

## **IX-020 - PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA APROVEITAMENTO NO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS ALTO PARAPEBA – UFSJ**

**Deysiane Antunes Barroso Damasceno<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São João del-Rei, *campus* Alto Paraopeba.

**Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São João del-Rei.

**Isabela Carvalho Pinheiro<sup>(3)</sup>**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São João del-Rei, *campus* Alto Paraopeba.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia MG 443, km 07 - Fazenda do Cadete - Ouro Branco - MG - CEP: 36420-000 - Brasil - Tel: (31) 98962-4769 - e-mail: deysiane.antunes@yahoo.com.br

### **RESUMO**

A utilização de água da chuva tem sido uma prática muito utilizada para diferentes fins, como diminuir o número de enchentes em determinados lugares, minimizar os gastos financeiros, abastecer regiões que sofrem com falta de água e, principalmente, diminuir o uso de água potável para fins menos nobres. Diante desses fatores, esse trabalho tem como finalidade dimensionar um sistema de captação de água da chuva para utilização no laboratório de Engenharia Civil do *Campus* Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João Del-Rei, visto que este tem um grande consumo de água potável, principalmente para produção de água destilada. Inicialmente foi calculada a intensidade média da chuva da região. Determinou-se a precipitação média mensal da cidade. Em seguida, determinou-se a área de contribuição do telhado e calcularam-se as calhas, condutores verticais e horizontais e foi feito o dimensionamento do reservatório pelos métodos de Rippl, da Simulação, de Azevedo Neto, Prático Inglês, Prático Alemão e Prático Australiano. Foi também dimensionado o reservatório de descarte de primeira água. No fim, compararam-se os métodos de dimensionamento dos reservatórios de armazenamento, apresentando a dimensão do reservatório mais viável para implantação do projeto bem como o tipo de reservatório de descarte mais adequado para a edificação. O projeto mostrou-se tecnicamente viável devido ao grande volume de chuva da região e também pela economia de água potável que ele proporciona.

**PALAVRAS-CHAVE:** Captação de água pluvial, Aproveitamento de água, Crise Hídrica.

### **INTRODUÇÃO**

Á água é um recurso finito de vital importância para todos os seres vivos. Além de garantir a vida, a água também exerce grande relevância em vários outros setores, desde atividades agrícolas até atividades industriais, definindo valores culturais e sociais de diferentes regiões.

O Brasil é um dos países que possui o maior volume acumulado de água, porém esse valor encontra-se mal distribuído. As regiões brasileiras com maior concentração da população apresentam menor disponibilidade de água, a exemplo as regiões Sudeste e Nordeste. Ao contrário do que acontece nas regiões citadas anteriormente, a região Norte que conta com um menor número de pessoas, é a que tem disponível a maior parte dos recursos hídricos encontrados no Brasil.

O desejo de alcançar a ideia de desenvolvimento sustentável e a necessidade de garantir que as futuras gerações tenham acesso aos recursos hídricos em conjunto com a dificuldade de acesso a esses recursos em certas regiões, faz com que a população em geral busque alternativas para diminuir o uso de água potável, principalmente para usos menos exigentes com a qualidade. E a utilização da água da chuva tem se tornado uma ótima alternativa, principalmente para o Brasil, pois este conta com um relevante volume de chuva anual.

Em relação ao Laboratório de Engenharia Civil do *Campus* Alto Paraopeba da Universidade Federal de São João del-Rei, o uso de água potável para fins menos exigentes, como uso em destiladores e bacias sanitárias, tem como consequência o consumo de um volume elevado de água tratada. Sendo que para uso em destiladores uma grande porcentagem dessa água é descartada. Então, a prática de captação de água da chuva pode ser uma excelente alternativa para que o consumo e desperdício de água potável sejam minimizados.

