Barretos – SP foram extraídos da página eletrônica www.ciiagro.sp.gov.br (2018), para que fosse possível determinar a precipitação mensal.

A quantidade de água de chuva que pode ser captada para a utilização de recursos não potáveis, foi calculada pelo método de chuvas intensas. De acordo com a NBR 10844 (1989), o tempo de duração das chuvas deve ser fixado em 5 minutos, e o tempo de retorno será a cada 5 anos.

3.1.2 Área de coleta de água pluvial

A dimensão do telhado está relacionada à quantidade de água de chuva possível a ser aproveitada. A área de captação de água foi determinada de acordo com o preconizado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), verificando a planta de cobertura da edificação e inclinação dos telhados, conforme a figura 1 a seguir.

FIGURA 1. Calculo da área de coleta em telhados



Fonte: Kitamura (2004).

Para efeito de cálculo, o volume de água a ser aproveitado é menor que o precipitado. Isto deve-se a um coeficiente de escoamento superficial, *runoff*, que é a razão entre o volume de água que escorre na superfície e volume total de água que precipita na mesma superfície. Portanto, a perda de água de pluvial que será estimada é devida à limpeza de impurezas no telhado, perda por evaporação, ilustrado na tabela 3 a seguir.

TABELA 3. Coeficiente de Runoff

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2009).

Foi considerado o coeficiente de *runoff* igual a 0,80, pois o telhado é composto por telhas cerâmicas novas sem pintura.

3.2 Descarte da primeira água

Apesar de o sistema de reaproveitamento de água de chuva possuir um sistema de filtragem para reter partículas sólidas maiores, a água da chuva ainda traz consigo impurezas e contaminantes do telhado, como fezes de passarinhos e outros animais, bem como a poeira, folhas, dentre outros. E quanto mais tempo sem chuva, mais sujeira é acumulada no telhado e mais suja será a primeira água escoada, o que pode contaminar toda a água já armazenada. Por esse motivo, é aconselhável que a primeira água da chuva seja desprezada e descartada.

O volume de água que deve ser rejeitado varia de acordo com o tipo de material do telhado e a quantidade de contaminação. Segundo a ABNT NBR 15527/2007, é recomendado que o sistema de descarte da primeira água de escoamento inicial seja automático, fazendo-se necessário ser dimensionado por um projetista. Na falta de dados de projeto o descarte recomendável é de 1mm a 2mm de água da chuva.

3.3 Dimensionamento

As calhas e condutores são dimensionados de acordo com as normas brasileiras de instalações de águas pluvial, NBR 10844/1989.

O reservatório de água de chuva deve ser dimensionado para atender todas as necessidades levando em consideração os parâmetros da série histórica de chuva, demanda necessária de água não potável, área de coleta e o coeficiente runoff, ou seja, um sistema que garanta o abastecimento constante de água tanto no período chuvoso, quanto no período de estiagem

O método frequentemente utilizado para o reaproveitamento de águas de pluviais é o método de *Rippl* devido a sua facilidade de implantação. Comumente o volume necessário extremo do reservatório em locais onde existe grande variação nas precipitações mensais e é formidável alcançá-lo sempre para ter uma referência máxima. Em regiões quando não possui variação muito grande entre as precipitações mensais o volume do método de *Rippl* é zero.

Para calcular o volume necessário do reservatório, utilizou-se o método de *Rippl* de acordo com a equação 1.

$$ST = QNP - QAC \quad (1)$$

onde:

- ST – Volume de água no reservatório no tempo (L);
- QNP – Somatório das demandas de água não potáveis mensal (L);
- QAC – Volume de água pluvial a ser captada mensalmente (L).

A equação de *Rippl* se baseia na regularização da vazão nos reservatórios, ou seja, o estudo que garante o abastecimento constante de água nos períodos secos e chuvosos, além de geralmente utilizar as séries históricas de precipitações mensais o mais longo possível para aplicação do método.

3.4 Análise econômica

Para verificar o custo/benefício para a consolidação da possibilidade de instalações desse sistema, foi calculado o potencial de economia pelo uso da água da chuva, os custos para implantação e operação do sistema de reaproveitamento de água, e também os custos da mesma demanda utilizando água potável. Também é

observado o tempo que o investidor leva até que os fluxos de caixas acumulados do projeto se igualem ao investimento inicial para cinco modelos de residências.

Foi realizada uma estimativa dos valores dos materiais e equipamentos necessários, por meio de uma pesquisa de orçamentos e preços em diversas lojas e profissionais do ramo, para obter-se os valores dos materiais e mão de obra.

