

AVALIAÇÃO DE ECONOMIA PARA DIFERENTES CAPACIDADE DE CISTERNA PARA UMA ESCOLA TÉCNICA DA REDE FEDERAL

DOI: 10.19177/rgsa.v9e32020173-201

Cesar Alberto Ruver¹
Natan Gabriel Arnhold²
Gabriel Zardin³

RESUMO

O aproveitamento da água pluvial traz diversas vantagens do ponto de vista ambiental e econômico. Na concepção do projeto técnico pode-se destacar a determinação capacidade da cisterna. Esta deve ter uma eficiência (volume capaz atender a demanda ao longo do tempo) a um investimento inicial e custos operacionais compatíveis com a economia gerada. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do monitoramento, em um ano, do consumo de água potável e pluvial de uma escola técnica da rede federal, localizada no município de Sapiranga/RS, após a implantação de melhorias no sistema existente (cisterna com 10 m³). Também é apresentada uma simulação comparativa (consumo e economia) para diferentes volumes de cisterna, considerando: (a) a situação antes da implantação das melhorias (metade da capacidade - 5 m³), e (b) um volume ideal obtido por diferentes metodologias (20 m³). Como resultado, verificou-se uma economia real em torno de um terço (32,06% em termos de consumo e 30,23% em termos financeiros) e uma eficiência real de 79,2%. Nas simulações obter-se-ia uma economia de consumo, respectivamente para 20 m³ e 5 m³, de 38,90% e 25,79%; uma economia financeira de 36,47% e 24,77%; e uma eficiência de 100% e 61,2%.

Palavras-Chave: Aproveitamento de Água Pluvial. Economia de Consumo. Cálculo da Capacidade de Cisternas.

¹ Professor Adjunto A. Dr. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. E-mail: cesar.ruver@gmail.com

² Estudante do Curso Técnico em Eletromecânica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul). E-mail: natanarnhold@gmail.com

³ Estudante do Curso Técnico em Eletromecânica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul). E-mail: gabrielzardinn@hotmail.com

ECONOMY EVALUATION FOR DIFFERENT CISTERN CAPACITY FOR A TECHNICAL SCHOOL OF THE BRAZILIAN FEDERAL NETWORK

ABSTRACT

The use of rainwater brings several advantages from an environmental and economic point of view. In the design of the technical project we can highlight the capacity of the reservation tanks. This should have an efficiency (volume able to meet demand over time) to an initial investment and operating costs compatible with the generated economy. In this sense, the present article aims to present the results of the monitoring, in a year, of the drinking water and rainwater consumption of a technical school of the Brazilian federal network, located in the city of Sapiranga (south of Brazil), after the implementation of improvements in the existing system (cistern with capacity of 10 m³). A comparative simulation (consumption and economy) for different tank volumes is also presented, considering: (a) the situation before the implementation of the improvements (half the capacity - 5 m³), and (b) an ideal volume obtained by different methodologies 20 m³). As a result, there was a real economy around one third (32.06% in terms of consumption and 30.23% in financial terms) and a real efficiency of 79.2%. In the simulations, a consumption savings of 20 m³ and 5 m³, of 38.90% and 25.79% respectively would be obtained; a financial savings of 36.47% and 24.77%; and an efficiency of 100% and 61.2%, respectively.

Keywords: Rainwater Utilization, Consumption Economics, Cistern Capacity Calculation.



1 INTRODUÇÃO

A utilização da água pluvial, até pouco tempo atrás, era ignorada pela sociedade moderna, sendo vista como mera ação ecológica. Também, na construção civil, era ignorada pelos empreendedores, devido a geração de custos excedentes e extras para implantação de um sistema hidráulico de aproveitamento de água pluvial. Atualmente, com as constantes crises hídricas vividas em diversas cidades brasileiras, como por exemplo em São Paulo/SP em 2014 (SABESP, 2015), tem-se estimulado e forçado a adoção de fontes alternativa de água, restringindo a utilização da água potável fornecida pelas concessionárias para fins mais nobres. Além disso, a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial tem se justificado do ponto de vista econômico, pois diversos estudos (MAY, 2004; MAZER, 2010; FASOLA et al., 2011; PEDRONI, 2013; TUGOZ et al., 2017) tem mostrado que o investimento inicial

para a implantação do sistema pode ser recuperado em pouco tempo, devido a economia de consumo de água potável. Considerando os diversos aspectos ambientais e econômicos, o aproveitamento de água pluvial tem-se tornado obrigação legal. Neste sentido, além de servir como fonte alternativa de abastecimento, a acumulação da água pluvial tem servido de mecanismo para controle de enchentes e prevenção de inundações.

A elaboração de projeto hidrossanitários que contemplam o aproveitamento de água pluvial, embora pareça simples, para os projetistas de instalações hidráulicas apresenta vários pontos problemáticos, podendo-se destacar, principalmente, a determinação da capacidade de cisterna (volume). Na literatura são apresentadas diversas metodologias para a determinação do volume da cisterna, cujos resultados podem ser bastante distintos. Sabe-se que quanto maior o volume da cisterna, maior será a capacidade de suprimento de água, no entanto, maiores serão os custos de implantação da cisterna e manutenção. Além disso, o regime de chuva disponível poderá não ser suficiente para o enchimento da cisterna e atendimento da demanda. A tendência atual é a de utilizar modelos de dimensionamento que otimizem o volume da cisterna com capacidade de atendimento da demanda no maior tempo, proporcionando a maior economia possível de água.



Levando em consideração os aspectos acima apontados, o presente trabalho tem como objetivos apresentar: (a) elaborar um estudo que mostra a economia de água potável (redução de consumo e financeiro) com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial com uma cisterna de 10 m³ em uma escola técnica da rede federal através do registro de consumo ao longo de um ano e (b) um estudo comparativo (redução de consumo e financeiro, e análise de eficiência) entre mais dois outros volumes distintos de cisterna (5 m³ – antes da implantação de melhorias nos sistema de aproveitamento de água pluvial - e 20 m³ – volume ideal obtido por diferentes metodologias).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O uso racional de água (principalmente, a potável) compreende em estratégias que visam reduzir o consumo através de diversas ações, entre as quais pode-se destacar a utilização de fontes alternativas. Neste sentido, pode-se citar o

aproveitamento da água pluvial, que apesar de não ser potável, permite seu uso em sistema de descarga de banheiros (bacias sanitárias e mictórios), limpeza e lavagem de piso, e irrigação de jardins ou pomares. Tomaz (2010), cita que a água é utilizada para uma gama de atividades, seja residencial, comercial ou industrial, que vai da ingestão, preparo e fabricação de alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas e utensílios, limpeza em geral, descarga de sanitários e/ou mictórios, e combate a incêndios.

A água para uso doméstico, como ingestão, preparo de alimentos e higiene pessoal, necessita atender aos padrões de potabilidade, listados na Portaria nº 2.914 (MS, 2011). Para outros usos, em que não há contato direto com o ser humano, como limpeza de pisos, rega ou descarga de bacias sanitárias, há somente a necessidade de atender alguns padrões de qualidade, podendo ser não potável (ZANELLA et al., 2015). Segundo Tomaz (2010), o aproveitamento de água pluvial em ambientes urbanos é utilizado na condição não potável, não substituindo totalmente o consumo de água potável (tratada, desinfetada, clorada e fluorada) fornecida pelas concessionárias.

Conforme Alves et al. (2008), muitas cidades brasileiras convivem com a falta de água e degradação das fontes de captação, havendo a necessidade de implantação de políticas de uso racional e conservação do recurso hídrico. Segundo os autores, a conservação dos recursos hídricos passa pela utilização de novas fontes, em substituição e/ou complementação das já utilizadas. Neste sentido, a utilização da água pluvial vem ganhando espaço e atenção cada vez maior dos agentes públicos e da própria população, que é cada vez mais consciente para o problema. Ainda, conforme Alves et al. (2008), o aproveitamento da água da chuva, traz as seguintes vantagens: (a) diminuição do consumo e demanda de água potável; (b) redução do pico de chuva, servindo como controle do pico de cheia; (c) economia, pela redução das despesas com o consumo de água potável. Tomaz (2010), amplia a discussão, enfatizando que o aproveitamento da água pluvial passa pelo: (a) uso consciente e sensibilidade da necessidade de conservação das fontes de água; (b) elevadas tarifas de água cobradas pelas concessionárias; (c) rápido retorno financeiro do investimento; (d) instabilidade do fornecimento de água por parte das concessionárias; (e) exigência pela legislação; e (f) estiagem prolongada.