Assim, este trabalho tem como objetivo principal dimensionar um sistema de captação e aproveitamento da água de chuva para o Laboratório de Engenharia Civil localizado na Universidade Federal de São João Del Rei – *Campus* Alto Paraopeba, com os seguintes objetivos específicos: Dimensionar as calhas, condutos verticais e horizontais; Dimensionar o reservatório de armazenamento pelos métodos de Rippl, da Simulação, de Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano e compará-los; Dimensionar o reservatório de descarte.

## METODOLOGIA

Para a elaboração desse projeto foi desenvolvida uma metodologia que engloba as seguintes etapas: Levantamento de dados pluviométricos da região onde está localizado o laboratório; levantamento quantitativo do consumo de água não potável; determinação da área da cobertura que contribuirá para a coleta; dimensionamento dos condutores verticais, horizontais, calhas, reservatório de acumulação e de descarte da primeira chuva.

A vazão (Q) de água pluvial que será coletada é o produto da intensidade pluviométrica (I), coeficiente de deflúvio (C) e área (A) de coleta. Esta vazão é utilizada para dimensionar os condutores e calhas do sistema e pode ser calculada pela Equação 1.

$$Q = \frac{CIA}{60} \quad \text{equação 1}$$

Sendo: O coeficiente de deflúvio, que é a relação entre a vazão que escoar na superfície e a vazão precipitada. Para telhados e coberturas este coeficiente varia de 0,75 a 1, sendo adotado igual a 1 neste trabalho. A área de contribuição é definida como a área plana onde a chuva incide. O cálculo desta área foi feito conforme NBR 10844/1989, para telhado de duas águas.

A equação da intensidade pluviométrica é dada pela Equação 2.

$$I = \frac{kT^m}{(t + t_0)^n} \quad \text{equação 2}$$

Onde os parâmetros  $K$ ,  $m$ ,  $n$  e  $t_0$  variam de acordo com a localidade, para a cidade de Ouro Branco-MG estes parâmetros foram determinados utilizando-se o *software Plúvios*. A NBR 10844/1989 estabelece que, em se tratando de telhados e coberturas, o período de retorno deve ser tomado igual a cinco anos e o tempo de duração da chuva deve ser fixado em cinco minutos.

As calhas são componentes responsáveis por receber a água coletada e encaminhá-la até o reservatório de armazenamento. Elas funcionam em regime de escoamento livre, e são dimensionadas pela equação de Manning-Strickler, Equação 3.

$$Q = \frac{D^{10/3} (\theta - \sin \theta)^{5/3} I^{1/2}}{8^{5/3} (\theta D / 2)^{2/3} n} \quad \text{equação 3}$$

Onde:  $Q$  é vazão de projeto, em  $m^3/s$ ;  $\theta$  é calculado pela Equação 4, em radianos;  $D$  é o diâmetro da calha, em mm; e  $n$  é o coeficiente de rugosidade de Manning, este coeficiente varia de acordo com o material do componente. O valor adotado para este coeficiente foi de 0,011, considerando tubos plásticos e calhas de metal. Por fim,  $I$  é a declividade da calha, em m/m, a qual é 0,5%.

$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2y}{D} \right)$$

equação 4

O dimensionamento dos condutores verticais não se dá de forma direta, uma vez que seu escoamento pode ser livre e/ou forçado, a depender das condições de entrada e saída da água na canalização (BAPTISTA e LARA, 2010). Por isso, a NBR 10844/1989 sugere ábacos que permitem o dimensionamento destas tubulações em função da vazão de projeto, lâmina líquida nas calhas e comprimento dos condutores verticais.

É recomendado que a primeira água que incide na superfície de coleta seja descartada por ser mais poluída. O dimensionamento do reservatório de descarte é feito conforme a NBR 15527/1999 que aconselha o descarte de 2L/m<sup>2</sup> da precipitação inicial.

Foi estabelecido que a água pluvial coletada será utilizada nos sanitários e também será usada nos dois aparelhos de destilação de água. Os locais de utilização foram definidos de acordo com as atividades que não sofreriam nenhuma alteração em seus resultados ao se utilizar água não potável. A determinação do consumo foi feita através de entrevistas com os laboratoristas, controle de dados dos equipamentos de destilação e cálculos baseados na literatura para o consumo dos sanitários.