4 RESULTADOS

4.1 Área de captação

Considerando a inclinação do telhado, os levantamentos das áreas de captação da água pluvial são de 80 m², 150m², 200m², 250m², 300m², conforme ilustrados na tabela 4 a seguir.

TABELA 4. Levantamento das áreas de captação de acordo com o modelo de telhado

Telhados	Quantidade de pessoas	Formato	Área Captável
Modelos	Habitantes	M	M ²
R1	3	8x10	80
R2	4	15x10	150
R3	6	20x10	200
R4	6	25x10	250
R5	6	30x10	300

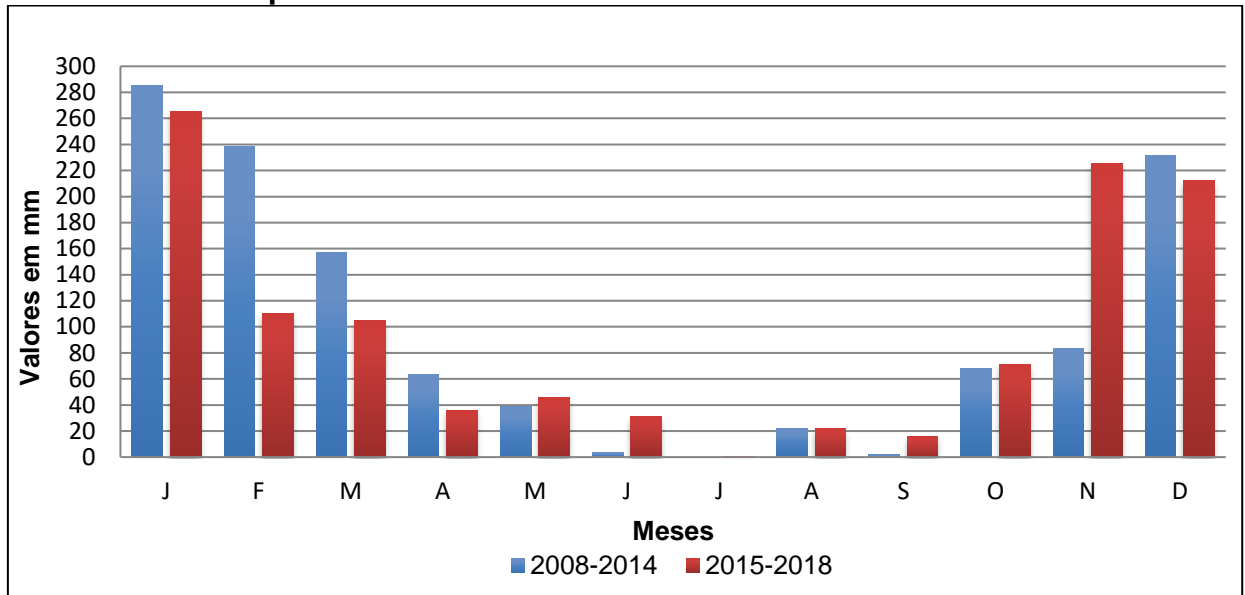
Fonte: Autoria própria (2018).

Os telhados detalhados na tabela acima são compostos por telhas cerâmicas novas sem pintura.

4.2 Dados pluviométricos

O gráfico 1 a seguir, apresenta os valores de precipitação para o município de Barretos – SP, retirados do site www.ciiagro.com.br, e transferidos no gráfico 2 abaixo. Sendo analisados as séries históricas entre os anos de 2008 a 2014, 2015 a 2018.

GRÁFICO 1. Precipitação média mensal para o município de Barretos – SP em milímetros por mês entre as series históricas dos últimos dez anos.



Fonte: Adaptado de CIIAGRO (2018).

Com base nos dados fornecidos pelo gráfico, pode-se observar que Barretos possui alto volume de precipitação entre os meses de novembro a março alcançando valores de até 285,2mm de chuva no mês de janeiro. Em contrapartida nos meses de junho a setembro há um período de pouca precipitação. Portanto, nesses meses em que o volume de precipitação é baixo, o sistema precisa fornecer mínimo da demanda de água para a edificação, até que os níveis do reservatório voltem a subir. Os métodos para cálculo do volume do reservatório de aproveitamento de águas de chuva estão relacionados ao acúmulo de água para os períodos de seca, o que requer a construção de reservatórios com grande capacidade de armazenagem.