Estas medidas podem partir desde a consciência individual ou coletiva para a preservação do meio ambiente até a promulgação de mecanismos legais, como leis nas diversas esferas: federal, estadual ou municipal, que obrigam os construtores a fazer sua implantação em novos empreendimentos. Neste sentido, pode-se citar o Decreto Municipal nº 293 (CURITIBA, 2006) que torna obrigatórias a captação e a utilização da água pluvial para novas edificações a serem licenciadas pelo município Curitiba. Quanto a este tema, foi aprovada a Lei Estadual nº 12.526 (SÃO PAULO, 2007), para o Estado de São Paulo, que obriga a coleta de água pluvial para áreas impermeabilizada (com área telhados, pátios de estacionamentos, etc.) superior a 500 m², com finalidade principal de contenção de enchentes, mas com recomendação para aproveitamento para redução do consumo de água potável. Além disso, a utilização da água pluvial para fins não potáveis já é normatizada pela NBR 15.527 (ABNT, 2007): “Água de Chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis – Requisitos”. Como pode ser visto, a promulgação de leis que obrigam o armazenamento e/ou uso da água pluvial é bastante recente, inclusive a própria norma técnica que rege o assunto.

Na literatura, encontram-se diversos casos que mostram a economia no consumo de água potável (e consequentemente, financeira), quando se utiliza água pluvial. Por exemplo, Mazer (2010) cita que a redução no consumo de água em uma escola na cidade de Curitiba/PR pode chegar a 31%. Outro exemplo, foi o trabalho realizado por Fasola et al. (2011), que verificaram uma economia de 22,9% em uma escola municipal e 42,5% em uma escola estadual na cidade de Florianópolis/SC. Mazer (2010), também mostra que o investimento financeiro da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial na escola estudada, pode ser recuperado em menos de 6 anos. O mesmo período de retorno do investimento inicial foi obtido no estudo de Pedroni (2013) para o aproveitamento de água pluvial para uma escola pública da cidade de Caxias do Sul/RS, com uma garantia de 95% de atendimento da demanda. Tugoz et al. (2017) apresentam os impactos, em termo de redução de consumo e economia, da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, em uma escola estadual do Paraná e verificaram uma economia da ordem de 57,97%. A implantação do sistema de aproveitamento da água pluvial na esfera pública federal, do ponto de vista econômico, também pode ser uma justificativa frente



ao Decreto Federal n. 8.540 (BRASIL, 2015), que trata da adoção de medidas de racionalização dos gastos públicos.

Diversos autores (ALVES et al., 2008; TOMAZ, 2010; MAZER, 2010; REIS E SILVA, 2014) e a própria NBR 15.527 (ABNT, 2007) citam que a concepção do projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial deve ser composta pelos seguintes itens: (a) captação, (b) condução horizontal/vertical; (c) tratamento; (d) reservação; (e) distribuição/utilização. De uma forma geral, a concepção do projeto deve atender as normas tradicionais de água e de esgoto (NBR 5626, NBR 10.884 e NBR 12.217), além das recomendações da NBR 15.527, elaborada para tal fim. Tomaz (2010), cita que dentre os diversos itens que compõem o sistema, a capacidade de armazenamento da cisterna, tem sido motivo de atenção por parte dos projetistas, pois existem inúmeras metodologias, muitas delas desenvolvidas para determinadas regiões ou determinados países que se extrapolados podem apresentar problemas.

Neste sentido, verifica-se que existem metodologias extremamente elaboradas e complexas, a exemplo do método de Gould-Gamma que leva em consideração um tratamento estatístico dos dados de índices pluviométricos históricos para a determinação das probabilidades de falha do sistema, até métodos empíricos, como exemplo a equação apresentada no Decreto Municipal nº 293 (CURITIBA, 2006), cujo volume da cisterna corresponde a um percentual da área do telhado para edificações comerciais. A própria NBR 15.527 (ABNT, 2007) apresenta em seu anexo a recomendação para a utilização de seis metodologias distintas para a determinação do volume: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano; podendo ser adotado outro desde que devidamente justificado. Amorim e Pereira (2008) citam que a método de Rippl apresenta a forma analítica, descrita na NBR 15527, e a forma gráfica, que utiliza o diagrama de massas.

3 METODOLOGIA ADOTADA

Para que os objetivos do presente trabalho fossem atendidos houve a necessidade de adoção de uma metodologia capaz de identificar o problema, estabelecer parâmetros e características, fazer medições e tabulações, estabelecer relações e conclusões. Neste sentido, inicialmente foi feita uma caracterização geral do perfil do estabelecimento estudado e do sistema de aproveitamento da água pluvial. Ainda dentro da caracterização, houve a necessidade de buscar dados

históricos de pluviometria, fazendo-se o tratamento estatísticos destes dados (determinação de médias mensais e anuais).

Para analisar o consumo de água pluvial e potável foi realizado a leitura diária dos hidrômetros instalados. Posteriormente os dados de consumo foram digitalizados e processados. A partir da metodologia e dos valores monetários unitários adotada pela concessionária para emitir a fatura de água, foi possível calcular os valores dos diferentes cenários de consumo de água (potável mais pluvial ou só potável) de modo a estabelecer a economia mensal e total (período de um ano de estudo e monitoramento).

Posteriormente, foram determinados os volumes recomendados de cisterna para oito metodologias citadas anteriormente, utilizando os parâmetros e características necessários para cada um (tais como: índices pluviométricos médios mensais ou anuais, área de cobertura, demanda mensal, perdas por evapotranspiração ou primeiro fluxo de lavagem e coeficiente de escoamento). A partir dos volumes calculados, definiu-se um volume ideal.

A partir do volume ideal, do volume real existente e da capacidade que se tinha anteriormente as melhorias implementadas, determinou-se qual seria a economia financeira, em volume de consumo e capacidade de atendimento a demanda dos dois cenários simulados em relação ao volume instalado, para o período de um ano em que o estudo foi realizado.



4 CARACTERIZAÇÃO

Neste item são apresentadas as caracterizações gerais do Câmpus e do sistema de aproveitamento de água pluvial após as adaptações realizadas. Também são apresentados os índices pluviométricos históricos empregados no presente estudo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPUS SAPIRANGA

O Campus Sapiranga localiza-se no município de Sapiranga, na região metropolitana de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. Sua implantação ocorreu em meados do ano de 2013 com o início da construção das primeiras edificações. O início da operação do Campus ocorreu em meados do ano de 2014. É

uma escola técnica integrante da rede federal que funciona nos três turnos dos dias. O Campus é composto por três edificações térreas principais (bloco salas de aula, multifuncional e oficinas) e diversos anexos (guarita, subestação, reservatório e casa de bombas), que totalizam cerca de 2.837 m² de área total construída. Todo o complexo é constituído de 11 banheiros. Estes totalizam 36 vasos sanitários, 8 mictórios e 23 lavatórios. Além disso, tem-se 5 tanques de lavagem de peças mecânicas, 3 cubas de cozinha, 1 máquina de lavar roupas e 10 torneiras de jardim, sendo 4 externas e 6 internas; 8 bebedouros; e 1 chuveiro. O Campus faz aproveitamento de água pluvial, sendo a mesma utilizada exclusivamente para abastecimento de descargas das bacias sanitárias e de mictórios dos blocos salas de aula e multifuncional, com isso tem-se que 62,5% dos mictórios e 75% das bacias sanitárias são atendidos por água pluvial. O restante dos pontos de consumo, são abastecidos por água potável. O Campus não possui cozinha e nem vestiário, o que reduz consideravelmente a demanda de consumo de água.

Em termos de usuários, até setembro de 2017, o Campus era ocupado por um total de 52 servidores (30 docentes e 22 técnicos administrativos em educação), 242 discentes (88 no turno da manhã, 112 no turno da tarde e 42 no turno da noite) e 15 trabalhadores terceirizados (7 serventes e 8 vigilantes, que atual de dois em dois nas escalas de 12/36 horas). Equivalente a 305 usuários fixos, mais o público itinerante que frequenta o Campus por ocasiões de eventos que são promovidos.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE APROVAITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Quanto ao sistema de aproveitamento de água pluvial, o mesmo foi concebido na época da implantação do Campus (meados de 2013). A água pluvial é coletada da cobertura do bloco multifuncional (telhas de fibrocimento), que possui uma área de cobertura de 992 m². Esta é conduzida, horizontalmente, por calhas de concreto e, verticalmente, por seis tubos de queda com diâmetro de 150 mm, que deságuam na cisterna, composta por dois reservatórios de fibra com capacidade de 5.000 litros cada (total de 10.000 litros). Estes reservatórios ficam no nível do piso. A água pluvial é posteriormente bombeada para reservatórios superiores (capacidade de 500 e 1.000 litros) que ficam sobre a laje de cobertura dos blocos multifuncional e salas de aula.