O reservatório de acumulação foi dimensionado por seis métodos diferentes, os quais serão discutidos a seguir.

### **MÉTODO DE RIPPL**

Este método fornece volumes que garantem água tanto em períodos chuvosos como em períodos secos. Faz-se a diferença entre a demanda e o volume de chuva, assim quando a demanda for maior que a oferta de água pluvial essa diferença será positiva. A soma acumulada dos valores positivos fornece o volume do reservatório.

### **MÉTODO DA SIMULAÇÃO**

Neste método arbitra-se um volume e verifica-se se haverá excesso de água (overflow) ou faltará água. Caso não se deseja usar água de fonte externa para suprir a falta, devem-se aumentar as dimensões do reservatório, caso contrário, diminui-se o reservatório, mas cria-se a necessidade do uso de suprimento nos períodos de seca (COUTO, 2012).

### **MÉTODO DE AZEVEDO NETO**

Este método utiliza uma série histórica de precipitação anual relacionando-a com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. O volume ideal é dado por 4,2% do produto da precipitação anual ( $P$ ), que é a soma das precipitações médias mensais, a qual para a cidade de Ouro Branco totalizou 1412,7 mm, com a área de coleta ( $A$ ) e número de meses de seca ( $T$ ). Nesse trabalho, adotou-se cinco meses de pouco chuva.

### **MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO**

Este método estabelece que o volume do reservatório será o menor valor dentre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

### **MÉTODO PRÁTICO INGLÊS**

Este método leva em conta apenas 5% do produto entre a precipitação média anual ( $P$ ) e a área de coleta ( $A$ ).

## MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Este método utiliza séries históricas mensais de precipitação. O cálculo faz uma análise entre a chuva total do mês e a demanda mensal. Fazem-se estimativas de valores do volume do reservatório até que o volume adotado reserve água suficiente para suprir a demanda nos meses de estiagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O consumo de água nas bacias sanitárias foi estimado a partir do limite máximo de utilização de água para limpeza de bacias sanitárias, determinado pelo Ministério do Interior através do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), que estabelece 6 L/descarga, e pelo número estimado de descargas diárias no laboratório. Considerando o número de pessoas que frequentam diariamente o Laboratório de Engenharia Civil, cerca 20 pessoas, e o número de vezes que cada uma utiliza os sanitários, em média 2 vezes por dia, tem-se um total de 40 descargas por dia. Porém, o dimensionamento foi feito de maneira conservadora considerando 50 descargas por dia, gerando uma vazão de 300 L/dia.

Já o consumo de água nos destiladores foi determinado através da medição da vazão do destilador e do número de vezes que o destilador foi utilizado no intervalo de oito dias, entre os dias 09/11/2015 e 16/11/2015, sendo que houve dias em que o destilador não foi utilizado. Os resultados na Tabela 1 apresentam as informações para os dias que o destilador foi utilizado.

**Tabela 1: Demanda de água em um destilador.**

Data	Vazão do destilador (L/h)	Tempo de funcionamento (h)	Volume (L)	Volume médio por dia (L/d)
09/11/2015	732,1	1,083	793,11	654,35
10/11/2015	732,1	1,650	1207,97	
11/11/2015	732,1	2,250	1647,23	
12/11/2015	0,0	0,000	0,00	
13/11/2015	0,0	0,000	0,00	
14/11/2015	0,0	0,000	0,00	
15/11/2015	0,0	0,000	0,00	
16/11/2015	732,1	2,167	1586,47	

O consumo diário total foi então calculado considerando dois destiladores mais a vazão dos sanitários, resultando em 1608,7 L/dia. Assim, o consumo mensal é de 48,26 m<sup>3</sup>.

A intensidade pluviométrica calculada para Ouro Branco é 146 mm/h, segundo a Equação 2. Essa intensidade foi calculada utilizando os seguintes valores:  $k = 3359,569$ ;  $a = 0,221$ ;  $b = 25,101$ ; e  $c = 1,026$ , os quais foram obtidos através do programa *Plúvios*.