4.3 Demanda de consumo de água para fins não potáveis

As demandas de água de chuva para as demandas internas e externas de cada residência podem ser observadas na tabela 5 a seguir.

TABELA 5. Demanda de água de chuva por residência.

Residências	Demanda interna	Demanda externa
Modelo	Litros/mês	Litros/mês
R1	930,00	1.624,00
R2	1.722,00	1.624,00
R3	2.460,00	1.624,00
R4	2.460,00	1.624,00
R5	2.460,00	1.624,00

Fonte: Autoria própria (2018).

4.4 Calhas e tubulações

Obedecendo as normas da NBR 10844 (1989), pode-se adotar a intensidade da chuva 150 mm/h, então 2,52 litros / minuto x m². Adotando o período de retorno em 5 anos e a duração da precipitação em 5 minutos. Logo os condutores verticais e horizontais são dimensionados com um diâmetro interno de 100 mm e com uma declividade horizontal de 0,5%.

4.5 Descarte da primeira água de chuva

De acordo com a área do telhado, obtém-se o volume de descarte da primeira água, foi considerado o descarte de 1 litro de água por metro quadrado, conforme a tabela 6 a seguir.

TABELA 6. Descarte da primeira água de chuva de acordo com a área do telhado de cada residência.

Residência	Área do telhado	Descarte primeira água
Modelo	M ²	Litros
R1	80	80,00
R2	150	150,00
R3	200	200,00
R4	250	250,00
R5	300	300,00

Fonte: Autoria própria (2018).

4.6 Reservatório de água de chuva

O volume de água reservado e a precipitação mensal durante o período de fevereiro de 2017 a janeiro de 2018 para casa de modelo um pode ser observado na tabela 7 a seguir.

TABELA 7. Volume de água do reservatório calculado pelo método de *Rippl*, utilizando dados mensais do ano de 2017 a 2018 para residência 1.

Período	Precipitação	Descarte	Volume Chuva aproveitável	Demanda	Volume de água em excesso descartado	Volume de sobra no Reservatório
Mês	(mm)	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
Fevereiro	91,2	80,0	5.756,8	2.554,0	0,0	3.202,8
Março	77,4	80,0	4.873,6	2.554,0	0,0	5.522,4
Abril	68,1	80,0	4.278,4	2.554,0	0,0	7.246,8
Mai	79,7	80,0	5.020,8	2.554,0	0,0	9.713,6
Junho	1,6	80,0	22,4	2.554,0	0,0	7.182,0
Julho	0,0	80,0	0,0	2.554,0	0,0	4.628,0
Agosto	11,4	80,0	649,6	2.554,0	0,0	2.723,6
Setembro	2,5	80,0	80,0	2.554,0	0,0	249,6
Outubro	84,9	80,0	4.873,6	2.554,0	0,0	2.569,2
Novembro	314,5	80,0	20.048,0	2.554,0	17.494,0	10.000,0
Dezembro	218,2	80,0	13.884,8	2.554,0	11.330,8	10.000,0
Janeiro	332,3	80,0	21.187,2	2.554,0	18.633,2	10.000,0

Fonte: Autoria própria (2018).

O volume de água reservado e a precipitação mensal durante o período de março de 2017 a fevereiro de 2018 para casa de modelo dois pode ser observado na tabela 8 a seguir.

TABELA 8. Volume de água do reservatório calculado pelo método de *Rippl*, utilizando dados mensais do ano de 2017 a 2018 para residência 2.

Período	Precipitação	Descarte	Volume Chuva aproveitável	Demanda	Volume de água em excesso descartado	Volume de sobra no Reservatório
Mês	(mm)	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
Março	77,4	150,0	9.138,0	3.346,0	0,0	5.792,0
Abril	68,1	150,0	8.022,0	3.346,0	0,0	10.468,0
Mai	79,7	150,0	9.414,0	3.346,0	4.536,0	12.000,0
Junho	1,6	150,0	42,0	3.346,0	0,0	8.696,0
Julho	0,0	0,0	0,0	3.346,0	0,0	5.350,0
Agosto	11,4	150,0	1.218,0	3.346,0	0,0	3.222,0
Setembro	2,5	150,0	150,0	3.346,0	0,0	26,0
Outubro	84,9	150,0	10.038,0	3.346,0	0,0	6.718,0
Novembro	314,5	150,0	37.590,0	3.346,0	28.962,0	12.000,0
Dezembro	218,2	150,0	26.034,0	3.346,0	22.688,0	12.000,0
Janeiro	332,3	150,0	39.726,0	3.346,0	36.380,0	12.000,0
Fevereiro	133,7	150,0	15.894,0	3.346,0	12.548,0	12.000,0

Fonte: Autoria própria (2018).