Em meados do ano de 2016, através de um projeto de melhoria, o sistema de aproveitamento de água pluvial, passou por uma reformulação, pois havia diversos problemas nas antigas instalações. Primeiramente, pode-se destacar o suprimento de água para período de estiagem (quando há falta de água pluvial), que é realizado com água potável, através da instalação de válvulas solenoides junto aos reservatórios superiores. Além disso, fez-se a instalação de hidrômetros junto a saída de água dos reservatórios inferiores, logo após os conjuntos motobombas (monitoramento do consumo de água pluvial) e na entrada de água potável de cada um dos blocos (monitoramento do consumo de água potável), setorizando a medição do consumo de água potável e pluvial (atendendo as recomendações de LIMA, 2016; BRASIL, 2016).

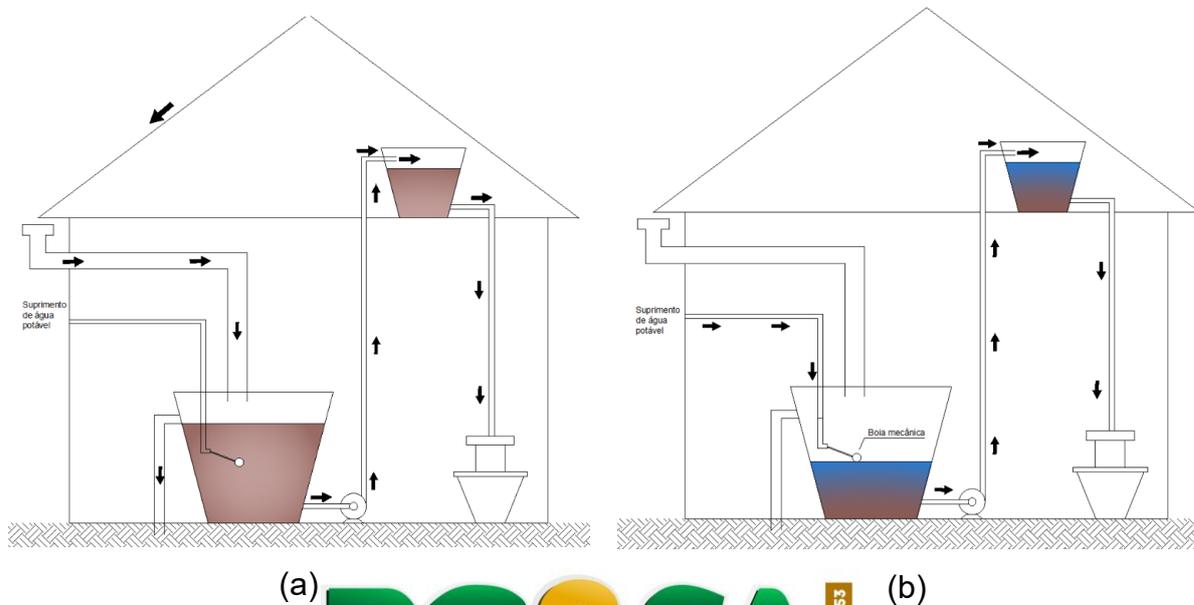
Também se fez a instalação de chaves boia nos reservatórios inferiores, para a automação de todo o sistema. Estas têm dupla função: acionamento das motobombas, caso haja água pluvial ou acionamento das válvulas solenoides, em caso de falta de água pluvial. Por fim, fez-se a instalação de um filtro rápido de areia (conforme a ABNT, 1988) na saída dos reservatórios inferiores, antes dos conjuntos motobombas para retenção do material particulado, uma vez que não há desvio da água de lavagem do telhado.

A figura 1 mostra o sistema de abastecimento anterior ao projeto de melhoria e a figura 2 mostra o sistema de abastecimento (atual) após a implantação do projeto de melhoria. Como pode ser visto na configuração da figura 1, havia aproveitamento de somente metade da capacidade da cisterna (5.000 litros), pois quando a água pluvial chegava à meia altura nos reservatórios era feito o suprimento com água potável através de boia mecânica, não permitindo o total esvaziamento; e além disso, ocorria bombeamento de água potável sem necessidade da cisterna para os reservatórios superiores.

Na figura 2 é possível verificar que o suprimento foi instalado diretamente nos reservatórios superiores, eliminando o bombeamento do suprimento de água potável, bem como a cisterna é esvaziada totalmente, permitindo a utilização total (10.000 litros).



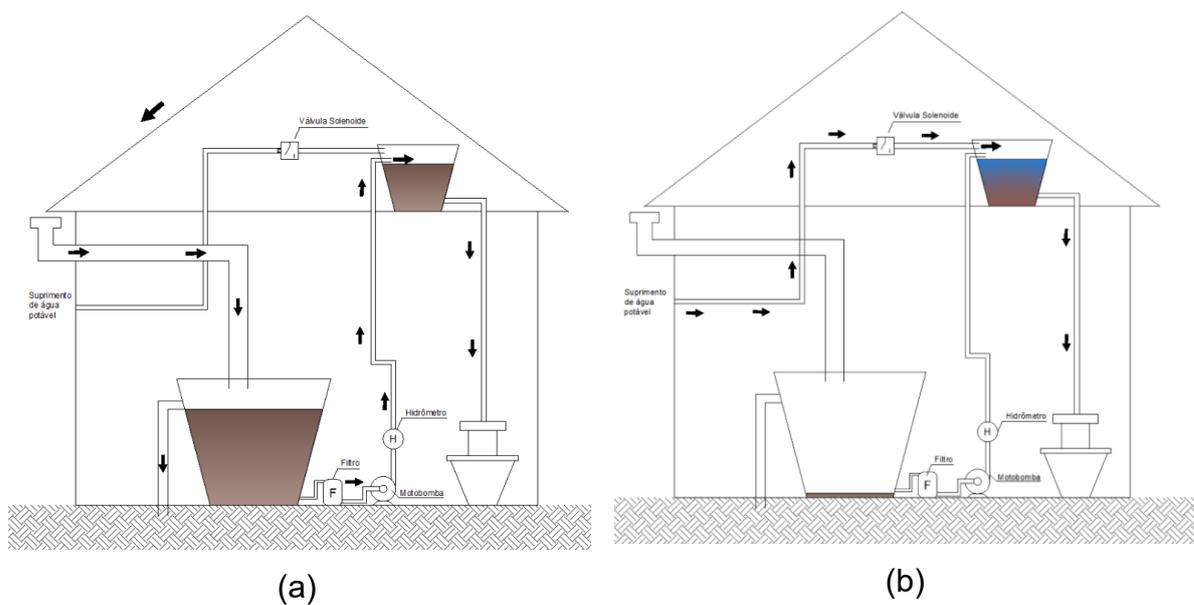
Figura 1 - Esquema de abastecimento por água pluvial implantado no Câmpus Sapiranga antes da implantação do projeto de melhorias: (a) quando havia água pluvial nos reservatórios inferiores e (b) quando o nível da água pluvial atingia meia altura (suprimento por água potável diretamente na cisterna)



Fonte: Elaborada pelos autores (2018)



Figura 2 - Esquema de abastecimento por água pluvial implantado no Câmpus Sapiranga após a implantação do projeto de melhoria (atual): (a) quando há água pluvial nos reservatórios inferiores e (b) quando há falta de água pluvial (suprimento por água potável diretamente nos reservatórios superiores)



Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

4.3 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

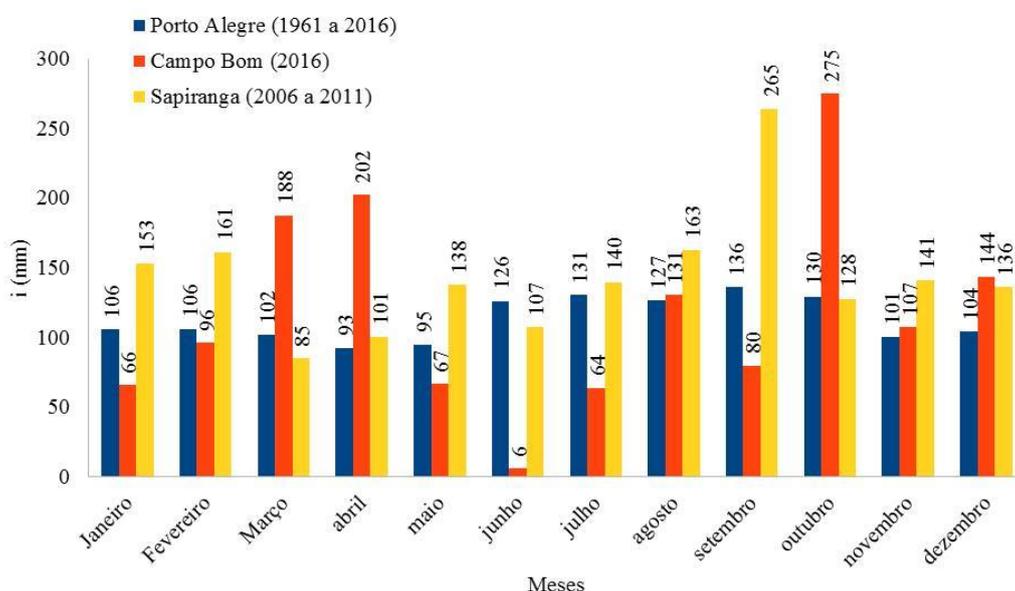
Para o dimensionamento do volume de cisternas utiliza-se as informações de precipitação médias históricas, que pode ser diária, mensal ou anual (ABNT, 2007). Para os métodos: Rippl, Simulação, Prático Australiano e Gould-Gamma comumente utiliza-se os índices pluviométricos mensais. Já para os métodos: Prático Inglês, Prático Alemão, Azevedo Neto utiliza-se as médias anuais. As precipitações médias históricas devem abranger um maior período de tempo possível. Infelizmente, até poucos anos atrás, poucas cidades brasileiras, restringindo-se as capitais e algumas cidades portuárias, possuíam um sistema de registro de precipitação. Para a cidade de Sapiranga/RS, o registro das precipitações foi realizado, por um curto período de tempo, entre janeiro/2006 e junho/2011, pela defesa civil do Estado do Rio Grande do Sul (DEFESA CIVIL, 2017), não sendo localizado nenhum outro registro de precipitação para outro período anterior ou posterior, e nem se tem notícia sobre se há registro de dados pluviométricos atualmente. Embora houvesse o registro diário, os dados são disponibilizados pela Defesa Civil são mensalmente. Atualmente, os registros de precipitações e outras informações meteorológicas para a região, podem ser consultados a partir das informações coletadas por uma estação automática instalada na cidade vizinha de Campo Bom/RS, disponibilizadas no sítio do INMET de hora em hora (INMET, 2017). No entanto, a estação entrou em operação somente em dezembro/2015.

Agora, para obtenção de dados mais representativos para a cidade de Sapiranga, pode-se utilizar a série de precipitação da cidade de Porto Alegre (distante a 70 km de Sapiranga), para a qual se possui os dados desde o ano de 1961, coletados e mantidos pelo Centro Integrado de Comando (PORTO ALEGRE, 2017). Sendo assim, a figura 3 apresenta uma compilação das médias históricas mensais para as cidades de Porto Alegre (dados do CIC – Estação Convencional), Sapiranga (dados da Defesa Civil do RS) e Campo Bom (dados do INMET – Estação Automática). Pelos dados pluviométricos, verifica-se uma média mensal e anual de 113 mm e 1.356 mm para Porto Alegre; 143 mm e 1.717 mm para Sapiranga; e 119 mm e 1.426 mm para Campo Bom. Analisando a série histórica de Porto Alegre, verifica-se uma distribuição homogênea de chuva ao longo do ano, que varia entre 93 mm e 136 mm. As maiores variações ocorrem para a cidade de Campo Bom, cuja

variação foi entre 6 mm e 275 mm, sendo analisado somente o ano de 2016. Embora seja uma série não representativa por ser somente um ano (até porque o mês de junho que tipicamente é um mês chuvoso, no ano de 2016 foi o mês que menos choveu (6 mm), ao passo que para o ano de 2017, ocorreram precipitações que totalizaram 177 mm de chuva), optou-se por incluí-la para fins de comparação

Sendo assim, considerando os diferentes registros de precipitações apresentados, fez-se o dimensionamento da cisterna considerando as três séries históricas apresentadas na figura 3.

Figura 3 - Séries históricas de precipitação mensal



Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

A instalação dos hidrômetros e sua leitura diária, permitiu verificar o consumo de água do Câmpus pelo período da pesquisa (um ano: setembro/2016 a agosto/2017). A tabela 1 apresenta os dados tabulados e somados por mês. A segunda coluna da tabela apresenta a entrada de água potável, cujo valores registrados conferem com o consumo apontado pela concessionária e que foi faturado e pago. A penúltima coluna da tabela apresenta o percentual de consumo de água pluvial pelo total de água consumida (potável mais pluvial), sendo possível verificar

que a média corresponde a cerca de um terço (32,06%). A última coluna da tabela apresenta os valores médios de consumo diário de água pluvial por mês, sendo computados os dias somente em que houve consumo pleno de água pluvial, ou seja, os dias em que a cisterna estava vazia ou dias em que a mesma era enchida devido a precipitação não foram computados, devido ao suprimento parcial com água potável. Por exemplo, o mês de julho de 2017, devido a um período de estiagem, a cisterna permaneceu com água somente por 5 dias onde foram consumidos um total de 4,3 m³, no entanto para a média de consumo foram utilizados somente 3 dias, pois nos outros dois houve suprimento parcial com água potável pela falta de água pluvial na cisterna. Analisando a média da última coluna da tabela, verifica-se houve um consumo médio de 0,95 m³/dia. Neste sentido, para efeitos de cálculo de volume de cisterna foi considerada uma demanda de 1,0 m³/dia, que corresponde a uma demanda mensal média de 30 m³/mês.

Tabela 1- Tabulação do consumo mensal de água

Período (mês/ano)	Consumo (m ³)				Média (m ³ /dia)
	Potável	Pluvial	Total	%	
set/2016	42,9	20,2	63,1	32,00%	1,08
out/2016	36,2	32,2	68,4	47,05%	0,94
nov/2016	27,1	18,0	45,1	39,87%	0,99
dez/2016	12,5	26,2	38,7	67,72%	0,72
jan/2017	62,0	10,1	72,1	13,98%	0,43
fev/2017	25,7	15,5	41,3	37,63%	0,80
mar/2017	41,6	13,4	55,0	24,35%	0,95
abr/2017	33,5	17,0	50,5	33,67%	0,99
mai/2017	29,7	20,8	50,5	41,15%	1,10
jun/2017	8,5	17,9	26,4	67,86%	1,20
jul/2017	80,0	4,3	84,3	5,08%	1,07
ago/2017	49,6	16,6	66,2	25,02%	1,18
Total	449,4	212,1	661,5		
Média	37,45	17,67	55,12	32,06%	0,95

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

A tabela 2 mostra um exemplo de um trecho da planilha representativa de monitoramento do consumo diário. Pela planilha pode-se verificar que o consumo médio diário de água pluvial permanece em torno de 0,95 m³/dia. Já o consumo diário total (pluvial + potável) fica em torno de 2,36 m³/dia, caracterizando um consumo de água pluvial em torno de 40%.