A área de contribuição de 795,97 m<sup>2</sup> foi determinada segundo a NBR 10844/1989.

Com a intensidade pluviométrica, área de contribuição e o coeficiente de deflúvio,  $C = 1$ , estabelecidos, a vazão de projeto de 1936,86 L/min pôde ser determinada pela Equação 1.

O diâmetro das calhas foi determinado a partir da Equação 3, em função da vazão de projeto de 1936,86 L/min e declividade mínima de 0,5% pré-determinada, e coeficiente de rugosidade de Manning igual a 0,011, para telhados de fibrocimento, obtendo-se o diâmetro de 180 mm, sendo o diâmetro comercial adotado de 200 mm. Os condutores verticais, em arestas vivas, foram dimensionados através do ábaco da NBR 10844/1989, em

função da lâmina de água nas calhas, da vazão de projeto de 1936,86 L/min e comprimento da tubulação, 6,48 m, obtendo-se o diâmetro mínimo de 91,72 mm, sendo o diâmetro comercial adotado de 100 mm. Os resultados obtidos para os seis métodos de dimensionamento dos reservatórios são descritos a seguir.

### MÉTODO DE RIPPL

A Tabela 2 contém os resultados obtidos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento pelo método de Rippl. Como apresentado na Tabela 2, o volume mínimo que deve ser adotado para que o reservatório armazene água suficiente para suprir a demanda dos tempos de seca é de 146,58 m³.

**Tabela 2: Dimensionamento do reservatório segundo Método de Rippl.**

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Demanda volume de chuva (C3-C5)	Diferença acumulada de C6 dos valores positivos (m³)	OBS
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Janeiro	261,0	48,26	795,97	207,75	-159,49	-	E
Fevereiro	184,5	48,26	795,97	146,86	-98,60	-	E
Março	160,6	48,26	795,97	127,83	-79,57	-	E
Abril	67,1	48,26	795,97	53,40	-5,14	-	E
Maiο	29,1	48,26	795,97	23,16	25,10	-	D
Junho	15,3	48,26	795,97	12,18	36,08	61,18	D
Julho	11,8	48,26	795,97	9,39	38,87	100,05	D
Agosto	12,3	48,26	795,97	9,79	38,47	138,52	D
Setembro	50,5	48,26	795,97	40,20	8,06	146,58	D
Outubro	130,2	48,26	795,97	103,64	-84,82	-	S
Novembro	197,1	48,26	795,97	156,89	-138,07	-	E
Dezembro	293,2	48,26	795,97	233,38	-214,56	-	E
Total	1412,7	579,12	9551,64	13493,60	-633,67	-	-

### MÉTODO DE AZEVEDO NETO

O volume do reservatório foi obtido utilizando a precipitação média anual de 1412,7 mm, obtido pela soma das precipitações médias mensais para Ouro Branco; o número de meses de pouca chuva adotado igual a 5; a área de coleta de 795,97 m². O volume será 4,2% do produto dos parâmetros acima. Assim, chegou que o volume do reservatório será de 236,14 m³.

### MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

Utilizou-se a demanda de água anual de 579120 L e o volume de chuva anual de 1124470 L. O volume do reservatório será 6% do menor dos dois valores acima. Portanto, o volume do reservatório será 34747,2 L, ou 34,70 m³.

### MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Utilizando-se a precipitação média anual de 1412,7 mm e a área de coleta de 795,97 m², o volume do reservatório será igual a 5% do produto da área de coleta e da precipitação média anual. Portanto, o reservatório terá 56,22 m³.

## MÉTODO DA SIMULAÇÃO

O Método da Simulação permite que seja preestabelecido determinado volume para o reservatório e seja analisada a variação do volume no seu interior. A Tabela 3 contém os resultados obtidos para um reservatório de 50,00 m<sup>3</sup>.