O volume de água reservado e a precipitação mensal durante o período de março de 2017 a fevereiro de 2018 para casa de modelo três pode ser observado na tabela 9 a seguir.

TABELA 9. Volume de água do reservatório calculado pelo método de Rippl, utilizando dados mensais do ano de 2017 a 2018 para residência 3.

Período	Precipitação	Descarte	Volume Chuva aproveitável	Demanda	Volume de água em excesso descartado	Volume de sobra no Reservatório
Mês	(mm)	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
Março	77,4	200,0	12.184,0	4.084,0	0,0	8.100,0
Abril	68,1	200,0	10.696,0	4.084,0	0,0	14.712,0
Mai	79,7	200,0	12.552,0	4.084,0	8.180,0	15.000,0
Junho	1,6	200,0	56,0	4.084,0	0,0	10.972,0
Julho	0,0	0,0	0,0	4.084,0	0,0	6.888,0
Agosto	11,4	200,0	1.624,0	4.084,0	0,0	4.428,0
Setembro	2,5	200,0	200,0	4.084,0	0,0	544,0
Outubro	84,9	200,0	13.384,0	4.084,0	0,0	9.844,0
Novembro	314,5	200,0	50.120,0	4.084,0	41.880,0	15.000,0
Dezembro	218,2	200,0	34.712,0	4.084,0	30.628,0	15.000,0
Janeiro	332,3	200,0	52.968,0	4.084,0	48.884,0	15.000,0
Fevereiro	133,7	200,0	21.192,0	4.084,0	17.108,0	15.000,0

Fonte: Autoria própria (2018).

O volume de água reservado e a precipitação mensal durante o período de março de 2017 a fevereiro de 2018 para casa de modelo quatro pode ser observado na tabela 10 a seguir.

TABELA 10. Volume de água do reservatório calculado pelo método de Rippl, utilizando dados mensais do ano de 2017 a 2018 para residência 4.

Período	Precipitação	Descarte	Volume Chuva aproveitável	Demanda	Volume de água em excesso descartado	Volume de sobra no Reservatório
Mês	(mm)	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
Março	77,4	250,0	15.230,0	4.084,0	0,0	11.146,0
Abril	68,1	250,0	13.370,0	4.084,0	5.432,0	15.000,0
Mai	79,7	250,0	15.690,0	4.084,0	11.606,0	15.000,0
Junho	1,6	250,0	70,0	4.084,0	0,0	10.908,0
Julho	0,0	0,0	0,0	4.084,0	0,0	6.902,0
Agosto	11,4	250,0	2.030,0	4.084,0	0,0	4.848,0
Setembro	2,5	250,0	250,0	4.084,0	0,0	1.014,0
Outubro	84,9	250,0	16.730,0	4.084,0	0,0	13.660,0
Novembro	314,5	250,0	62.650,0	4.084,0	57.226,0	15.000,0
Dezembro	218,2	250,0	43.390,0	4.084,0	39.306,0	15.000,0
Janeiro	332,3	250,0	66.210,0	4.084,0	62.126,0	15.000,0
Fevereiro	133,7	250,0	26.490,0	4.084,0	22.406,0	15.000,0

Fonte: Autoria própria (2018).

O volume de água reservado e a precipitação mensal durante o período de março de 2017 a fevereiro de 2018 para casa de modelo cinco pode ser observado na tabela 11 a seguir.

TABELA 11. Volume de água do reservatório calculado pelo método de Rippl, utilizando dados mensais do ano de 2017 a 2018 para residência 5.

Período	Precipitação	Descarte	Volume Chuva aproveitável	Demanda	Volume de água em excesso descartado	Volume de sobra no Reservatório
Mês	(mm)	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
Março	77,4	300,0	18.276,0	4.084,0	0,0	14.192,0
Abril	68,1	300,0	16.044,0	4.084,0	11.152,0	15.000,0
Mai	79,7	300,0	18.828,0	4.084,0	10.896,0	15.000,0
Junho	1,6	300,0	84,0	4.084,0	0,0	11.000,0
Julho	0,0	300,0	0,0	4.084,0	0,0	6.916,0
Agosto	11,4	300,0	2.436,0	4.084,0	0,0	5.268,0
Setembro	2,5	300,0	300,0	4.084,0	0,0	1.484,0
Outubro	84,9	300,0	20.076,0	4.084,0	2.476,0	15.000,0
Novembro	314,5	300,0	75.180,0	4.084,0	71.096,0	15.000,0
Dezembro	218,2	300,0	52.068,0	4.084,0	47.984,0	15.000,0
Janeiro	332,3	300,0	79.452,0	4.084,0	75.368,0	15.000,0
Fevereiro	133,7	300,0	32.088,0	4.084,0	28.004,0	15.000,0

Fonte: Autoria própria (2018).