Tabela 2 - Exemplo de planilha de registro de consumo diário

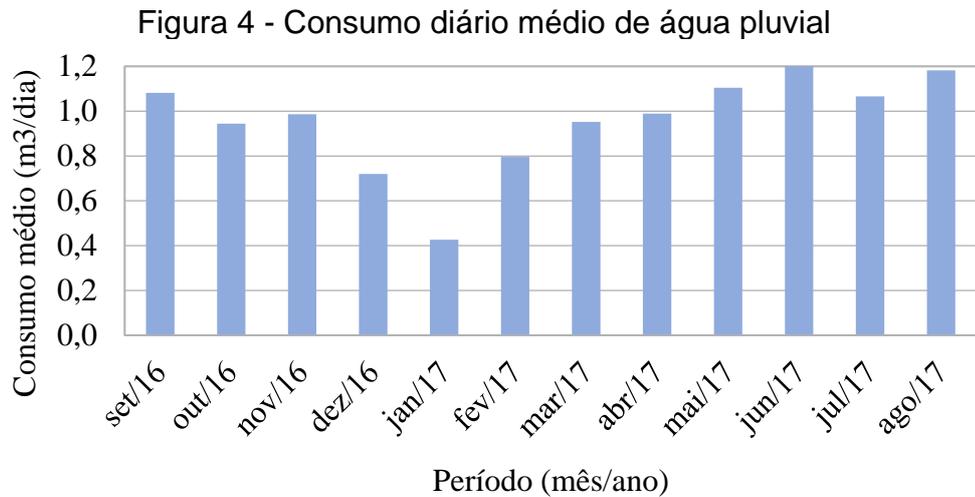
Data da leitura	Leitura absoluta do hidrômetro		Consumo de água pluvial (m ³)	Leitura absoluta do hidrômetro			Consumo de água potável (m ³)	%
	Salas	Multi		Multi	Salas	Oficina		
23/03/17	39,034	93,662	0,94	8,61	19,23	29,96	1,32	41,6%
24/03/17	39,539	94,282	1,12	9,06	19,75	30,32	1,33	45,7%
27/03/17	39,854	94,842	0,88	9,50	20,37	30,84	1,58	35,8%
28/03/17	39,990	94,849	0,14	9,55	21,01	31,66	1,51	8,5%
29/03/17	39,990	94,849	0,00	10,37	22,29	32,51	2,95	0,0%
30/03/17	39,990	94,849	0,00	10,62	23,31	33,84	2,60	0,0%
31/03/17	39,990	94,849	0,00	11,07	24,64	34,35	2,29	0,0%
03/04/17	39,990	94,849	0,00	11,35	25,73	35,31	2,33	0,0%
04/04/17	39,990	94,849	0,00	11,51	26,89	36,24	2,25	0,0%
05/04/17	39,990	94,849	0,00	11,92	27,94	37,11	2,33	0,0%
06/04/17	40,311	95,417	0,89	12,09	28,41	37,51	1,04	46,1%
07/04/17	40,343	95,417	0,03	12,70	29,57	38,56	2,82	1,1%
10/04/17	40,343	95,590	0,17	12,86	30,95	39,28	2,26	7,0%

Obs: fundo azul = consumo pleno de água pluvial, fundo laranja = suprimento com água potável (cisterna vazia)

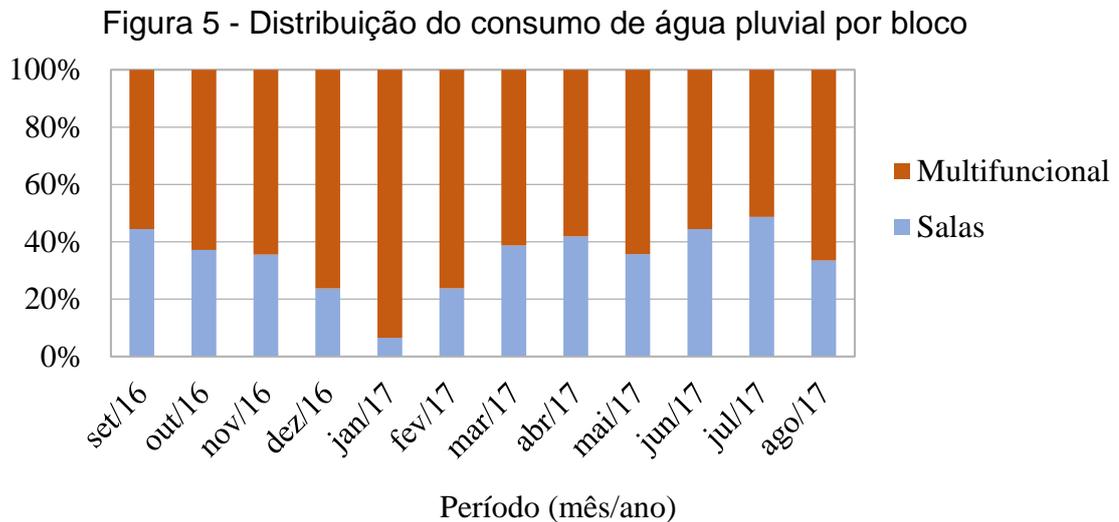
Fonte: Elaborada pelos autores (2018)



Os valores da média diária de consumo de água pluvial também constam no gráfico da figura 4. A figura 5 apresenta a distribuição do consumo diário médio em cada um dos dois blocos atendidos pela água pluvial. Pelo gráfico da figura 4, é possível perceber o perfil de um estabelecimento de ensino, onde no período não letivo (meados de dezembro até meados de fevereiro e uma semana em julho) ocorre uma redução do consumo de água pluvial, chegando o menor valor de consumo médio diário em janeiro, que é o mês em que muito servidores também entram em férias. Esta mesma constatação, pode-se verificar no gráfico da figura 5, aonde ocorre uma redução de consumo percentual no bloco de salas de aula, chegando a quase zero, no mês de janeiro, mês em que o bloco fica quase todo desocupado.



Fonte: Elaborada pelos autores (2018)



Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

Agora analisando os dados de consumo de água potável da tabela 1, não se verifica o mesmo comportamento que o consumo de água pluvial. Ocorre que nos meses de julho e janeiro de cada ano é feita a limpeza de todos os reservatórios. Com isso, nos meses que antecedem a limpeza (junho e dezembro), os registros de entrada de água potável da concessionária são fechados, ocasionando uma redução de entrada de água potável, havendo consumo da água já armazenada nos reservatórios de água potável. E nos meses em que eram limpos os reservatórios a entrada de água potável é alto devido ao enchimento dos reservatórios (julho e janeiro), não caracterizando o consumo propriamente dito.

A tabela 3 apresenta os custos com consumo de água. Para se obter os valores monetários considerando o consumo total de água (potável + pluvial) fez-se o cálculo da fatura com base nos parâmetros estabelecidos pela concessionária.

Tabela 3 - Custos com o consumo de água

Período mês/ano	Valores da Fatura de Água		
	Potável	Potável + Pluvial	%
set/2016	R\$ 394,39	R\$ 592,23	-33,41%
out/2016	R\$ 340,43	R\$ 636,46	-46,51%
nov/2016	R\$ 254,32	R\$ 409,92	-37,96%
dez/2016	R\$ 155,15	R\$ 363,47	-57,31%
jan/2017	R\$ 583,42	R\$ 672,06	-13,19%
fev/2017	R\$ 247,72	R\$ 378,91	-34,62%
mar/2017	R\$ 378,91	R\$ 522,13	-27,43%
abr/2017	R\$ 316,74	R\$ 463,58	-31,67%
mai/2017	R\$ 273,89	R\$ 463,58	-40,92%
jun/2017	R\$ 138,39	R\$ 257,98	-46,36%
jul/2017	R\$ 774,52	R\$ 814,80	-4,94%
ago/2017	R\$ 482,76	R\$ 645,86	-25,25%
Total	R\$ 4.340,64	R\$ 6.220,98	
Economia		R\$ 1.880,35	-30,23%

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).



Conforme a CORSAN (2016; 2017), o valor da fatura é obtido pela equação 1. Pode-se verificar que a fatura é composta por duas partes: (a) uma tarifa de serviço básico, que é um valor fixo e independe do consumo e (b) a parcela referente ao consumo de água é uma função exponencial, de modo que quanto maior o consumo, maior será o valor por metro cúbico consumido.

$$F = PB \times C^n + SB \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: F = Fatura (R\$); PB = preço base, valor do m^3 de água (R\$/ m^3); C = consumo mensal (leitura do hidrômetro na data atual subtraído da leitura na data – mês - anterior, em valores inteiros) (m^3); n = coeficiente de majoração de consumo, segundo uma tabela exponencial (CORSAN, 2017); SB = valor do serviço básico de fornecimento (R\$). O Câmpus Sapiranga é classificado como tarifa empresarial, categoria pública e conforme CORSAN (2016), desde de julho/2016 os valores eram de $PB = R\$ 5,57/m^3$ e $SB = R\$ 82,74$, passando em julho/2017 (CORSAN, 2017) para os valores de $PB = R\$ 5,80/m^3$ e $SB = R\$ 86,19$.

Pelos valores apresentados na tabela 3, verifica-se que a soma das faturas para o período avaliado (setembro/2016 a agosto/2017) corresponde a um total de R\$ 4.340,64, que de fato foram pagas. Caso não houvesse a utilização de água pluvial, as faturas somariam um total de R\$ 6.220,98. Neste sentido, verifica-se uma economia financeira de R\$ 1.880,85 que corresponde a uma economia de 30,23%, equivalente a quase a 1/3. Como já citado, nas faturas de água cobradas pela concessionária, há a incidência de cobrança de uma taxa fixa de serviço que independe do consumo de água, se este valor fosse desconsiderado, obter-se-ia os valores monetários referentes somente ao consumo de água que correspondem aos somatórios de R\$ 3.340,86 para água potável e R\$ 5.221,20 para o total (água potável mais água pluvial). Por este cálculo, verifica-se uma economia financeira de 36,0%, um pouco mais que a economia em termos de consumo, uma vez que o valor monetário é uma equação exponencial.