**Tabela 3: Dimensionamento do reservatório segundo Método da Simulação.**

Meses	Chuva média (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Vol. chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo t-1	Volume do reservatório no tempo t	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo
Janeiro	261,0	48,26	795,97	207,75	0,00	50,00	109,49	0,00
Fevereiro	184,5	48,26	795,97	146,86	50,00	50,00	98,60	0,00
Março	160,6	48,26	795,97	127,83	50,00	50,00	79,57	0,00
Abril	67,1	48,26	795,97	53,40	50,00	50,00	5,14	0,00
Mai	29,1	48,26	795,97	23,16	50,00	24,90	0,00	0,00
Junho	15,3	48,26	795,97	12,18	24,90	-11,18	0,00	11,18
Julho	11,8	48,26	795,97	9,39	0,00	-38,87	0,00	38,87
Agosto	12,3	48,26	795,97	9,79	0,00	-38,47	0,00	38,47
Setembro	50,5	48,26	795,97	40,20	0,00	-8,06	0,00	8,06
Outubro	130,2	48,26	795,97	103,64	0,00	50,00	5,38	0,00
Novembro	197,1	48,26	795,97	156,89	50,00	50,00	108,63	0,00
Dezembro	293,2	48,26	795,97	233,38	50,00	50,00	185,12	0,00
Total	1412,7	579,12	-	13493,60	-	-	-	-

## MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Os resultados obtidos no dimensionamento do reservatório pelo Método Prático Australiano podem ser vistos na Tabela 4. Devido ao grande volume de chuvas durante os três primeiros meses do ano é possível captar água suficiente para suprir a demanda dos meses de estiagem, como se pode ver na Tabela 4.

**Tabela 4: Dimensionamento do reservatório segundo método Australiano.**

Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Runoff C	Interceptação (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Demanda constante mensal (m <sup>3</sup> )	V(t) m <sup>3</sup>
Janeiro	261	795,97	1	2	206,16	48,26	0
Fevereiro	184,5				145,26		97,00
Março	160,6				126,24		174,99
Abril	67,1				51,82		178,54
Mai	29,1				21,57		151,85
Junho	15,3				10,59		114,18
Julho	11,8				7,80		73,72
Agosto	12,3				8,20		33,66
Setembro	50,5				38,60		24,00
Outubro	130,2				102,04		77,79
Novembro	197,1				155,29		184,82
Dezembro	293,2				231,79		368,35



Através de tentativas e erros, estimou-se então um volume de reservatório capaz de armazenar água suficiente para os meses de pouca chuva, sem que seja necessário usar de outra fonte de suprimento. O volume adotado para este reservatório deve ser de no mínimo 29,87 m<sup>3</sup>. Assim é possível garantir água suficiente para suprir a demanda durante os meses de pouca chuva, como pode ser visto na Tabela 5.

**Tabela 5: Dimensionamento do reservatório segundo método Australiano para o volume de 154,57 m<sup>3</sup>.**

Meses	Chuva média mensal (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Runoff C	Interceptação (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Demanda constante mensal (m <sup>3</sup> )	V(t-1) (m <sup>3</sup> )	V(t) (m <sup>3</sup> )
Janeiro	261	795,97	1	2	206,16	48,26	0,00	157,90
Fevereiro	184,5				145,26		154,54	251,54
Março	160,6				126,24		154,54	232,52
Abril	67,1				51,82		154,54	158,10
Maio	29,1				21,57		154,54	127,85
Junho	15,3				10,59		127,85	90,18
Julho	11,8				7,80		90,18	49,72
Agosto	12,3				8,20		49,72	9,66
Setembro	50,5				38,60		9,66	0,00
Outubro	130,2				102,04		0,00	53,78
Novembro	197,1				155,29		53,78	160,82
Dezembro	293,2				231,79		160,82	344,34

## DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE DESCARTE

O reservatório de descarte foi dimensionado conforme a NBR 15527/1999, onde é sugerido que o volume de água a ser descartado deve ser 2,00 L a cada metro quadrado da área de coleta, gerando um volume de descarte de 1591,94 L.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos para o volume de chuva disponível, em função da área de coleta e intensidade pluviométrica, levaram a valores de volumes suficientes para garantir a demanda de água do edifício, podendo ou não fazer uso de suprimento extra de água potável. O que determina o volume do reservatório, como visto anteriormente, é a finalidade do uso da água e se é desejável usar outra fonte de suprimento de água nos meses de estiagem.