De acordo com as tabelas apresentadas anteriormente, notou-se que entre os meses de junho a setembro, faltou água no reservatório para suprir a necessidade das residências, portanto os meses anteriores devem armazenar água o suficiente para suprir estas demandas. Portanto o volume necessário para suprir a demanda da residência 1 no período de estiagem estudado é 9.713,6 Litros, para residência 2 o volume necessário seria de 12.000,0 Litros, para a residência 3, 4 e 5, o volume do reservatório necessário para suprir a demanda no período de estiagem é de 15.000,0 Litros.

Outra observação é que o volume de chuva que pode ser captado é sempre diferente do precipitado, pois existem perdas em relação à evaporação, autolimpeza do sistema de captação, absorção pelos materiais do sistema de captação, entre outras. Isso faz com que o volume de água disponível na superfície coletora seja de aproximadamente 70% a 80% do volume total precipitado sobre a mesma.

4.7. Análise econômica

No presente estudo os custos aqui previstos levam em consideração os materiais e a mão-de-obra para a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais. A tabela 12, a seguir, apresenta os materiais utilizados, o valor médio gasto por material, a quantidade de lojas consultadas e o desvio padrão dos valores dos materiais orçados.

TABELA 12. Quantidade e valores da média de gastos em materiais e mão-de-obra da implementação do sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

Material	Quantidade	Quantidade de Orçamentos	Valor médio (R\$)	DESVPAD. (R\$)
Cisterna 10.000 Litros ACQUALIMP	1 Unid.	7	7.836,02	1579,692
Cisterna 5.000 Litros ACQUALIMP	1 Unid.	8	3.700,91	590,4342
Cisterna 2.800 Litros ACQUALIMP	1 Unid.	8	2.501,61	1558,55
Tubo PVC esgoto 100 mm Amanco	6 Metros	4	54,98	8,358682
Tubo PVC soldável 50 mm Amanco	6 Metros	4	55,73	8,634811
Filtro autolimpante 100 mm	1 Unid.	6	57,40	14,15274
Bomba d'água 1 HP 60L/MIN 220V	1 Unid.	7	367,34	275,7197
Mão de obra	-	5	869,00	115,3473

Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme mencionado anteriormente a demanda de água não potável na residência 1, é de 2,554 m³ ao mês, fazendo-se necessário ter um reservatório de 10.000 litros para suprir a demanda nos meses de estiagem. O custo ao consumidor do metro cúbico exclusivo de água em Barretos – SP em setembro de 2018 é de R\$ 1,963 conforme o serviço de abastecimento de água e esgoto de Barretos (SAAE). Portanto, há uma economia de R\$ 60,15 anual.

O investimento no sistema de reaproveitamento de águas pluviais é de R\$ 8.806,27. Obtendo o retorno financeiro somente em 147 anos.

A demanda de água não potável na residência 2, é de 3,346 m³ ao mês. Como mencionado anteriormente o custo por m³ de água no município de Barretos -SP é de R\$ 1,963, por tanto o valor economizado anualmente seria de R\$ 78,8. Sendo necessário ter um reservatório de 12.000 litros para suprir a demanda nos meses de estiagem, o investimento no sistema seria de R\$ 11.307,88. O retorno financeiro seria obtido somente em 144 anos.

Para as residências 3,4 e 5, a demanda seria de 4.084 litros de água de chuva, conforme mencionado anteriormente o valor por m³ de água em Barretos –SP é de R\$ 1,963, o valor economizado seria de R\$ 96,20, sendo necessário ter um reservatório de 15.000 litros para suprir a demanda nos meses de estiagem, o valor do investimento no sistema seria de R\$ 12.507,18. O retorno financeiro seria obtido apenas em 130 anos.