5.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DA CISTERNA

A partir das informações e dados apresentados anteriormente (demanda de consumo de água pluvial, regimes pluviométricos e área de cobertura), são apresentados os volumes de cisterna para os diferentes métodos empregados. A tabela 4 apresenta uma compilação dos diferentes volumes obtidos.

Tabela 4 - Determinação do volume da cisterna considerando os diferentes métodos

Método	Cidade		
	Sapiranga	Porto Alegre	Campo Bom
Rippl	10,0 (81,9*)	10,0 (84,2*)	24,8
Simulação	10,0 (81,9*)	10,0 (84,2*)	24,8
Azevedo Neto	71,6	56,5	59,4
Prático Alemão	21,6	21,6	21,6
Prático Inglês	85,2	67,3	70,8
Prático Australiano	10 (76,1*)	10 (77,9*)	26,8
P. M. Curitiba	0,74	0,74	0,74
Gould-Gamma	17,33	20,0	19,3
Período Histórico	Jan/06 a jun/11	1961 a 2016	Jan a dez/2016
Precipitação média anual (mm)	1717,4	1356,3	1426,0
Precipitação média mensal (mm)	143,1	113,0	118,8

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

A descrição dos métodos e equações pode ser obtida em Curitiba (2006), ABNT (2007) e Tomaz (2010).

Em análise aos volumes de cisterna apresentados na tabela 4, verifica-se uma grande dispersão de resultado entre os métodos estudados, de modo que não é possível estabelecer taxativamente um volume ideal. Verifica-se métodos extremamente conservadores com volume estimado acima de 60 m³, a exemplo dos métodos de Azevedo Neto e Prático Inglês. Para outros não haveria necessidade de reservatório ou um reservatório mínimo, como os Métodos de Rippl, Simulação e Prático Australiano, que indicam que a atual cisterna instalada (10 m³), poderia atender uma demanda de consumo de até 2,5 vezes maior (76 m³/mês) que a atual estabelecida. Vale lembrar que estes últimos são aplicáveis para regiões com períodos marcantes de estiagem (que não é o caso da região metropolitana de Porto Alegre). Os métodos que apresentaram volumes adequados são o método Prático Alemão e o método de Gould-Gamma que apresentaram um volume de cisterna de 20 m³ na média. Inclusive este valor está próximo do valor obtido para os métodos de Rippl, Simulação e Prático Australiano considerando os dados de precipitação para a cidade de Campo Bom, que apresentou o mês de junho com pouca chuva. Por fim, pode-se destacar o método da Prefeitura de Curitiba, que resultou em um volume mínimo (0,74 m³).

Do ponto de vista prático pode-se verificar que a cisterna de 10 m³ instalada, considerando um consumo média diária de 0,95 m³/dia, consegue suprir a demanda por até 10 dias úteis consecutivos sem incidência de chuvas. Além disso, desde o início do monitoramento do consumo de água pluvial (08/09/2016) até a data de 29/09/2017, verificou-se que a cisterna permaneceu vazia em quatorze ocasiões (períodos sem chuva por mais de 10 dias ou intervalos menores com pouca chuva ou consumo demasiado devido à vazamentos nos vasos sanitários), num total de 53 dias, mostrando uma eficiência de 79,2% (202 dias de cisterna com água dos 255 dias úteis em que se realizou o monitoramento).

5.3 SIMULAÇÃO PARA DIFERENTES CENÁRIOS DE VOLUME DE CISTERNA

Considerando que houve uma sensível adequação do sistema de abastecimento de água pluvial, lembrando que o suprimento de água potável passou a ser diretamente no reservatório superior ocasionando (a) a eliminação do bombeamento do suprimento de água potável e (b) a potencialização da utilização de

todo o volume das cisternas (de 5 m³ para 10 m³), analisou-se a economia o que esta alteração proporcionou, para o mesmo período de tempo em que foram feitas as leituras dos hidrômetros. Além disso, considerando os volumes da cisterna que se obteve no dimensionamento utilizando diferentes metodologias (tabela 4), também analisou-se qual seria a economia se fosse feita a implantação de uma cisterna com capacidade volumétrica de 20 m³. A metodologia adotada consistiu em simular qual seria o volume de água potável suplementado quando se utilizasse uma cisterna menor (5 m³) e qual seria o volume de água potável que deixaria de ser consumida quando fosse adotada uma cisterna maior (20 m³) em relação a cisterna atual de 10 m³. Neste sentido, estimou-se o(s) período(s) (quantidade de dias) em que as cisternas (5 m³, 10 m³ e 20 m³) ficassem vazias, e, conseqüentemente, qual o consumo de água potável a mais ou a menos. Para tanto, adotou-se o método Prático Australiano, onde determinou-se o volume diário de água na cisterna.

Os cálculos foram realizados com auxílio de uma planilha, sendo adotado uma perda de 2 mm na determinação do volume aproveitável, a demanda como sendo o consumo real médio (última coluna da tabela 1), consumo somente nos dias úteis (zerado para dias não letivos – sábados, domingo e feriados) e dados diários de precipitação para a estação automática do INMET (2017) para a cidade de Campo Bom/RS (estação mais próxima do Campus). As tabelas 5 e 6 apresentam trechos da planilha de simulação. Para a simulação, o volume diário na cisterna corresponde ao volume aproveitável, obtido pela precipitação, menos o consumo diário. O consumo extra de água potável, corresponde ao suprimento de água em caso de falta de água pluvial na cisterna.



Tabela 5 - Trecho da planilha para determinação da quantidade de dias em que as diferentes cisternas ficam vazias

Data	Precipitação (mm/dia)	V _{aproveitavel} (m ³)	Consumo (m ³ /dia)	Volume na Cisterna (m ³)		
				20 (cheia)	10 (cheia)	5 (meia)
qui 08/06/17	54	41,28	1,20	20,00	10,00	5,00
sex 09/06/17	10	6,35	1,20	20,00	10,00	5,00
sáb 10/06/17	0	0,00		20,00	10,00	5,00
dom 11/06/17	0	0,00		20,00	10,00	5,00
seg 12/06/17	0	0,00	1,20	18,80	8,80	3,80
ter 13/06/17	0	0,00	1,20	17,60	7,60	2,60
qua 14/06/17	0	0,00	1,20	16,40	6,40	1,40
qui 15/06/17	0	0,00		16,40	6,40	1,40
sex 16/06/17	0	0,00	1,20	15,20	5,20	0,20
sáb 17/06/17	0	0,00		15,20	5,20	0,20
dom 18/06/17	6	3,18		18,37	8,37	3,37
seg 19/06/17	2	0,00	1,20	17,17	7,17	2,17
ter 20/06/17	0	0,00	1,20	15,97	5,97	0,97
qua 21/06/17	0	0,00	1,20	14,77	4,77	0,00
qui 22/06/17	0	0,00	1,20	13,57	3,57	0,00
sex 23/06/17	0	0,00	1,20	12,37	2,37	0,00
sáb 24/06/17	0	0,00		12,37	2,37	0,00
dom 25/06/17	0	0,00		12,37	2,37	0,00
seg 26/06/17	0	0,00	1,20	11,17	1,17	0,00
ter 27/06/17	0	0,00	1,20	9,97	0,00	0,00
qua 28/06/17	0	0,00	1,20	8,77	0,00	0,00
qui 29/06/17	0	0,00	1,20	7,57	0,00	0,00
sex 30/06/17	9	5,56	1,20	11,93	4,36	4,36

Obs: Precipitação diária da estação automática nº A884, localizada em Campo Bom/RS do INMET (2017); fundo azul: dias não letivos (sábados, domingo e feriado); fundo laranja: dias em que a cisterna esteve totalmente vazia

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Tabela 6 - Trecho da planilha para determinação da quantidade de dias em que houve suprimento de água potável para os diferentes volumes de cisterna