O Método de Rippl forneceu um volume de 146,58 m<sup>3</sup>, este valor representa o volume de chuva que deve ser acumulado durante os períodos chuvosos para que se não falte água durante os períodos de seca e não seja necessário o uso de suprimentos extras.

Já o Método da Simulação permite que se adote um volume do reservatório e se analise a variação do seu volume. Foi estipulado, então, um volume próximo ao valor de demanda, de 50,00 m<sup>3</sup>. Tal volume se mostrou suficiente para abastecer a edificação durante a maioria dos meses, exceto nos meses de junho a setembro, os quais precisariam de suprimento de água.

O Método de Azevedo Neto forneceu um valor elevado para o volume do reservatório, 236,14 m<sup>3</sup>, embora exagerado, este número é bastante coerente, pois este método não leva em consideração variáveis como demanda, evaporação, descarte de água, etc. Além disso, o volume de chuva produzido anualmente é multiplicado pelo número de meses de seca, majorando os cálculos.

O Método Alemão forneceu um volume para o reservatório de 34,70 m<sup>3</sup>, inferior ao volume de demanda mensal. Desta forma, seria obrigatoriamente necessário o uso de suprimento de água de outras fontes em todos os meses, por outro lado, as dimensões do reservatório seriam diminuídas, reduzindo-se o custo de implantação do sistema.

Assim como o Método de Azevedo Neto, o Método Prático Inglês não leva em consideração variáveis como demanda, evaporação, descarte de água, etc., utilizando somente uma porcentagem do produto entre a precipitação média anual e área de captação. Apesar disso, o método forneceu um valor moderado para o volume do reservatório de 56,22 m<sup>3</sup>.

Por fim, o Método Australiano, assim como os métodos da Simulação e de Rippl, faz uso das precipitações médias mensais e da demanda para o cálculo do volume do reservatório. Este método, porém, leva em conta o coeficiente de deflúvio e perdas de água por evaporação. O método permite analisar o volume de água disponível no fim de cada mês, podendo desta forma, através de tentativas, estimar o volume ideal do reservatório, o qual armazenará água suficiente para suprir a demanda nos meses de estiagem, ou se o projetista desejar, determinar o volume tal que se utilize um valor constante de suprimento extra. O volume mínimo necessário para garantir água durante o período de estiagem sugerido pelo método foi de 154,57 m<sup>3</sup>.

Logo, cada método se mostra mais eficaz a depender do interesse do construtor. Os métodos de Rippl e Australiano são bastante similares em sua metodologia e forneceram valores semelhantes. A variação entre eles se dá devido a algumas pequenas particularidades, como variáveis que cada um leva em consideração em seus cálculos. Estes métodos são indicados quando se deseja armazenar água suficiente para suprir os meses de estiagem. No caso da região de Ouro Branco, não há períodos longos de seca, mas a demanda de água no Laboratório de Engenharia Civil do *Campus* Alto Paraopeba – UFSJ é relativamente alta, superando os volumes de chuva desse período, isso levou a valores elevados para o volume do reservatório, consequentemente a dimensões exageradas do reservatório. Desta forma ambos os métodos se mostram inviáveis no que se refere a custo de implantação do projeto.

Os métodos da Simulação e Prático Inglês forneceram resultados semelhantes para o volume do reservatório. Apesar de mostrarem ser necessário suprimento de água durante alguns meses o reservatório não teria dimensões exageradas, diminuindo custos de implantação.

O método de Azevedo Neto, por não levar em conta a demanda de água da edificação, forneceu valor exageradamente alto para o volume do reservatório, mostrando inviabilidade econômica no que diz respeito à implantação do projeto.