Nota-se que esse tipo de projeto é economicamente inviável, visto que o valor de custo da água é relativamente barato, tanto no município de Barretos– SP, quanto em outras localidades próximas. Para indústrias que possuem demandas altas no consumo de água ou locais onde o seu metro cúbico é mais caro, o aproveitamento da água pluvial pode ser economicamente viável.

5. Conclusão

A implantação de um sistema de coleta de água de chuva vem se tornando tendência na construção civil, porque traz benefícios econômicos e ambientais quando utilizados. O método de *Rippel* para cálculo utilizado no projeto faz uma avaliação entre o potencial de água captada durante todo o ano e a demanda necessária das atividades, obtendo um dimensionamento mais coerente e dentro dos padrões exigidos.

Analisando a viabilidade da implantação de um sistema de captação da água de chuva na cidade de Barretos – SP, foi observado que com a utilização deste sistema é possível oferecer uma destinação muito mais adequada às águas de chuva. Porém, devido ao metro cúbico da água no município analisado ser muito barato e a instalação e manutenção do sistema requerer um alto investimento financeiro, com um retorno a um prazo muito longo, o sistema é financeiramente inviável.

No entanto, o sistema de reaproveitamento da água da chuva é um grande investimento considerando a viabilidade ambiental do investimento, haja visto que o

sistema retém boa parte da água que escoaria pelas ruas e suas galerias. Além de tudo, o reuso das águas pluviais diminuiria também o volume de água tratada pela concessionária que seria desperdiçado com fins não potáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

AVILA, A.V. et al. **Orçamento de Obras**: Apostila do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis: Insular, 2003. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-20Or%C3%A7amento.pdf>>. Acesso em 07/06/2018.

BOTELHO, A. N. Uso racional de água no campus da UFSC. **Trabalho de Iniciação Científica**. Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

BRASILIA. Agência Nacional de águas. Ministério do Meio Ambiente. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2013. 432 p.

BRASILIA. Agência Nacional de águas. Ministério do Meio Ambiente. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 150p.

CAMPOS, J. D. et al. Barragem subterrânea: uma alternativa de captação e barramento de água da chuva no semiárido. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMIÁRIDO**, Petrolina, 2001. Disponível em: <http://abcmac.org.br/files/simposio/3simp_josedias_barragemsubterranea.pdf>. Acesso em 07/03/2018.

GIL, A. S. L. **Diagnóstico de uso racional da água em prédios do Campus I da Universidade de Passo Fundo RS**. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013.

GONÇALVES, R, F. Consumo de água: Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro: **ABES 2006**. 352 p.

GUZZO, F. J. M. et al. Programa de Conscientização da Sociedade Voltado a Importância do Uso Racional da Água. **CD ROM dos Anais do IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**. Goiânia, 2005.

HERNANDES, A. T. et al. Análise de Custo da Implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial para uma Residência Unifamiliar na Cidade de Ribeirão Preto, **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo, 2004.

JQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

KITAMURA, M. C. **Aproveitamento de águas pluviais para uso não potável na pucpr**. 2004. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.

MARINOSKI, D. L. **Aproveitamento de Água Pluvial e Dimensionamento de Reservatório para Fins Não Potáveis: Estudos de Caso em um Conjunto Residencial Localizado em Florianópolis-SC** - I Conferência Latino Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

MAY, S.; PRADO, R. T. A. **ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES**. 2004. 8 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NASCIMENTO, N. O. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento**, v. 10, n. 1, p. 36-48. Belo Horizonte, 2005.

PERSONA, G. **Consumo de água nas torneiras dos banheiros da FEEC**. 2012. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/BE310>. Acesso em: 08/05/2018.

REBOUÇAS, A. C. **Água e Desenvolvimento Rural. Pesquisa Instituto de Estudos Avançados da USP**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

ROCHA, G. de A. et al. Cadernos de Educação Ambiental: Recursos Hídricos. 14. ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. **Coordenadoria de Educação Ambiental**. 2011.

SALGADO, C. M. et al. Caracterização espaço-temporal da chuva como subsídio à análise de episódios de enchentes no município de Angra dos Reis. **Geosul, Florianópolis**, v. 22, n. 44, p. 7-26, jan. 2007. ISSN 2177-5230. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12607>> Acesso em 11/03/2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2009. 530 p.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência Cultura**. São Paulo, v. 55, n. 4, dez. 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000967252003000400018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10/04/2018.

VIANA, D. V. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: **revisão sistemática**. Rev. bras. Epidemiol. v.16, n.2. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415790X2013000200240&lng=en&nrn=iso>. Acesso em 08/04/2018.