Data	Precipitação (mm/dia)	V _{aproveitável} (m ³)	Consumo (m ³ /dia)	Consumo extra de potável (m ³)		
				20 (cheia)	10 (cheia)	5 (meia)
qui 08/06/17	54	41,28	1,20	0,00	0,00	0,00
sex 09/06/17	10	6,35	1,20	0,00	0,00	0,00
sáb 10/06/17	0	0,00		0,00	0,00	0,00
dom 11/06/17	0	0,00		0,00	0,00	0,00
seg 12/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
ter 13/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
qua 14/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
qui 15/06/17	0	0,00		0,00	0,00	0,00
sex 16/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	1,00
sáb 17/06/17	0	0,00		0,00	0,00	0,00
dom 18/06/17	6	3,18		0,00	0,00	0,00
seg 19/06/17	2	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
ter 20/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	0,23
qua 21/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	1,20
qui 22/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	1,20
sex 23/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,00	1,20
sáb 24/06/17	0	0,00		0,00	0,00	0,00
dom 25/06/17	0	0,00		0,00	0,00	0,00
seg 26/06/17	0	0,00	1,20	0,00	0,03	1,20
ter 27/06/17	0	0,00	1,20	0,00	1,20	1,20
qua 28/06/17	0	0,00	1,20	0,00	1,20	1,20
qui 29/06/17	0	0,00	1,20	0,00	1,20	1,20
sex 30/06/17	9	5,56	1,20	0,00	0,00	0,00

Obs: Precipitação diária da estação automática nº A884, localizada em Campo Bom/RS do INMET (2017); hachura azul: dias não letivos (sábados, domingo e feriado); hachura laranja: dias em que houve suprimento de água potável

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

A tabela 7 mostra os diferentes cenários de consumo de água potável e pluvial considerando os diferentes volumes de cisterna simulados. Na tabela 7 também se determinou o consumo teórico de água potável para 10 m³ (tabela 1) a título de comparação com o consumo real, para verificação de eventuais contradições e diferenças. Para a cisterna com a metade da capacidade (5 m³) a mesma estaria vazia em 52 dias a mais em relação a cisterna de 10 m³, ocasionado um aumento de consumo de água potável igual a 41,46 m³ em relação ao consumo real, o que corresponde a um excedente de 9,23%. Já para a cisterna de 20 m³, a mesma disponibilizaria água pluvial por mais 47 dias em relação a cisterna com 10 m³, não demandando a utilização de 45,26 m³, o que corresponderia uma economia de

10,07% de economia no consumo de água potável. O inverso acontece com o consumo de água pluvial, ou seja, quanto maior a cisterna maior o consumo de água pluvial e menor o volume de suprimento com água potável. Em termos percentuais uma cisterna com 20 m³ forneceria uma disponibilidade extra correspondente a 21,34% de água pluvial em relação a cisterna de 10 m³. Já a cisterna de 5 m³ deixaria de disponibilizar um percentual de 19,55% em relação a cisterna de 10 m³.



Tabela 7 - Volumes de consumo de água potável e pluvial para diferentes volumes de cisternas

Período	Potável Teórica			Pluvial Teórica		
	20 m ³	10 m ³ (real)	5 m ³	20 m ³	10 m ³ (real)	5 m ³
set/2016	35,83	42,93	47,93	27,30	20,20	15,20
out/2016	33,48	36,23	36,23	34,94	32,19	32,19
nov/2016	27,12	27,12	28,23	17,98	17,98	16,87
dez/2016	12,48	12,48	13,74	26,18	26,18	24,92
jan/2017	61,09	62,03	66,39	11,03	10,08	5,72
fev/2017	25,73	25,73	26,31	15,52	15,52	14,95
mar/2017	36,37	41,61	46,61	18,63	13,40	8,40
abr/2017	29,59	33,47	38,58	20,87	16,99	11,88
mai/2017	27,41	29,69	31,43	23,04	20,76	19,02
jun/2017	2,03	8,50	14,50	24,42	17,94	11,94
jul/2017	71,14	80,00	85,00	13,14	4,29	-0,72
ago/2017	41,87	49,61	55,91	24,30	16,56	10,26
Total	404,1	449,4	490,9	257,4	212,1	170,6
% de 10 m³	-10,07%		9,23%	21,34%		-19,55%
% de 0 m³	-38,90%	-32,06%	-25,79%			
Dias Vazia				0	47	99
Suplementar						
(m³)	0,47	41,70	80,67			

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)



Em termos de confiança, durante o período da pesquisa em que se fez a simulação (255 dias úteis - de consumo de água), verifica-se que para a cisterna de 20 m³ não ficaria totalmente vazia em nenhum dos dias, o que corresponde a uma confiança de 100%, havendo somente suprimento parcial por água potável em um dia somente. Para a cisterna de 10 m³ pela simulação faltaria água pluvial (cisterna vazia) em 47 dias, o que corresponde a 81,6% de confiança. Em análise aos dados reais coletados, verifica-se que de fato a cisterna ficou vazia em um total de 53 dias, um número pouco superior aos dias sem água obtidos na simulação, o que pode ter ocorrido devido a pequenos vazamentos ou diferença de pluviometria no Câmpus em relação a Estação do INMET. Já para a cisterna de 5 m³ faltaria água pluvial em 99 dias, correspondente a 61,2% de confiança.

A partir da tabela 7, é possível a determinação de qual teria sido o valor da fatura da água potável para os diferentes volumes de cisterna considerados na simulação (tabela 8). Na tabela 8 foram mantidos os valores das faturas de que fato foram pagas (hachurados), a título de comparação. A tabela 8 apresenta duas comparações relativas. Na primeira é feita uma comparação dos valores das faturas reais (pagas) (cisterna de 10 m³) com as faturas que seriam pagas considerando os

volumes de cisterna de 5 m³ e 20 m³, verificando-se um aumento de 7,82% e redução de 8,95%, respectivamente. A segunda comparação refere-se ao valor das faturas considerando a não implantação de cisternas, verificando-se uma economia de 24,77% e 36,47%, respectivamente para as cisternas de 5 m³ e 20 m³, ao passo que a cisterna de 10 m³ apresentou uma economia real de 30,23%, como já apresentado anteriormente.

Tabela 8: Valores das faturas mensais com água potável considerando os diferentes volumes das cisternas

Período mês/ano	Fatura Teórica			
	20 m ³	10 m ³	5 m ³ *	0 m ³
set/2016	R\$ 340,43	R\$ 394,39	R\$590,36+ R\$ 1,87	R\$ 592,23
out/2016	R\$ 309,45	R\$ 340,43	R\$636,04+ R\$ 0,42	R\$ 636,46
nov/2016	R\$ 254,32	R\$ 254,32	R\$409,75+ R\$ 0,17	R\$ 409,92
dez/2016	R\$ 149,58	R\$ 155,15	R\$363,11+ R\$ 0,36	R\$ 363,47
jan/2017	R\$ 574,63	R\$ 583,42	R\$671,99+ R\$ 0,07	R\$ 672,06
fev/2017	R\$ 247,72	R\$ 247,72	R\$378,83+ R\$ 0,08	R\$ 378,91
mar/2017	R\$ 340,43	R\$ 378,91	R\$520,68+ R\$ 1,45	R\$ 522,13
abr/2017	R\$ 280,82	R\$ 316,74	R\$462,44+ R\$ 1,14	R\$ 463,58
mai/2017	R\$ 254,32	R\$ 273,89	R\$463,01+ R\$ 0,57	R\$ 463,58
jun/2017	R\$ 97,79	R\$ 138,39	R\$256,21+ R\$ 1,77	R\$ 257,98
jul/2017	R\$ 699,84	R\$ 774,52	R\$812,99+ R\$ 1,81	R\$ 814,80
ago/2017	R\$ 402,64	R\$ 482,76	R\$643,89+ R\$ 1,98	R\$ 645,86
Total	R\$ 3.951,97	R\$ 4.340,64	R\$ 4.668,25+R\$ 11,68	R\$ 6.220,98
% de 10 m³	-8,95%		7,82%	
% de 0 m³	-36,47%	-30,23%	-24,77%	

Obs: * corresponde a soma do consumo de água mais o consumo de energia elétrica pelo bombeamento suplementar.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

6 CONCLUSÕES

Pelo presente trabalho, pode-se verificar a importância do aproveitamento da água pluvial. Além de uma atitude de consciência ambiental e imposição legal, tem como benefício a economia do consumo de água potável, e conseqüentemente uma economia financeira. Considerando que o sistema tarifário adotado pelas concessionárias de abastecimento de água costuma ser uma equação exponencial, a economia financeira, acaba sendo maior que a economia em termos de consumo. No caso específico do Câmpus Saporanga, que opera com uma capacidade de

reservação de água pluvial de 10 m³, verificou-se uma economia em termo de consumo de quase um terço (32,06%). Já do ponto de vista financeiro a economia foi de 30,23% considerando a equação de cálculo da fatura adotado pela concessionária. Agora, se for desconsiderado a taxa básica, que independe do consumo, e sendo considerado somente o consumo, a economia 36,0%, por tratar-se de uma equação exponencial.