O Método Prático Alemão apresentou um volume coerente, embora menor que o volume de água demandado. Este método é indicado quando se quer diminuir os custos com a implantação do projeto, construção do reservatório, por exemplo, pois neste método as dimensões do reservatório seriam menores. Por outro lado, é necessário o suprimento de água de outras fontes durante todos os meses.

Embora os métodos tenham apresentado volumes distintos para o reservatório de acumulação, quando estes valores são comparados a resultados obtidos por outros estudos eles mostram-se bastante coerentes. No estudo realizado por Amorim e Pereira (2008) para o edifício AT6 do *Campus* São Carlos da Universidade Federal de São Carlos, o valor do volume do reservatório encontrado pelo método de Azevedo Neto foi o maior dentre os demais métodos, enquanto que o Método Prático Alemão forneceu um valor bem mais reduzido, sendo que o volume fornecido pelo primeiro método foi cerca de cinco vezes maior que o volume fornecido pelo último. Neste estudo, o método de Azevedo Neto também forneceu o maior valor de volume para o reservatório e quando comparado com o Método Prático Alemão, aquele foi aproximadamente 4,2 vezes maior que este último.

Ainda comparando os resultados deste trabalho com aqueles obtidos por Amorim e Pereira (2008), pode-se ver que os volumes fornecidos pelos métodos de Rippl e Prático Australiano são muito semelhantes, neste estudo a diferença entre eles foi 8 m<sup>3</sup> enquanto que para Amorim e Pereira (2008) a diferença foi de 15 m<sup>3</sup>.



Como discutido, é necessário que se descarte a água de *first flush*. A determinação do tipo de reservatório de descarte varia conforme viabilidade econômica e volume de água a se descartar. Os métodos apresentados são, em sua maioria, de simples aplicação, diferenciando-se por alguns serem de esvaziamento hidráulicamente automatizado e outros por necessitarem de acionamento manual do esvaziamento. Alguns modelos como o comercial, podem ser encontrados prontos para instalação, outros, porém, é necessário projetá-los. Dentre os modelos apresentados aquele que se mostrou de mais simples instalação e custo reduzido é o reservatório com torneira de boia, embora seja necessário o acionamento manual para esvaziá-lo, o laboratório consta de pessoal disponível para tal.

## CONCLUSÕES

O projeto mostra-se como uma alternativa sustentável e tecnicamente viável, pois promoverá uma significativa economia de água potável. Porém, estudos econômicos devem ser realizados.

A escolha do reservatório de acumulação a ser utilizado irá depender de estudos posteriores, pois pode se desejar ter um maior custo de implantação optando por um reservatório maior, e, no entanto não ser necessário à reposição de água do sistema público, ou decidir por um reservatório com dimensões menores, o que diminuiria os gastos com a implantação, porém seria necessário um suprimento de água potável durante os meses de estiagem.

Este projeto está em fase inicial, assim outras etapas ainda serão realizadas, como: levantamento de dados de consumo mais precisos; estudo de viabilidade econômica do sistema de coleta de água de chuva e dos tipos de reservatórios de armazenamento; dimensionamento do sistema hidráulico predial; e análise da qualidade da água pluvial para seleção da técnica de tratamento.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FAPEMIG através do auxílio de participação coletiva em eventos e à Universidade Federal de São João del-Rei pelo suporte dado no desenvolvimento deste trabalho e pelo auxílio financeiro a 3ª autora desse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844: Instalações Prediais de Águas Pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
2. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: Água de Chuva- Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
3. AMORIM, Simar; PEREIRA, Daniel. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
4. BAPTISTA, Márcio; LARA, Márcia. Fundamentos de Engenharia Hidráulica. 3ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.
5. COUTO, Vanessa. Projeto de Aproveitamento da Água da Chuva Para o Ginásio de Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville-SC, 2012.
6. MARINOSKI, Ana. Aproveitamento de Água Pluvial para Fins Não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis-SC. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2007.