Para o cálculo do volume da cisterna, pode-se adotar diferente metodologia disponíveis na literatura. Estas metodologias vão desde equações empíricas simples até métodos que consideram um tratamento estatístico dos dados. De uma forma geral, as metodologias levam em consideração a demanda, índices pluviométricos históricos e a área da cobertura, podendo ainda levar em consideração, a inclinação do telhado, coeficiente de escoamento (depende do tipo de telha) e perda por evaporação e por descarte da água de lavagem. Mas de uma forma geral, sabe-se que quanto maior a cisterna, maior será a quantidade de água acumulada e maior a disponibilidade fornecimento de água pluvial, sem necessidade de suprimento por água potável. Neste sentido, a determinação da capacidade volumétrica da cisterna deve ser compatível com a economia gerada e seu custo de implantação. Para tanto, neste trabalho aplicou-se diferentes metodologias para cálculo da capacidade da cisterna para três diferentes regimes de chuva.

Pelas metodologias consideradas, verificou-se uma grande discrepância, sendo possível observar que a atual cisterna com capacidade de 10 m³ poderia atender a uma demanda superior em até 2,5 vezes a demanda atual até uma cisterna com volume superior a 85 m³ para atender a demanda atual. No entanto, foi possível notar um valor da ordem de 20 m³ para algumas metodologias e nos três regimes de chuva. Cabe destacar que o sistema de abastecimento por água pluvial do Câmpus passou por uma reformulação (retirada do suprimento por água potável a meia altura da cisterna e instalação direta nos reservatórios superiores), pois a cisterna operava com a metade da capacidade (5 m³). Assim, considerado os três volumes de cisterna (20 m³, 10 m³ e 5 m³), simulou-se qual seriam as diferenças em termo de economia de consumo e valores monetários, e quais os níveis de confiança (tempo em que a cisterna ficou vazia) para um período de um ano de observação. Em termos de consumo, a economia seria de 38,90%, 32,06% e 25,79%, respectivamente para os volumes de 20 m³, 10 m³ e 5 m³, em relação ao consumo total; e uma redução de

10,07% e aumento de 9,23%, respectivamente para a cisterna de 20 m³ e 5 m³, em relação ao volume implantado (10m³).

Em termos financeiros, e economia seria de 36,47%, 30,23% e 24,77% respectivamente para os volumes de 20 m³, 10 m³ e 5 m³, em relação ao consumo total; e uma redução de 8,95% e aumento de 7,82%, respectivamente para a cisterna de 20 m³ e 5 m³, em relação ao volume implantado (10m³). Quanto a nível de confiança, pela simulação, a cisterna ficaria totalmente vazia em nenhum dia para a cisterna de 20 m³, 47 dias (53 dias observado na prática) para a cisterna de 10 m³, e 99 dias para a cisterna de 5 m³, que percentualmente correspondem, respectivamente, a 100%, 81,6% e 61,2% do tempo. O que correspondem aos volumes de suprimento de 0,47 m³, 41,70 m³ e 80,67 m³, respectivamente.

Pelo presente estudo, pode-se destacar o método Prático Alemão e a metodologia método de Gould Gamma como os modelos mais adequados para a determinação do volume de cisternas para o caso estudado. Ambos os métodos, como já indicaram resultaram em um volume da ordem de 20 m³, que foi o volume mais adequado ao caso estudado, resultado no atendimento pleno da demanda por água pluvial, com um volume de suprimento reduzido de 470 litros para um único dia, considerando um ano inteiro de análise. Porém, isso não significa a necessidade de adequação do sistema de abastecimento de água atualmente implantado, visando aumento da capacidade atual de reservação (de 10 m³ para 20 m³).

Do ponto de vista financeiro a economia gerada seria de R\$ 388,66 em um ano, é um valor irrisório se comparado com os recursos financeiros que seriam despendidos com uma obra para a ampliação da cisterna, uma vez que os dois reservatórios de 5 m³ ficam confinados em um ambiente que impossibilita a simples colocação de mais reservatórios ou a sua substituição daquele por outros maiores, por exemplo, dois de 10 m³. Já a ampliação de capacidade de 5 m³ para 10 m³ se justificou, pois houve a necessidade de pequenas adaptações no sistema de abastecimento de água, cujo custo com os materiais necessários foi inferior ao montante economizado (R\$ 339, 29 em um ano).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a PROPESP/IFSul pelas bolsas, na modalidade BIC/IFSul, concedidas através do Edital PROPESP nº 02/2016 ao projeto de pesquisa cadastrado sob o nº PE02160816/094.

Referências

ALVES, W. C., ZANELLA, L.; SANTOS, M. F. L. Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis. **Revista Techne**, n. 133, 2008 (<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286496-1.aspx>, em 23/03/2016).

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Revista Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10339**: projeto e execução de piscina - Sistema de recirculação e tratamento. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527**: água da chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Crise Hidráulica, Estratégia e Soluções para a Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo. 95 p. 2015 (http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf, em 14/02/2018).

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Circular 001/16-SUCOM/DC**, de 01/07/2016. 2016 (<http://www.corsan.com.br/upload/arquivos/201606/01155443-tabela-tarifaria-e-precos-servicos-municipios-regulados-pela-agergs-jul-2016.pdf>, em 21/06/2016).

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Circular 001/17-SUCOM/DC**, de 01/07/2017. 2017 (<http://www.corsan.com.br/upload/arquivos/201707/03114756-tabela-tarifaria-e-precos-servicos-julho-2017-agergs.pdf>, em 20/07/2017).

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Consulta Pluviômetros**. (http://www2.defesacivil.rs.gov.br/estatistica/pluviometro_consulta.asp, em 01/07/2017)

ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei Estadual n. 12.526**, de 02/01/2007. 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. (<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>, em 01/10/2017).

FASOLA, G. B., GHISEL, E., MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. Potencial de Economia de Água em Duas Escola em Florianópolis/SC. **Revista Ambiente Construído**, v. 4, n. 11, p. 65-78, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estação: A884 – Campo Bom**. (http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf, em 01/10/2017)

LIMA, B. C., YAMAGUCHI, J. K., KUSSABA, L. L.; FERREIRA, A. T. Sistema de Medição Individualizada: Estudo de Caso de um Edifício Comercial em São Paulo. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 3, n. 1, p. 56-66, 2016.

MAZER, G. **Aproveitamento de Águas Pluviais em Escola de Rede Estadual de Ensino no Município de Curitiba Um Estudo de Caso**. 2010. 94 f. Monografia (Especialista em Construção de Obras Públicas do Curso) -Programa de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2010. 

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **Portaria n. 2.914**, de 12/12/2011. 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (<http://portal.arquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/25/Portaria-MS-no-2.914-12-12-2011.pdf>, em 10/01/2016).

PEDRONI, G. P. **Aproveitamento de Água da Chuva em Uma Escola Pública de Caxias do Sul**. Trabalho de Diplomação (Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2013.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Centro Integrado de Comando: Volume de Chuva** (http://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p_secao=28, em 01/10/2017).

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Decreto Municipal n. 293**, de 22/03/2006. 2006. Regulamenta a Lei nº 10.785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências. (<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2006/29/293/decreto-n-293-2006-regulamenta-a-lei-n-10785-03-e-dispoe-sobre-os-criterios-do-uso-e->

[conservacao-racional-da-agua-nas-edificacoes-e-da-outras-providencias-2006-03-22.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/Decreto/D8540.htm), em 22/10/2017).

REIS E SILVA, D. F. **Aproveitamento da Água de Chuva Através de Um Sistema de Coleta com Cobertura Verde: Avaliação da Qualidade da Água Drenada e Potencial de Economia de Água Potável**. 2014. 110 f. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2014.

REPUBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Decreto Federal n. 8.540**, de 09/10/2015. 2015. Estabelece, no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, medidas de racionalização do gasto público nas contratações para aquisição de bens e prestação de serviços e na utilização de telefones celulares corporativos e outros dispositivos. (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2015-2018/2015/Decreto/D8540.htm, em 10/01/2016).

REPUBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Lei Federal n. 13.312**, de 12/07/2016. 2016. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, para tornar obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais. (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ ato2015-2018/2016/lei/L13312.htm, em 22/10/2017).

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis**. Vol. 1, Ed. Plínio Tomaz, 486 p., 2010.



TUGOZ, J. E.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T. Captação e Aproveitamento da Água das Chuvas: O Caminho para Uma Escola Sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

ZANELLA, L.; MARIOTTO, G.; MARSARCHESI, M. T. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. Ed. IPT, São Paulo, 28 p., 2015.